



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

**División de Ciencias e Ingeniería**

**ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN EXTERIOR EN  
CLIMAS CÁLIDOS- HÚMEDOS**

**TESIS RECEPCIONAL**  
Para obtener el Grado de

*Ingeniero en Sistemas de Energía*

**PRESENTA**

**CAROLINA SALDAÑA HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. INOCENTE BOJÓRQUEZ BÁEZ**

Chetumal, Quintana Roo, Abril de 2007

Ø49808



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**División de Ciencias e Ingeniería**

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

**INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA**

**COMITÉ**

**Director. Dr. Inocente Bojórquez Báez**

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop and a horizontal stroke, positioned above a horizontal line.

**Asesor: Dr. José Hernández Rodríguez**

A handwritten signature in black ink, consisting of several vertical and diagonal strokes, positioned above a horizontal line.

**Asesor: M.A Jesús Martín Castillo García**

A handwritten signature in black ink, consisting of a large circle and several vertical strokes, positioned above a horizontal line.



**Chetumal, Quintana Roo, Abril de 2007**

## **DEDICATORIAS**

Primeramente quiero agradecer a Dios por permitirme llegar hasta este momento de mi vida y ayudarme a realizar una de mis metas. Gracias por eso y por todo lo que tengo.

### ***A mis Padres***

A mi madre no solo por darme la vida, sino por todo su apoyo, cariño y confianza, por enseñarme que todo en esta vida vale la pena. A mi padre que me apoyó en mis estudios y que siempre esta cuando mas lo necesitamos. Por todo eso y más; los quiero mucho.

### **A mis hermanos**

José Maria, Beatriz y José Martín que sin importar las diferencias y distancias siempre estaremos juntos.

### ***A mis amigos***

Ramón, Hiram, Israel, Gustavo (Generación 1999), Ricardo, Lidieth, Lisbeth, Francisco, Marcial, Cristian (Generación 2000) y todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron con mi formación profesional.

### ***A mis profesores***

En especial a mi director de tesis Inocente Bojórquez Báez, por ser mi tutor y soportarme todos estos años. Gracias por ser como mi segundo padre. A mi comité de tesis, al profesor Roberto Acosta Oléa por siempre estar dispuesto a ayudar a los alumnos. Y a todos los profesores de ingenierías por darnos las bases para un futuro mejor.

## AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi más franco agradecimiento al **Dr. Inocente Bojórquez Báez** por darme la oportunidad y el apoyo necesario para desarrollar esta tesis, gracias por todos los conocimientos y consejos. Al **Dr. José Hernández Rodríguez** y al **M.A Jesús Martín Castillo García** por ser mis asesores. Al **Dr. César Sanjuán** por ser un excelente profesor. A los profesores de la DCI (**M.C Fernando Flores Murrieta, M.C Fredy Chan Puc, Ing. Reynaldo Virrreal Rodríguez**) por el apoyo durante todos estos años. A la **División de Ciencias e Ingenierías** por facilitarme un apoyo económico para la realización de esta tesis. A mis **padres** por enseñarme que la educación es una de las bases más importantes del ser humano para lograr un mejor futuro.

## INDICE

<b>Resumen</b>	1
<b>Introducción</b>	2
<b>Marco teórico</b>	2
<b>Hipótesis</b>	9
<b>Objetivos</b>	9
<b>Justificación</b>	9
<b>Metodología</b>	9
<b>Resultados</b>	13
<b>Aporte práctico</b>	13
<b>Capítulo 1. Comportamiento del viento visto en corte en viviendas aisladas</b>	14
Introducción	14
I.1 Vivienda con seccion cuadrada con diferentes geometrias de techumbres colocadas a 90° con respecto al viento	14
I.2 Vivienda con seccion cuadrada con diferentes geometrias de techumbres colocadas a 30° con respecto al viento	16
I.3 Vivienda con seccion cuadrada con diferentes geometrias de techumbres colocadas a 45° con respecto al viento	18
I.4 Vivienda con seccion rectangular con diferentes geometrias de techumbres colocadas a 90° con respecto al viento	20
I.5 Vivienda con seccion rectangular con diferentes geometrias de techumbres colocadas a 30° con respecto al viento	23
I.6 Vivienda con seccion rectangular con diferentes geometrias de techumbres colocadas a 45° con respecto al viento	24
I.7 Análisis matematico	26
I.8 Análisis de resultados	28-30
<b>Capítulo 2. Comportamiento del viento en vista de planta en viviendas aisladas</b>	31
Introducción	31
II.1 Vivienda de seccion cuadrada colocada en ángulo de 90° con respecto a la direccion del viento	31
II.2 Vivienda de seccion cuadrada colocada en ángulo de 30° con respecto a la direccion del viento	34
II.3 Vivienda de seccion cuadrada colocada en ángulo de 45° con respecto a la direccion del viento	35
II.4 Vivienda de seccion ovalada colocada en ángulo de 90°,30° y 45° con respecto a la direccion del viento	37
II.5 Vivienda de seccion rectangular colocada en ángulo de 90° con respecto a la direccion del viento	39
II.6 Vivienda de seccion rectangular colocada en ángulo de 30°	

con respecto a la direccion del viento	41
Figura II.7 Vivienda de seccion rectangular colocada en ángulo de 45° con respecto a la direccion del viento	43
Figura II.8 Vivienda de seccion ovalada (8 * 4) colocada en ángulo de 90° 30° y 45° con respecto a la direccion del viento	45
Figura II.9 Análisis matematico	47-48
Figura II.10 Análisis de resultados	49-51
<b>Capitulo 3. Mediciones en arreglos de viviendas</b>	52
Figura Introducción	52
Figura III.1 Arreglo de viviendas en forma paralelo de seccion cuadrada colocada en un angulo de 90° respecto a la direccion del viento	52
Figura III.2 Arreglo de viviendas en forma paralelo de seccion cuadrada colocada en un angulo de 30° respecto a la direccion del viento	53
Figura III.3 Arreglo de viviendas en forma paralelo de seccion cuadrada colocada en un angulo de 45° respecto a la direccion del viento	54
Figura III.4 Arreglo de viviendas en forma interlineado de seccion cuadrada colocada en un angulo de 90° respecto a la direccion del viento	55
Figura III.5 Arreglo de viviendas en forma interlineado de seccion cuadrada colocada en un angulo de 30° respecto a la direccion del viento	56
Figura III.6 Arreglo de viviendas en forma interlineado de seccion cuadrada colocada en un angulo de 45° respecto a la direccion del viento	57
Figura III.7 Arreglo de viviendas en forma paralelo de seccion rectangular colocada en un angulo de 90° respecto a la direccion del viento	58
Figura III.8 Arreglo de viviendas en forma paralelo de seccion rectangular colocada en un angulo de 30° respecto a la direccion del viento	59
Figura III.9 Arreglo de viviendas en forma paralelo de seccion rectangular colocada en un angulo de 45° respecto a la direccion del viento	59
Figura III.10 Arreglo de viviendas en forma interlineado de seccion rectangular colocada en un angulo de 90° respecto a la direccion del viento	60
Figura III.11 Arreglo de viviendas en forma interlineado de seccion rectangular colocada en un angulo de 30° respecto a la direccion del viento	61
Figura III.12 Arreglo de viviendas en forma interlineado de seccion rectangular colocada en un angulo de 45° respecto a la direccion del viento	61
Figura III.13 Análisis matematico	62
Figura III.14 Análisis de resultados	63-64
<b>CONCLUSIONES FINALES</b>	65
<b>RECOMENDACIONES</b>	66
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	67
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	68
<b>ANEXO A</b>	70

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
<b>Figura 1:</b> Arreglo de unidades en forma paralela. a) vista lateral, b) vista de planta	4
<b>Figura 2:</b> Arreglo de unidades en forma escalonada; vista de planta	4
<b>Figura 3:</b> Sombra de viento al incidir con una edificación con techo plano	6
<b>Figura 4:</b> Sombra de viento al incidir con una edificación con techo 2 aguas	6
<b>Figura 5:</b> Efecto del viento al incidir con una pared frontal	7
<b>Figura 6:</b> Esquema que muestra la orientación de una casa con respecto al viento	8
<b>Figura 7:</b> Tunnel del viento	10
<b>Figura 1.1:</b> Sombra de viento en techo plano a 90° en viviendas de sección 4*4m	15
<b>Figura 1.2:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 90° en viviendas de sección 4*4m	15
<b>Figura 1.3:</b> Sombra de viento en techo 2 agua a 90° en viviendas de sección 4*4m	15
<b>Figura 1.4:</b> Sombra de viento en techo plano a 30° en viviendas de sección 4*4m	17
<b>Figura 1.5:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 30° en viviendas de sección 4*4m	17
<b>Figura 1.6 y 1.7:</b> Sombra de viento en techo 2 agua a 30° en viviendas de sección 4*4m	17
<b>Figura 1.8:</b> Sombra de viento en techo plano a 45° en viviendas de sección 4*4m	19
<b>Figura 1.9:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 45° en viviendas de sección 4*4m	19
<b>Figura 1.10 y 1.11:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 45° en viviendas de sección 4*4m	19
<b>Figura 1.12 y 1.13:</b> Sombra de viento en techo plano a 90° en viviendas de sección 8*4m	21
<b>Figura 1.14:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 90° en viviendas de sección 8*4m	21
<b>Figura 1.15 y 1.16:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 90° en viviendas de sección 8*4m	21
<b>Figura 1.17:</b> Sombra de viento en techo plano a 30° en viviendas de sección 8*4m	23
<b>Figura 1.18:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 30° en viviendas de sección 8*4m	23
<b>Figura 1.19 y 1.20:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 30° en viviendas de sección 8*4m	23
<b>Figura 1.21:</b> Sombra de viento en techo plano a 45° en viviendas de sección 8*4m	25
<b>Figura 1.22:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 45° en viviendas de sección 8*4m	25
<b>Figura 1.23 y 1.24:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 45° en viviendas de sección 8*4m	25
<b>Figura 1.25:</b> Punto de partida de la proyección de sombra de viento en techo plano	27
<b>Figura 1.26:</b> Punto de partida de la proyección de sombra de viento en techo 1 agua	27
<b>Figura 1.27:</b> Punto de partida de la proyección de sombra de viento en techo 2 aguas	27
<b>Figura 2.1:</b> Sombra de viento en techo plano a 90° en viviendas de sección 4*4m	32
<b>Figura 2.2:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 90° en viviendas de sección 4*4m	32
<b>Figura 2.3 y 2.4:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 90° en viviendas de sección 4*4m	32
<b>Figura 2.5:</b> Sombra de viento en techo plano a 30° en viviendas de sección 4*4m	34
<b>Figura 2.6:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 30° en viviendas de sección 4*4m	34
<b>Figura 2.7 y 2.8:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 30° en viviendas de sección 4*4m	34
<b>Figura 2.9:</b> Sombra de viento en techo plano a 45° en viviendas de sección 4*4m	36
<b>Figura 2.10:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 45° en viviendas de sección 4*4m	36
<b>Figura 2.11 y 2.12:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 45° en viviendas de sección 4*4m	36
<b>Figura 2.13:</b> Sombra de viento en con pared circular a 90° en viviendas de sección 4*4m	38
<b>Figura 2.14:</b> Sombra de viento en con pared circular a 30° en viviendas de sección 4*4m	38

<b>Figura 2.15:</b> Sombra de viento en con pared circular a 45° en viviendas de seccion 4*4m	38
<b>Figura 2.16 y 2.17:</b> Sombra de viento en techo plano a 90° en viviendas de seccion 8*4m	40
<b>Figura 2.18:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 90° en viviendas de seccion 8*4m	40
<b>Figura 2.19 y 2.20:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 90° en viviendas de seccion 8*4m	40
<b>Figura 2.21 y 2.22:</b> Sombra de viento en techo plano a 30° en viviendas de seccion 8*4m	42
<b>Figura 2.23:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 30° en viviendas de seccion 8*4m	42
<b>Figura 2.24 y 2.25:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 30° en viviendas de seccion 8*4m	42
<b>Figura 2.26 y 2.27:</b> Sombra de viento en techo plano a 45° en viviendas de seccion 8*4m	44
<b>Figura 2.28:</b> Sombra de viento en techo 1 agua a 45° en viviendas de seccion 8*4m	44
<b>Figura 2.29 y 2.30:</b> Sombra de viento en techo 2 aguas a 45° en viviendas de seccion 8*4m	44
<b>Figura 2.31:</b> Sombra de viento en con pared circular a 90° en viviendas de seccion 8*4m	46
<b>Figura 2.32:</b> Sombra de viento en con pared circular a 30° en viviendas de seccion 8*4m	46
<b>Figura 2.33:</b> Sombra de viento en con pared circular a 45° en viviendas de seccion 8*4m	46
<b>Figura 2.34:</b> Punto de partida de la proyección de sombra de viento en techo plano	47
<b>Figura 2.35:</b> Punto de partida de la proyección de sombra de viento en techo 1 agua	48
<b>Figura 2.36:</b> Punto de partida de la proyección de sombra de viento en techo 2 aguas	48
<b>Figura 3.1:</b> Arreglo en paralelo 90°	52
<b>Figura 3.2:</b> Arreglo en paralelo 30°	53
<b>Figura 3.3:</b> Arreglo en paralelo 45°	54
<b>Figura 3.4:</b> Arreglo en interlineado 90°	55
<b>Figura 3.5:</b> Arreglo en interlineado 30°	56
<b>Figura 3.6:</b> Arreglo en paralelo 45°	57
<b>Figura 3.7:</b> Arreglo en paralelo 90° (8*4m)	58
<b>Figura 3.8:</b> Arreglo en paralelo 30° (8*4m)	59
<b>Figura 3.9:</b> Arreglo en paralelo 45° (8*4m)	59
<b>Figura 3.10:</b> Arreglo en interlineado 90° (8*4m)	60
<b>Figura 3.11:</b> Arreglo en interlineado 30° (8*4m)	61
<b>Figura 3.12:</b> Arreglo en paralelo 45° (8*4m)	61
<b>Figura 3.13:</b> Punto de partida en un arreglo en paralelo	62
<b>Figura 3.14:</b> Punto de partida en un arreglo en interlineado	62



## INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
<b>Tabla 1:</b> Longitud de sombra de viento en funcion de la altura, ancho y forma del edificio	5
<b>Tabla 1.1:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 90° en viviendas de 4x 4 m	16
<b>Tabla 1.2:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 30° en viviendas de 4x 4 m	18
<b>Tabla 1.3:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 45° en viviendas de 4x 4 m	20
<b>Tabla 1.4:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 90° en viviendas de 8x 4 m	22
<b>Tabla 1.5:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 30° en viviendas de 8x 4 m	24
<b>Tabla 1.6:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 45° en viviendas de 8x 4 m	26
<b>Tabla 2.1:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 90° en viviendas de 4x 4 m vista de planta	33
<b>Tabla 2.2:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 30° en viviendas de 4x 4 m vista de planta	35
<b>Tabla 2.3:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 45° en viviendas de 4x 4 m vista de planta	37
<b>Tabla 2.4:</b> Valores medios del comportamiento del viento en un pared ovalada en vista de planta	39
<b>Tabla 2.5:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 90° en viviendas de 8x 4 m vista de planta	41
<b>Tabla 2.6:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 30° en viviendas de 8x 4 m vista de planta	43
<b>Tabla 2.7:</b> Valores medios del comportamiento del viento a 45° en viviendas de 8x 4 m vista de planta	45
<b>Tabla 2.8:</b> Valores medios del comportamiento del viento en un pared ovalada 8*4 m vista de planta	47
<b>Tabla 3.1:</b> Valores medios del viento en un arreglo de viviendas 4*4m en paralelo	54
<b>Tabla 3.2:</b> Valores medios del viento en un arreglo de viviendas 4*4m en interlineado	58
<b>Tabla 3.3:</b> Valores medios del viento en un arreglo de viviendas 8*4m en paralelo	60
<b>Tabla 3.4:</b> Valores medios del viento en un arreglo de viviendas 8*4m en interlineado	62

## **RESUMEN**

La necesidad de confort en las viviendas, está llevando a un gasto excesivo de energía eléctrica, lo cual conlleva una serie de problemas para la sociedad y medio ambiente. En lugares donde se tienen climas calido-húmedos, el manejo adecuado de la ventilación exterior es una de las variables que puede participar activamente en la solución de esta problemática. Este trabajo tuvo como objetivo determinar el comportamiento de los vientos alrededor de la envolvente considerando orientaciones, arreglos y geometrías. Se utilizó un túnel de viento subsónico de baja velocidad, para visualizar el comportamiento del viento, en planta y en corte, sobre maquetas de viviendas en escala 1:100, en dos dimensiones (cuadradas y rectangulares), en las cuales se manejaron tres tipos de techumbres (plana, una y dos aguas), orientadas a 90°, 30° y 45° con respecto al flujo de viento. La longitud de la zona de baja presión se analizó tanto de manera gráfica como matemática. Las conclusiones determinaron que la dirección del flujo a sotavento de la edificación, depende tanto de la geometría y orientación de la techumbre; se encontró además, que en los arreglos de viviendas en forma escalonada se genera mayor ventilación entre las viviendas y por tanto menor sombras de viento a sotavento.

# ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA VENTILACIÓN EXTERIOR EN CLIMAS CÁLIDOS HÚMEDOS

## Introducción

Al paso de los años, el ser humano ha evolucionado en todos los ámbitos. La invención y construcción de nuevos instrumentos lo han llevado a una dependencia absoluta de ellos, pero también ha dejado atrás factores que son importantes y necesarios para la existencia del planeta y la suya propia.

El excesivo uso de los recursos energéticos disponibles pareciera ser una de las prioridades del ser humano ya que cada año se hace muy poco por aprovechar los factores naturales que nuestro planeta pone al alcance de nuestras manos como son: El Sol y El viento.

Hoy en día, la necesidad de tener confort en las viviendas, está llevando a un gasto excesivo de energía eléctrica, lo cual conlleva una serie de problemas para la sociedad y medio ambiente. En los lugares donde se tienen climas calido-húmedo, el manejo adecuado de la ventilación exterior es una de las variables que puede participar activamente en la solución de esta problemática. Es conveniente que las normas contemplen también esta problemática.

## Marco teórico

La ventilación natural ya era usada por algunas culturas como La Maya en la Península de Yucatán o el gran Imperio Romano durante su auge<sup>i</sup>. El viento es uno de los parámetros importantes a manejar en la arquitectura, ya sea para captarlo, evitarlo o controlarlo. Este elemento de climatización pasiva, que con el auge de la arquitectura industrial quedó relegado a segundo término, renació a finales del siglo pasado, principalmente en lugares donde los climas son cálidos-secos o cálidos-húmedos. Por consiguiente, el manejo adecuado de la ventilación se refleja en la calidad de los espacios habitables, en el uso racional de la energía y en el impacto ambiental. La tendencia en el consumo de energía debido al crecimiento poblacional ha generado normas; en nuestro país, la NOM- 008-ENER-2001<sup>ii</sup> dicta las bases para la eficiencia energética en edificios no residenciales; pero, no hace referencia de la ventilación como uno de los elementos a considerar para este objetivo; de igual manera, la Ley Federal de Vivienda, Publicada en el Diario Oficial de la Federación del 7 de febrero de 1984, no considera esta variable. Por su parte, el Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico para el Fomento de la Producción y Financiamiento de Vivienda y el Crecimiento del Sector Habitacional publicada en el 2002, contempla la utilización de Ecotecnias y de fuentes alternas de Energía, pero no trata el tema de la ventilación natural ni su aprovechamiento ni utilización.<sup>iii</sup> En lo que concierne exclusivamente al Estado de Quintana Roo, la creación de la Ley del Instituto de Vivienda en 1984 con el objeto planear, formular, promover y ejecutar programas y acciones necesarias para el desarrollo urbano, construcción y rehabilitación de vivienda popular, no toma en cuenta la utilización de fuentes alternativas de energía (viento) para hacerlas confortables sin tanto uso de energía eléctrica y se une a los de más documentos y Reglamentos del Estado y Nacionales en los cuales no contemplan la utilización del viento como forma de climatización natural en la vivienda.<sup>iv</sup>

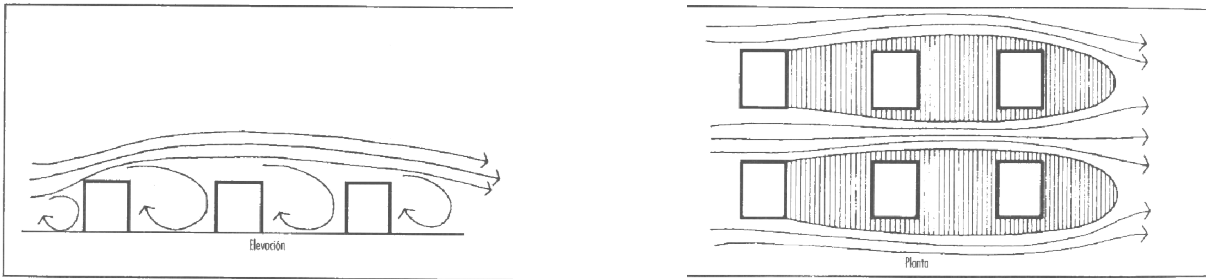
Con la información anterior se puede deducir que si bien existe La Ley Federal de vivienda, desde 1984 en donde contempla la utilización de fuentes alternas de energía y la consideración del tipo de materiales así como los espacios exteriores en diseño arquitectónico, no se ha aplicado a las construcciones presentes. En los Reglamentos de Construcción Actuales se contemplan las Normas Técnicas Complementarias en donde se considera el diseño por viento, pero no aplican para este caso de estudio.

Sin embargo, en otros documentos se recomienda considerar este factor en los proyectos de edificación de vivienda, como es el caso de la Comisión Nacional de Fomento de la Vivienda (CONAFOVI) que en el 2005 dió a conocer la guía denominada *Hacia un Código de Edificación de la Vivienda*, donde se toman en cuenta las condiciones bioclimáticas, físicas, tecnológicas, sociales, económicas y culturales de cada lugar. En su apartado 4.4 Desarrollo y Diseño de Áreas Verdes, Subtema Requerimientos y Criterios de Diseño contempla la característica del Control del Viento en la vivienda la que textualmente dice: “Que se maneja dirigiéndolo o redirigiéndolo, incrementando su velocidad e impidiendo su paso, lo cual se logrará en todos los casos gracias al follaje de las plantas”. Así mismo, las Normas de Habitabilidad en Función de la Salud contemplan que la vivienda unifamiliar debe tener las Renovaciones de aire adecuadas de 5/8 m/min con un máximo de 12 m/min en verano, materiales adecuados para una vivienda, una Ventilación Natural Cruzada y sobre todo contemplan las Orientaciones y Protecciones Externas de la misma en la cual especifican que al decidir las orientaciones, se deben tener en cuenta los **vientos dominantes** y la vegetación colaborante con las aislaciones.<sup>v</sup>

En el aspecto teórico, algunos estudios sostienen que el comportamiento de la ventilación exterior es uno de los parámetros a manejar en la arquitectura, ya sea para captarlo, para evitarlo o controlarlo<sup>vi</sup>. García Chávez<sup>vii</sup> opina que cuando el viento choca contra la cara frontal de un edificio se crea una zona de presión alta (barlovento) en ese lado del edificio y, se incrementa la velocidad del viento, mientras que por el contrario en las caras lateras y posterior se crea una zona de baja presión (sotavento); Brown sostiene que cuando se tiene un arreglo en forma paralela el viento siempre tiende a brincar por encima de las unidades creando una sombra de viento sobre las siguientes, por lo que se necesitaría un espacio de seis veces la altura del edificio para asegurar un movimiento de aire adecuado a sotavento.

Sin embargo, si el arreglo es en forma escalonada o alternada se produce un aumento de la distancia entre las construcciones, lo que permite que el aire recobre su trayectoria original antes de llegar a las edificaciones siguientes, esto da la ventaja de que se tendrán fuertes patrones de viento que garantizan que las siguientes unidades estarán ventiladas y se eliminarán las sombras de viento.<sup>viii</sup>

Por lo que, el arreglo de las unidades habitacionales es un aspecto que se debe de considerar si se busca el máximo confort en lo espacios interiores. Las figuras 1(a), 1(b) muestran acomodados en forma paralela, mientras que la figura 2, muestra uno en forma escalonada.

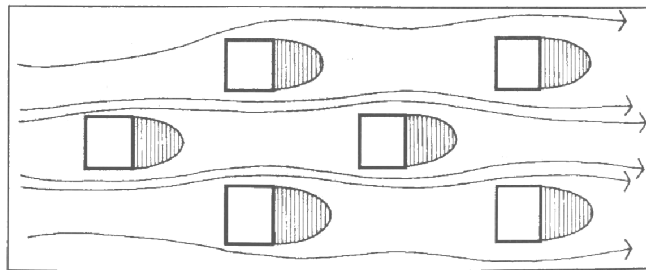


(a)

(b)

**FIGURA 1:** Arreglo de unidades en forma paralela: a) Vista lateral, b) Vista de planta.

(Fuente: García Chávez, J.R. Fuentes Freixanet, V. *Viento y Arquitectura; El Viento como factor de diseño arquitectónico*. Trillas. México. Pág. 70).




