

ESTUDIOS DE SOL Y VIENTO EN LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

de Schiller, Silvia¹, Evans, John M.¹,
Adamo, Guillermo² y Abálsamo, Diego².
Centro de Investigación Hábitat y Energía,
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional de Buenos Aires
CIHE-FADU-UBA, Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria C1428BFA, Buenos Aires
Tel.: (+ 54 11) 4789-6274. E-mail: sdeschiller@gmail.com

RESUMEN: La legislación actual exige la Evaluación de Impacto Ambiental como paso previo a la aprobación de proyectos urbanos de gran escala. En el caso que se presenta, la autoridad municipal solicitó adicionalmente un estudio especial del impacto de sol y viento del proyecto de un complejo urbano, detectando importantes impactos de sombras permanentes y aceleraciones de viento, recomendándose medidas de mitigación. Un segundo estudio evaluó cuatro alternativas para comparar impactos y cuantificar posibles reducciones, incluyendo modificaciones de indicadores urbanísticos, aprobándose la alternativa más favorable al realizar estudios detallados de diversos aspectos del proyecto para cada edificio a fin de verificar resultados y el mejoramiento de las condiciones ambientales del conjunto y cada edificio en particular. El estudio presentado muestra la importancia de la evaluación de impactos provocados por el diseño edilicio y la inclusión de estudios del impacto de sol y viento en la práctica de Evaluación de Impacto Ambiental.

Palabras clave: Evaluación de Impacto Ambiental, simulación, asoleamiento, viento.

INTRODUCCIÓN

Los estudios para la Evaluación de Impacto Ambiental y la preparación de declaraciones de impactos fueron desarrollados inicialmente en los Estados Unidos en el marco del Ley Nacional de Política Ambiental (1969), los que son ampliamente aplicados para proporcionar información sobre posibles impactos y detectar medidas de mitigación antes de aprobar e iniciar grandes proyectos. Ello tiene por objetivo prevenir impactos generados por el proyecto y asegurar información confiable sobre los aspectos ambientales a las autoridades responsables de la aprobación de nuevos emprendimientos y sus posibles consecuencias antes de la toma de decisiones. En la Provincia de Buenos Aires, la Ley 11.723 (1977) 'Ley Integral de Medio Ambiente y los Recursos Naturales', establece el marco general de estos estudios, reglamentada en la Resolución 538 (1977). En la Ciudad de Buenos Aires, la Ley 123 (1999), a nivel municipal, se establece el requisito de estudios particularizados en la Evaluación de Impacto Ambiental para proyectos urbanos que superen cierta superficie. En el caso de la Municipalidad de Vicente López, parte del conurbano bonaerense, el límite establecido corresponde a proyectos con superficie cubierta mayor a 5.000 m² (MVL, 2004). Morris y Therivel (1995) presenta las metodologías utilizadas, mientras los problemas de evaluar el impacto en relación con el clima y el aire fueron discutidos por Elsom, D. (1995). El impacto ambiental de alternativas del tejido urbano y su relación con la sustentabilidad fue analizado por de Schiller (2002).

En este trabajo se presentan los estudios realizados en el marco de la Evaluación de Impacto Ambiental de un proyecto urbano de gran envergadura, el cual consta de tres torres de perímetro libre de 55 m de altura, ubicado sobre la costa del Río de la Plata, en una zona cercana al límite con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se presenta una breve descripción del proyecto y su contexto urbano, una síntesis del informe que amplía el estudio de sol y viento para evaluar el impacto ambiental, desarrollado por expresa solicitud de la municipalidad a los desarrolladores, inversionistas y proyectistas, y los resultados obtenidos de los mismos. El estudio del impacto de proyección de sombras al entorno urbano circundante y del impacto de viento en el conjunto detectó ciertas consecuencias desfavorables, las que fueron observadas por la Dirección de Planeamiento municipal.

La posterior realización de un segundo estudio permitió comparar el proyecto original con diferentes alternativas de diseño e identificar posibles soluciones arquitectónicas que permitan mitigar, reducir o evitar los problemas ambientales detectados. En ese marco, se desarrollaron cuatro alternativas con la misma superficie cubierta y ocupación del suelo, aunque se plantearon diferencias en las alturas máximas. El estudio identificó la alternativa morfológica de menor impacto ambiental, la cual fue aceptada por el desarrollador del emprendimiento y los proyectistas.

En el estudio final, se evaluó en particular el diseño detallado de un edificio en torre para verificar su desempeño ambiental relacionado con las condiciones en espacios exteriores, y se analizaron ajustes de proyecto para mejorar las condiciones generales y en la zona de ingreso en especial. Esta experiencia novedosa incorpora un nuevo aspecto en los estudios de EIA, Evaluación de Impacto Ambiental, mostrando la relación entre el impacto de sol y viento y el diseño morfológico en las propuestas de nuevas obras. Los resultados y recomendaciones fueron aceptados por la empresa responsable del proyecto y aprobado por el Honorable Consejo Deliberante mediante ordenanza municipal.

