



XIENCAC
ENCANTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCANTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

EVALUACIÓN DEL ACCESO A LA ILUMINACIÓN NATURAL EN EDIFICIOS DE ALTA DENSIDAD EDILICIA SEGÚN LOS INDICADORES URBANOS DEL CÓDIGO URBANO Y EDIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE MENDOZA.

L. Córlica¹, A. Pattini²

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV -INCIHUSA) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Centro Científico y Tecnológico CONICET Mendoza
Tel. 0261-4288797 – Fax 0261-4287370. Correo electrónico: lcorica@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN:

El trabajo presenta resultados parciales de un estudio de evaluación de la iluminación natural sobre la última reforma realizada en el Código de Urbano y de Edificación de la ciudad de Mendoza. El mismo tiene como objetivo determinar el aprovechamiento de la luz solar en relación al aporte de las componentes difusa y reflejada, en entornos urbanos de alta densidad según la nueva norma.

Se propone una metodología que permite caracterizar la respuesta de un entorno urbano construido a la luz natural, combinando la digitalización de planos catastrales y simulaciones en Desktop Radiance

Los resultados indican algunos beneficios derivados de una mayor densidad edilicia, pero al mismo tiempo, una importante reducción de la iluminación natural disponible en la región.

Palabras claves: Iluminación Natural, Código Urbano de Edificación, Entornos Urbanos de Alta Densidad.

ABSTRACT:

The paper presents partial results of a study that points-out the daylight impacts of the last reforms to the Municipal Building Code of Mendoza. It allows to determine the use of sunlight on the contribution of diffuse and reflected components, in high density urban environments. It is proposes a methodology that allows to characterize the response of an urban environment constructed, combining digitalization of cadaster planes and simulations in Radiance.

The results indicate some benefits derived from the increase of building density but, at the same time, a significant reduction of the amount of daylighting available in the region.

Keywords: Daylight, Municipal Building Code of Mendoza, High Density Urban Environments.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en los países desarrollados existen normativas edilicias y urbanas que exigen o estimulan la puesta en obra de estrategias de conservación y utilización energética de los recursos renovables. En los países emergentes, el atraso normativo es notorio, a pesar de que se cuente con tecnologías aptas para ser efectivamente implementadas (de Rosa, et. al, 2003).

El uso de la luz natural, es particularmente importante para la planificación de construcciones al representar una fuente de energía gratuita proveniente del sol y algunos países ya disponen de normativas para asegurar el alcance de ciertos valores mínimos de acceso a la luz solar. (HKSAR Government. Building

¹ Investigadora Asistente CONICET

² Investigadora Independiente CONICET

(Planning) Regulations, 1995) Estas regulaciones utilizan criterios especificados en términos de: cantidades mínima de duración de luz solar, ángulos máximos de obstrucción o mínimo factor de luz natural.

En el caso de la ciudad de Mendoza, ubicada en el centro oeste de la República Argentina, el Código Urbano y de Edificación de la ciudad (CUE), presentaba deficiencias y atrasos en sus requerimientos urbano-ambientales ya que su última revisión correspondía al año 2000. Debido a los procesos de reactivación, que se manifiestan no sólo en los indicadores económicos, sino también en aspectos directamente vinculados al crecimiento inmobiliario y de la construcción, el municipio decidió realizar una modificatoria cuyo objetivo principal fue el tratamiento de la Zonificación de la trama edilicia por indicadores urbanos, formulando cinco estrategias como base de un plan de ordenamiento: *densificación de áreas subutilizadas, recuperación de sectores deprimidos, desarrollo de nuevas centralidades, conservación de áreas residenciales y preservación de la calidad de patrimonio ambiental de la ciudad* (Bragagnini, 2009). Para ello se propuso la revisión de valores de retiros frontales, laterales y posteriores, número de pisos máximos y mínimos bajo los Factores de ocupación de suelo (FOS) y de ocupación total (FOT) para los diferentes sectores de Zonificación del área urbana del Municipio (Dirección de Planificación Urbanística de la ciudad de Mendoza: “Ordenanza de Zonificación por indicadores Urbanos”, 2009).