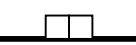
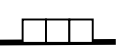
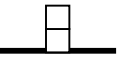

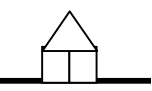


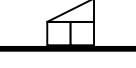
**FIGURA 2:** Arreglo de unidades en forma escalonada; vista de planta.

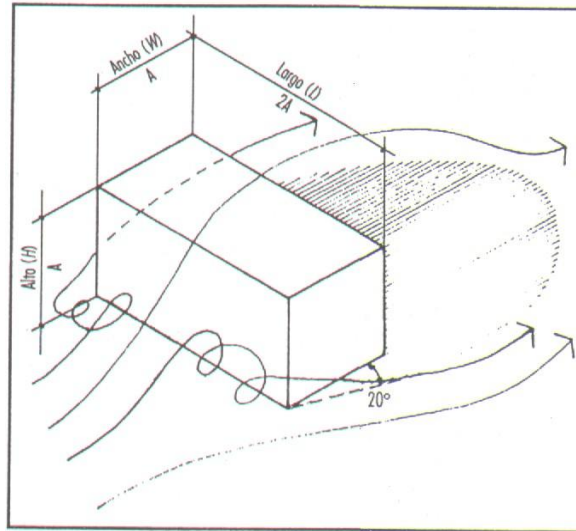
(Fuente: García Chávez, J.R. Fuentes Freixanet, V. *Viento y Arquitectura; El Viento como factor de diseño arquitectónico*. Trillas. México. Pág. 70).

Según Gracia Chávez<sup>1</sup>, el tamaño, la fuerza y el movimiento de los remolinos de aire creados al chocar con la edificación se determinan por cuatro factores: velocidad, dirección del viento, estabilidad e inestabilidad de la atmósfera baja, y la forma y el tamaño del objeto; por lo que, basándose en estudios realizados por Evans<sup>ix</sup> presenta la siguiente tabla donde muestra que dependiendo del ancho, alto e inclinación del techo se pueden esperar distintos efectos de sombras de viento:

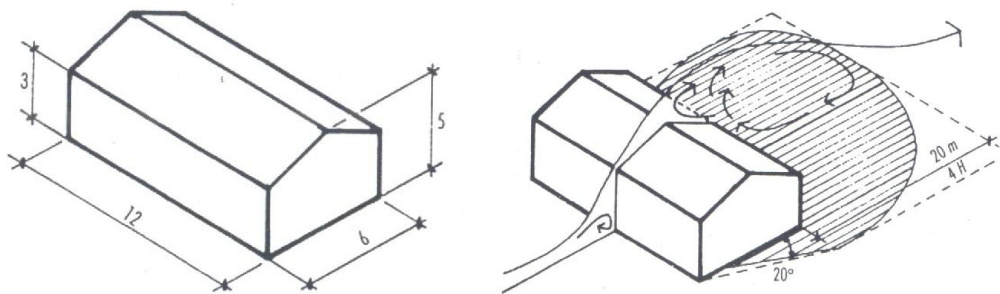
<sup>1</sup> García Ch. J. *Op cit.* Pág 19

**Tabla 1:** Longitud de la sombra de viento en función de la altura, largo, ancho y forma del edificio (fuente: García Chávez, J.R. Fuentes Freixanet, V. *Viento y Arquitectura; El Viento como factor de diseño arquitectónico*. Trillas. México. Pág. 20)

Ancho (w)	Alto (H)	Inclinación del techo	Largo del edificio (l)					Dirección del Viento
			2 A	4 A	8 A	16 A	24 A	
A	A	0°	2 ½	3 ¾	5 ¼	8	8 ¾	
2A	A	0°	2	2	3 ¾	6	7	
3A	A	0°	2 ¼	3 ¼	4 ½	5 ¾	5 ½	
A	2 A	0°	5 ¼	8 ¼	11 ¾	16 ¼	18	
A	3 A	0°	6 ¾	11 ½	16 ½	18 ¾	20 ¾	
2A	2 A	45°	2 ¾	5 ¼	9 ¼	13 ¼	15	
2A	1.6 A	30°	3	4	6 ¾	10	13	
2A	1.5 A	15°	3	5 ¼	8 ¼	11 ½	14 ½	
2A	1.5 A	15°	2 ½	4 ½	6 ½	11	13 ¾	
Forma del edificio			Largo de la sombra del viento (x H)					Sección



**Figura 3:** Sombra de viento al chocar con una edificación con techo plano  
(Fuente: García Chávez, J.R. Fuentes Freixanet, V. *Viento y Arquitectura; El Viento como factor de diseño arquitectónico*. Trillas. México. Pág. 20)

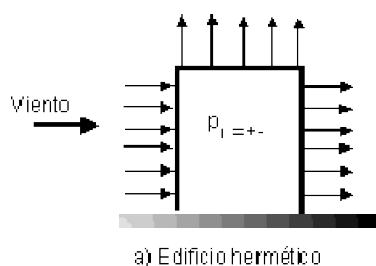


**Figura 4:** Sombra de viento en una casa con techo a dos aguas  
(Fuente: García Chávez, J.R. Fuentes Freixanet, V. *Viento y Arquitectura; El Viento como factor de diseño arquitectónico*. Trillas. México. Pág. 21)

En los siguientes apartados, se describe el comportamiento de la ventilación en diferentes elementos de la envolvente, tomando como referencia la literatura citada.

### 1. Muros verticales

Rivero dice que las presiones que actúan sobre las caras de la estructura son referenciadas a la presión atmosférica; por lo que en una edificación dada, pueden estar actuando presiones positivas y negativas (succiones)<sup>x</sup>, como se muestra en la figura 5.



**Figura 5:** Efecto del viento al chocar con una pared vertical.

(Fuente: [http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/cv/cv95-962/curso/practicass/P\\_LEST02.htm](http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/cv/cv95-962/curso/practicass/P_LEST02.htm))

## 2. Muros circulares

Considerando nuevamente a Rivero, se destaca que las torres circulares generan una zona de viento y turbulencia creadas por el choque del viento sobre sus paredes, produciendo corrientes hacia el suelo con turbulencias y por consiguiente aumentando la aceleración del viento.<sup>2</sup>

## 3. Geometrías en techos.

Herrera y Suárez explican que la forma del techo influye en el comportamiento del viento y que para inferir en su intensidad, es necesario tomar en cuenta este factor así como el lugar donde estará la construcción; agregan que la elección de la forma del techo influye en la vulnerabilidad de este ante fuertes vientos.<sup>xi</sup>

En trabajos más específicos, la correlación entre viento y geometría de techumbres se encontró lo siguiente:

### a).- Techos inclinados

En este tipo de geometrías y su influencia en el manejo de la ventilación es uno de los temas en donde se ha encontrado más información; algunos autores afirman que los techos inclinados a favor del viento producen mayor presión en la fachada de incidencia que en techos planos, por cuanto la trayectoria del viento se desvía arriba y produce una mayor masa de aire a presión negativa a sotavento<sup>xii</sup> Mientras mayor es la pendiente mejor es el efecto; Tudela, en estudios sobre el efecto de sombra de viento y superficie de la edificación, encuentra que aquella se comporta de acuerdo a la relación ancho-longitud-altura-geometría de techos, lo que significa que están íntimamente ligados.<sup>xiii</sup>

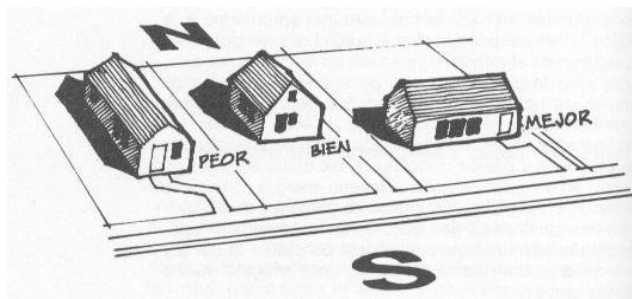
Herrera y Suárez nos dicen que de acuerdo al tipo de cubierta (a cuatro aguas, muy inclinada a dos aguas, poco inclinada a dos aguas y de una sola inclinación) será el comportamiento del viento.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Rivero, R. Ibidem.

<sup>3</sup> Herrera García, T. Suárez Suárez, E. *Op cit*



Lacomba opina que los techos preferentemente deben estar inclinados al norte para evitar la captación de la radiación y así aprovechar los vientos dominantes del sureste para deshumidificar y enfriar<sup>xiv</sup>. Como se muestra en la figura 6:



**FIGURA 6:** Esquema que muestra la orientación de una casa con respecto al viento

(Fuente: <http://www.geocoties.com/researchTriangle/facility/8776/indice.htm.c>)

Los techos con pendientes opuestas a la incidencia de los vientos producen un efecto de presión negativa menor, debido a que el aire tiende más rápidamente a restaurar su trayectoria original para volver a la superficie del suelo; por lo tanto los techos a **dos aguas** con orientación perpendicular a la incidencia de los vientos y con poca pendiente permitirán la restauración más rápida de la trayectoria del viento a sotavento, por lo tanto menor será la diferencia entre sobrepresión y depresión alrededor del volumen. Con techos a **cuatro aguas** el efecto es más evidente.<sup>xv</sup>

#### **b).- Domos y formas poligonales**

Herrera y Suárez dicen que estas formas tienen pocos bordes con el filo suficiente para modificar el flujo de viento sobre la edificación.<sup>4</sup>

A pesar de que las investigaciones realizadas sobre el tema, han permitido aportes muy importantes, en ninguna de ellas se especifica las condiciones climatológicas bajo las cuales se obtuvieron dichos resultados. En zonas expuestas a los embates meteorológicos, existe la paradoja que mientras en el período comprendido entre Mayo y Agosto es conveniente la captación de los vientos, en el período comprendido entre Septiembre y Noviembre es conveniente tomar además, providencias contra los vientos huracanados que llegan a causar serios estragos en las edificaciones. En la mayoría de los trabajos, éstos se refieren a casos aislados en espacios más o menos planos y despejados. En este aspecto, Tudela va un poco más allá y advierte sobre los efectos que puede producir la aireación en los espacios que rodean las edificaciones, cuyos resultados podrían perjudicar seriamente las condiciones de habitabilidad del conjunto.<sup>5</sup>

La interrelación Techo- Muros y su efecto en el conjunto no se encontró en la literatura consultada; tampoco se menciona al respecto en la norma ya citada sobre Eficiencia energética emanada de la Secretaría de Energía; y las normas locales para edificación no abordan este temática; tampoco las normas oficiales que rigen la edificación de vivienda (INFONAVIT, FOVISSSTE, CONAFOVI, FONAPO), por lo que, estos aspectos que inciden directamente en el

<sup>4</sup> Herrera García, T. Suárez Suárez, E. Ibidem

<sup>5</sup> Tudela, F. *Op cit.* pp 202-214

confort y con ello en el ahorro y uso eficiente de la energía en los espacios habitacionales, proporcionaron la pauta para la formulación de la siguiente hipótesis.

## **Hipótesis**

La orientación y geometría de la envolvente, son factores que influyen en el comportamiento de la ventilación exterior, la que a su vez, se transforma en una variable indispensable en el ahorro de energía en las zonas urbanas.

Para comprobar esta hipótesis se plantean los siguientes

## **Objetivos**

### **1.- Generales**

- Determinar el comportamiento de los vientos en la envolvente, considerando orientaciones, arreglos y geometrías.

### **2.- Secundarios**

- Analizar el comportamiento de la ventilación en el conjunto
- Analizar los efectos de la ventilación en las diferentes geometrías de las techumbres.
- Analizar los efectos de la ventilación en las diferentes geometrías de los muros.
- Analizar los efectos de la ventilación en las combinaciones muros - techumbres

## **Justificación**

La ventilación exterior en una vivienda es parte esencial para lograr el confort en el interior de ella, esto se puede observar claramente en los edificios que tienen una orientación hacia los vientos dominantes pues se mantienen más frescos. La mayoría de los conjuntos habitacionales en la región no están correctamente ventilados y es necesario emplear medios mecánicos para obtener confort. A través de este trabajo, se pretende coadyuvar en las recomendaciones para el diseño de conjuntos habitacionales con propuestas para el manejo adecuado de la ventilación.

## **Metodología**

La metodología utilizada para el análisis del comportamiento de la ventilación exterior y su influencia en el ahorro y uso eficiente de la energía en la edificación se describe a continuación:

### **1.- Métodos empíricos**

- **Hipotético- Deductivo.-**

Partiendo de la hipótesis se llegó al análisis de la problemática para finalizar en las recomendaciones

- **Experimentación**

Utilizando modelos a escala 1:100 con diferentes geometrías de techumbre, colocadas en un túnel de viento subsónico de baja velocidad, Marca Armfield, Mod. C2, de Sección Abierta, como se muestra en la figura 7. Se analizó el comportamiento de la ventilación en edificaciones aisladas y en diferentes sembrados que simulaban conjuntos habitacionales.



Figura 7.- Túnel de viento subsónico

El cálculo de la velocidad del viento se realizó a través de un análisis de semejanza dinámica, utilizando la ecuación de Reynolds debido a que en un túnel de viento predomina la viscosidad. Por lo tanto la relación de velocidad según la ley de Reynolds es:

$$\frac{v_p}{v_m} = \frac{L_m}{L_p} = \frac{1}{\lambda} \quad (\text{I})$$

Donde:

$v_p$  = Velocidad del prototipo (m/s)

$v_m$  = Velocidad de la maqueta (m/s)

$L_m$  = Longitud de la maqueta (m)

$L_p$  = Longitud del prototipo (m)

$\lambda$  = Escala del prototipo con relación a la maqueta

El túnel de viento empezó a registrar valores a partir de los 3.5 Hz, lo que arrojó una velocidad aproximada a **2.57** m/s, que es muy cercana a la velocidad promedio que se tiene en esta ciudad la cual es de aproximadamente 3 m/s.

De la ecuación I se deduce que la velocidad a escala  $V_e$  se obtiene a través de la ecuación II:

$$\frac{V_p}{V_m} = V_e \quad (\text{II})$$

De aquí que:

$$v_e = \frac{1}{\lambda} \quad (\text{III})$$

Por lo que:

$$\frac{v_p}{v_m} = v_e \quad (\text{IV})$$

Finalmente:

$$v_m = \frac{v_p}{v_e} \Rightarrow v_m = \frac{2.5}{100} = 0.025 \text{ m/s} \quad (\text{V})$$

Pero dadas las características del túnel de viento no es posible utilizar esta velocidad por ser tan pequeña debido a que no se registran valores hasta los 3.5 Hz. Aun cuando solo registre valores a partir de los 3.5 Hz obtenidos mediante el tubo Pitot, el equipo es posible operarlo a partir de los 2 Hz pero debido a que no es posible utilizar el tubo pitot para obtener la velocidad, se utilizó un anemómetro Marca PROVA, Mod. AVM-07 el cual registra una velocidad de 0.70 m/s; y por tanto se utilizó esta por ser la mínima velocidad con la que trabaja el equipo.

- **Criterio de experto**

Se revisaron estudios con respecto al tema, tanto en países desarrollados como lo llamados de economías emergentes, haciendo hincapié en climas cálido – húmedos.

## 2.- Métodos teóricos

- **Análisis y síntesis.**

Una vez realizados los ensayos en el túnel de viento y revisado la literatura, se planteó el modelo matemático para definir la frontera de la zona de baja presión (sombra de viento) en la región de sotavento; se basó en el enfoque de Euler que considera la velocidad de un fluido concentrada en cierto punto en el espacio y, describe el movimiento de las partículas del fluido al pasar por ese punto a través del tiempo, lo que se puede considerar como la trayectoria de un proyectil donde el objeto lanzado se proyecta con un ángulo arbitrario respecto a la horizontal, el cual viaja horizontalmente hacia arriba y hacia abajo a una velocidad constante; por lo que, para obtener el alcance máximo se utilizó la ecuación (1).

$$\int_0^x dx = v_{0_x} \int_0^t dt \quad (1)$$

Integrando la ecuación (1), se obtiene la siguiente ecuación:

$$R = V_{0x}(t) \quad (2)$$

Dado que en una proyección vertical el tiempo de ascenso es igual al de descenso por lo que; el tiempo de vuelo es:

$$t = 2t \quad (3)$$

**Donde**

$R$  = Alcance (m)

$V_{x0}$  = Velocidad del flujo (m/s)

$t$  = Tiempo (s)

Para las componentes horizontal y vertical de velocidad inicial del movimiento se utilizaron las ecuaciones (4) y (5):

$$V_{x_0} = V_0(\cos\theta) \quad (4)$$

Donde

$V_{x0}$  = Velocidad del flujo (m/s)

$V_0$  = Velocidad inicial (m)

$\theta$  = ángulo de la componente horizontal del movimiento del proyectil

$$V_{y_0} = V_0(\sen\theta) \quad (5)$$

Donde

$V_{y0}$  = Velocidad del flujo (m/s)

$V_0$  = Velocidad inicial (m)

$\theta$  = Ángulo de la componente vertical del movimiento del proyectil

El componente y de la velocidad en el tiempo, se encontró a través de la fórmula (6)

$$V_y = V_0\sen\theta - gt \quad (6)$$

Donde

$V_y$  = Velocidad y en el tiempo (m/s)

$V_0$  = Velocidad inicial (m)

$\theta$  = Ángulo de la componente vertical del movimiento del proyectil

$g$  = Constante de la aceleración gravitacional ( $m/s^2$ )

$t$  = Tiempo (s)

*Componentes de desplazamiento del Movimiento de un Proyectil*

$$\int_0^y dy = \int_0^t (v_{0y} - gt) dt \quad (7)$$

Integrando la ecuación (7), se obtiene la siguiente ecuación:

$$y_{\max} = v_{yo}(t) - \frac{1}{2}gt^2 \quad (8)$$

Sustituyendo y reordenando la ecuación (8); se obtuvo:

$$4.9t^2 - 0.239t - 6 = 0 \quad \text{Ec. lineal} \quad (9)$$

Por tanto para obtener el tiempo se utilizó la fórmula general

$$t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (10)$$

- **Inducción – Deducción**

Se consideró las posibles orientaciones y arreglos para determinar el comportamiento del viento y proyectar sombra de viento a sotavento.

### 3.- Resultados

- **Aporte práctico**

Se desarrolló un modelo matemático para el cálculo de la proyección de sombra de viento a sotavento.

Tablas que definen el comportamiento de la ventilación exterior para diversas geometrías y orientaciones, obtenidas por medio de la experimentación en un túnel de viento subsónico de baja velocidad y comprobadas a través de un modelo matemático

## CAPITULO I COMPORTAMIENTO DEL VIENTO VISTO EN CORTE EN VIVIENDAS AISLADAS

### Introducción

El comportamiento del viento visto en corte, proyecta áreas de baja presión en las techumbres, tanto a barlovento como a sotavento de la edificación; estas zonas también llamadas “sombras de viento” están en función de la altura, largo, ancho y forma del edificio<sup>6</sup>. En este apartado se analizó el comportamiento del viento en diferentes geometrías de techumbres; se consideró desde la techumbre plana hasta aquellas a diferentes ángulos de inclinación; para lograr esto, se utilizaron maquetas a escala 1:100, colocadas en el túnel de viento en posición de 90°, 45° y 30° con respecto a la dirección del viento.

### **I.1. Vivienda de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) con diferentes geometrías de techumbre, colocada en un ángulo de 90° con respecto a la dirección del viento.**

En la figura 1.1, se puede observar la curvatura del viento a barlovento (triángulo formado por L1 y h1' de la gráfica 1.1) en una edificación con techumbre a un agua, provocando una sombra de viento a sotavento del edificio. Debido a la geometría, el viento se eleva por encima del techo. Se analizaron 5 figuras con el mismo perfil obteniéndose la media y desviación estándar de los valores observados, con respecto a la altura del edificio, como se observa en la tabla. 1.1. La figura 1.2 muestra una vivienda con techo a un agua, a diferencia de la vivienda anterior, el viento tiende a llegar a casi la mitad de la edificación para después subir rozando la pared frontal y techo y con esto ofreciendo más ventajas que la de techo plano, ya que debido a este comportamiento la estructura de la vivienda será mas fresca y por ende mejor ventilada. La gráfica 1.2 define las longitudes y alturas de las zonas de baja presión en una vivienda de este tipo. En la figura 1.3, se observa el comportamiento del viento al incidir en una vivienda con techo a dos aguas, provocando una sombra de viento mayor que la de una vivienda de un agua pero menor que la de un techo plano, puesto que el ángulo que se crea entre el techo y el aire es menor. La gráfica 1.3 define las longitudes y alturas de las zonas de baja presión en una vivienda con geometría de dos aguas.

---

<sup>6</sup> Evans, *Op cit* p 20

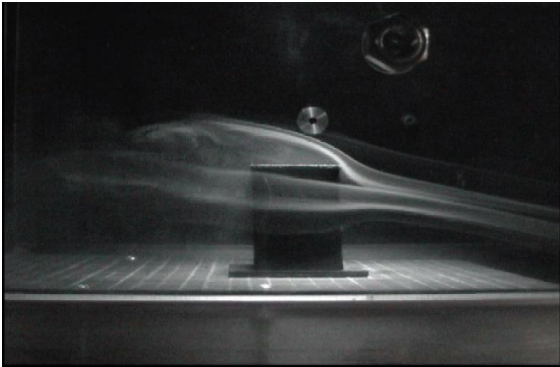
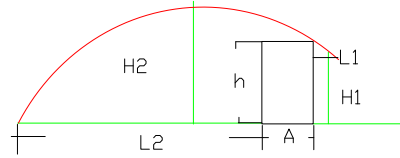


FIGURA 1.1: Sombra de Viento en techo plano



GRAFICA 1.1: Trayectoria del viento

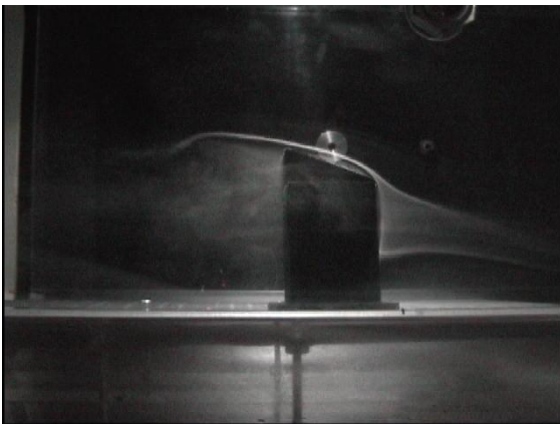
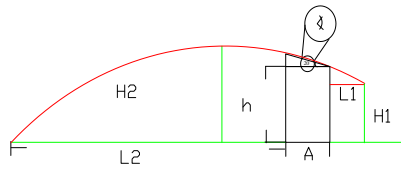


FIGURA 1.2: Sombra de Viento en techo de 1 agua



GRAFICA 1.2: Trayectoria del viento

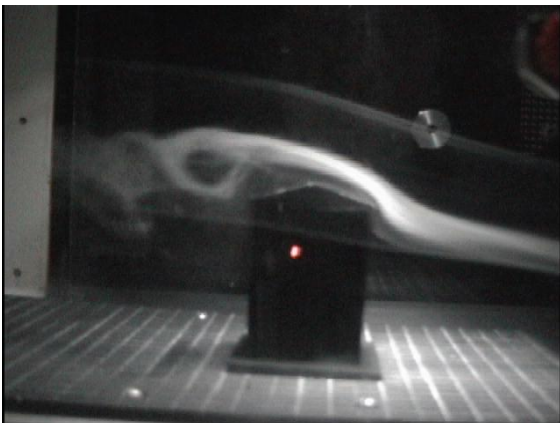
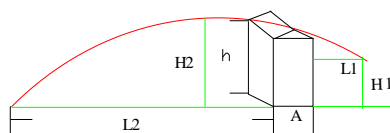


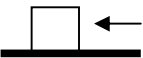
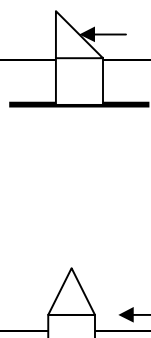
FIGURA 1.3: Sombra de Viento en techo 2 aguas



GRAFICA 1.3: Trayectoria del viento



**Tabla 1.1: Valores medios del comportamiento del viento (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>7</sup>**

Geometría	Dirección del viento	Ancho (A)	Alto del edificio (h)	Alto de Sombra de viento <sup>8</sup> (H1)	Alto <sup>9</sup> de Sombra de viento H2	Longitud de sombra de viento L1	Longitud de sombra de viento L2
Techo plano		0.7	1	$\frac{3}{4}$ (.41)	$1 \frac{1}{3}$ (.39)	$\frac{1}{2}$ (.25)	$2 \frac{2}{3}$ (3.94)
Techo a un agua 20°		0.7	1	$\frac{3}{4}$ (.683)	$1 \frac{1}{3}$ (.219)	$1 \frac{1}{2}$ (6.42)	$3 \frac{1}{4}$ (1.09)
Techo a un agua 22.5°		0.7	1	$\frac{3}{4}$ (.618)	$1 \frac{1}{2}$ (.396)	$1 \frac{1}{2}$ (.114)	$3 \frac{1}{2}$ (.878)
Techo un agua a 25°		0.7	1	$\frac{3}{4}$ (.425)	$1 \frac{1}{2}$ (.130)	$\frac{2}{3}$ (1.46)	$3 \frac{1}{3}$ (.721)
Techo un agua a 30°		0.7	1	$\frac{3}{4}$ (.549)	$1 \frac{1}{2}$ (.370)	$\frac{3}{4}$ (.793)	$3 \frac{1}{4}$ (.521)
Techo a dos aguas 20°		0.7	1	$1 \frac{1}{4}$ (.49)	$1 \frac{1}{2}$ (.36)	1 (.43)	$3 \frac{2}{3}$ (1.43)
Techo a dos aguas 22.5°		0.7	1	$1 \frac{1}{4}$ (.230)	$1 \frac{1}{2}$ (.334)	1 (.403)	$3 \frac{1}{2}$ (.816)
Techo a dos aguas 25°		0.7	1	1 (.37)	$1 \frac{1}{3}$ (.40)	1 (.25)	$4 \frac{1}{4}$ (.72)
Techo a dos aguas 30°		0.7	1	$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$3 \frac{1}{4}$
Techo a dos aguas 20°		0.7	1	1 (1.74)	$1 \frac{2}{3}$ (.78)	1 (.85)	$3 \frac{1}{2}$ (1.04)
Techo a dos aguas 22.5°		0.7	1	$1 \frac{1}{4}$ (.54)	$1 \frac{2}{3}$ (.77)	1 (.63)	$3 \frac{1}{4}$ (1.03)
Techo a dos aguas 25°		0.7	1	$1 \frac{1}{3}$ (.24)	$1 \frac{3}{4}$ (.28)	1 (.25)	4 (1.82)
Techo a dos aguas 30°		0.7	1	$1 \frac{1}{4}$ (.20)	$1 \frac{2}{3}$ (.08)	1 (.43)	$4 \frac{1}{2}$ (1.01)

**I.2.- Vivienda de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) con diferentes geometrías de techumbre, colocada en un ángulo de 30° con respecto a la dirección del viento.**

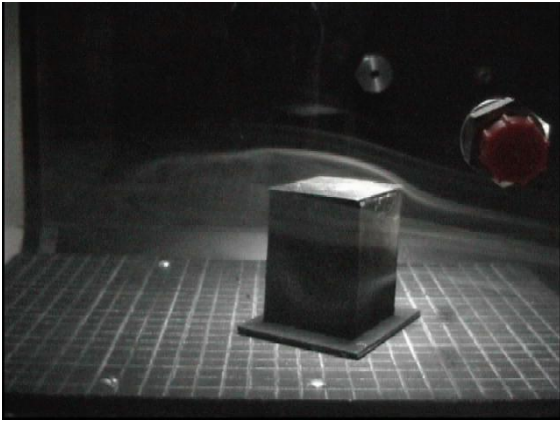
En este apartado se analizó el comportamiento del viento en una vivienda a 30° con respecto a la dirección del viento. El procedimiento fue el mismo que el anterior. En la figura 1.4 se puede apreciar una vivienda con techo plano, observándose la misma zona de baja presión que en la posición anterior. Mientras que en la figura 1.5, donde se muestra un techo a un agua, se puede observar que a diferencia de la figura 1.2 se produce una sombra de viento mayor sobre el techo y una zona de baja presión a barlovento que se inicia unos metros antes.