¹ Directores CIHE, Profesores Titulares FADU-UBA

² Investigadores, CIHE, FADU-UBA

METODOLOGÍA

El primer estudio del impacto de sol y viento fue realizado a solicitud de la Municipalidad de Vicente López, para complementar el informe de la Evaluación de Impacto Ambiental presentada por los interesados. El proyecto de tres torres cumplía con los indicadores urbanísticos establecidos por la Municipalidad, aunque el resultado de su aplicación conformaba un conjunto edilicio denso, sin espacios adecuados entre edificios. En el desarrollo de los estudios de proyección de sombras y viento, se aplicaron las siguientes técnicas de simulación:

- **Simulación física de sol y sombra:** se realizaron ensayos con maqueta real en el heliodón del Laboratorio de Estudios Bioambientales, LEB (Evans, 2003), simulando la incidencia del sol en la latitud de Buenos Aires. Los registros fotográficos indican las sombras en cada hora del día en invierno, equinoccios y verano, Figura 1.
- **Simulación numérica de sol y sombra:** se generó una maqueta virtual para simular la proyección de sombras en imágenes digitales con las mismas horas y épocas del año, Figura 2.
- **Simulación de viento:** se realizaron ensayos de viento en el túnel del LEB, a fin de detectar aceleraciones de viento y zonas de calma, Figura 1.
- **Simulación numérica de viento:** en los estudios de la segunda etapa, se realizaron simulaciones con CFD, usando maquetas numéricas virtuales simplificadas, con el software PHOENICS.

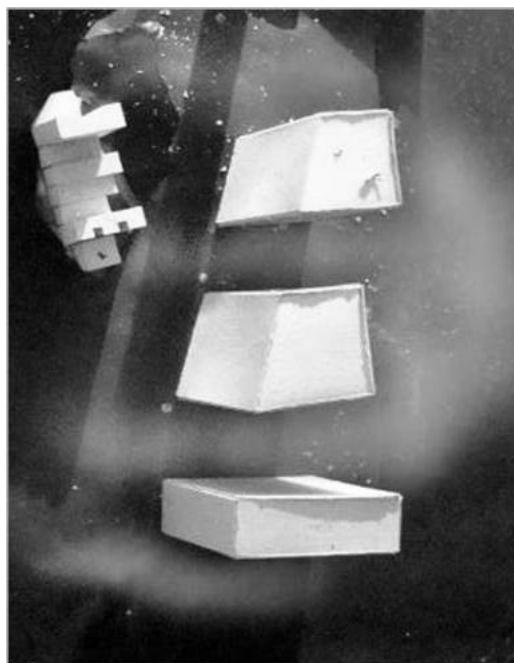
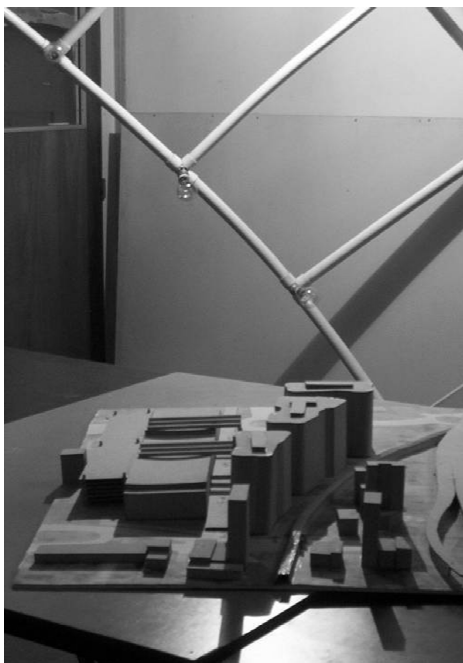


Figura 1. Ensayos en laboratorio con maqueta real en el heliodón, simulador del movimiento aparente del sol, y el túnel de viento de baja velocidad del CIHE.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN

Para evaluar los resultados de los ensayos, se establecieron los siguientes criterios:

- **Sombras:** dado que no hay exigencias obligatorias de la cantidad de horas de sol en invierno, se adoptaron las recomendaciones de la Norma IRAM 11.603, la cual establece un límite mínimo de 2 horas de sol ingresando en las habitaciones principales de vivienda. Se detectó que las sombras proyectadas sobre varios pisos de edificios adyacentes resultaban permanentes en invierno.
- **Viento:** las velocidades de viento registradas en 8 puntos de los espacios exteriores del conjunto se compararon con las velocidades en espacios sin edificios, encontrándose que, en algunos puntos críticos, las aceleraciones eran muy significativas.