Ante esta nueva normativa modificatoria del CUE, recientemente sancionada según la Ordenanza N° 3788/2010, es necesario realizar un estudio que permita evaluar de qué manera van a influir los nuevos indicadores urbanos establecidos en la disponibilidad de la iluminación natural de los espacios exteriores y por ende en los interiores.

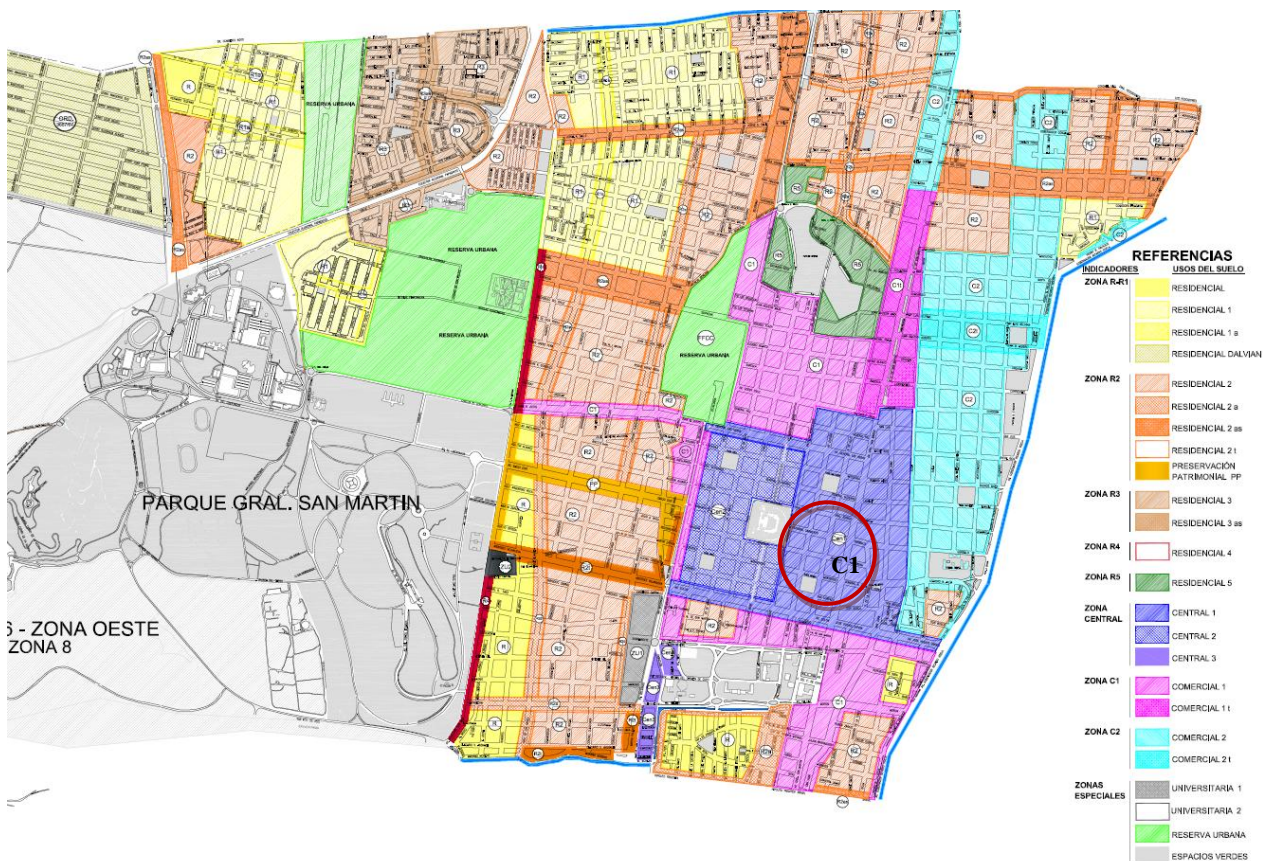


Fig. 1: Indicadores Urbanos – Ordenanza N° 3788/2010

Tabla 1: Indicadores Urbanos definidos de las reformas propuestas al CUE para Central 1

Sup. Parcela (m ²)	FOS mín.	FOS máx.	FOT mín.	FOT máx.	Retiros laterales	Retiros posteriores	Sep. entre torres	Observaciones
+120m ²	0,4	0,7	2,8	7,20	1/7 h	2x1/7 h	2x1/7 h	Torre c/basamento y locales a la vía pública
501 a 1250m ²	0,5	0,8	2,4	6	1/7 h	2x1/7 h	2x1/7 h	
Hasta 500	0,6	1	2	3,6	1/7 h	2x1/7 h	2x1/7 h	

En esta primera etapa del análisis formulado se exponen los resultados obtenidos en una de las zonificaciones más críticas, la zona Central 1, dado que plantea la máxima densificación edilicia (Figura 1).