<sup>7</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

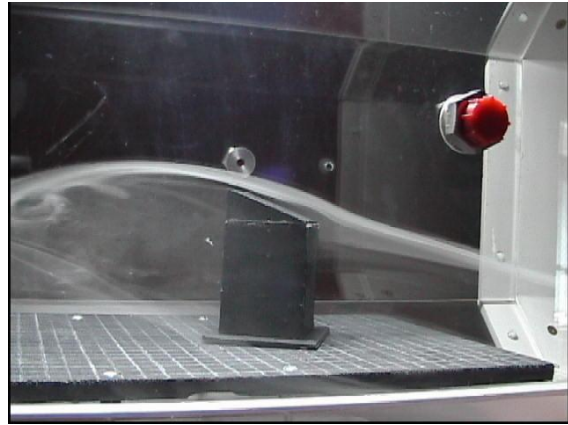
<sup>8</sup> A barlovento

<sup>9</sup> A sotavento

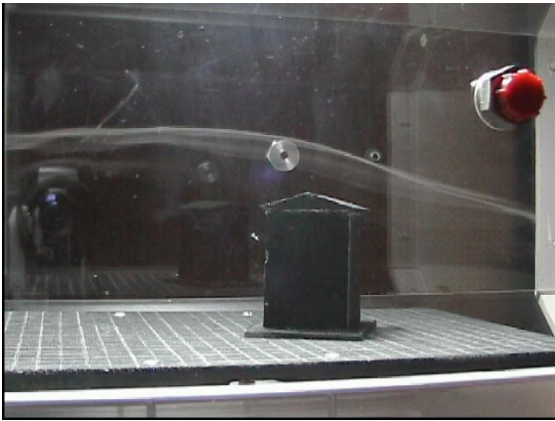
En las figuras 1.6 y 1.7 se observa un techo a dos aguas, en la primera el viento se eleva antes de tocar la pared frontal y se proyecta varios metros menos a diferencia de la figura 1.7 donde claramente el viento se eleva mucho mas antes de llegar a la pared frontal y la zona de baja presión a sotavento se proyecta  $3 \frac{1}{3}$  veces la altura. De igual manera se analizaron 5 figuras para cada tipo de techo en ángulos diferentes, de las cuales se tomaron su media y desviación estándar como lo indica la tabla 1.2.



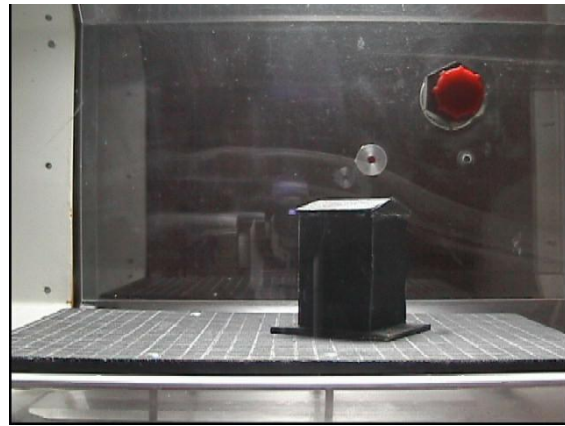
**FIGURA 1.4: Sombra de Viento en techo plano**



**FIGURA 1.5: Sombra de Viento en techo 1 agua**


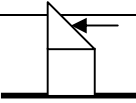
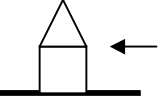
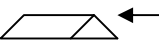


**FIGURA 1.6: Sombra de Viento en techo 2 agua**



**FIGURA 1.7: Sombra de Viento en techo 2 agua**

Tabla 1.2: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 30° (la desviación estándar aparece entre paréntesis) <sup>10</sup>

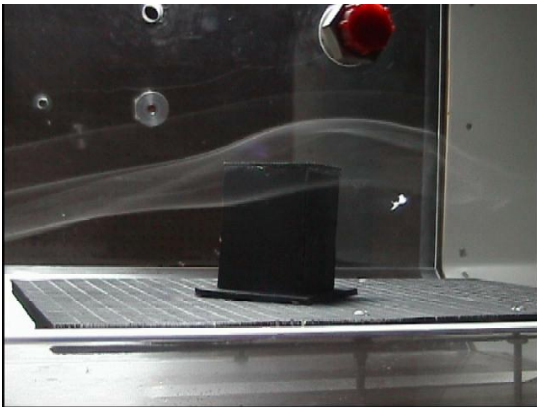
Geometría		Ancho (A)	Alto del edificio (h)	Alto sombra de viento (H1)	Alto de sombra de viento H2	Longitud de sombra de viento L1	Longitud de sombra de viento L2
Techo plano		0.7	1	1 (.456)	1 2/3 ( 1.15 )	2/3 (1.37 )	3 ( 2.02 )
Techo a un agua 20°		0.7	1	3/4 (.393)	1 1/2 (.291)	1/2 (.514)	3 (3.07)
Techo a un agua 22.5°		0.7	1	3/4 (.589)	1 1/3 (.502)	1/2 (.610)	3 1/4 h (.998)
Techo un agua a 25°		0.7	1	1 1/4 (.367)	1 2/3 (.339)	1/2 (.254)	3 1/4 (3.23)
Techo un agua a 30°		0.7	1	1 (.288)	1 3/4 (.748)	1/3 (.497)	3 1/4 (.785)
Techo a dos aguas 20°		0.7	1	1 (.909)	1 1/2 (.683)	1/3 (.409)	3 1/4 (2.85)
Techo a dos aguas 22.5°		0.7	1	1 (.319)	1 1/2 (.512)	1/3 (.370)	3 1/2 (2.41)
techo a dos aguas 25°		0.7	1	1 (.983)	1 1/3 (.408)	1/2 (.244)	3 (.890)
Techo a dos aguas 30°		0.7	1	1 (.396)	1 1/2 (.630)	2/3 (.791)	3 1/2 (1.40)
Techo a dos aguas 20°		0.7	1	1 1/4 (.845)	1 2/3 (.420)	1/2 (.114)	3 1/2 (1.63)
Techo a dos aguas 22.5°		0.7	1	1 (.408)	1 1/2 (.689)	1/2 (.311)	3 2/3 (.506)
Techo a dos aguas 25°		0.7	1	1 (.207)	1 1/2 (.258)	1/3 (.272)	3 2/3 (.291)
Techo a dos aguas 30°		0.7	1	1 (.665)	1 2/3 (.380)	1/2 (.158)	3 1/3 (1.34)

**I.3.- Vivienda de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) con diferentes geometrías de techumbre, colocada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección del viento.**

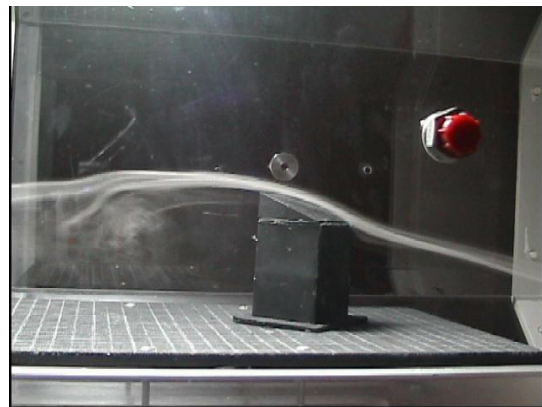
Aquí se analizó el comportamiento del viento en una vivienda con una orientación de 45°, con las geometrías de techo plano, una y dos aguas. La figura 1.8 muestra un comportamiento del viento diferente a la de la figura 1.4 pues aquí el aire se eleva un poco antes de llegar a la pared frontal y la zona de baja presión que se crea sobre el techo es mayor.

<sup>10</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

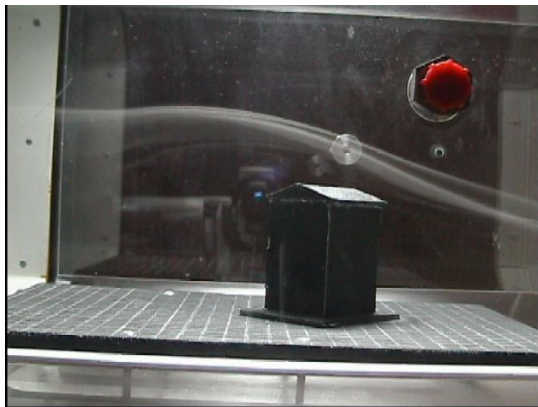
En la figura 1.9 se observa que el viento llega a la edificación y pasa sobre el techo de manera diferente a lo mostrado en la figura 1.5 donde hay una pequeña sombra de viento, lo que significaría que la orientación de  $45^\circ$  (con respecto a la dirección del viento) es mejor que la de  $30^\circ$ . En las figuras 1.10 y 1.11, se tiene un techo a 2 aguas con diferente posición; en la primera figura se puede observar que una de las caras del techo esta orientada a la dirección del viento y se puede observar una sombra de viento mayor sobre el techo que la de la figura 1.6; por otro lado, en la figura 1.11 las caras del techo están orientadas paralelas al flujo de viento, pero la curvatura y sombra de viento sobre el techo es mucho mayor que la anterior provocando mayor proyección del viento a sotavento. La tabla 1.3 muestra los valores medios así como la desviación estándar de cada tipo de techo.



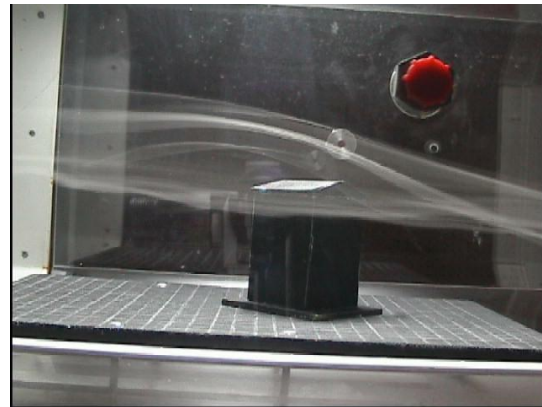
**FIGURA 1.8: Sombra de Viento en techo plano**



**FIGURA 1.9 Sombra de Viento en techo 1 agua**


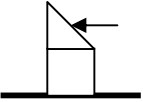
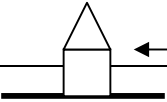
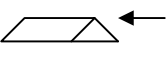


**FIGURA 1.10: Sombra de Viento en techo 2 aguas**



**FIGURA 1.11: Sombra de Viento en techo 2 aguas**

**Tabla 1.3: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 45° (la desviación Estándar aparece entre paréntesis)<sup>11</sup>**

Geometría		Ancho (A)	Alto del edificio (h)	Alto de sombra de viento (H1)	Alto de sombra de viento H2	Longitud de sombra de viento L1	Longitud de sombra de viento L2
Techo plano		.7	1	1 (.270)	1 ½ (.543)	¾ (.414 )	2 ¼ ( 1.32 )
Techo a un agua 20°		.7	1	¾ (.501)	1 ¼ (.403)	½ (.384)	2 ¾ (1.39)
Techo a un agua 22.5°		.7	1	1 h (.905)	1 ½ h (.486)	1 ½ h (13.17)	3 h (1.53)
Techo un agua a 25°		.7	1	1 (.432)	1 ⅓ (.531)	½ (.427)	3 ¼ (2.69)
Techo un agua a 30°		.7	1	1 (.746)	1 ½ (.653)	½ (.192)	3 ½ (2.39)
Techo a dos aguas 20°		.7	1	1 (.770)	1 ½ (.760)	½ (.730)	4 (2.85)
Techo a dos aguas 22.5°		.7	1	¾ (.887)	1 ¼ (6.42)	2/3 (.432)	3 ⅓ (1.53)
techo a dos aguas 25°		.7	1	1 (.563)	1 ½ (.593)	½ (.294)	¾ (.659)
Techo a dos aguas 30°		.7	1	1 (.391)	1 ½ (.277)	½ (.384)	¾ (.753)
Techo a dos aguas 20°		.7	1	¾ (1.14)	1 ½ (.676)	½ (.610)	3 ¼ (1.14)
Techo a dos aguas 22.5°		.7	1	1 (.856)	1 ½ (.270)	½ (.698)	3 ⅓ (1.48)
Techo a dos aguas 25°		.7	1	1 (.311)	1 2/3 (.704)	½ (.288)	3 2/3 (2.16)
Techo a dos aguas 30°			.7	1	1 (.884)	1 2/3 (.748)	½ (.234)

**I.4.- Vivienda de sección rectangular (4.00 x 8.00 m) con diferentes geometrías de techumbre, colocada en un ángulo de 90° con respecto a la dirección del viento.**

En figura 1.12 se tiene una vivienda rectangular (800 m x 6.00 m altura) con techo plano colocada con ángulo de 90° con respecto a la trayectoria del viento; se crea una curvatura mas prolongada que la de la figura siguiente, de igual manera se observa una sombra de viento en el techo. En la figura 1.13, colocada también con ángulo recto a la dirección del viento donde la cara que da a barlovento es la pared de (400 m x 6.00 m altura) se muestra que el viento a pesar

<sup>11</sup> Los valores de las tablas están con respecto a la altura de la vivienda

de curvarse al llegar a la edificación y prolongarse varios metros de la cara posterior, el viento tiende a rozar el techo lo que significaría que refrescaría el techo, por otro lado en la figura 1.14 también colocada a  $90^\circ$  con respecto al aire, se puede observar que el viento pasa perfectamente sobre el techo y que el aire llega a la mitad de la cara frontal de la vivienda, lo que hace que refresque esa pared y sobre todo el techo, evitando la sombra de viento que regularmente se crea en otros techos. Con respecto a las figuras 1.15 y 1.16 se presentan dos posiciones diferentes de la vivienda a dos aguas, la primera esta colocada con la pared frontal que mide **(800 m x 6.00 m altura)** y se observa que el viento no llega a la vivienda cuando ya se elevó proyectando el aire mas lejos que la proyección de la figura 1.16, mientras que en la segunda figura la curvatura del aire al llegar a la vivienda se puede observar claramente y como se crea una sombra de viento en el techo la cual es mas grande que la de la figura anterior. De igual manera se analizaron 5 figuras para cada tipo de techo en ángulos diferentes, de las cuales se tomaron su media y desviación estándar como lo indica la tabla 1.4.

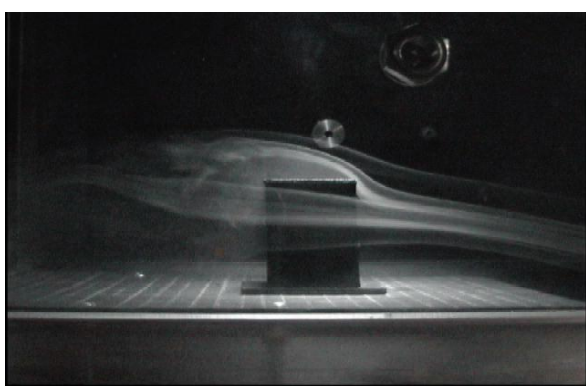


FIGURA 1.12: Sombra de Viento en techo plano

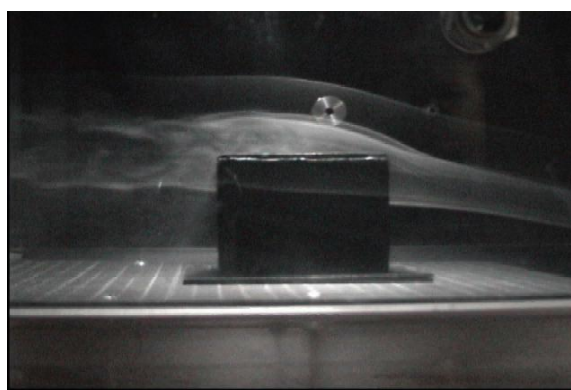


FIGURA 1.13: Sombra de Viento techo plano

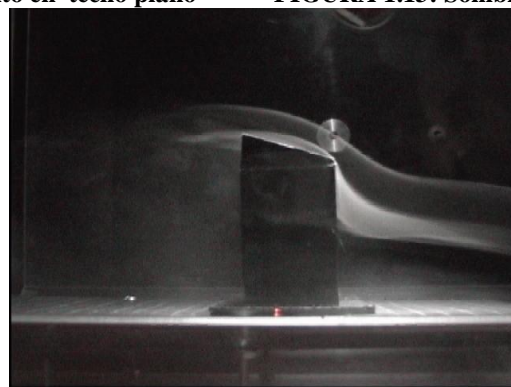


FIGURA 1.14: Sombra de Viento en techo 1 agua

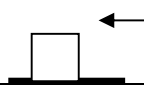
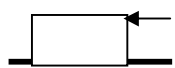
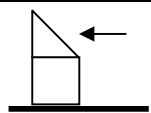
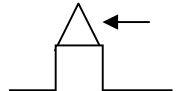


FIGURA 1.15: Sombra de Viento en techo 2



FIGURA 1.16: Sombra de Viento en techo 2

**Tabla 1.4: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 90° (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>12</sup>**

Geometría		Ancho (A)	Alto del edificio (h)	Alto de sombra de viento (H1)	Alto de sombra de viento H2	Longitud de sombra de viento L1	Longitud de sombra de viento L2
Techo plano		.7	1	1 (.114)	1 ¼ (.114)	½ (.204)	2 ¼ (2.35)
Techo plano		1.33	1	¾ (.79)	1 ½ (.836)	1/2 (.444)	3 ¼ (2.16)
Techo a un agua 20°		.7	1	1 (.98)	1 ½ (.49)	2/3 (.43)	3 ¼ (2.26)
Techo a un agua 22.5°		.7	1	1 (.96)	1 1/3 (.84)	1 (1.14)	4 (4.61)
Techo un agua a 25°		.7	1	1 (.38)	1 ½ (.38)	1 (.54)	3 ¾ (1.67)
Techo un agua a 30°		.7	1	2/3 (.51)	1 ½ (.48)	1 (.13)	3 ¾ (1.02)
Techo a dos aguas 20°		.7	1	1 ¼ (2.70)	1 ½ (.610)	1 (.083)	3 1/3 (1.55)
Techo a dos aguas 22.5°		.7	1	¾ (.952)	1 1/3 (.516)	1 (1.14)	3 ¾ (1.04)
techo a dos aguas 25°		.7	1	1 (.240)	1 ½ (.248)	1 (.438)	3 2/3 (415)
Techo a dos aguas 30°		.7	1	1 ¼ (.270)	1 ¾ (.391)	¾ (1.46)	4 1/4 (.531)
Techo a dos aguas 20°		1.33	1	1 ¼ (.40)	1 ½ (.44)	1 (.22)	2 ½ (2.01)
Techo a dos aguas 22.5°		1.33	1	1 (.360)	1 ½ (.646)	1 (.230)	3 ¼ (2.02)
Techo a dos aguas 25°		1.33	1	1 (.277)	1 1/3 (.439)	1 (.130)	3 ½ (.665)
Techo a dos aguas 30°		1.33	1	1 ¼ h(.304)	1 2/3 (.408)	1 (.319)	3 ¼ (.506.)

<sup>12</sup> Los valores de las tablas son con respecto a la altura de la vivienda.

**1.5.- Vivienda de sección rectangular (4.00 x 8.00 m) con diferentes geometrías de techumbre, colocada en un ángulo de 30° con respecto a la dirección del viento.**

En este apartado se muestran las viviendas con forma rectangular en geometrías de techo plano, un agua y 2 aguas, con una orientación de 30° con respecto a la dirección del viento. En la figura 1.17 se encuentra la vivienda con techo plano mostrando como el viento alcanza a llegar a la vivienda para después elevarse aproximadamente media altura más de la vivienda, proyectando el aire muy por encima de las viviendas subsiguientes. La siguiente, figura 1.18 muestra la vivienda con techo a un agua, como claramente se puede observar en esta figura que el viento no llega a la edificación y empieza arquearse para proyectar el viento aproximadamente 4 veces la altura. En las figuras 1.19 y 1.20 se tienen las viviendas con techo a 2 aguas en posiciones diferentes como se ha mencionado anteriormente. En la primera se puede observar el comportamiento del viento rodeando la vivienda, creando con ello, sombras de viento tanto por encima de la techumbre como en los costados, así como en la zona a sotavento; lo que posiblemente ocasiona, que el calor concentrado en los distintos elementos de la envolvente permanezcan sin movimiento ayudando a la transferencia de calor hacia los espacios interiores. Por otro lado la segunda (figura 1.20) al igual que en la primera hay zonas de baja presión tanto en caras laterales como en la posterior, a diferencia de la primera el aire tiende a ir poco mas bajo, es decir mas cerca del techo pero la proyección del aire se alarga varios metros. En la tabla 1.5 se observan los valores medios así como la desviación estándar obtenida del análisis de las 5 figuras.