La Figura 3 presenta el análisis de los principales problemas detectados, junto con su relación en la conformación del conjunto y limitados espacios entre edificios, los que no solo disminuían la penetración solar entre torres sino que también provocaban aceleraciones indeseables a nivel peatonal.

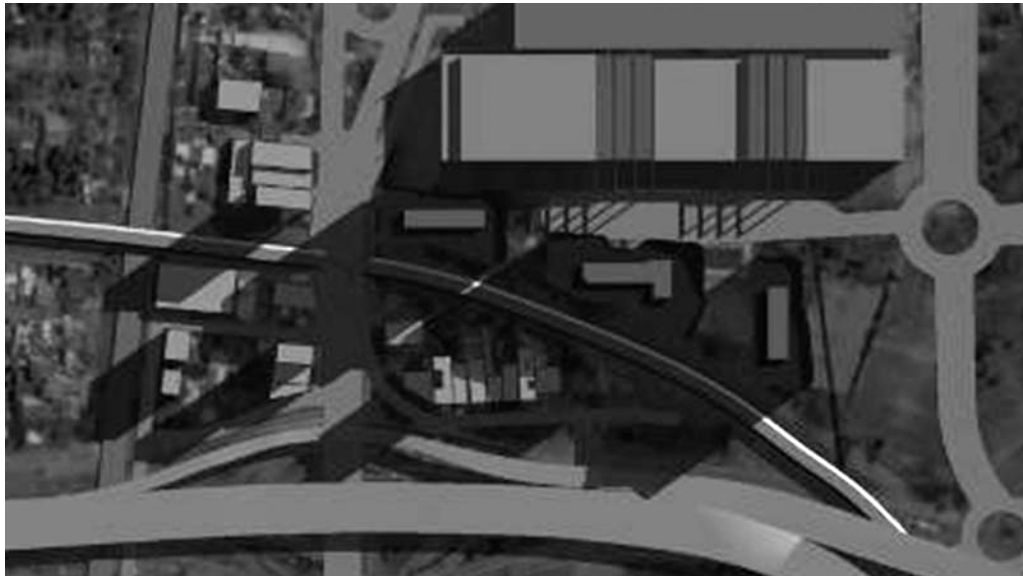


Figura 2. Proyección de sombras en invierno, simulación numérica.

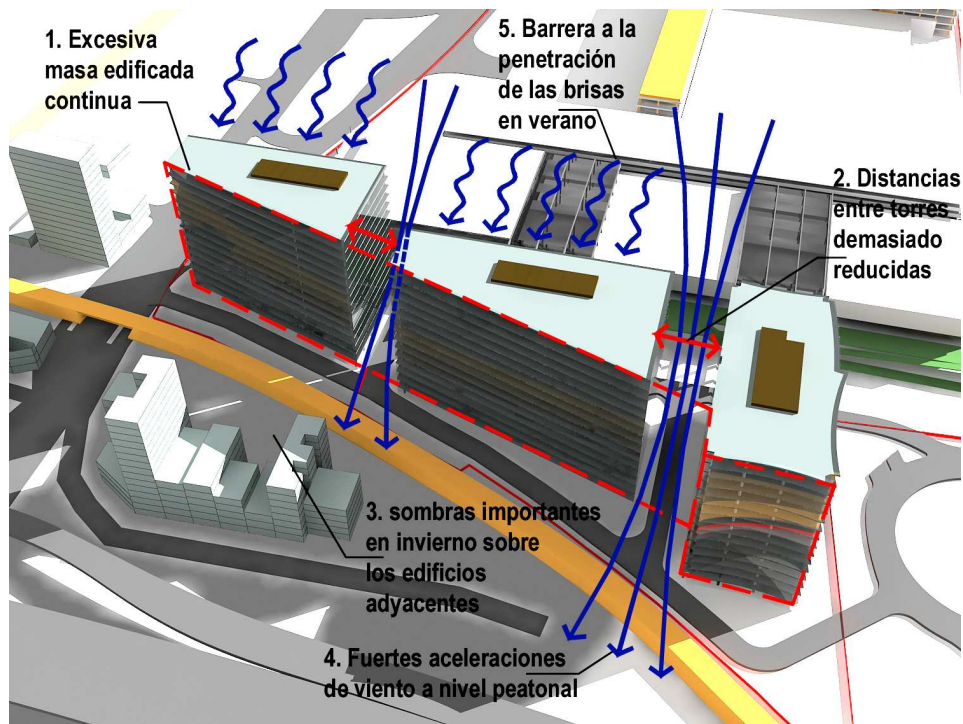


Figura 3. Detección de impactos ambientales en la propuesta inicial y proyección de sombras a las 12:00 horas el solsticio de invierno.