Este sector urbano determina manzanas de edificios en altura para uso comercial mixto. Desde el punto de vista de la morfología urbana, la alternativa que se analiza corresponde a la condición más comprometida, contemplando las variables urbanas que afectan la incidencia del recurso: mayores valores de Factor de Ocupación Total y Factor de Ocupación del Suelo, requerimiento de basamentos y retiros frontales, laterales y de fondo variables en función de la altura correspondientes a la Zona Central (ZC) (Tabla 1).

La importancia del sector de estudio radica en que para entornos urbanos de alta densidad, el balance de iluminación natural que recibe una fachada orientada al sur en el hemisferio sur (aporte de las componentes directa, difusa y reflejada) es diferente que si la misma estuviera iluminada sólo por la componente difusa (sin obstrucciones próximas o en condiciones de cielo nublado). En un día claro, el impacto de la luz reflejada por un plano vertical u horizontal soleado puede aumentar considerablemente la iluminancia global que llega a una fachada próxima. El plano vertical y el horizontal deben ser considerados como potenciales fuentes de iluminación de los edificios. Particularmente en climas con cielo claro (Robbins, C.L. 1986).

Las respuestas lumínicas que un escenario urbano puede generar en regiones donde predominan los cielos claros, están fuertemente influenciadas por las orientaciones de las superficies exteriores soleadas y sus reflectancias superficiales, (P. Tregenza, 1995; muro fachada vertical soleado color claro 9000-14000 cd/m²; albedo asfalto gris soleado 6000-7000 cd/m²) más que por la luminancia del cielo sin nubes como fuente de iluminación natural (2050-5000cd/m²).

2. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es, a partir del uso de un programa computacional, generar simulaciones que permitan representar el comportamiento lumínico con un grado de aproximación importante sobre la evolución que va a experimentar la morfología urbana de la Ciudad de Mendoza, según la aplicación de una nueva normativa y en consecuencia apreciar las condiciones de luz natural de los entornos urbanos.

3. METODOLOGÍA:

3.1. Caso de análisis

Para realizar el trabajo se tomó como caso de estudio un edificio inserto en una manzana densificada según los indicadores que propone el CUE. Dado que en la trama urbana correspondiente a la zonificación C1, no existen manzanas íntegramente densificadas o construidas bajo el código de una misma época, la alternativa que se analiza tiene en cuenta la condición futura de una manzana real de la cuadrícula, con un número importante de edificios en altura. Los vacíos urbanos (estacionamientos, lotes baldíos) y edificaciones antiguas de baja altura, de tipología no compatible con la alta densidad y de construcción no durable, se suponen como demolidos y los mismos fueron densificados según los máximos valores que permite la normativa (Tabla 1).