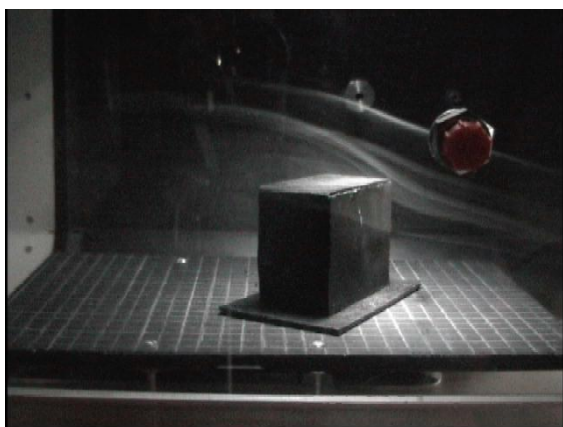


FIGURA 1.17: Sombra de Viento en techo plano

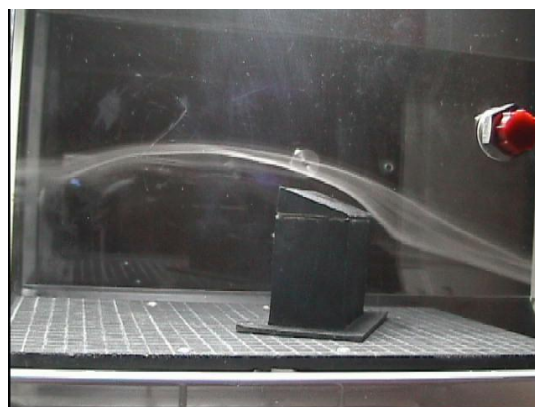


FIGURA 1.18: Sombra de Viento en techo un agua

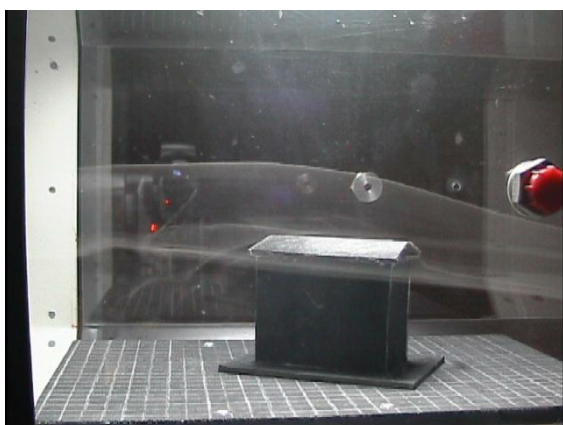


FIGURA 1.19: Sombra de Viento en techo 2 aguas

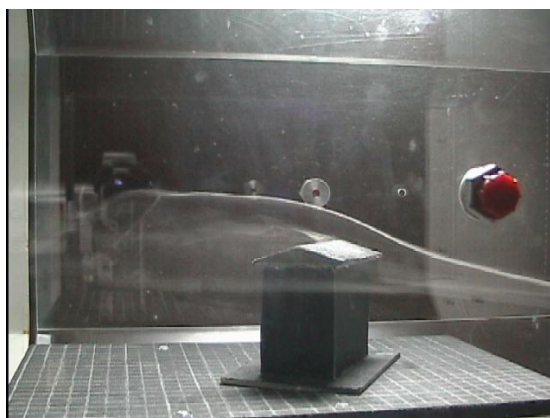
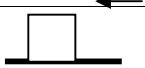
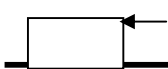
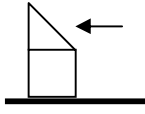
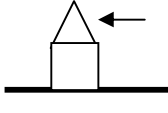
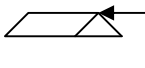


FIGURA 1.20: Sombra de Viento en techo 2 aguas



**Tabla 1.5: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 30° (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>13</sup>**

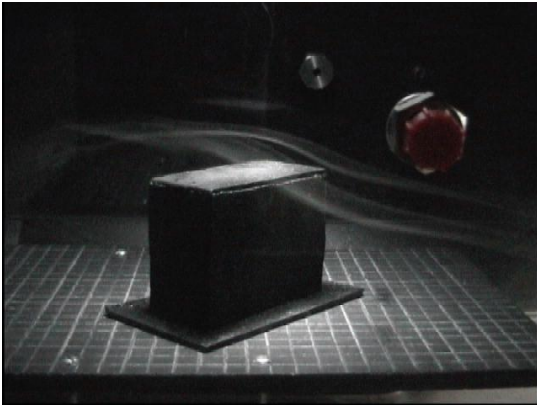
Geometría		Ancho (A)	Alto del edificio (h)	Alto sombra de viento (H1)	Alto de sombra de viento H2	Longitud de sombra de viento L1	Longitud de sombra de viento L2
Techo plano		.7	1	1 (.554)	1 ½ (.832)	½ (.204)	3 ⅓ (1.19)
Techo plano		1.33	1	¾ (.234)	1 ⅔ (.383)	1/3 (.258)	3 ⅓ (2.16)
Techo a un agua 20°		.7	1	¾ (1.03)	1 ½ (.350)	½ (.356)	2 ½ (.743)
Techo a un agua 22.5°		.7	1	¾ (.420)	1 ½ (.420)	1/3 (.433)	2 ¾ (.576)
Techo un agua a 25°		.7	1	1 (.223)	1 ⅔ (.474)	1/3 (.192)	2 ⅔ (.328)
Techo un agua a 30°		.7	1	¾ (.654)	1 ½ (.219)	1/3 (.192)	2 ¾ (.753)
Techo a dos aguas 20°		.7	1	¾ (.463)	1 ½ (.349)	½ (.291)	2 ⅔ (3.31)
Techo a dos aguas 22.5°		.7	1	1 (.288)	1 ½ (.443)	1/3 (.130)	3 ¼ (.533)
techo a dos aguas 25°		.7	1	1 (.376)	1 ½ (.130)	½ (.122)	3 ¼ (1.16)
Techo a dos aguas 30°		.7	1	¾ (.353)	1 ⅓ (.258)	1/3 (.158)	3 ½ (1.49)
Techo a dos aguas 20°		1.33	1	¾ (.371)	1 ½ (1.01)	½ (.541)	2 ⅓ (.449)
Techo a dos aguas 22.5°		1.33	1	1 (.356)	1 ⅔ (.436)	1/3 (.207)	2 (1.04)
Techo a dos aguas 25°		1.33	1	1 (.977)	1 ½ h (.541)	1/3 (.151)	2 (1.45)
Techo a dos aguas 30°		1.33	1	1 (.995)	1 ⅓ (.744)	1/3 (.286)	2 ½ (.601)

**1.6.- Vivienda de sección rectangular (8.00 x 4.00 m) con diferentes geometrías de techumbre, colocada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección del viento.**

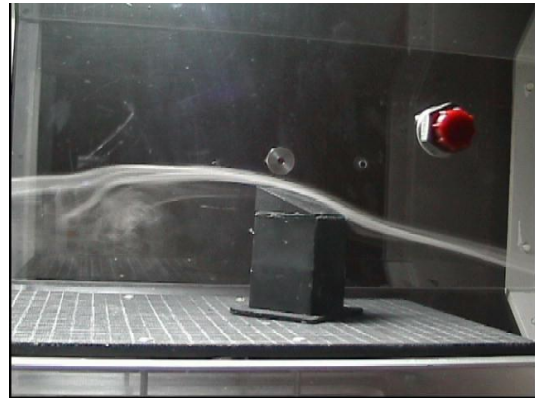
Las siguientes geometrías de techos (plano, un agua y dos aguas) están orientadas a 45° con respecto a la dirección del viento. La figura 1.21 presenta la vivienda con techo plano apreciándose que el aire no roza el techo, elevándose aproximadamente 2 metros antes de llegar a la vivienda, aunque la elevación no es tan grande como en otras orientaciones (figura 1.17), lo que podría significar que el viento retome su curso antes de llegar a otra edificación. En la figura 1.22 se tiene la vivienda con techo a un agua y claramente se ve que el viento pasa sobre el techo librando calor almacenado ahí, este caso el viento llega a la vivienda y se eleva al llegar al techo. Las vivienda con techo a dos aguas (figura 1.23 y 1.24) en posiciones diferentes a barlovento

<sup>13</sup> Los valores de la tabla están con respecto a la altura de la vivienda.

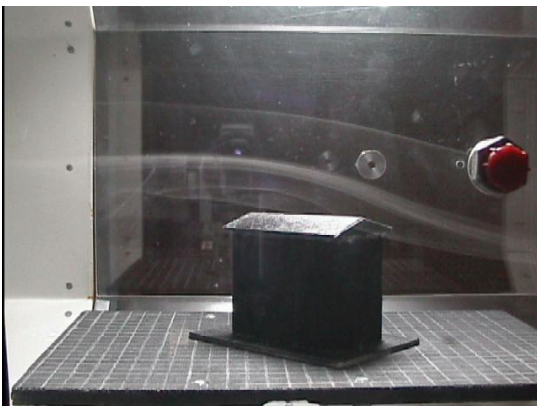
Muestran que mientras en la primera el viento se eleva antes de llegar a la pared frontal dirigiendo el viento con una elevación superior a la de la vivienda, la segunda figura, el viento llega casi a la punta del techo para después elevarse también y proyectar mas allá el viento. De igual manera se analizaron 5 figuras para cada tipo de techo en ángulos diferentes, de las cuales se tomaron su media y desviación estándar como lo indica la tabla 1.6.



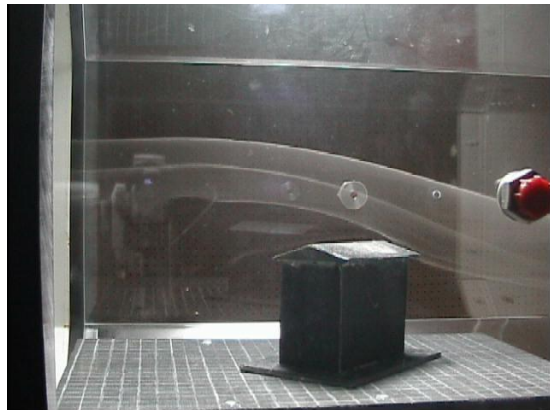
**FIGURA 1.21: Sombra de Viento en techo plano (45°)**



**FIGURA 1.22: Sombra de Viento techo 1 agua (45°)**

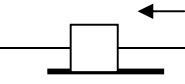
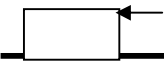

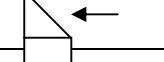
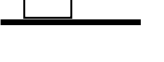


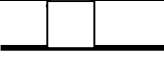


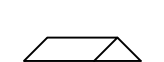


**FIGURA 1.23: Sombra de Viento techo 2 aguas (45°)**



**FIGURA 1.24: Sombra de Viento techo 2 aguas (45°)**

Tabla 1.6: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 45° (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>14</sup>

Geometría		Ancho (A)	Alto del edificio (h)	Alto sombra de viento (H1)	Alto de sombra de viento H2	Longitud de sombra de viento L1	Longitud de sombra de viento L2
Techo plano		.7	1	1 (.130)	1 ¼ (.181)	1/3 (.083)	3 ¼ (1.58)
Techo plano		1.33	1	1 (.680)	1 2/3 (.834)	½ (.216)	3 ¼ (.287)
Techo a un agua 20°		.7	1	¾ (.350)	1 ½ (.772)	1/3 (.148)	2 2/3 (2.58)
Techo a un agua 22.5°		.7	1	¾ (.606)	1 ½ (.565)	1/3 (.054)	2 ¾ (1.82)
Techo un agua a 25°		.7	1	1 (.350)	1 2/3 (.481)	1/3 (.151)	2 2/3 (1.13)
Techo un agua a 30°		.7	1	1 (.083)	1 ¾ (.204)	1/3 (.192)/	2 ¾ (1.12)
Techo a dos aguas 20°		.7	1	¾ (.424)	1 ½ (.207)	½ (0.083)	2 ½ (.825)
Techo a dos aguas 22.5°		.7	1	¾ (.370)	1 ½ (.192)	1/3 (.130)	2 ½ (1.81)
techo a dos aguas 25°		.7	1	¾ (.637)	1 ½ (.724)	1/3 (.167)	2 1/2 (.991)
Techo a dos aguas 30°		.7	1	¾ (.342)	1 1/2 (.273)	¼ (.187)	2 ½ (1.06)
Techo a dos aguas 20°		1.33	1	1 (.540)	1 1/3 (.397)	1/3 h (.187)	2 1/3 (.763)
Techo a dos aguas 22.5°		1.33	1	1 (.248)	1 ½ (.384)	1/3 (.122)	2 ½ (.983)
Techo a dos aguas 25°		1.33	1	1 (.482)	1 1/3 (.277)	1/3 (.083)	2 1/2 (.845)
Techo a dos aguas 30°		1.33	1	1 (.624)	1 ½ (.277)	1/3 (.320)	2 1/3 (.589)

### 1.7.- Análisis matemático

De acuerdo con las ecuaciones 1 a 10, se calcularon las proyecciones de sombra de viento a sotavento, partiendo del punto señalado como se muestra en las figuras 1.25, 1.26 y 1.27; los ensayos fotográficos mostraron que la zona de baja presión se proyecta a una distancia equivalente a  $2^{2/3}$ ,  $3^{1/4} - 3^{1/2}$  y  $3^{2/3} - 4^{1/2}$  con respecto a la altura del edificio respectivamente, como muestra la tabla 1.1; mientras que los resultados del análisis matemático, que se muestran en el anexo 1, se redondearon a 3 veces con respecto a la altura del edificio, lo que significa que esta dentro del rango mostrado fotográficamente. Se concluye por consiguiente, que para este caso, los resultados del análisis fotográfico son cercanos a los resultados obtenidos

<sup>14</sup> Los valores de la tabla están con respecto a la vivienda.

matemáticamente, considerándose que la sombra de viento alcanza una longitud de 3 veces la altura de la edificación.

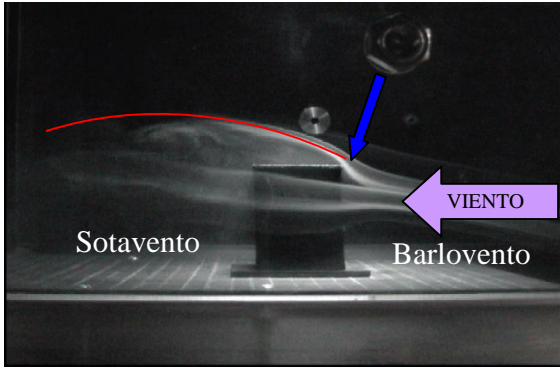


FIGURA 1.25: Punto de partida de la proyección de Sombra de Viento techo plano

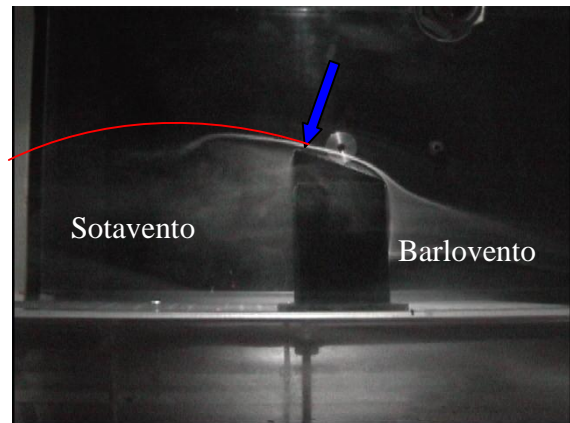


FIGURA 1.26: Punto de partida de la proyección de Sombra de Viento techo 1 agua

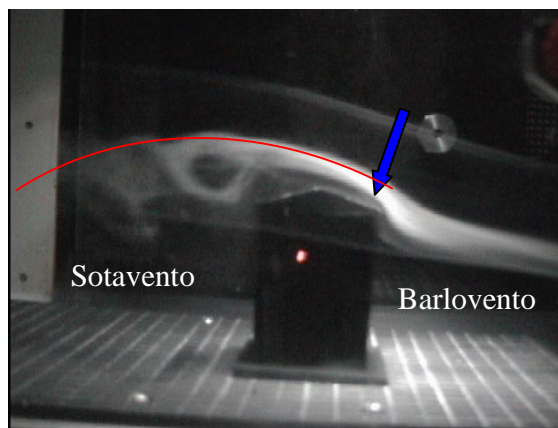


FIGURA 1.27: Punto de partida de la proyección de Sombra de Viento techo 2 aguas

## I.8- Análisis de resultados

1. Conforme a lo anterior se puede concluir; Que al analizarse las viviendas de **sección cuadrada (4.00 x 4.00 m)** y **sección rectangular (4.00 x 8.00 m)** con 3 distintas orientaciones con respecto a la dirección del viento (**90°**, **30°**, **45°**) se observó que efectivamente se produce un cambio en la dirección de viento cuando se tienen diversas geometrías en techos como se muestran en las tabla **1.1**, **1.2** y **21.3**
2. En las viviendas de **sección cuadrada (4.00 x 4.00 m)** se observó que:
  - Los techos *planos* con ángulo de **90°** con respecto al viento crean una sombra a sotavento de una longitud equivalente a  $2 \frac{2}{3}(\pm 10)$  veces la altura del edificio y con una altura máxima de  $1 \frac{1}{3} h (\pm 10)$ , pero al igual que a sotavento, en barlovento también se crea una zona de baja presión de longitudes de aproximadamente  $\frac{3}{4} h$  de altura y  $\frac{1}{2} h$  de largo.
  - Las techumbres a *un agua*, con la misma orientación pero con pendientes diferentes (**20°**, **22.5°**, **25°** y **30°**) presentan efectos sobre la vivienda mas favorables que la de techo plano e incluso sobre los techos de 2 aguas, puesto que no se crean sombras de viento significativas sobre el mismo. Lo cual ayuda a reducir cargas térmicas en la techumbre y evitar la mayor transferencia de calor posible hacia el interior. El viento se proyecta mayor a sotavento conforme se incrementa la pendiente del techo.
  - En lo que concierne a los techos de *dos aguas*, son mejor opción que los techos planos, pero es importante mencionar que a pesar de ser de ello, presentan una sombra de viento mayor que la que se crea en techos a *un agua* pero menor que en los de techo plano, ocasionando posiblemente que el techo no libere el suficiente calor concentrado en el mismo.
3. Los mismos techos colocados con un ángulo de **30°** con respecto a la dirección del viento presentaron diversos cambios a la anterior orientación como a continuación se especifica:
  - En los *techos planos* se observó, que la sombra de viento a sotavento es mayor que la que presenta cuando esta a **90°** con respecto al viento.
  - En los techos a *un agua* se observó además, que la proyección de Sombra de viento en todos los tipos de pendientes es de aproximadamente  $2 \frac{1}{2} h$  veces el ancho de la vivienda la cual rebasa a la que se presenta en los techos planos e incluso a la que se tiene cuando esta a **90°**. La altura de la sombra de viento en la parte de sotavento; en todos los tipos de pendientes es de aproximadamente 1.5 veces la altura del edificio. Mientras que a barlovento varía entre 0.5 y 0.75 de esta misma altura. Con todo lo anterior, el viento sigue pasando muy cerca del techo por lo que las cargas térmicas en el mismo disminuirán contribuyendo a dar una dirección diferente al aire que si se tuviera un techo plano, o de 2 y 4 aguas.
  - Los techos a *dos aguas* mostraron que el largo de la sombra de viento a sotavento es mayor conforme crece la pendiente, la mayor a **30°** con  $3 \frac{1}{2} h$  (figura 1.6), el alto de esta sombra alcanza  $1 \frac{1}{2} h$  como máximo. Mientras a barlovento se alcanza  $h$  veces que la de  $1$  agua y  $\frac{1}{3} h$  respectivamente. Por

otro lado, en la figura 1.7, se proyecta la sombra de viento aprox.  $2 \frac{1}{3}$  h como máximo y  $1 \frac{2}{3}$  de alto. A barlovento  $\frac{3}{4}$  h de alto y  $\frac{1}{3}$  h de largo.

4. Se concluye que para esta orientación la mejor opción de techo sería a *un agua* pues a pesar de tener menor sombra de viento que los demás techos el viento sigue llegando más pegado a la vivienda.
5. Con la orientación de  $45^\circ$  se puede concluir parcialmente que la sombra de viento a sotavento fue creciendo conforme se analizaban las geometrías de techos (Plano, 1 y 2 aguas).
  - Primeramente el *techo plano* generó una sombra de viento posterior a la vivienda de aprox.  $2 \frac{1}{4}$  h con un alto de  $1 \frac{1}{2}$  h, mientras que a barlovento de longitud  $\frac{3}{4}$  h y altura 1h. En el techo a *un agua* se observó que conforme crecía la pendiente crecía la zona de baja presión a sotavento alcanzando de longitud  $3 \frac{1}{2}$  de h y de alto  $1 \frac{1}{2}$  h. A barlovento se registro 1 h y  $\frac{3}{4}$  h respectivamente. Sin embargo se hace hincapié en que estos techos siguen presentado ventajas sobre los otros 2 tipos de techos (plano y dos aguas).
  - Los techos a *dos aguas* de igual manera colocados en diferente posición a barlovento, registraron aumento de la zona de presión negativa a sotavento en determinadas pendientes como lo fue a  $20^\circ$  y  $22.5^\circ$  mientras que en las pendientes  $25^\circ$  y  $30^\circ$  registraron una reducción considerable. Lo que podría indicar que a mayor pendiente menor sombra de viento (figura 1.10).
  - Por otro lados en los techos colocados como indica la figura 1.11, la sombra de viento a sotavento se mantuvo por encima de los 3 h pero no mayor que 4 h, de altura no supero las 2 h. a barlovento se alcanzo aprox. 1 h de largo y  $\frac{1}{2}$  h de alto.
6. La mejor opción para esta orientación sería el techo a dos aguas con pendientes de  $20^\circ$  y  $22.5^\circ$  ya que presentan menor cantidad de zonas negativas
7. Por otro lado en las viviendas de **sección rectangular (4.00 x 8.00 m)** también registraron comportamientos diferentes a las anteriores viviendas. A  $90^\circ$  con respecto al viento se observó que:
  - En *techo plano* (figura 1.12) la sombra de viento a sotavento alcanza  $2 \frac{1}{4}$  h a diferencia de la figura 1.13 en la cual se alcanza  $3 \frac{1}{4}$  h, con una altura de  $1 \frac{1}{4}$  h y  $1 \frac{1}{2}$  h respectivamente. A barlovento no sobrepasa 1 h y de longitud alcanza a hasta  $\frac{1}{2}$  h.
  - Por otro lado a *un agua* como se observa en la figura 1.14, el viento sigue liberando más calor que los otros techos. Además que el viento llega aproximadamente a la mitad de la vivienda. Se observó en la tabla 2.4 que genera a barlovento aproximadamente 1 h de alto y largo, mientras que a sotavento se tiene  $1 \frac{1}{2}$  de alto y como máxima proyección 4 veces h. analizado lo anterior se puede decir que la mejor opción sería utilizar el techo a  $20^\circ$
  - En techos *dos aguas* se obtuvieron diversos valores, siguiendo la tabla 1.4 tenemos que la primera orientación de este techo reflejo que a barlovento en algunas pendientes rebaso la altura del edificio como son a  $20^\circ$  y  $30^\circ$ , mientras que a  $25^\circ$  alcanzo la altura del mismo y a  $22.5^\circ$  se quedo a  $\frac{3}{4}$  h, las anteriores

pendientes alcanzaron longitudes cercanas a 1 h. Por otro lado a sotavento se obtuvieron casi los mismos valores altos que en techo a un agua pero de largo rebasaron las 4 h.

8. Por lo que la mejor opción sería el techo a  $22.5^\circ$  y en la segunda orientación de este mismo tipo de techo sería a  $20^\circ$ . En este caso la mejor opción sería a un agua con pendiente a  $20^\circ$ .
9. Al analizar los techos con orientación de  $30^\circ$  se observó en la tabla 1.5, el comportamiento del viento:
  - Primeramente los *techos planos* generaron una sombra de viento mayor que los otros tipos de techos.
  - Los techos a *un agua* generaron una sombra menor que la de los techos planos pero mayor que la de los techos a dos aguas. En esta orientación también se creó zona de baja presión en el techo.
  - En los techos a *dos aguas* se observó en la primera posición (según tabla 1.5) que los ángulos  $22.5^\circ$ ,  $25^\circ$  y  $30^\circ$  generaron una sombra de viento casi igual que la de los techos planos mientras que a  $20^\circ$  se obtuvo una notoria disminución de la misma. En la segunda posición se tuvo menor sombra de viento en las cuatro pendientes, por lo que en este caso este sería la mejor opción de techos para esta orientación.
10. Aquí se puede utilizar el techo a un agua y dos aguas con pendiente a  $20^\circ$
11. Con la orientación de  $45^\circ$ , utilizando las mismas viviendas y pendientes se observó que:
  - En *techos planos* (según tabla 1.6) en sus dos orientaciones registraron una sombra de viento mayor que la de los otros tipos de techos pero menor que la que se tuvo con la orientación de  $30^\circ$ .
  - En techos a *un agua* aunque hubo variaciones en la sombra de viento a sotavento se notó que era menor que la de techo plano y que el viento sigue pasando muy cerca del techo.
  - A *dos aguas*, se vio que seguía disminuyendo la sombra de viento, en la primera posición no rebasó los  $2 \frac{1}{2}$  h a sotavento y a barlovento alcanzó los  $\frac{3}{4}$  h. Mientras que en la segunda posición hubo variaciones en la sombra de viento de igual manera no superó los  $2 \frac{1}{2}$  h.
12. Por lo que en esta orientación la mejor opción de techos son a un agua con pendientes  $20^\circ$  y  $22.5^\circ$  por tener menor sombra de viento a barlovento y sotavento, y con posibilidades de liberar más calor en la estructura durante el día y la noche.
13. Como última conclusión, el Modelo Matemático desarrollado arrojó valores cercanos a los proyectados en las tablas presentadas en este capítulo, por lo que se concluye que los datos obtenidos fotográficamente y a través de este modelo son muy semejantes, como se aprecia en la Tabla A.1 del anexo A.