Como resultado del primer estudio de sol y viento, el desarrollador solicitó nuevas propuestas con el fin de superar los problemas detectados, realizándose posteriormente un segundo estudio. Para el mismo, se propuso el desarrollo de estudios morfológicos de asoleamiento, viento y ventilación urbana, realizados sobre distintas variantes volumétricas de torres, formuladas a requerimiento de los desarrolladores para el complejo urbano 'Al Río', Partido de Vicente López, Provincia de Buenos Aires. Dichos estudios tenían como objetivo principal la evaluación de alternativas en función de su respuesta al impacto ambiental, incluyendo recomendaciones y utilizando la misma densidad de ocupación e indicadores urbanísticos en todos los casos.

En la primera sección del estudio se analizaron diferentes alternativas morfológicas desarrolladas al detectar una serie de impactos ambientales observados en la primera propuesta, Alternativa 1. En particular, se evaluó que la reducida distancia entre torres y la disposición de excesiva masa edificada continua impactarían negativamente en el comportamiento del viento y el asoleamiento en el entorno inmediato. En función de estas consideraciones, y con el fin de atender estas problemáticas, se desarrollaron tres alternativas morfológicas, Alternativas 2-4, Figuras 3 y 4.

La segunda sección presenta el potencial impacto del conjunto de torres en el asoleamiento de edificaciones vecinas al sur del complejo. Se examinaron las horas de asoleamiento que estos edificios tendrían luego de la realización de cada una de las

alternativas y se evaluaron en función de las normativas de asoleamiento vigentes a nivel nacional, provincial y municipal. A partir de los estudios realizados, se estableció un ranking en el desempeño de las cuatro opciones, encontrándose que la Alternativa 4, torres sobre basamentos, ofrece los mejores resultados de desempeño.

En la tercera sección se evaluaron las condiciones de viento del entorno en su situación actual, con las modificaciones de la normativa urbana dispuesta para el frente sobre la Av. del Libertador; así como las Alternativas 1-4 en función de su respuesta a las aceleraciones de viento a nivel peatonal y la capacidad de permeabilidad del conjunto a las brisas estivales. Nuevamente, la Alternativa 4 ofreció los mejores resultados para moderar aceleraciones de viento a nivel peatonal. Por otro lado, los análisis realizados permiten observar que las cuatro alternativas propuestas y evaluadas no conforman una barrera significativa para la penetración de brisas estivales en la zona urbana hacia el Oeste del proyecto.

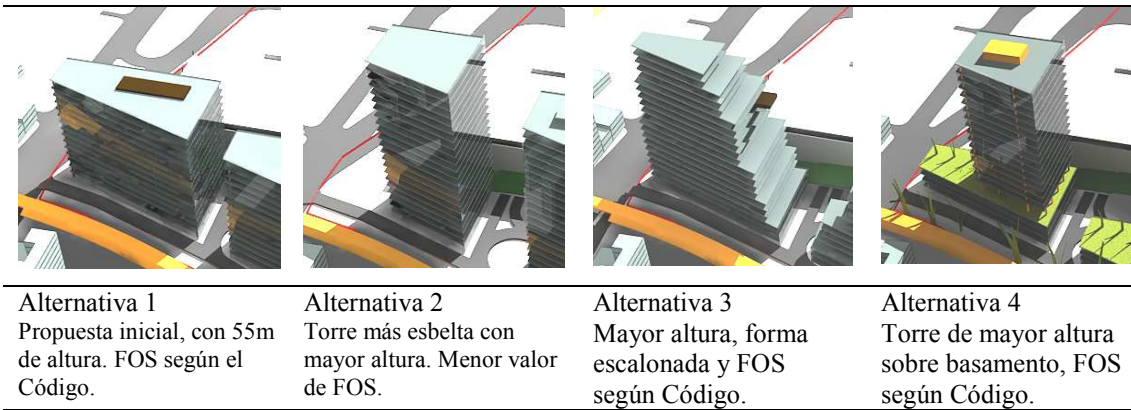


Figura 4. Las cuatro alternativas morfológicas propuestas y analizadas en el segundo estudio.