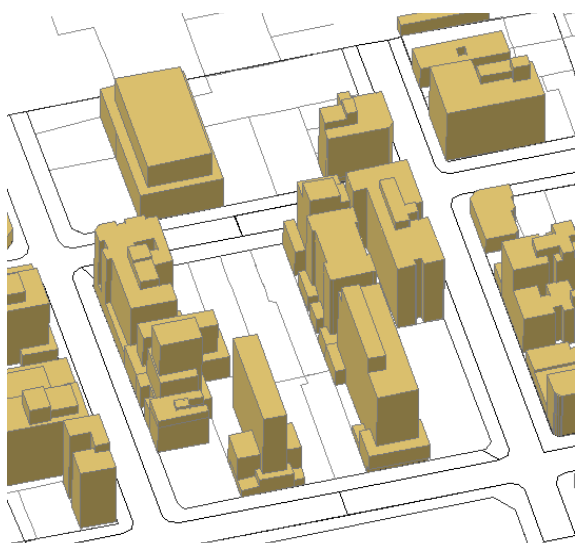


Fig. 2: Vista aérea de la manzana con edificios reales

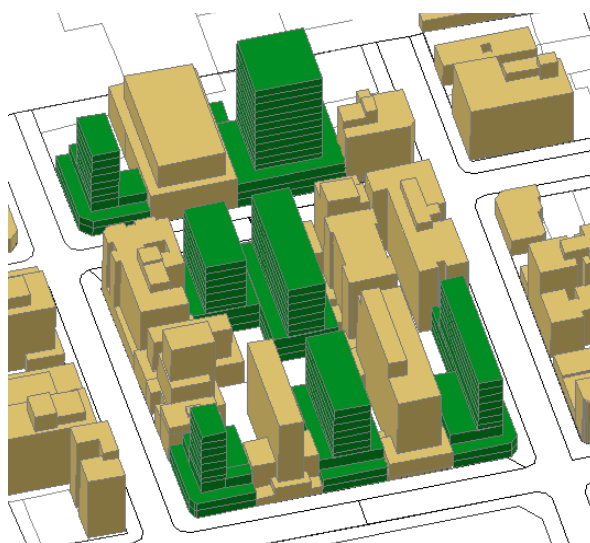


Fig. 3: Vista aérea de la manzana densificada.

Es así como en la figura 2 se presenta la manzana sólo con los edificios existentes y en la figura 3 aparecen los lotes baldíos densificados según los indicadores máximos permitidos. Estas dimensiones establecen la separación entre edificios, con 3 niveles de basamento (altura de 10m) y una de torre que alcanza los 20m, proponiendo manzanas con edificios de 10 piso en su mayoría y hasta de 15m según la superficie de los lotes.

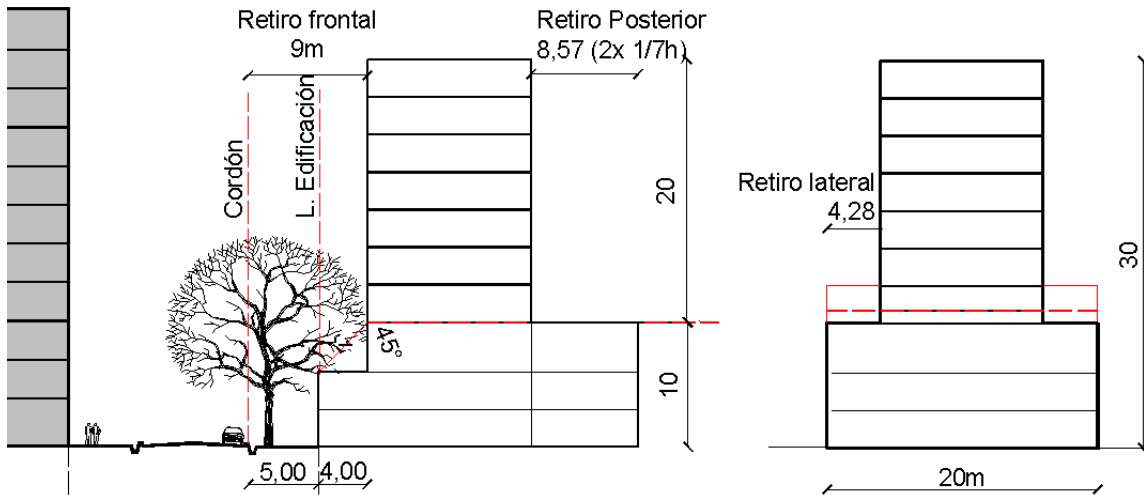


Fig. 4: Retiros frontal y posterior (imagen izquierda) y retiros laterales para lotes de hasta 20m(imagen derecha)

Dentro de esta manzana densificada, se selecciona un edificio como caso de estudio, denominado T1 sobre el que se realizarán simulaciones que permitan evaluar cómo es la incidencia de luz natural en cada una de las fachadas del mismo. El análisis prioriza y se limita, al acceso del potencial de luz natural global según la exposición de las diferentes superficies verticales (Fig. 5).