## CAPITULO II COMPORTAMIENTO DEL VIENTO VISTO EN PLANTA EN VIVIENDAS AISLADAS

### Introducción

El comportamiento del viento visto en planta, genera una gran zona de presión negativa a sotavento de las edificaciones; esta zona, depende de las características propias de la barrera, por lo que las geometrías, las alturas, las rugosidades y la disposición de los arreglos, son algunos de los aspectos que determinan el alcance de esta banda también llamada “sombra de viento”.<sup>15</sup> A sotavento dentro de la zona de sombra de viento el aire es turbulento e inadecuado, por lo que no es recomendable no localizar edificaciones que requieran de una ventilación cruzada<sup>16</sup>

En este capítulo se analizó el comportamiento del viento en plantas. Se estudiaron los muros convencionales en combinación con las diferentes techumbres así como cuando el muro tiene una forma ovalada. La metodología utilizada en este capítulo para analizar el comportamiento del viento en estos dos tipos de geometrías en muros fue la misma del capítulo 2; la cual consistió en colocar las viviendas con diferentes orientaciones con respecto a la dirección del viento (perpendicular, 30° y 45°) y observar su comportamiento.

### II.1. Vivienda de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 90° con respecto a la dirección del viento.

En la figura 2.1 se muestra la vivienda de *techo plano* en vista de planta en la que se observa como se crean igualmente sombra de viento en los costados de la vivienda pero se hace más visible de un lado así como a barlovento el aire tiende a abrirse antes de llegar a la pared de la vivienda. Mientras que del lado derecho tiende a ir un poco más pegado a esa cara. Aquí se observa como el aire tiende a abrirse por un lado antes que tocar contra la edificación para seguir casi una línea recta por los lados de la edificación. La gráfica 2.1 define la longitud de la zona de baja presión a sotavento y en los costados de la vivienda en vista de planta. La figura 2.2 muestra una vivienda con techo a *un agua* en la cual se observa como el viento antes de llegar a la vivienda; crea una sombra de viento y se prolonga hacia un solo costado de la misma. La gráfica 2.2 define las longitudes de las zonas de baja presión a sotavento y en los costados de la vivienda de un agua en vista de planta. La gráfica 2.2 define la longitud de la zona de baja presión a sotavento y en los costados de la vivienda de 1 agua en vista de planta. Se observan en vista de planta las figuras 2.3 y 2.4 con techo a 2 aguas. En la primera se observa una de las aguas de la vivienda esta en dirección al viento y en donde se crean zonas de baja presión a los costados y en la pared frontal al viento, así como sombras de viento a barlovento y sotavento, se puede apreciar en la figura 2.3 que en los costados la separación entre el viento y la pared es de aproximadamente 2 metros. Por otro lado la figura 2.4 la vivienda esta colocada con una orientación diferente a la anterior; en la cual se sigue creando zonas de baja presión antes de llegar a la vivienda y se observa ligeramente en la vivienda que el viento va un poco más cerca de las paredes aunque las zonas de baja presión en los costados no desaparece. Posteriormente se analizaron 5 figuras con las mismas características de las tres figuras siguientes de las cuales se

<sup>15</sup> Tudela, *Op cit.* p 205

<sup>16</sup> García Chávez, *Op cit* p 21



obtuvo la media y desviación estándar de los valores aproximados que mediría la sombra de viento, todo esto se especifica en la tabla. 2.1

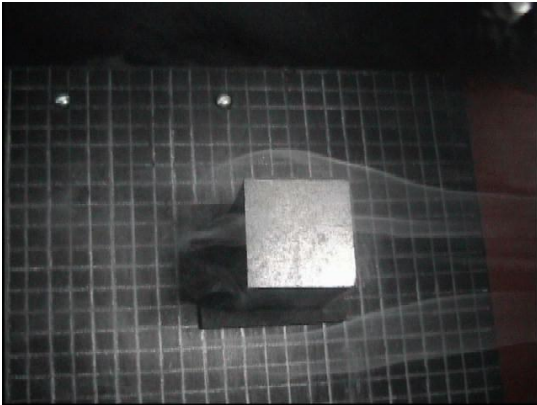
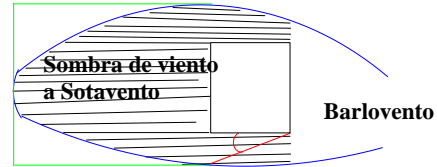


FIGURA 2.1 Sombra de viento en techo plano



GRAFICA 2.1: Trayectoria del viento

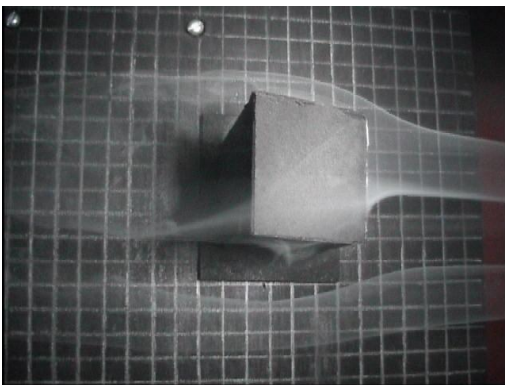
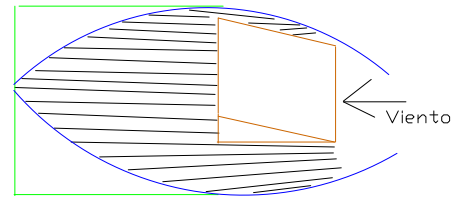


FIGURA 2.2 Sombra de viento en techo 1 agua



GRAFICA 2.1: Trayectoria del viento

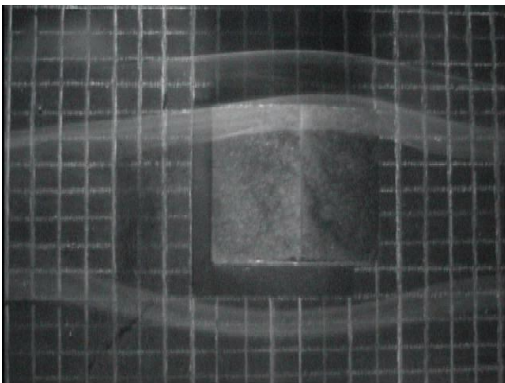


FIGURA 2.3 Sombra de viento en techo 2 agua

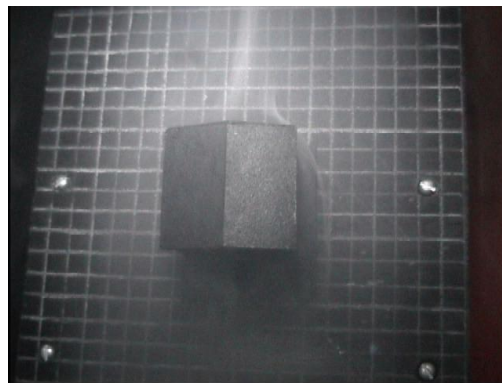
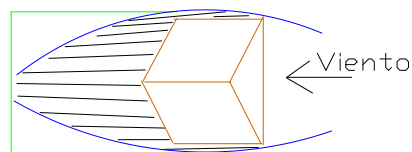
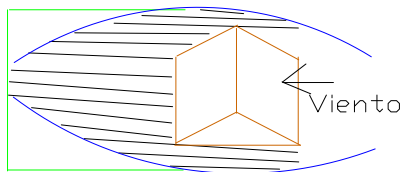


FIGURA 2.4. Sombra de viento en techo 2 agua



GRAFICA 2.3: Trayectoria del viento

GRAFICA 2.4: Trayectoria del viento

Tabla 2.1: Valores medios del comportamiento del viento <sup>17</sup>(la desviación estándar aparece entre paréntesis)

GEOMETRÍA		ANCHO (A)	ALTO (h)	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
TECHO PLANO		0.7	1	2 ¼ (.758)
TECHO A UN AGUA 20°		0.7	1	2 ¾ (1.15)
TECHO A UN AGUA 22.5°		0.7	1	2 ½ (.353)
TECHO UN AGUA A 25°		0.7	1	2 ¾ (1.39)
TECHO UN AGUA A 30°		0.7	1	2 ½ (1.60)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	1 ¾ (1.94)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	2 (.570)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	2 ¾ (1.11)
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	2 ½ (.970)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	1 ¾ (.790)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	1 ¾ (.651)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	2 (.651)
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	2 ½ (1.64)

<sup>17</sup> Los valores de esta tabla están respecto a la altura de la vivienda.

**II.2.- Vivienda de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 30° con respecto a la dirección del viento.**

Una vez analizado el comportamiento del viento en un ángulo recto, se analizó en un ángulo diferente en este caso fue de 30° con respecto a la trayectoria del viento. La metodología utilizada fue exactamente la misma con excepción que utilizo otra orientación, es decir que las viviendas fueron las mismas tanto en geometrías como en volumen. La figura 2.5 muestra la vivienda con *techo plano* y se observa en ella que el viento casi no tiende a curvarse al llegar a la edificación. Las zonas de presión negativa están presentes a barlovento como a sotavento, en este caso la pared frontal se encuentra casi por completo en la zona de baja presión. En la figura 2.6 se tiene una vivienda de techo a *un agua*, se puede observar con claridad la curvatura que define el ancho de la sombra de viento a sotavento al igual que a barlovento una zona de presión negativa. A diferencia de la figura 2.5 en la cual no se definen bien las curvas que obtiene el viento al acercarse a la vivienda aquí se puede observar donde posiblemente se unan dichas curvaturas.

Por otro lado, en la figura 2.7 se observa una vivienda con techo a *dos aguas*; se definen a un mas las curvas del viento al acercarse a la vivienda y como se pueden formar mas de una curvatura alrededor de la vivienda, se observa de igual manera como la zona de baja presión es más pequeña que las de las figuras 2.5 y 2.6. Por otro lado la figura 2.8 se tiene la misma vivienda de la figura 2.7 pero colocada de diferente forma a barlovento, se puede apreciar en esta figura que las zonas de baja presión tanto en los costados como a sotavento y barlovento son mucho mayores que las de las figuras anteriores.

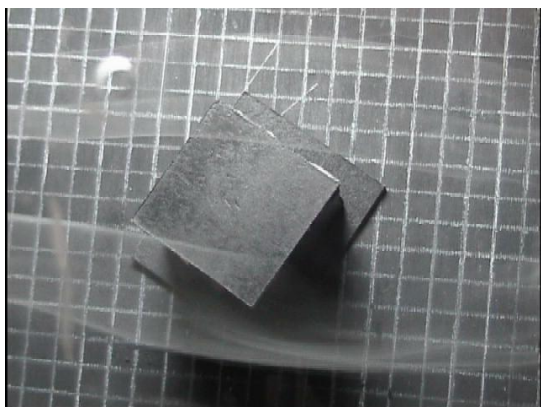


FIGURA 2.5 Sombra de viento en techo plano

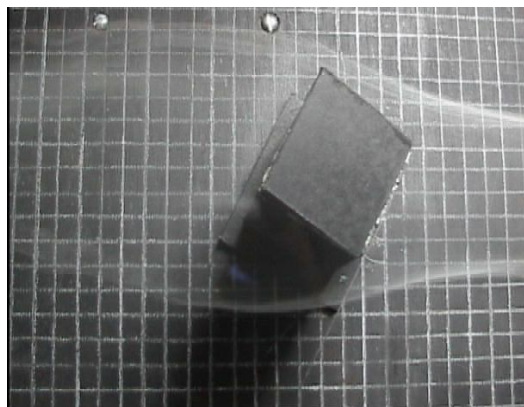


FIGURA 2.6 Sombra de viento en techo 1 agua

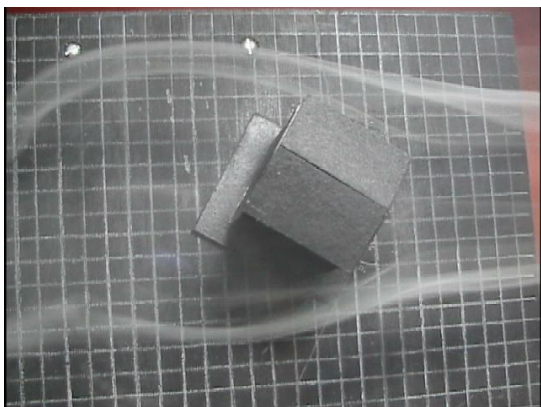


FIGURA 2.7 Sombra de viento en techo 2 aguas

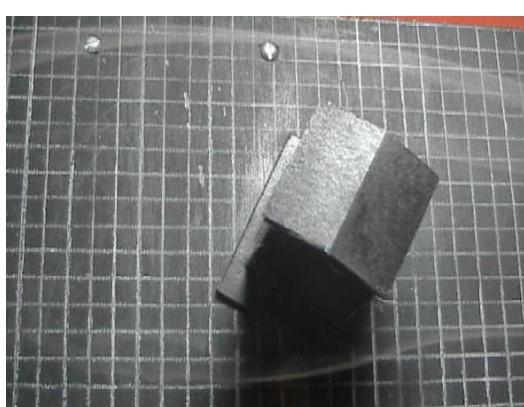

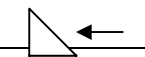
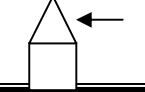
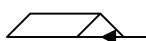


FIGURA 2.8 Sombra de viento en techo 2 aguas

**Tabla 2.2: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 30° (la desviación estándar aparece entre paréntesis)**<sup>18</sup>

GEOMETRÍA		ANCHO (A)	ALTO (h)	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
TECHO PLANO		0.7	1	2 ¼ (.836)
TECHO A UN AGUA 20°		0.7	1	3 ½ (.740)
TECHO A UN AGUA 22.5°		0.7	1	4 (.630)
TECHO UN AGUA A 25°		0.7	1	3 ¾ (1.15)
TECHO UN AGUA A 30°		0.7	1	4 (1.57)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	3 ¼ (.355)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	3 (2.07)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	3 ¼ (.741)
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	3 ½ (.974)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	3 ¼ (.570)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	3 ¼ (1.48)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	3 ¼ (1.35)
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	3 ½ (.570)



**II.3.- Vivienda de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección del viento.**

En este apartado se analizaron las mismas viviendas con una orientación de 45° con respecto a la dirección del viento. En la figura 2.9 se muestra la vivienda de *techo plano* y en la que se puede observar como el viento llega a la vivienda creando una pequeña zona de baja presión a barlovento y conforme rodea los costados de la vivienda las zonas de baja presión van disminuyendo formando un triángulo entre el aire y la pared. Posteriormente al llegar a sotavento se agrandan esas curvaturas y alcanza aproximadamente un ancho de 2h. En la figura 2.10 se tiene *techo a un agua* que a diferencia de la figura 2.9 el ancho de la zona de baja presión a barlovento es menor y el viento tiende a ir mas pegado a las paredes frontales, con lo que se

<sup>18</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

reducen las zonas de presión negativa ahí. A sotavento se puede observar como el viento se une y crea un círculo donde contiene a la sombra de viento y que es menor que la de la figura anterior. En las figuras 2.11 y 2.12 se tienen viviendas de *dos aguas* colocadas de diferente forma con respecto al viento. En la primera vagamente se observan las curvaturas del viento pero se aprecia que el ancho de la sombra de viento a barlovento es mayor aproximadamente de  $1 \frac{1}{2} h$ ; que en las anteriores figuras, así como también es mayor a sotavento de aproximadamente  $2 \frac{1}{4} h$ . En la figura 2.12 se observa que el viento no se curva tanto como en otras figuras, aquí el viento casi sigue en paralelo por lo que se puede ver el ancho a barlovento y sotavento tienden a ser casi iguales. Lo que significaría que esa vivienda no sería ventilada correctamente y por consiguiente las subsiguientes tampoco.

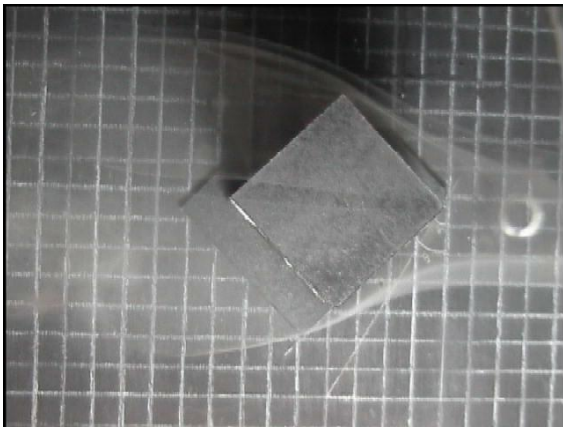


FIGURA 2.9 Sombra de viento en techo plano

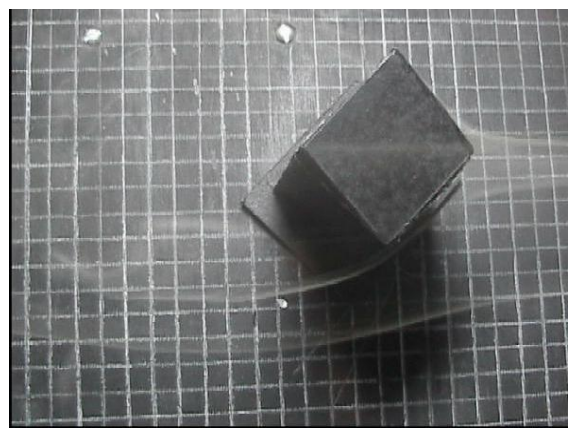


FIGURA 2.10. Sombra de viento en techo 1 agua

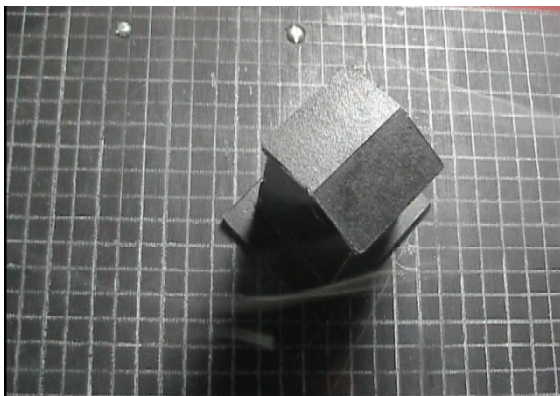


FIGURA 2.11 Sombra de viento en techo 2 aguas

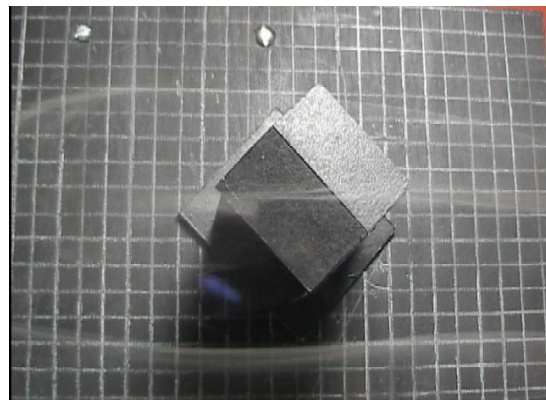

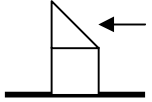
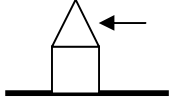
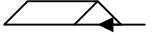


FIGURA 2.12 Sombra de viento 2 aguas.

**Tabla 2.3: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 45° (la desviación Estándar aparece entre paréntesis)<sup>19</sup>**

GEOMETRÍA		ANCHO A	ALTO h	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
TECHO PLANO		0.7	1	3 ¼ (.970)
TECHO A UN AGUA 20°		0.7	1	4 (.650)
TECHO A UN AGUA 22.5°		0.7	1	4 (1.03)
TECHO UN AGUA A 25°		0.7	1	4 (.821)
TECHO UN AGUA A 30°		0.7	1	4 ½ (.570)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	3 ½ (1.14)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	3 ½ (.974)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	3 ¼ (1.88))
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	3 ¼ (1.08)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	3 ½ (1.44)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	3 ½ (1.19)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	3 ½ (1.02)
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	3 ½ (.416)

**II.4.- Vivienda de sección ovalada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 90, 30 y 45° con respecto a la dirección del viento.**

En esta sección se analiza el comportamiento del viento al incidir contra una pared ovalada o circular con un techo plano, como es el caso de la figura 2.13 con una orientación de 90°, se observan zonas de baja presión en los costados (½ h), a barlovento donde alcanza un ancho de 2h y a sotavento 1 ¾ h de ancho y de longitud de 3 ½ h. Por otro lado con una orientación de 30° (figura 2.14) se observa que en los costados las zonas de baja presión aumentaron poco mas de ½ h, mientras que a barlovento se alcanzó una sombra de viento de 1 ¾ h de ancho y a sotavento alcanzo los 3h de ancho. En la figura 2.15 se observa con una orientación de 45°, aquí se crean zonas de baja presión en los costados de aproximadamente 1½ veces la altura mientras que a sotavento es de aproximadamente 2h.

<sup>19</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

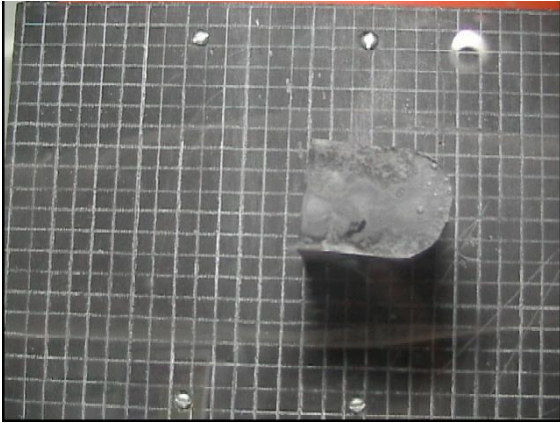


FIGURA 2.13: Sombra de viento con pared circular a  $90^\circ$



FIGURA 2.14: Sombra de viento con pared circular a  $30^\circ$



FIGURA 2.15: Sombra de viento con pared circular a  $45^\circ$

**Tabla 2.4: Valores medios del comportamiento del viento (la desviación estándar aparece entre paréntesis) <sup>20</sup>**

GEOMETRÍA	ORIENTACIÓN	ANCHO (A)	ALTO (h)	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
TECHO PLANO CON PARED CIRCULAR	90°	0.7	1	3 ¼ (1.20)
TECHO PLANO CON PARED CIRCULAR	30°	0.7	1	2 ¾ (3.04)
TECHO PARED CIRCULAR	45°	0.7	1	2 ¾ (3.2)

**II.5.- Vivienda de sección rectangular (8.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 90° con respecto a la dirección del viento.**

En este apartado se analizaron las viviendas rectangulares utilizadas en el capítulo I; por tanto la metodología fue la misma. En la figura 2.16 se observa la vivienda de *techo plano*, se puede ver en esta figura que se crea una zona de presión negativa a barlovento de aproximadamente 1h; mientras que por los costados se pueden ver las líneas del flujo de aire se definen claramente con aproximadamente de ½ h. A sotavento de igual manera se tiene zona de baja presión. Por otro lado la misma vivienda pero colocada en posición diferente a barlovento (figura 2.17) presenta una mayor sombra de viento a barlovento de hasta 1 ½ h, en las caras laterales se observa que el viento tiende a ir mas pegado a la estructura. A sotavento la sombra de viento es mayor. En la figura 2.18 se tiene la vivienda de 1 agua, se observa que en el centro de la vivienda, el viento crea una sombra de viento a barlovento que va creciendo conforme se acerca a la estructura y se proyecta a sotavento casi con el mismo ancho que al llegar a la misma, se observa también que el viento llega y pasa la vivienda con líneas paralelas en ves de curvarse como debería. Lo mismo ocurre en la figura 2.17.

En las figuras 2.19 y 2.20 se tiene la vivienda de techo a 2 aguas colocadas en posiciones diferentes. En la primera se observa zona de baja presión a barlovento que crece conforme se aproxima a la estructura de aprox. ¾ h. En los costados se observa curvarse al aire y crean zona de presión negativa más amplia de un solo costado. A sotavento el ancho de la sombra de viento alcanza poco más de 1 ½ h. En la segunda ocurre algo similar que en la figura 2.18 a diferencia que aquí las líneas se curvan un poco por encima de la vivienda. Ancho de la sombra de viento a barlovento es de aprox. 2/3 h, mientras que a sotavento es de 1 ¼ h.

<sup>20</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.