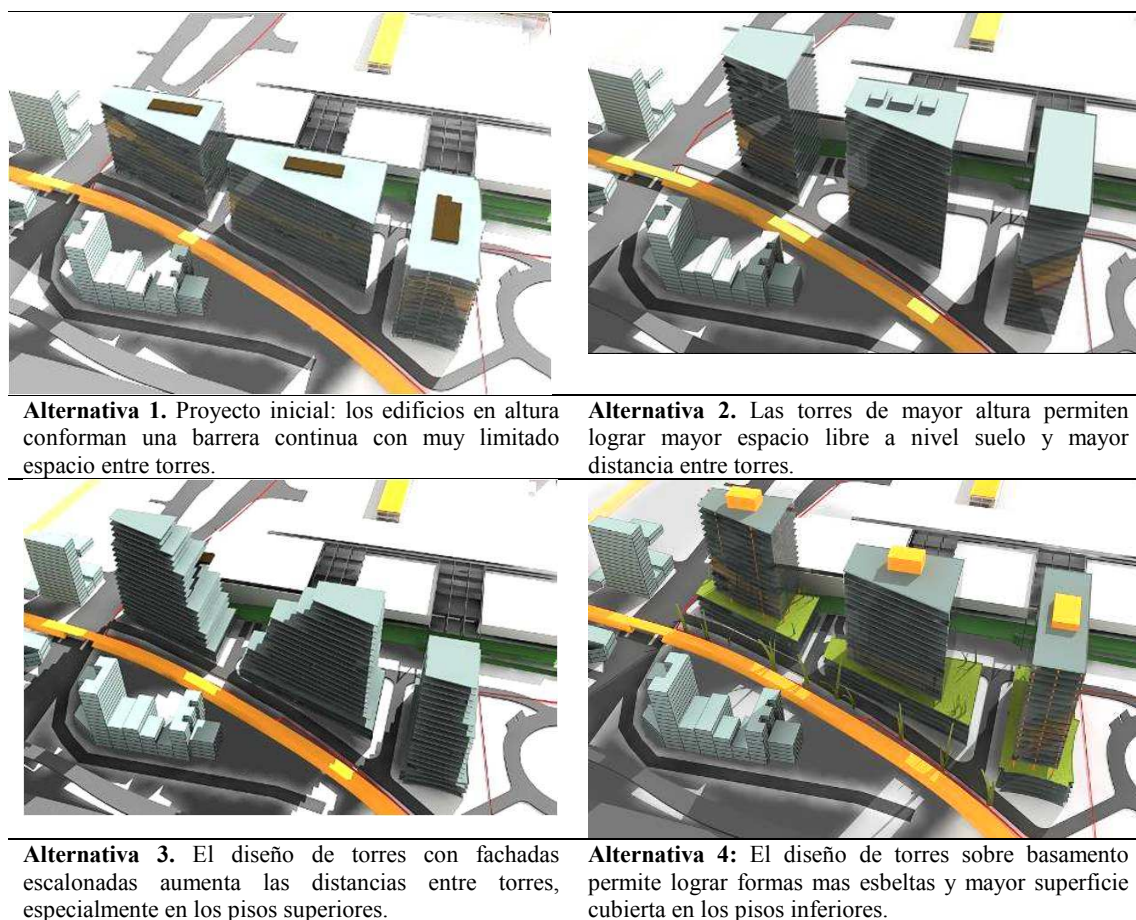


Figura 5. Características de las alternativas.

Las Alternativas 2, 3 y 4 superan la altura máxima fijada inicialmente por el municipio, aunque es inferior al límite máximo establecido para seguridad de aero-navegación de los vuelos que aterrizan en Aeroparque, a una distancia de 4,5 km de la cabecera de pista. Se evaluó el impacto del edificio con 55m de altura, según se estableciera inicialmente como altura máxima permitida, y con 85 m de altura máxima incluyendo tanques, antena y elementos sobre el techo.

En la Figura 6 se presentan las conclusiones de los estudios con una valorización cualitativa de las cuatro alternativas, evaluándose para cada una de ellas las siguientes variables ambientales y sus respectivos impactos:

- Impacto de las sombras proyectadas sobre edificios adyacentes al proyecto y en los espacios públicos lindantes.
- Disminución de brisas estivales provenientes del Río de la Plata debido al efecto ‘pantalla’ producido por los edificios del conjunto que actuaban como barrera a la ventilación urbana.
- Aceleraciones indeseables de viento en los espacios peatonales, especialmente en las calles entre edificios.
- Superficie de fachadas expuestas al sol desfavorable proveniente del Oeste en verano con importante intensidad de la radiación solar.
- Acceso a iluminación natural en el interior de los edificios, especialmente en fachadas enfrentadas entre torres.
- Impacto visual del conjunto, especialmente el perfil urbano visto desde las vías principales de circulación vehicular.
- Superficie de los pisos con favorables vistas al exterior.
- Impacto visual en espacios peatonales, especialmente en el sector de ingreso al conjunto y el centro comercial adyacente.
- Facilidad de implementación, considerando los indicadores urbanísticos aprobados por la Municipalidad y la facilidad de construcción.