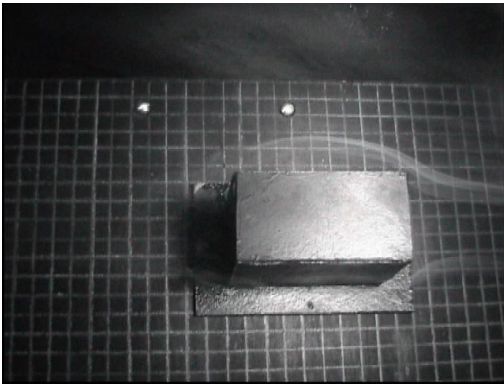


FIGURA 2.16 Sombra de viento en techo plano

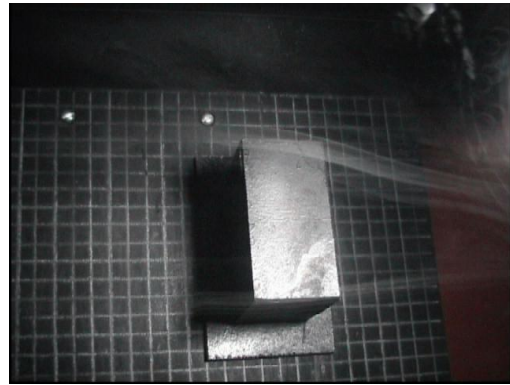


FIGURA 2.17 Sombra de viento en techo plano

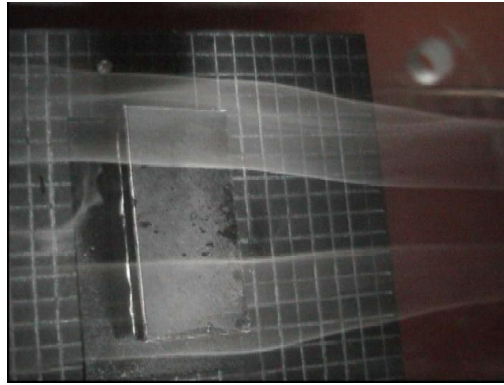


FIGURA 2.18 Sombra de viento en techo a un agua

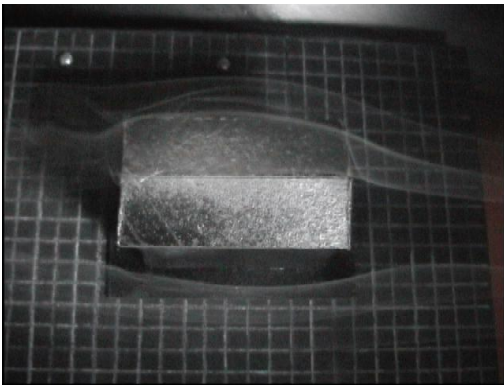

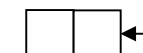







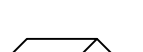


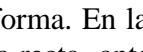


FIGURA 2.19 Sombra de viento en techo 2 aguas



FIGURA 2.20 Sombra de viento en techo 2 aguas

Tabla 2.5: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 90° (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>21</sup>

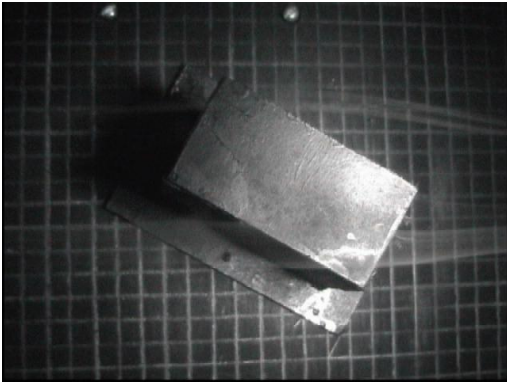
GEOMETRÍA		ANCHO A	ALTO h	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
TECHO PLANO		0.7	1	2 ¾ (.687)
TECHO PLANO		1.33	1	2 (1.93)
TECHO A UN AGUA 20°		0.7	1	2 ¾ (.651)
TECHO A UN AGUA 22.5°		0.7	1	3 (.961)
TECHO UN AGUA A 25°		0.7	1	3 ¼ (1.47)
TECHO UN AGUA A 30°		0.7	1	2 ¾ (.961)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	3 (.790)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	3 ¼ (.5)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	3 (.570)
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	3 ¼ (1.27)
TECHO A DOS AGUAS 20°		1.33	1	2 (1.27)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		1.33	1	2 ¼ (1.38)
TECHO A DOS AGUAS 25°		1.33	1	2 ¼ (.670)
TECHO A DOS AGUAS 30°		1.33	1	2 ¼ (.651)

**II.6.- Vivienda de sección rectangular (8.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 30° con respecto a la dirección del viento.**

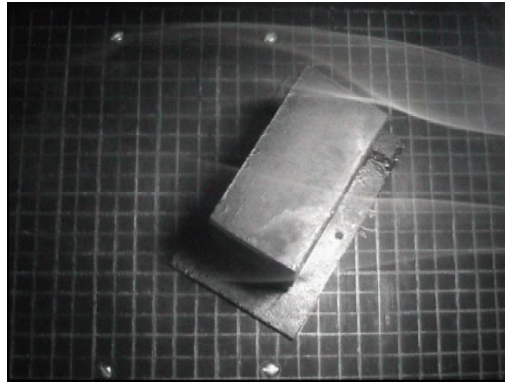
En esta sección se observan primeramente las figuras 2.21 y 2.22 que corresponden a techos planos colocados de diferente forma. En la figura 3.21 que el viento casi no se cura al tocar a la edificación, casi sigue una línea recta antes y después de la edificación a diferencia de la figura 2.22 donde se observa con claridad que el viento se curva de un lado de la vivienda donde se crea un sombra de viento de aproximadamente 2 m (según la cuadrícula del dibujo) y un ancho de sombra de viento de 2 h. En techos a 1 agua (figura 2.23) se observa vagamente la trayectoria del viento, a barlovento alcanza un ancho de sombra de viento de 2 h mientras que a sotavento es de 2 2/3 h. En las figuras 2.24 y 2.25 se muestran los techos a 2 aguas con pendiente a 22.5°

<sup>21</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

colocados en la misma forma que los techos planos. En la primera se observa al viento rodear a la estructura alcanzando a sotavento un ancho de zona de baja presión de 2 h, mientras que a barlovento no parece formarse ninguna zona de baja presión. Por otro lado en la segunda figura se observa a un mas en comportamiento del viento sobre la edificación, se observa que el ancho de sombra de viento a sotavento es mayor que en la figura 2.24, alcanza 2 3/4 h, mientras que a barlovento no parece haber zonas de presión negativa.



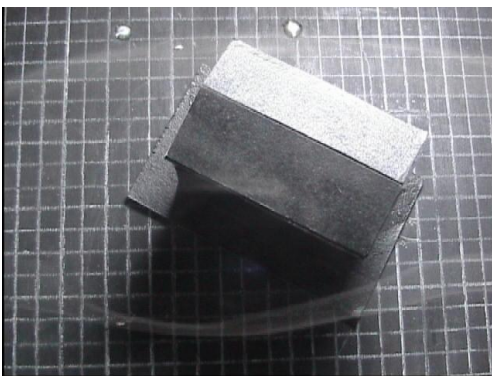
**FIGURA 2.21 Sombra de viento en techo plano**



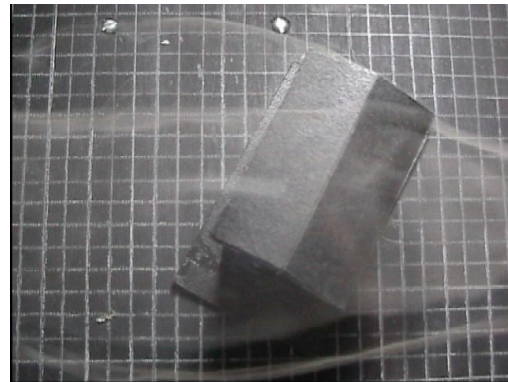
**FIGURA 2.22 Sombra de viento en techo plano**



**FIGURA 2.23 Sombra de viento en techo un agua**


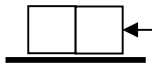
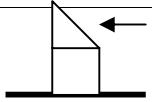
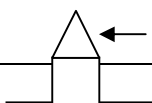
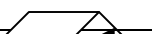


**FIGURA 2.24 Sombra de viento en techo 2 aguas (22.5°)**



**FIGURA 2.25 Sombra de viento en techo 2 aguas**

**Tabla 2.6: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 30° (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>22</sup>**

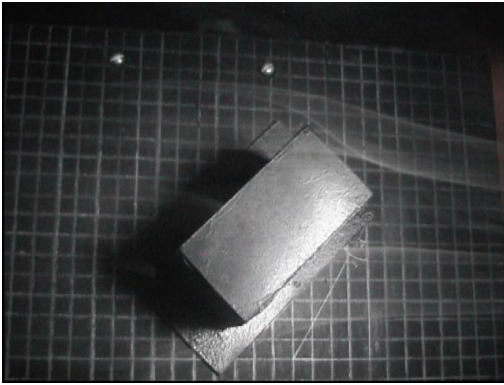
GEOMETRÍA		ANCHO A	ALTO h	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
TECHO PLANO		0.7	1	4 (1.64)
TECHO PLANO		1.33	1	3 (.612)
TECHO A UN AGUA 20°		0.7	1	4 ¼ (1.71)
TECHO A UN AGUA 22.5°		0.7	1	4 (1.08)
TECHO UN AGUA A 25°		0.7	1	4 (.418)
TECHO UN AGUA A 30°		0.7	1	3 ½ (1.03)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	4 (.790)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	3 ¾ (1.68)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	3 ½ (.758)
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	3 ¾ (.570)
TECHO A DOS AGUAS 20°		1.33	1	2 ¾ (.908)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		1.33	1	3 ¼ (.651)
TECHO A DOS AGUAS 25°		1.33	1	3 ¼ (1.78)
TECHO A DOS AGUAS 30°		1.33	1	3 ¼ (.836)

**II.7.- Vivienda de sección rectangular (8.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección del viento.**

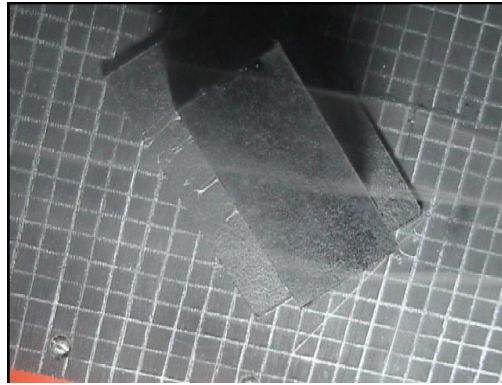
Para este apartado donde se utilizó una orientación de 45° con respecto al aire; se observó que en techos planos en cualquiera de las dos orientaciones (figura 2.26 y 2.27) no se tuvo gran modificación del viento, aun así se tuvo sombra de viento en la parte frontal y a un costado de la vivienda (figura 2.26) mientras que figura 2.27 el viento iba casi lineal con sombra de viento sobre un lado del techo. En la figura 2.28 (con pendiente a 22.5°) se tiene al techo a un agua y se logra ver con claridad el ancho de la sombra de viento (aprox. 2h) a sotavento y que a barlovento no se crea ninguna zona de baja presión, por el contrario se aprovecha al máximo el aire que llega a la edificación.

<sup>22</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

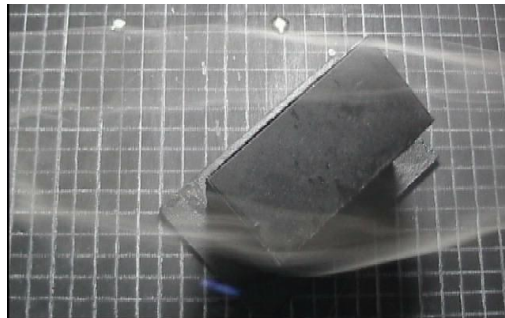
En los techos a dos aguas sucede casi lo mismo (figura 2.29 y 2.30 con pendiente a  $22.5^\circ$ ) que en los techos a un agua, se aprovecha casi en su totalidad el viento, aun que es mas notoria la pequeña sombra de viento a sotavento en la figura 2.30, mientras que en la otra pareciera no haber ninguna.



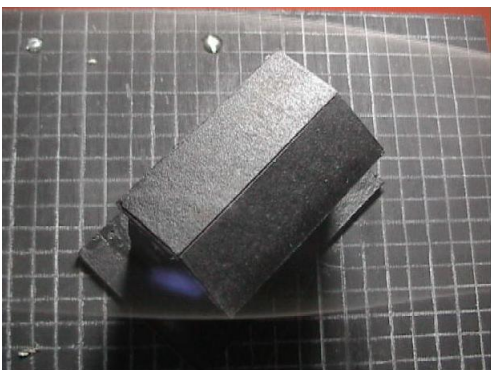
**FIGURA 2.26 Sombra de viento en techo plano**



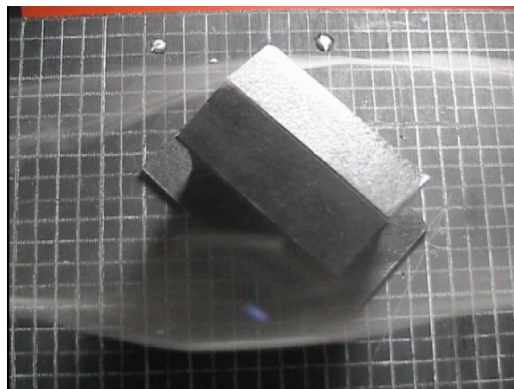
**FIGURA 2.27 Sombra de viento en techo plano**



**FIGURA 2.28 Sombra de viento en techo un agua**

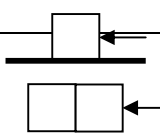
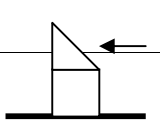
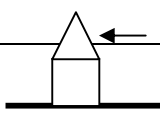


**FIGURA 2.29 Sombra de viento en techo 2 aguas**



**FIGURA 2.30 Sombra de viento en techo 2 aguas**

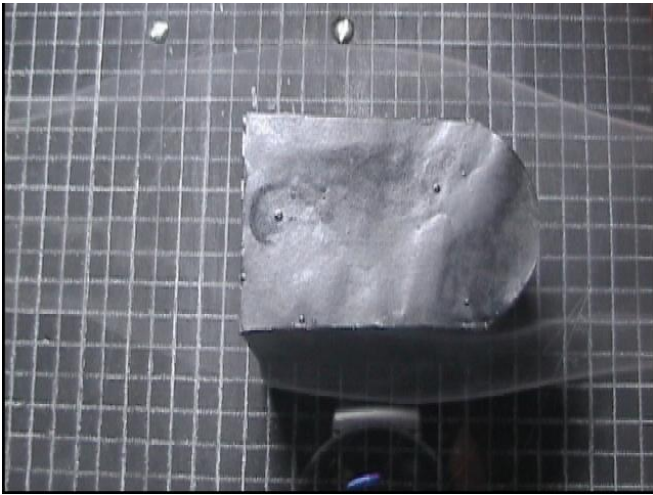
**Tabla 2.7: Valores medios del comportamiento del viento con una orientación de 45° (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>23</sup>**

GEOMETRÍA		ANCHO A	ALTO h	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
TECHO PLANO		0.7	1	4 (.512)
TECHO PLANO		1.33	1	3 1/3 (.961)
TECHO A UN AGUA 20°		0.7	1	4 1/2 (1.15)
TECHO A UN AGUA 22.5°		0.7	1	4 (.570)
TECHO UN AGUA A 25°		0.7	1	4 (.849)
TECHO UN AGUA A 30°		0.7	1	4 (1.11)
TECHO A DOS AGUAS 20°		0.7	1	4 (.790)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		0.7	1	4 (1.20)
TECHO A DOS AGUAS 25°		0.7	1	4 (.758)
TECHO A DOS AGUAS 30°		0.7	1	4 (1.98)
TECHO A DOS AGUAS 20°		1.33	1	3 1/4 (.651)
TECHO A DOS AGUAS 22.5°		1.33	1	3 1/2 (.651)
TECHO A DOS AGUAS 25°		1.33	1	3 1/4 (.418)
TECHO A DOS AGUAS 30°		1.33	1	3 1/2 (.418)

**II.8.- Vivienda de sección ovalada (8.00 x 4.00 m) colocada en ángulo de 90°, 30° y 45° con respecto a la dirección del viento.**

En este punto se analizan las viviendas de 4 x 8 con una sección circular, con las mismas orientaciones analizadas en todo el experimento. Se observó (figura 2.31) que se generan zonas de baja presión pequeñas alrededor de esta vivienda. En la figura 2.32 se observan aun más pequeñas las zonas de presión negativa. En la figura 2.33 la sombra de viento a sotavento se agranda hasta 2h el ancho y de longitud hasta 3 1/2.

<sup>23</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.



**FIGURA 2.31** Sombra de viento en con pared circular a  $90^\circ$



**FIGURA 2.32** Sombra de viento en con pared circular a  $90^\circ$



**FIGURA 2.33** Sombra de viento en con pared circular a  $45^\circ$

Tabla 2.8: Valores medios del comportamiento del viento en pared circular (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>24</sup>

GEOMETRÍA	ORIENTACIÓN	ANCHO (A)	ALTO (h)	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
TECHO PLANO CON PARED CIRCULAR	90°	1.33.	1	2 ½ (.836)
TECHO PLANO CON PARED CIRCULAR	30°	1.33	1	2 ½ (1.92)
TECHO PLANO PARED CIRCULAR	45°	1.33	1	2 ¾ (1.48)

### II.9.- Análisis matemático

De igual manera en este capítulo se emplearon las ecuaciones de 1 a 10 para el cálculo de la sombra de viento a sotavento, a partir del punto que se señala en las figuras 2.34 2.35 y 2.36. Los resultados arrojados fotográficamente de zona de baja presión se encuentran en una distancia de  $2^{1/4}$ ,  $2^{3/4} - 2^{1/2}$  y  $2^{3/4} - 2^{1/2}$  con respecto a la altura de la edificación respectivamente, como se reflejan en la tabla 2.1; que por otro lado los resultados obtenidos mediante el análisis matemático proyectados en la tabla A.1 del anexo 1, lo cuales fueron redondeados a 3 veces la altura del edificio dando como resultado una aproximación bastante cercana a los valores arrojados por el análisis fotográfico. Con lo anterior se llega a la conclusión que los resultados de ambos análisis se mantienen en margen de longitud de 3 veces de la altura de la edificación.

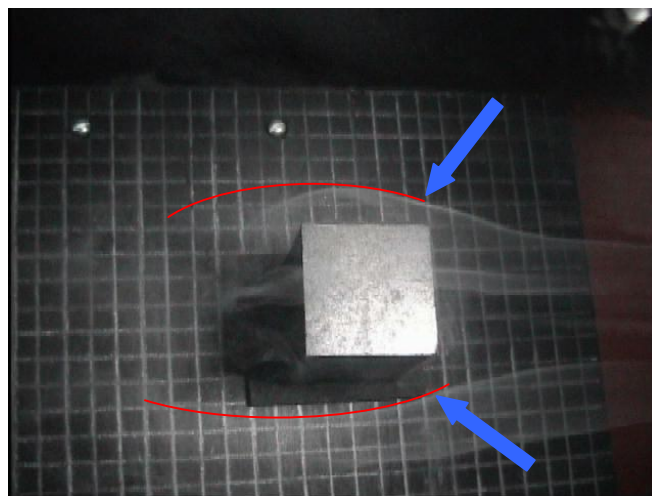


FIGURA 2.34 Punto de partida de la curvatura del flujo de l aire

<sup>24</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.



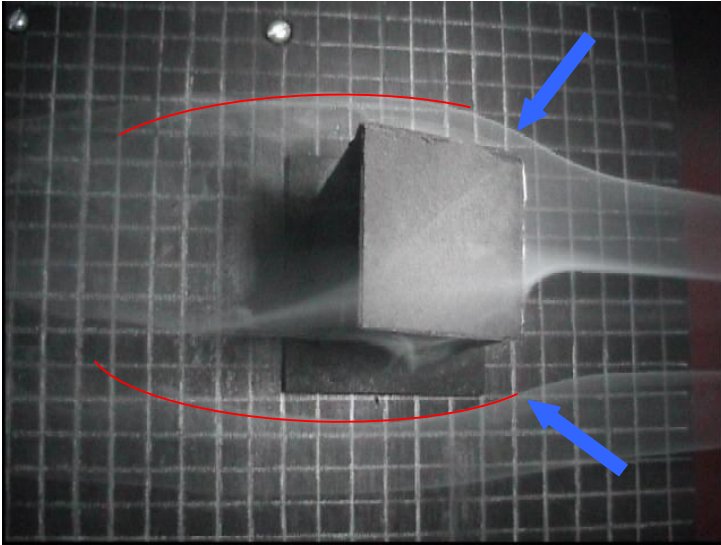


FIGURA 2.35 Punto de partida de la curvatura del flujo de l aire

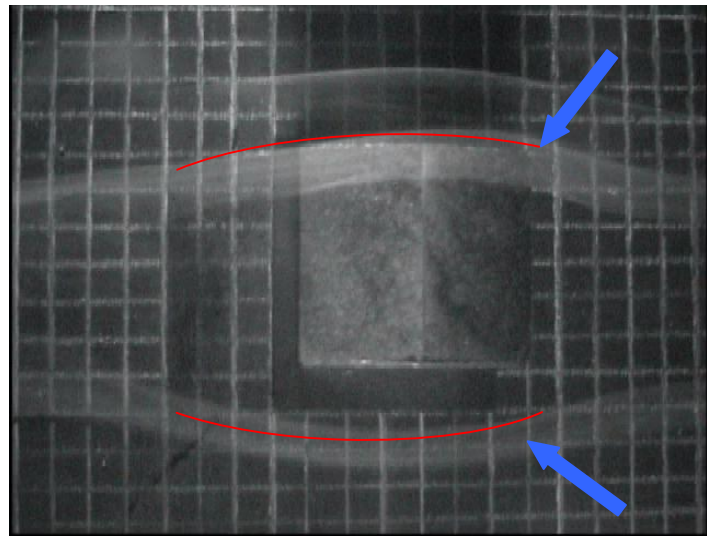


FIGURA 2.36 Punto de partida de la curvatura del flujo de l aire

## II.10 – Análisis de resultados

1. En este Capítulo se observaron las mismas viviendas del Capítulo I (**sección cuadrada (4.00 x 4.00 m)** y **sección rectangular (4.00 x 8.00 m)**). Además en este capítulo se analizaron las viviendas con una **sección ovalada**; todo lo anterior fue observado en vista de planta. De igual manera se analizaron en 3 distintas orientaciones con respecto a la dirección del viento (**90°, 30°, 45°**). Por lo anterior se concluye parcialmente:
  2. Que en lo que concierne a las viviendas de *sección cuadrada (4.00 x 4.00m)* con un ángulo de **90°** con respecto a la dirección del viento, se observó que en esta orientación no se tuvieron grandes sombras de viento por regular no sobrepaso las 3 h, en lo respecta a los siguientes tipos de techos se encontró que:
    - En *techos planos* la sombra de viento alcanzó 2 ¼ h, no fue la menor sombra pero tampoco la mayor, sin embargo no es la mejor opción para climas cálidos húmedos.
    - En los techo a *un agua* se observó una sombra de viento mayor que en techo plano y en techos de dos aguas, la diferencia entre cada una de estas cuatro pendientes fue de aproximadamente ¼ h.
    - Los techo a *dos aguas* obtuvieron menores sombras de viento que en techos a un agua, según el orden de techos en la tabla 3.1, se observa que el primer techo a dos aguas obtuvo sombras menores que el segundo techo a dos aguas, las pendientes mas favorables en este caso fueron 20° y 22.5°. Por otro lado, en el segundo techo la pendiente más favorable fue de 20°.
    - Al analizarse a la vivienda con una pared ovalada con techo plano en esta dirección se observó que alcanzo a sotavento una longitud aproximada 3 ¼ h y de ancho 1 ¾, mientras que a barlovento alcanzó el doble de la altura. En la tabla 2.4 se observa los valores medio y su desviación estándar de cada orientación.
  3. Con la orientación de **30°** con respecto al viento se observó que hubo una variación considerable en las proyecciones de sombra de viento:
    - Por un lado los *techos planos* reflejaron tener una sombra de viento menor que los otros dos tipos de techos (un agua y dos aguas)
    - En los techos a *un agua* con las cuatro pendientes (20°, 22.5°, 25° y 30°) se observó que tienen sombras de viento mayor que las de techo plano. En este caso la menor sombra de viento se obtuvo con una pendiente de 20° y la mayor con 30°.
    - Por otro lado los techos a dos aguas en sus dos formas a barlovento se observó que presentaron una menor sombra de viento que los techos a un agua, siguiendo el orden de la tabla 2.2, el primer de techo se obtuvo la menor sombra de viento en techos con pendiente de 22.5° y en la segunda posición de este techo fue con pendiente de 20°. Las menores sombras se tuvieron con pendientes de 20° y 25° mientras que a 22.5° y 30° fue mayores sombras se obtuvieron cuando la pendiente fue de 30°.
    - Todos lo anterior se deduce de la tabla 2.2, donde se describen los valores de cada una de las sombras de viento de los diferentes tipos de techos.
    - Al analizarse a la vivienda con una pared ovalada o circular con orientación de 30 se observó que una longitud aproximada a 2 ¾ h y con un ancho de 2 h a sotavento

mientras que a barlovento el ancho alcanzó las 2 h. En los costados se crearon zonas de baja presión de hasta  $\frac{1}{2}$  h.

4. En lo que respecta a las viviendas colocadas a un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a la dirección del viento, se observó que:
  - Las viviendas con *techo plano* con esta orientación presentaron una sombra de viento casi igual que la de un techo a dos aguas, estas fueron las menores sombras en los tres tipos de techos analizados en esta orientación.
  - Las de *un agua* en este caso presentaron un aumento de sombra que en la anterior orientación ( $30^\circ$ ) y la mayor están en la de  $45^\circ$ .
  - Los techos a *dos aguas* en sus dos formas colocadas a barlovento presentaron sombras de viento parecidas. Una vez más según el orden de la tabla 2.2, el primer techo a dos aguas reflejo menor sombra de viento con pendiente de  $22.5^\circ$  con aproximadamente  $3\frac{1}{2}$  veces la altura mientras que la mayor fue a  $30^\circ$  con  $3\frac{3}{4}$ , como se puede ver no hubo un aumento considerable en la sombra de viento entre ellas dos. Por otro lado la segunda posición de este mismo techo se obtuvo como ya se menciona anteriormente valores muy parecidos al anterior techo y en este caso la menor sombra se observó cuando se tuvo una pendiente de  $22.5^\circ$  y la mayor fue a  $20^\circ$ . Las pendientes  $25^\circ$  y  $30^\circ$  se mantuvieron igual.
  - Por otro lado la misma vivienda de sección circular utilizada anteriormente en otras orientaciones ( $90^\circ$  y  $30^\circ$ ), a  $45^\circ$  se obtuvo una longitud de sombra de viento de hasta  $2\frac{3}{4}$  h y un ancho de  $3\frac{1}{4}$  h (a sotavento) mientras que a barlovento aproximadamente 1h.
5. En las viviendas de *sección rectangular* ( $4.00 \times 8.00m$ ) no presentaron grandes sombras de viento como las viviendas de sección cuadrada. En la tabla 3.4 se desglosan los valores obtenidos de la orientación.
6. Cuando se colocó con un ángulo de  $90^\circ$  con respecto a la dirección del viento, se observó que:
  - En los *techos planos* colocados en dos posiciones y según el orden de la tabla 3.4, el primero presentó mayor sombra de viento que el segundo, esto es debido a la posición de la vivienda, lo que significaría que es mejor opción la segunda ya que se aprovecharía más el viento en la vivienda subsiguiente.
  - En los techos a *un agua* se observó mayor sombra de viento a sotavento que en los techos planos en cualquiera de sus dos posiciones pero menor que la que se obtuvo con los techos de dos aguas igualmente en sus dos posiciones. La menor sombra de viento se obtuvo con una pendiente de  $20^\circ$  y la mayor con pendiente de  $25^\circ$ .
  - En los techos a *dos aguas* en sus dos posiciones se observó que (según orden de tabla 2.4), el primer techo arrojó una sombra mayor que el segundo por casi  $1\frac{1}{4}$  de altura. Con lo que concluimos que para este techo es mejor opción la segunda posición por que al igual que en los techos planos se aprovecharía más el viento en la vivienda subsiguiente con la diferencia de que el techo de dos aguas aprovecha más el viento para enfriarse y no hay tanta transferencia de calor hacia el interior que con el techo plano.

- También se analizó con esta geometría y orientación a la vivienda con una pared o sección ovalada la cual demostró tener una sombra de viento  $2 \frac{1}{2}$  h de longitud y de ancho  $1 \frac{1}{2}$  aproximadamente a sotavento. Mientras que a barlovento el ancho de la zona de baja presión un aproximado de 2 h.
7. Con la orientación de  $30^\circ$  con respecto a la dirección del viento se observaron sombras de viento relativamente grandes como las obtenidas con las otras viviendas de sección cuadrada, en las diferentes techumbres se observó y analizó por separado su comportamiento el cual fue en:
- *Techos planos* en sus dos posiciones a barlovento y siguiendo el orden de la tabla 2.5. El primer techo alcanzó una sombra de longitudes cercanas a las 4 veces la altura (h) mientras que la segunda posición de este techo fue cercana a los 3 h.
  - En techos a *un agua* se vio una sombra mayor que en los demás techos, las pendientes  $20^\circ$ ,  $22.5^\circ$  y  $25^\circ$  fueron las de mayor zonas de baja presión a sotavento, en este caso a  $30^\circ$  se obtuvo una menor sombra de viento.
  - En lo que respecta a los techos de *dos aguas* se mantuvieron casi iguales a excepción del techo con pendiente a  $20^\circ$  (segunda posición a barlovento según tabla 2.5) que obtuvo la menor sombra de viento de toda esta orientación.
  - Al colocar con una orientación de  $30^\circ$  a la vivienda con una sección ovalada se observó poca sombra de viento en comparación a la anterior de  $90^\circ$ , en este caso la sombra de viento a sotavento obtuvo longitudes aproximadas a  $2 \frac{1}{2}$  h y de ancho la mitad de la sombra de viento. A barlovento se tuvo aun menor la zona de presión negativa, por que podría ser una buena opción de diseño en viviendas.
8. Cuando se utilizó la orientación de  $45^\circ$  con estas viviendas se observó que las sombras de viento a sotavento crecieron más que con la anterior orientación ( $30^\circ$ ). Los diferentes techos reflejaron:
- Que en *techos planos*, analizados en sus dos posiciones según la tabla 2.6, reflejaron que es mejor opción el segundo techo debido a como esta colocada esa vivienda es menos la sombra de viento a sotavento.
  - Por otro lado en techos a *un agua* se comporto prácticamente igual en todas las pendientes.
  - En los techos a *dos aguas* según el orden de la tabla 2.6; es mejor opción cuando la vivienda esta colocada a lo largo con respecto a la dirección del viento y no a lo ancho, pues la sombra de viento es un poco menor.
  - Por ultimo para la orientación de  $45^\circ$  con la vivienda de sección ovalada se observó una longitud de sombra de viento a sotavento de  $2 \frac{3}{4}$  h y un ancho de  $1 \frac{3}{4}$  h mientras que a barlovento  $1 \frac{1}{3}$  h.

## CAPITULO III MEDICIONES EN ARREGLOS DE VIVIENDAS

### Introducción

El comportamiento del viento en un arreglo, muestra si las viviendas subsiguientes están ventiladas correctamente, el arreglo puede ser de dos formas: arreglo en forma *paralelo* donde el viento tiende a brincar entre las viviendas lo cual genera sombra de viento sobre las subsecuentes y en forma *escalonada* donde se tiene una ventaja de que habrán fuertes patrones de viento desde las viviendas directas al flujo hacia las subsecuentes.<sup>25</sup>

Dado lo anterior, en este capítulo se analizó el comportamiento del viento a sotavento en dos tipos de arreglos: en paralelo, como se observa en las figuras 3.1 a 3.3 y 3.7 a 3.9; e interlineado, como se observa en las figuras 3.4 a 3.6 y 3.9 a 3.12. La metodología utilizada para este capítulo fue la misma de los capítulos anteriores, sólo que en ésta, las viviendas se colocaron en diferentes orientaciones con respecto a la dirección del viento ( $90^\circ$ ,  $30^\circ$  y  $45^\circ$ ) y el análisis partió de la observación del comportamiento del aire, visto de planta.

### III.1. Arreglo de viviendas en forma paralela de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de $90^\circ$ con respecto a la dirección del viento.

En la figura 3.1, se puede observar como se crean zonas de presión negativa tanto a barlovento como en los costados y a sotavento una sombra de viento que conforme avanza decrece. A barlovento alcanza un ancho de zona de presión negativa de hasta  $1 \frac{1}{2} h$ , mientras que en los costados se extiende hasta  $\frac{3}{4} h$ . A sotavento el ancho de la sombra de viento es de aproximadamente es de  $1 \frac{1}{4} h$ ,  $\frac{1}{4} h$  menor que la de barlovento. En la Grafica 3.1 se muestra la trayectoria que tendría el viento en un arreglo en paralelo. En la tabla 3.1 se muestran los valores medios y la desviación estándar de este arreglo con la orientación de  $90^\circ$

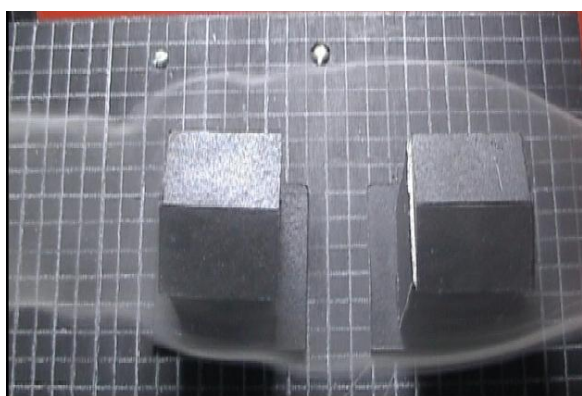
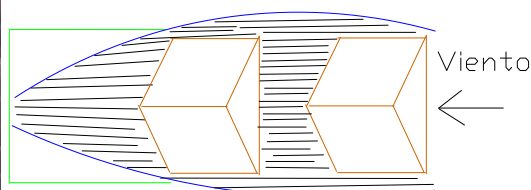


FIGURA 3.1 Arreglo en paralelo a  $90^\circ$



GRAFICA 3.1: Trayectoria del viento en este arreglo

<sup>25</sup> García Chávez, *Op cit.* P 70

**III.2. Arreglo de viviendas en forma paralela de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 30° con respecto a la dirección del viento.**

La figura 3.2 muestra el arreglo con una orientación de 30°, se observa como el viento casi no se curva al aproximarse al conjunto de edificaciones, de igual manera se crean sombras de viento tanto a barlovento como entre medio de las edificaciones y a sotavento, el mayor ancho de esta sombra se encuentra entre las dos edificaciones, a sotavento se reduce aproximadamente ½ h. En la grafica 3.2 se muestra la orientación que se tendría del viento en este arreglo. En la tabla 3.1 se muestran los valores medios y la desviación estándar de este arreglo con la orientación de 30°

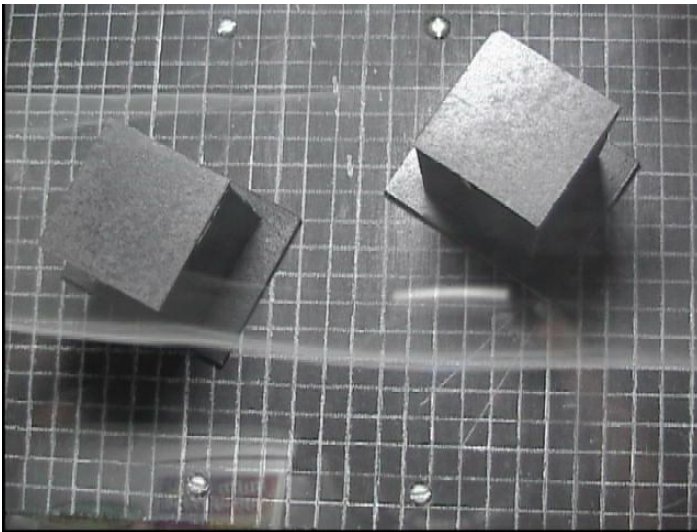
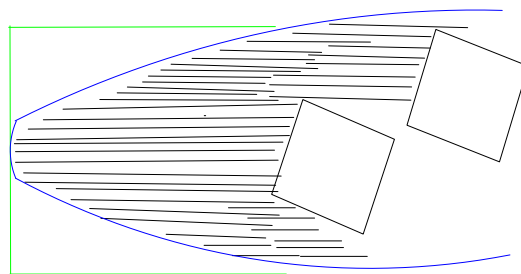


FIGURA 3.2 Arreglo en paralelo a 30°



GRAFICA 3.2: Trayectoria del viento en paralelo

**III.3. Arreglo de viviendas en forma paralela de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección del viento.**

La siguiente figura (3.3) define la orientación del viento a una orientación de 45°, se alcanza apreciar claramente las curvaturas del aire al llegar al conjunto de edificaciones. Las zonas de presión negativa tanto a barlovento (1h) como entre las edificaciones (2h) son mayores que a sotavento (aprox. ¾ h). La grafica 3.3 señala la orientación del viento en este arreglo. En la tabla 3.1 se muestran los valores medios y la desviación estándar de este arreglo con la orientación de 45°.

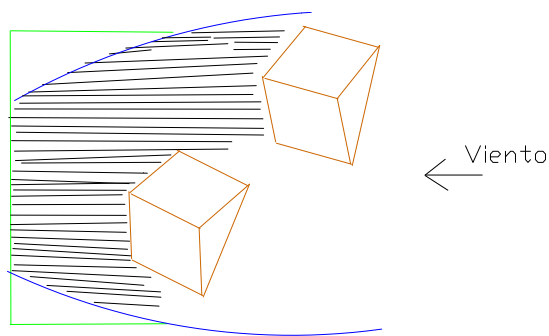
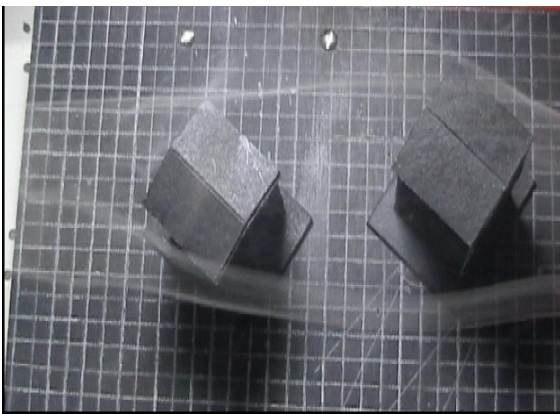




FIGURA 3.3 Arreglo en paralelo a 45°

GRAFICA 3.3: Trayectoria del viento en este arreglo

Tabla 3.1: Valores medios del comportamiento del viento en arreglos de viviendas de 4 x 4 en forma paralela (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>26</sup>

GEOMETRÍA	ARREGLO EN FORMA PARALELA	ANCHO (A)	ALTO (h)	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
ARREGLO A 90°		0.7	1	3 ¾ (1.92)
ARREGLO A 30°		0.7	1	4 (.96)
ARREGLO A 45°		0.7	1	4 ½ (1.15)

<sup>26</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

**III.4. Arreglo de viviendas en forma interlineado de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 90° con respecto a la dirección del viento.**

En la figura 3.4 se observa como la mayor parte del viento se tiende a ir sobre una sola vivienda, provocando sombra de viento tanto en ella como en la otra alcanzando una ancho de casi 2 h y con una longitud aproximadamente de 3 ¼ h. La grafica 3.4 señala la orientación del viento en este arreglo. En la tabla 3.2 se muestran los valores medios y la desviación estándar de este arreglo con la orientación de 90°.

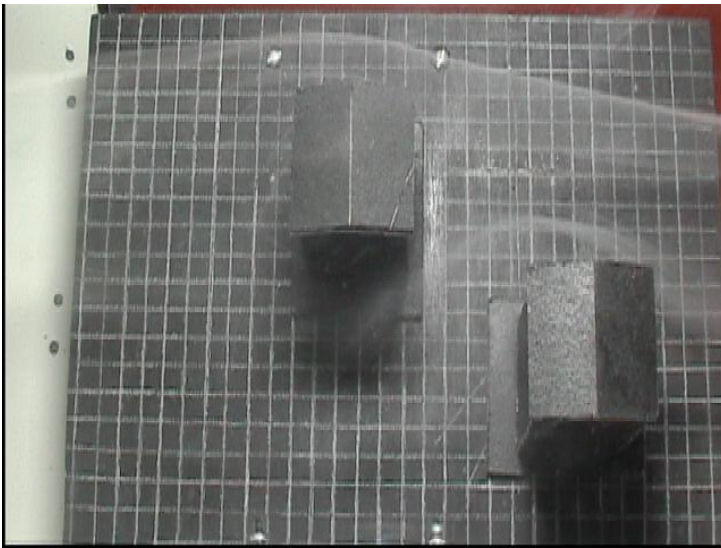
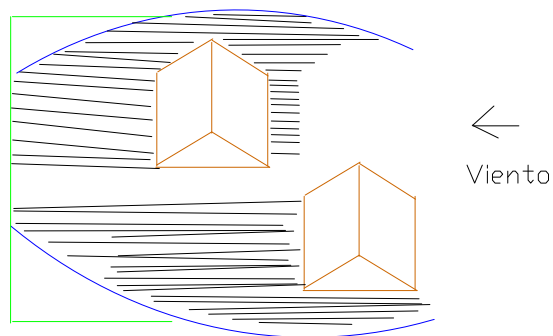


FIGURA 3.4 Arreglo en interlineado a 90°

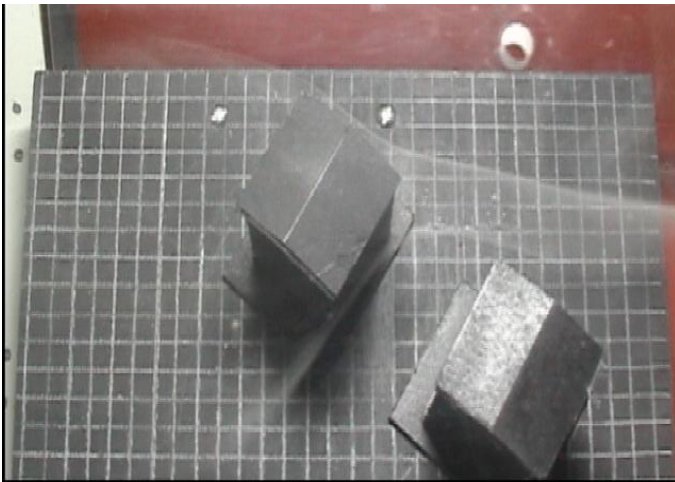


GRAFICA 3.4: Trayectoria del viento en este arreglo

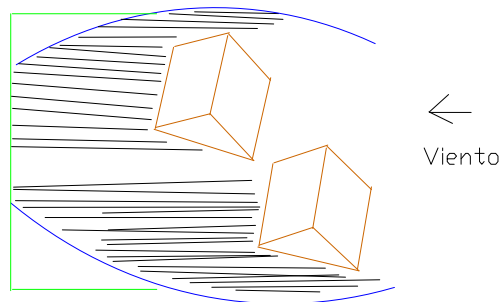


**III.5. Arreglo de viviendas en forma interlineado de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 30° con respecto a la dirección del viento.**

En la figura 3.5 se observa claramente que el viento llega perfectamente sobre una de las viviendas y no crea zonas de presión negativa en los costados ni a barlovento, mientras que por otro lado a sotavento se abre una sombra de viento de longitudes de 2 ½ h de ancho y de largo 3 h. En la otra edificación se encuentra en una zona de baja presión. La grafica 3.5 señala la orientación del viento en este arreglo. En la tabla 3.2 se muestran los valores medios y la desviación estándar de este arreglo con la orientación de 30°.



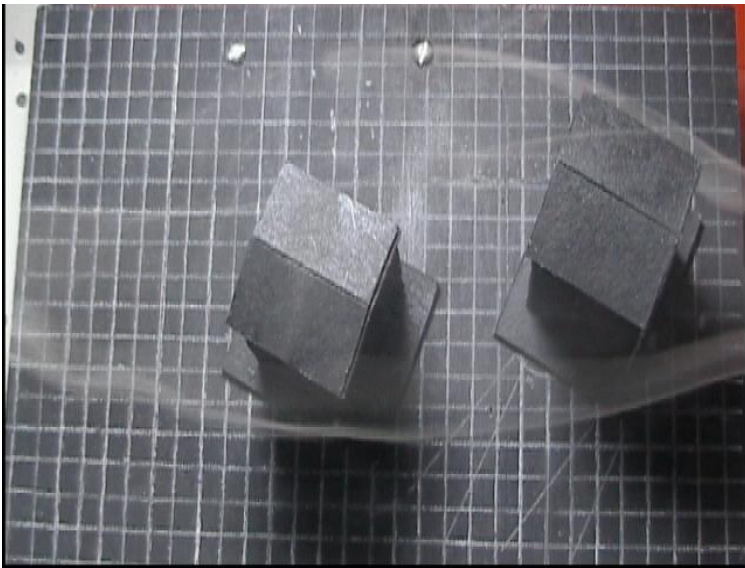
**FIGURA 3.5** Arreglo en interlineado a 30°



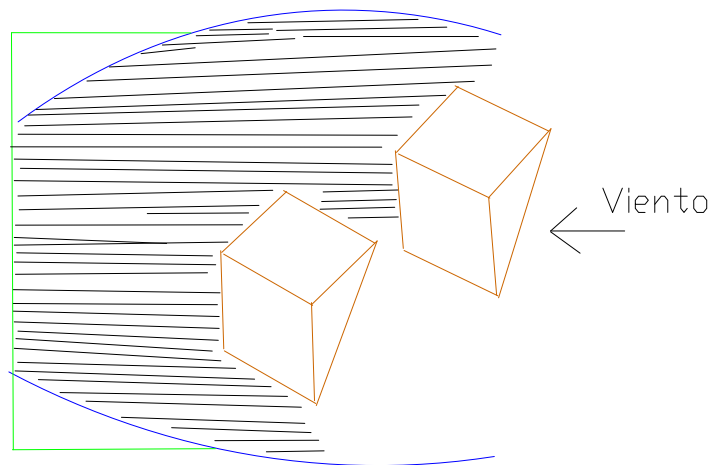
**GRAFICA 3.5:** Trayectoria del viento en este arreglo

**III.6. Arreglo de viviendas en forma interlineado de sección cuadrada (4.00 x 4.00 m) colocada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección del viento.**

En esta figura (3.6) se observa con claridad como en esta orientación el viento atrapa el arreglo de las edificaciones y como en la parte de barlovento se crea una pequeña sombra de viento que alcanza una altura (1h), por otro lado en los costados de hasta  $\frac{1}{2} h$ , y a sotavento un ancho de sombra de viento  $2 \frac{1}{4} h$  y de largo  $3 \frac{1}{4} h$ . La grafica 3.6 señala la orientación del viento en este arreglo. En la tabla 3.2 se muestran los valores medios y la desviación estándar de este arreglo con la orientación de 45°.

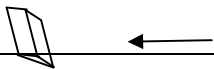




**FIGURA 3.6 Arreglo interlineado a 45°**



**GRAFICA 3.6: Trayectoria del viento en este arreglo**

Tabla 3.2: Valores medios del comportamiento del viento en arreglos de viviendas 4 x 4 en forma interlineada (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>27</sup>

GEOMETRÍA	ARREGLO EN FORMA PARALELA	ANCHO (A)	ALTO (h)	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
ARREGLO A 90°		0.7	1	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (1.03)
ARREGLO A 30°		0.7	1	5 (.96)
ARREGLO A 45°		0.7	1	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> (.57)

**III.7. Arreglo de viviendas en forma paralelo de sección rectangular (4.00 x 8.00 m) colocada en un ángulo de 90° con respecto a la dirección del viento.**

En la figura 3.7 se observa un arreglo de sección rectangular con orientación a 90°, en este arreglo se crean zonas de baja presión a barlovento con un ancho de aproximadamente 1 h, en los costados es alrededor de 1/2 h, mientras que a sotavento alcanza un ancho de hasta 2h y de longitud aproximadamente 3 1/2

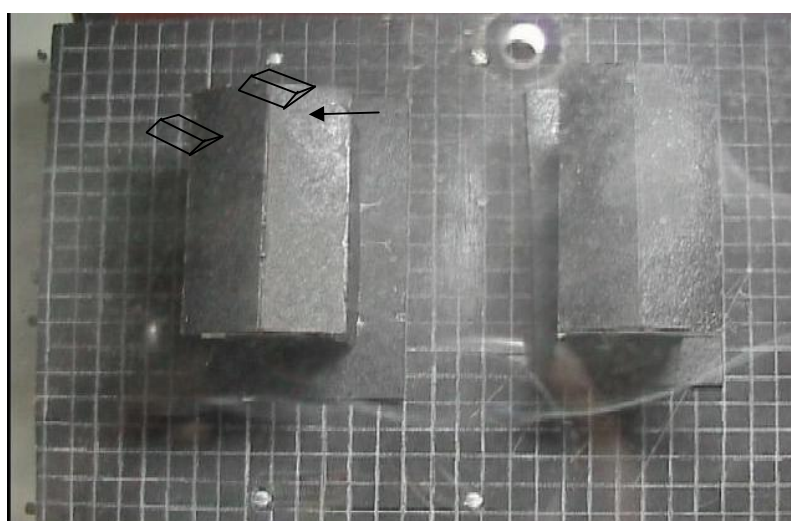


FIGURA 3.7 Arreglo en paralelo a 90°

<sup>27</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

**III.8 Arreglo de viviendas en forma paralelo de sección rectangular (4.00 x 8.00 m) colocada en un ángulo de 30° con respecto a la dirección del viento.**

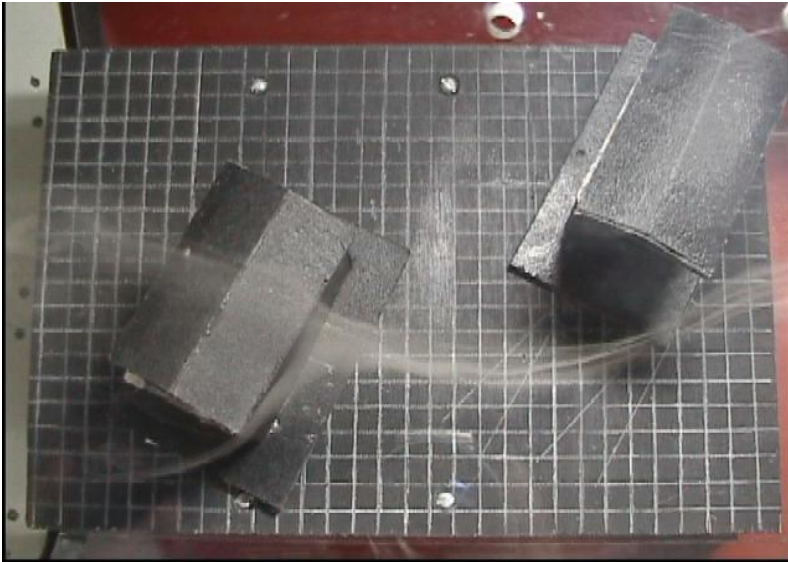


FIGURA 3.8 Arreglo paralelo a 30°

En la figura (3.8), se logran ver la curvatura que obtiene el viento al incidir con la edificación en un arreglo, en la vivienda subsiguiente observa como llega el viento y se curva hacia los costados y a sotavento. Se observa también que alcanza una separación entre el aire y el costado de hasta  $\frac{1}{2} h$ . Todo lo anterior ocurre en la vivienda posterior mientras que en la primera únicamente se curva hacia un solo lado de la misma, originando con esto que el viento se dirija hacia la vivienda trasera.