Para cada variable se realizó un ordenamiento de valores, desde la variable más favorable a la menos favorable, según se indica en la Figura 6, caracterizadas por puntos: un punto indica la alternativa menos favorable y cuatro puntos la más favorable. Este sistema cualitativo de ‘ranking’ facilita la rápida visualización y comprensión de la evaluación comparativa y evita los problemas que se presentan al comparar indicadores cuantitativos de aspectos muy disímiles entre sí.

Como indica la Figura 6, la Alternativa 1 presenta mayor proporción de desventajas, obteniendo la evaluación más desfavorable en todos los aspectos, excepto la implementación. En este caso, la facilidad de implementación responde al cumplimiento de los indicadores urbanísticos existentes y a la relativa rapidez de construcción. Por el contrario, la Alternativa 4 presenta la evaluación más favorable, obteniendo el mejor comportamiento ambiental en seis de los nueve puntos analizados y el segundo más favorable en dos aspectos adicionales.

Cabe aclarar que todas las alternativas tienen la misma superficie cubierta y cumplen con el mismo indicador de FOT y FOS máximos, a fin de considerar igual superficie bruta a comercializar en todas las alternativas estudiadas. Las variaciones obtenidas en las evaluaciones son resultado de las variantes morfológicas de diseño edilicio. La superficie neta útil puede variar levemente en las distintas alternativas debido a la diferente proporción de ocupación de los núcleos de circulación vertical en pisos de distinta superficie.

Los resultados de la evaluación fueron presentados a los desarrolladores y posteriormente a la Municipalidad. Las modificaciones propuestas fueron aceptadas unánimemente por todos los miembros del Honorable Concejo Deliberante, y aprobadas mediante la Ordenanza 28.791 (MVL, 2010).

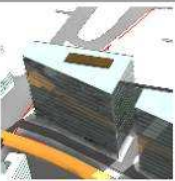
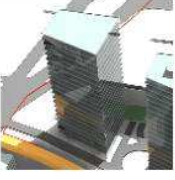
		Sombras sobre vecinos en invierno	Penetración de brisas en verano	Aceleración de viento a nivel peatonal	Exposición solar de la cara oeste en verano	Iluminación en espacios interiores en las torres	Impacto visual en el perfil urbano	porcentaje de la planta con iluminación natural y vistas	Impacto visual a nivel peatonal	Facilidad de implementación
Alternativa 1		●	●	●	●	●	●	●	●	●●●●
Alternativa 2		●●●	●●●	●●	●●●●	●●●	●●●	●●●●	●●	●●●

Figura 6a. Evaluación de Alternativas 1 y 2.

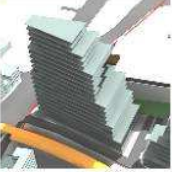

		Sombras sobre vecinos en invierno	Penetración de brisas en verano	Aceleración de viento a nivel peatonal	Exposición solar de la cara oeste en verano	Iluminación en espacios interiores en las torres	Impacto visual en el perfil urbano	porcentaje de la planta con iluminación natural y vistas	Impacto visual a nivel peatonal	Facilidad de implementación
Alternativa 3		● ●	● ●	● ● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ● ●	●
Alternativa 4		● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ●	● ● ● ●	● ●

Figura 6b. Evaluación de Alternativas 3 y 4.

ESTUDIOS DE SOL Y VIENTO SOBRE UN EDIFICIO PARTICULAR DEL CONJUNTO

En la última etapa de los estudios se realizaron ensayos y simulaciones del proyecto de la Torre 1, el primer edificio a desarrollar en el conjunto, en cumplimiento de las recomendaciones formuladas.

La Figura 7 indica las características físicas morfológicas y de emplazamiento del edificio, la cual muestra que la torre se ubica en forma asimétrica sobre el basamento, logrando mayor distancia entre torres a fin de favorecer la penetración de sol e iluminación natural, moderando las aceleraciones de viento en los espacios entre torres. A pesar de estas medidas, se detectó que la ubicación de la torre, sobre uno de los bordes del basamento, puede producir vientos descendentes que afectan zonas específicas en planta baja, especialmente el acceso principal al edificio.