**III.9 Arreglo de viviendas en forma paralelo de sección rectangular (4.00 x 8.00 m) colocada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección del viento.**

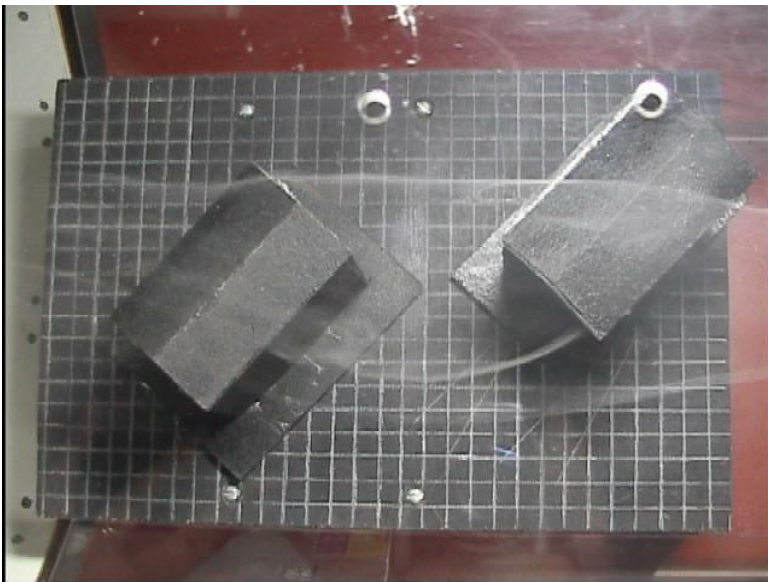
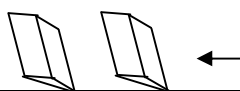

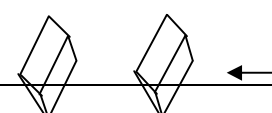


FIGURA 3.9 Arreglo paralelo a 45°

En esta figura (3.9) en una orientación de 45° con respecto a la dirección del viento, se logra observar que entre las dos viviendas se crea una curvatura en la dirección del aire que es procedente de la primera edificación, lo que hace llegar hacia la vivienda posterior, sin embargo se crean grandes zonas de baja presión tanto en las caras laterales como a sotavento.

Tabla 3.3: Valores medios del comportamiento del viento en arreglos de 4 x 8 en forma paralela (la desviación estándar aparece entre paréntesis)<sup>28</sup>

GEOMETRÍA	ARREGLO EN FORMA PARALELA	ANCHO (A)	ALTO (h)	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
ARREGLO A 90°		0.7	1	4 (.57)
ARREGLO A 30°		0.7	1	4 ½ (.79)
ARREGLO A 45°		0.7	1	4 ½ (.58)

**III.10 Arreglo de viviendas en forma interlineado de sección rectangular (4.00 x 8.00 m) colocada en un ángulo de 90° con respecto a la dirección del viento.**

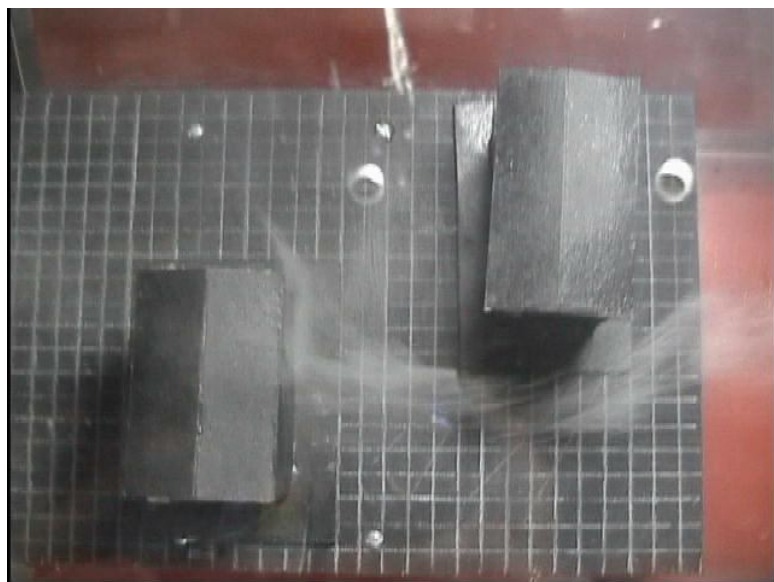


FIGURA 3.10 Arreglo interlineado a 90°

En el apartado 3.7, se mostraron este mismo arreglo con diferente posición a barlovento. Aquí al igual que en ese punto se analizó a 90°, con 3.10) están con una de las aguas directamente a barlovento. Como se puede observar el viento siempre tiende a llegar a la edificación para después rodearla y seguir una dirección casi línea mientras no haya ningún obstáculo en su camino. Aquí se ve que se curva y llega a la segunda vivienda para después hacer lo que hizo con la primera vivienda y posteriormente hacer lo mismo en caso de llegar a otra edificación, siempre ocasionando sombras de viento.

<sup>28</sup> Los valores estad con respecto a la altura de la vivienda.

**III.11 Arreglo de viviendas en forma interlineado de sección rectangular (4.00 x 8.00 m) colocada en un ángulo de 30° con respecto a la dirección del viento.**

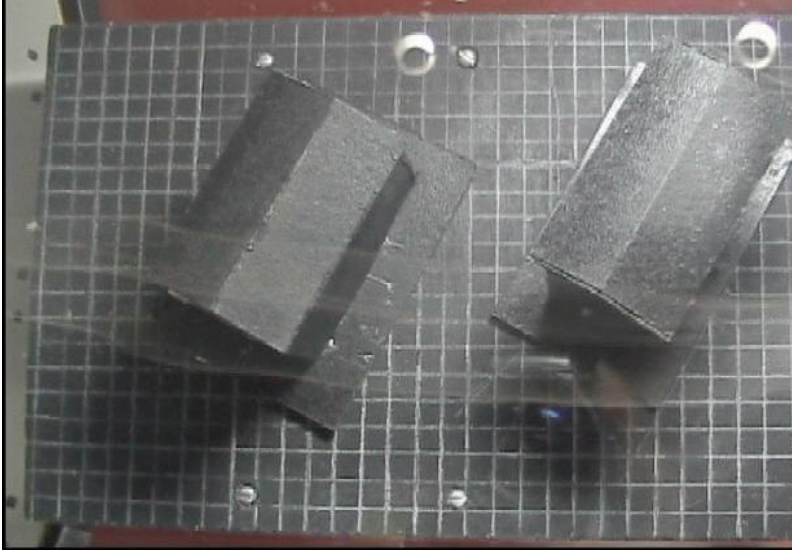


FIGURA 3.11 Arreglo interlineado a 30°

En esta orientación, la figura 3.11, muestra que en este arreglo no se producen considerables cambios en la dirección del viento. Por otro lado las sombras de viento son mayores que con otras orientaciones, lo que deja en desventaja de una de ser correctamente ventiladas las viviendas subsiguientes.

**III.12 Arreglo de viviendas en forma interlineado de sección rectangular (4.00 x 8.00 m) colocada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección del viento.**

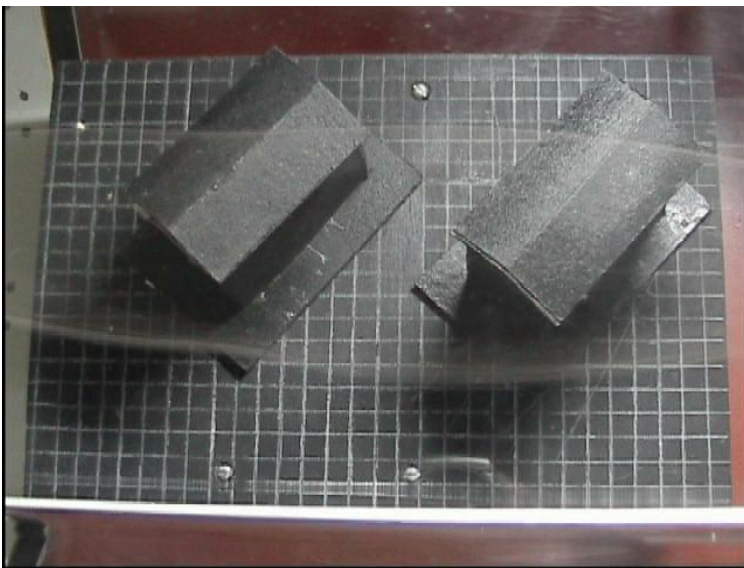
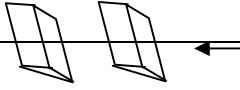
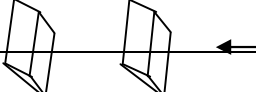
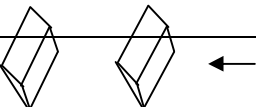


FIGURA 3.12 Arreglo interlineado a 45°

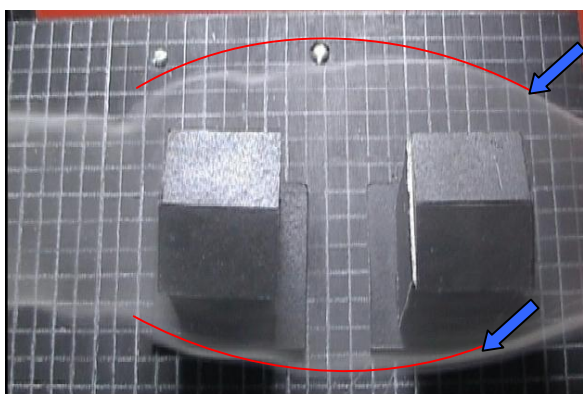
Por otro lado a 45°, el viento tiende a tomar mas clara su dirección con respecto a las viviendas subsiguientes. Existen como en todas la orientaciones zonas de baja presión tanto barlovento como a sotavento, las cuales son casi del mismo ancho ( $1 \frac{3}{4} h$ ), mientras que entre las dos viviendas se alcanza un ancho de sombra de hasta (2 h).

**Tabla 3.4: Valores medios del comportamiento del viento en arreglos de 4 x 8 en forma interlineada (la desviación estándar aparece entre paréntesis)**<sup>29</sup>

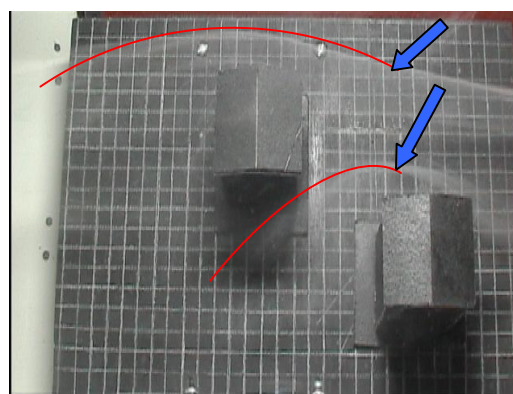
GEOMETRÍA	ARREGLO EN FORMA PARALELA	ANCHO (A)	ALTO (h)	LONGITUD DE SOMBRA DE VIENTO (H1)
ARREGLO A 90°		0.7	1	4 ¾ (1.15)
ARREGLO A 30°		0.7	1	5 (.79)
ARREGLO A 45°		0.7	1	4 ½ (.41)

### III.13.-Análisis matemático

Para este capítulo en el cual se manejaron arreglos, el cálculo matemático de la proyección de zona de baja presión a sotavento fue difícil de desarrollar debido al tipo de sembrado de las edificaciones; por lo que, el análisis fotográfico resultó más efectivo debido a la facilidad visual del comportamiento de la sombra de viento a sotavento del conjunto, gracias a que la base de soporte del mismo fue una cuadrícula a escala 1 a 100. El criterio empleado en este caso, fue considerar como punto de partida, el ubicado inmediatamente después de la primera vivienda; los resultados obtenidos se muestran en las tablas 3.1 a 3.4.



**FIGURA 3.13** punto de partida en un arreglo en paralelo



**FIGURA 3.14** punto de partida en un arreglo en interlineado

<sup>29</sup> Los valores están con respecto a la altura de la vivienda.

### III.14 Análisis de resultados

1. En este Capitulo se analizo y observó el comportamiento del viento en un conjunto o arreglo de viviendas en sus dos respectivas geometrías y orientaciones que anteriormente se vieron (**sección cuadrada (4.00 x 4.00 m)** y **sección rectangular (4.00 x 8.00 m)** y (**90°, 30° y 45°**). fue observado y analizado en vista de planta. De igual manera se analizaron 5 figuras para cada orientación de las cuales se obtuvieron su media y desviación estándar, desglosadas en las tablas **3.1, 3.2, 3.3 y 3.4**.
2. Primeramente se analizaron los arreglos en forma *paralela 4 x 4* a **90°**, en los que se observó como indica la tabla 3.1 que se alcanza una longitud de sombra de viento de  $3 \frac{3}{4}$  veces la altura mientras que de ancho es de 2 veces h, en los costados es de hasta  $\frac{3}{4}$  de h.
3. En lo que respecta a los arreglos a **30°**, la longitud de sombra es de hasta 4 veces h (altura) y de ancho de la misma de  $1 \frac{3}{4}$  veces h.
4. Por último, los arreglos a **45°**, proyectaron una longitud de sombra de viento de hasta  $4 \frac{1}{2}$  veces la altura, ligeramente mayor que en la anterior orientación. De ancho de sombra se obtuvo  $1 \frac{3}{4}$  veces la altura.
5. En los arreglos en forma *interlineada 4 x 4* a **90°**, se observó y analizó (3.2) que la longitud de sombra de viento en este arreglo fue mayor ( $4 \frac{3}{4}$ ) que con respecto a una orientación ( $45^\circ - 4 \frac{1}{2} h$ ) pero menor a la orientación de  $30^\circ$
6. Por otro lado el mismo arreglo a  $30^\circ$  presento una sombra de viento de 5 veces la altura del edificio, lo que significaría que esta orientación no es muy recomendable dado que se busca la mejor orientación para reducir las sombras de viento resultantes de incidir con el viento con un edificio para captar la mayor cantidad de aire las subsiguientes.
7. Para esta ultima orientación ( $45^\circ$ ) se observó que de las dos primeras orientación esta fue la que obtuvo menor longitud de sombra ( $4 \frac{1}{2} h$ ), lo que sin duda la convierte en la mejor opción de arreglo de viviendas.
8. En lo que respecta a los arreglos en forma paralela de sección rectangular, de igual manera se analizaron en sus 3 distintas orientaciones ( $90^\circ, 30^\circ$  y  $45^\circ$ ). En la orientación de **90°** se observó que su longitud de sombra de viento fue ligeramente menor (4 h) que en las dos siguientes orientaciones (30 y 45).
9. Al analizarse la orientación de **30°** respecto a la dirección del viento, se observó que tanto en esta dirección y la de **45°** la longitud de sombra se mantienen iguales ( $4 \frac{1}{2}$  veces la altura).
10. Por último se analizaron los arreglos de viviendas en forma interlineada de sección rectangular, desde cualquier punto de vista es mejor opción tener un arreglo interlineado que uno en paralelo, debido que el aire tiende a llegar a las viviendas subsiguientes sin crear grandes sombras de viento entre ellas.



- 11.** Al analizarse el arreglo a **90°** se observó que la sombra de viento proyectada fue alrededor de los  $4 \frac{3}{4}$  de h, ligeramente mayor que la obtenida a **45°**, lo que puede significar que es una buena opción de orientación.
- 12.** Mientras que por otro lado, la orientación de **30°** obtuvo la mayor sombra de viento que las otras dos, alcanzo los 5 veces h lo que quiere decir que el viento recobraría su orientación hasta los 30 m posterior a la vivienda.
- 13.** Para concluir finalmente con el análisis de las orientaciones, se observo que **45°** con respecto a la dirección del viento tuvo ciertas ventajas con respecto a la primera orientación (**90°**) pues mantuvo una sombra de viento de  $4 \frac{1}{2}$  h. Con lo que se concluye que para este caso de arreglo la mejor opción de orientación es a **45°**.

## CONCLUSIONES FINALES

1. En lo que respecta a la cuestión de la Información Bibliográfica se concluyó que si existe información sobre el tema de estudio; sin embargo cabe señalar que en los estudios realizados no se especifica bajo qué condiciones se realizó el estudio ni para qué tipo de clima y geometría de vivienda. Por tanto la presente tesis se realizó para dos tipos de viviendas (4 x 4 y 4 x 8 m) para la ciudad de Chetumal QROO con un clima calido – húmedo.
2. Por otro lado en la materia de Normatividad se detectó que no existe tanto a nivel federal, estatal y local ninguna Ley, Norma o Reglamento de construcción que rija y vigile este factor desde el punto de vista de climatización por medio de viento. .
3. En lo que concierne al **Capítulo I**, las techumbres que reflejaron mayor aprovechamiento del viento fueron con pendientes a *un agua en orientaciones de 90° y 30°* tanto en las de sección cuadrada como en las de sección rectangular, debido a que en estas viviendas no se crearon zonas de presión negativa significativas como en los techos planos y dos aguas. Con lo que es muy posible que se reduzcan cargas térmicas en la techumbre por tanto evitar la mayor transferencia de calor posible hacia el interior.
4. Mientras que a 45°, la mejor opción de techumbre para este clima (calido-húmedo) sería a *dos aguas* con pendientes de 20° y 22.5° ya que presentan menor cantidad de zonas negativas a comparación de los otros dos tipos de techos.
5. En lo que respecta a las de sección rectangular, la mejor opción de techo en vivienda sería a un agua (a 90°) y a una y dos aguas ( a 30°). Mientras que a 45° la mejor orientación y por ende mejor opción son los techos a un agua con pendientes 20°y 22.5° ya que presentan la menor sombra de viento a barlovento y sotavento, y con posibilidades de liberar más calor en la estructura durante el día y la noche.
6. **Capítulo II**, analizado desde una perspectiva de planta, se puede concluir que en combinación de techos-pared; las viviendas con techos a un agua siguen siendo la mejor opción, ya que como vimos en el capítulo II, es el que mas libera calor de su estructura ya que el viento llega casi completamente a la misma lo que permite que no se almacene suficiente calor como para trasferirse hacia el interior.
7. En el análisis del **Capítulo III**, se aprecia que los arreglos en forma interlineada son la mejor opción y debido a que presentan mejores condiciones de ventilación; gracias a que la dispersión el viento se distribuye hacia las viviendas siguientes, por tanto, puede mejorar las condiciones de confort en el interior de ellas, lo que puede conllevar a una reducción de consumo de energía eléctrica considerable.

## **RECOMENDACIONES**

1. De lo anterior se concluye finalmente; que es necesario que los Reglamentos de Construcción existentes sean modificados con la finalidad que las futuras construcciones sean confortables para el ser humano. Así mismo que exista un Organismo estatal que regule y verifique que se cumplan con esa condición en cada vivienda. De todo lo anterior con el único objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica en Estados que tienen temperaturas.
2. Como conclusión final de este trabajo de investigación; las viviendas se deben construir con techos a un agua por presentar mayor aprovechamiento del flujo viento exterior y por acercarse más a la posibilidad de reducir ganancias térmicas en la envolvente, dichas viviendas deben estar en arreglos en forma interlineada para un mejor uso y ahorro eficiente de energía eléctrica en las zonas urbanas.
3. Se deben hacer estudios de otros factores como son iluminación natural, colores y texturas.
4. Así como también estudios sobre el comportamiento y uso de la vegetación en el exterior de la vivienda.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- <sup>i</sup> Aguirre Piña, A.L, Chávez Armengol, A. *Arquitectura Bioclimatica; hombre, medio ambiente y edificaciones*. México. 1996.
- <sup>ii</sup> Secretaría de Energía. *Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*.
- <sup>iii</sup> Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico para el Fomento de la Producción y Financiamiento de Vivienda y el Crecimiento del Sector Habitacional. *Calidad tecnológica de la construcción de vivienda*.2002. México
- <sup>iv</sup> Gobierno del Estado. Ley del Instituto de Viviendas. 1984. Q.ROO
- <sup>v</sup> <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/167ssa17.html>
- <sup>vi</sup> Brown, G.Z. *Sol, Luz y Viento. Estrategias para el Diseño Arquitectónico*. Trillas. México. 1994
- <sup>vii</sup> García Chávez, J.R. *Hacia una Arquitectura Ecológica y Sustentable*.UAM. México.2000
- <sup>viii</sup> García Chávez, J.R., Fuentes, V. *Viento y Arquitectura*. Trillas. México. 1995
- <sup>ix</sup> Evans, B.H. *Research Report 5*. Texas Engineering Station, 1957
- <sup>x</sup> Rivero, R. *Arquitectura y Clima; Acondicionamiento térmico natural*. Ed. Fac. Arq. Univ. de Rep. O. del Uruguay.
- <sup>xi</sup> Herrera García, T. Suárez Suárez, E. *Algunas recomendaciones para mitigar desastres sobre las viviendas económicas en Cuba*. En 26 Semanas Nacional de Energía Solar. Pág.75. **Memorias**. 2002
- <sup>xii</sup> <http://arq.ucv/idec/habitabilidad/racionalidad/paginas/manualinplanta>.
- <sup>xiii</sup> Tudela, F. *Ecodiseño*. UAM-Xochimilco, México. 1982
- <sup>xiv</sup> Lacomba, R. *Manual de Arquitectura Solar*. Trillas. México. 1991
- <sup>xv</sup> <http://www.arq.ucv.ve/ideac/habitabilidad/racionalidad/paginas/Manualimplanta.html>.

---

## BIBLIOGRAFIA

1. Aguirre Piña, A.L, Chávez Armengol, A. *Arquitectura Bioclimatica; hombre, medio ambiente y edificaciones*. Ed. UAM. México. 1996.
2. Brown, G. *Sol, luz y viento; Estrategias para el diseño arquitectónico*. Ed. Trillas. México.1994.
3. Buffa, W. *Física*. Ed. Pearson Prentice Hall. México. 2003.
4. Deffis, A. *Arquitectura ecológica tropical*. Ed. Concepto. México. 1989.
5. Evans, B.H. *Research Report 5*. Texas Engineering Station. 1957.
6. Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico para el Fomento de la Producción y Financiamiento de Vivienda y el Crecimiento del Sector Habitacional. *Calidad tecnológica de la construcción de vivienda*. 2002. México.
7. Fox, R. *Mecánica de fluidos*. Ed. Mac Graw Hill. 1995.
8. Fuentes, V., García, R. *Introducción a la arquitectura Bioclimatica*. Ed. Limusa. México. 2001.
9. García Chávez, J.R. *Hacia una Arquitectura Ecológica y Sustentable*. UAM. México. 1995.
10. García. R. Fuentes, V. *Arquitectura y medio ambiente en la ciudad de México*. Ed. Universidad autónoma metropolitana. México DF. 2000.
11. García. R. Fuentes, V. *Viento y Arquitectura*. Ed. Trillas. México DF. 1995.
12. García, R. *Arquitectura, medio ambiente y desarrollo sustentable*. Ed. Universidad autónoma metropolitana. México DF. 1999.
13. García, R. *Diseño bioclimatico para el ahorro de energía y confort ambiental integral*. Ed. Universidad autónoma metropolitana unidad azcapotzalco. México DF. 1996.
14. García, R. *Desarrollo sustentable en el hábitat construido*. Ed. Universidad autónoma metropolitana unidad azcapotzalco. México DF. 1998.
15. Herrera García, t. Suárez Suárez, E. *Algunas recomendaciones para mitigar desastres sobre las viviendas económicas en Cuba*. En 26 Semanas Nacional de Energía Solar. Pág. 75. **Memorias**. 2002

- 
16. Hewitt. *Física*. Ed. Limusa. México. 1999.}
  17. King, D. *Acondicionamiento bioclimático*. Ed. Universidad autónoma metropolitana unidad xochimilco. México DF. 1994.
  18. Lacomba, R. *Manual de Arquitectura Solar*. Trillas. México. 1991
  19. Mataix, Claudio. *Mecánica de fluidos y máquinas eléctricas*. Ed. Harla. México. 1994.
  20. Sears, Zemansky, Young, Freedman. Ed. Pearson/ Addison Wesley. México. 2004.
  21. Secretaría de Energía. Norma Oficial Mexicana. NOM-008-ENER-2001. *Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*
  22. TIPPENS. *Física; conceptos y aplicaciones*. Ed. Mc Graw Hill. México DF. 2001.
  23. Tudela, F. *Ecosideño*. Ed. Universidad autónoma metropolitana de xochimilco. México DF. 1982.
  24. [http:// www. Salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/167ssa17.html](http://www.Salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/167ssa17.html).
  25. [http:// www. Arq.ucv/idec/habitabilidad/racionalidad/paginas/manualinplanta.html](http://www.Arq.ucv/idec/habitabilidad/racionalidad/paginas/manualinplanta.html).
  26. [http:// www. Arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/paginas/manualinplanta.html](http://www.Arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/paginas/manualinplanta.html)