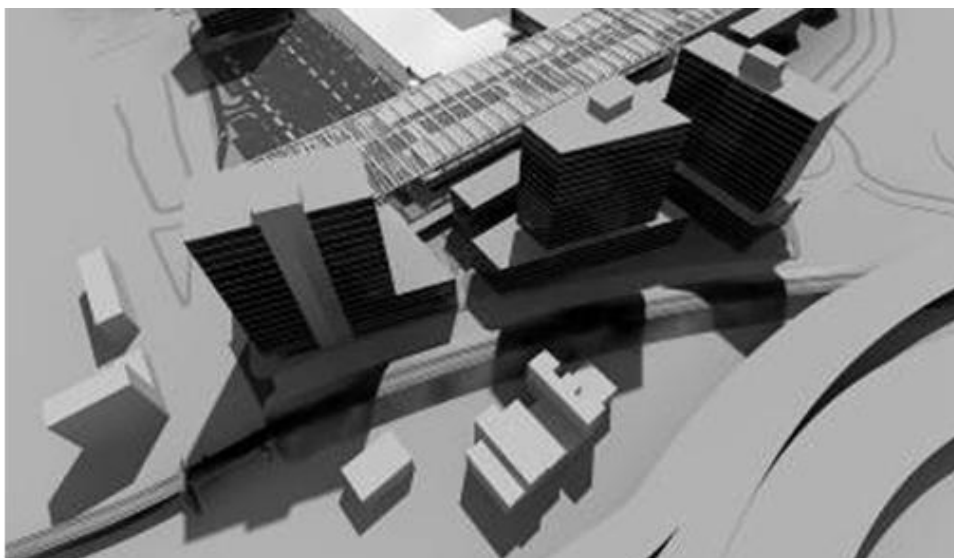


Figura 7. Diseño de la Torre 1 y su entorno.

Se estudió el impacto de sol y viento, con énfasis en los espacios de acceso al conjunto y los edificios en terrenos linderos. En esta etapa, se estudió el impacto de viento con simulaciones mediante CFD, Fluido Dinámica Computada, verificado en forma complementaria con ensayos en el túnel de viento.

Los resultados indicaron situaciones favorables en general, con limitadas zonas de aceleración. La Figura 8 presenta los resultados con viento Oeste en planta a nivel peatonal y en vista isométrica. Para reducir las aceleraciones, se analizaron las siguientes alternativas de diseño con el propósito de minimizar el efecto de vientos descendentes en mayor detalle, tales como:

- diseño de una marquesina sobre la entrada principal
- aleros horizontales en cada piso

La solución de desarrollar el diseño de la marquesina logró reducir la velocidad de viento en la zona sensible cercana a la entrada al edificio y al centro comercial vecino.



Figura 7 a. Velocidades a nivel peatonal con viento del Oeste. Los tonos más claros indican las mayores velocidades.

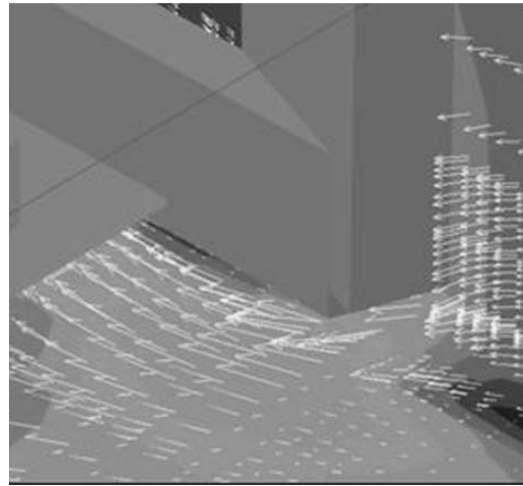


Figura 7 b. Vista de la aceleración de viento en la esquina de la Torre 1, a nivel peatonal, con viento proveniente del SO.

CONCLUSIONES

Aplicación de estudios de sol y viento en la EIA: El proceso de la EIA fue un factor determinante y eficaz al detectar impactos ambientales indeseables, evaluar alternativas de proyecto y encontrar una solución que resuelva los aspectos económicos, arquitectónicos y legales. Cabe enfatizar la importancia de la autoridad de aplicación en la detección de posibles problemas de impactos ambientales y la efectiva actitud de alerta al solicitar estudios adicionales complementarios al procedimiento convencional.

Evaluación de alternativas: Los estudios demuestran la importancia de estudiar alternativas edilicias morfológicas y de emplazamiento en las etapas iniciales del proyecto, cuando es posible analizar el desempeño ambiental de los proyectos e incorporar modificaciones que permitan mitigar o evitar impactos indeseables.

Simulación numérica y física: Los resultados de las simulaciones con CFD no son directamente comparables con los ensayos debido a la mayor turbulencia observada en los ensayos en el túnel de viento. Había, sin embargo, buena coincidencia entre la identificación de puntos críticos en ambos métodos. Los estudios con CFD indican las tendencias medias, mientras los ensayos en el túnel demuestran la variación de velocidades y direcciones.

Impacto de la morfología edilicia: En la evaluación del impacto de sol y viento, el estudio de alternativas de la forma edilicia resultó de vital importancia por su aporte a la toma de decisiones de proyecto. Normalmente, en los estudios que se realizan para formular la EIA, Evaluación de Impacto Ambiental, este aspecto del proyecto solo se evalúa en relación con el impacto visual. Cabe aclarar, sin embargo que, si bien la intensidad de los impactos de sol y viento es menor a la de los impactos de la construcción, su duración corresponde a la vida útil del edificio a largo plazo. En este caso, resulta particularmente importante controlar el impacto de viento en la entrada del conjunto para proporcionar condiciones aptas a los usuarios y contribuir al éxito comercial del conjunto.

Etapas de evaluación: Sería deseable y recomendable realizar este tipo de estudios en las etapas iniciales de proyecto, a fin de orientar el desarrollo de las propuestas. Es relevante considerar que, no solo es mínimo el costo de los estudios en relación a los beneficios potenciales, predicciones y certezas sobre el desempeño ambiental del proyecto, sino que los costos de modificaciones futuras que puedan surgir al detectar un mal desempeño, son mucho más significativos.

Contribución de los centros de investigación, laboratorios e instrumental de ensayos: Los centros universitarios de investigación cuentan con equipamiento, antecedentes y capacidad para realizar estudios especializados como los presentados en este trabajo. Los centros también cuentan con la ventaja de dos factores críticos para la evaluación y calificación de edificios: independencia de intereses económicos y políticos y confiabilidad del respaldo técnico.

Implementación de asesoramiento ambiental: La posición de los centros de investigación y desarrollo en ámbitos académicos puede, asimismo, contribuir eficazmente a difundir los resultados en docencia e investigación, así como en la transferencia a la actividad profesional y empresaria, además de dar soporte a las instituciones responsables de la producción de edificios. Simultáneamente, la difusión de trabajos de asesoramiento puede contribuir a mejorar el diseño y reducir los impactos ambientales perjudiciales. Este trabajo pretende contribuir a este objetivo en el marco de la sustentabilidad en la generación y desarrollo del hábitat construido.

RECONOCIMIENTOS

Las metodologías desarrolladas en el presente trabajo se inscriben en el marco del Proyecto de Investigación UBACyT A013 'Calificación y acreditación de sustentabilidad en arquitectura y urbanismo', Programación Científica 2008-2011, de la Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad de Buenos Aires. Se valora especialmente la preocupación de la Dirección de Planeamiento Urbano, de la Municipalidad de Vte. López, a cargo del Arq. Carlos Guntín y del Arq. Alejandro Ceppi.

REFERENCIAS

- Ciudad de Buenos Aires, (1999), *Evaluación de Impacto Ambiental*, Ley 123, Boletín Oficial de la Ciudad de Buenos Aires N° 622, Buenos Aires.
- de Schiller, Silvia (2002), *Transformación urbana y sustentabilidad*, en Urbana, Instituto de Urbanismo, Universidad del Zulia, Maracaibo-Caracas.
- Elsom, D. (1995), *Air and Climate*, Chapter 8, en Morris, P. y Therivel, R., Eds. (1995), *Methods of environmental impact assessment*, The natural and built environment series 2, UCL Press, London.
- Evans, Julian (2003), *Laboratory simulation techniques in the design process to promote sustainability in architecture*, Proceedings, PLEA 2004, Technical University of Eindhoven, Eindhoven.
- Evans, Julian (2010), *Sustentabilidad en Arquitectura*, CPAU, Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo, Buenos Aires.
- Morris, P. y Therivel, R., Eds, (1995). *Methods of environmental impact assessment*, The natural and built environment series 2, UCL Press, London.
- Munn, R. E. (1979), *Environmental impact assessment: principles and procedures*, John Wiley, New York.
- MVL (2004), Código de Ordenamiento Urbano, Municipalidad de Vicente López, Buenos Aires.
- MVL (2010) Ordenanza Municipal N° 28.791, Municipalidad de Vicente López, Buenos Aires.

ABSTRACT

Current legislation requires Environmental Impact Assessments before approving large scale projects, including urban developments. In the case study presented, the municipal authority requested a special study of the impacts of sun and wind produced by a large scale building project where this study has detected important impacts of permanent winter shadows and wind acceleration. Consequently, recommendations for mitigation measures were undertaken and included in this paper. The second study was carried out in order to evaluate alternatives, four in all, to compare the impacts and quantify possible reductions, made possible by the modification of urban density indicators. With the presentation of the impact report, the most favorable alternative was approved and subsequently detailed studies were undertaken on individual buildings to verify the results. The importance of the study presented is the evaluation of impacts produced by the design of the buildings and the inclusion of the effects of sun and wind in the process of the Environmental Impact Assessment.

Key words: Environmental Impact Assessment, simulation, wind, sun,.