Fig. 5: Planta y Vista aérea de la manzana simulada en Desktop Radiance

3.2. Herramienta de simulación: Desktop Radiance

Las condiciones luminosas del recinto urbano seleccionado fueron simuladas con Desktop Radiance 2.0 BETA. Este programa fue desarrollado por el Departamento de Tecnologías de Edificios del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, California, Estados Unidos, dentro del marco del proyecto Iniciativas en Alumbrado Natural para la Transformación del Mercado, auspiciado por el Instituto Californiano de Eficiencia Energética (CIEE) y financiado por la firma Pacific Gas & Electric Company (PG&E). Los valores de reflectancia que se agregaron a las superficies fueron asumidas con un alto grado de reflectancia para las volumetrías nuevas, tomando un color blanco de valor de 62%.

Los datos geográficos ingresados fueron 32°45'S y 68.49°Oeste, que corresponden a la latitud y longitud de Mendoza, Capital y las simulaciones se realizaron para la condición de mañana (10hs), mediodía

(12hs) y tarde (16hs) en la estación de Invierno y de Verano, con referencia a los solsticios del 21 de Diciembre y 21 de Junio.

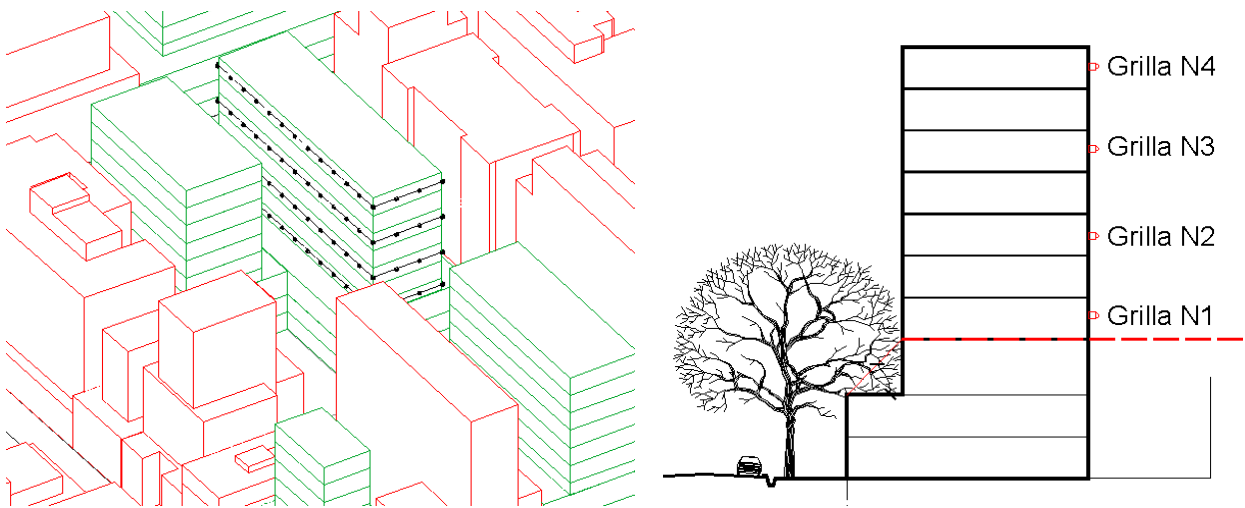


Figura 6: Definición de volumetría y Grillas de simulación para Torre Superior

Para tener una extensa base de datos, se determinaron cuatro grillas de simulación en cada una de las fachadas de la torre del edificio sin tener en cuenta los niveles inferiores del basamento. Las mismas fueron dispuestas sobre diferentes alturas de la torre (cada 2 pisos) y a un nivel de las ventanas, como lo indica la figura 6.

3.3. Recomendaciones para la evaluación

En los últimos años se han elaborado guías para el estudio de la luz en el medio urbano, con índices y recomendaciones que permiten incorporar e incluir tecnologías adecuadas como sistemas de transporte de luz a los espacios interiores. Uno de los principales referentes a nivel mundial corresponde a los trabajos desarrollados por Compagnon que muestran un verdadero aporte en cuanto a métodos avanzados para el estudio de penetración solar en texturas urbanas diferentes. Del mismo se adopta la iluminancia umbral (E_{umbral}) en superficies verticales. Donde:

Para definir un E_{umbral} sin necesidad especificar detalles constructivos (por ej. Proporción de las aberturas, transmitancia lumínica de los vidriados, tamaños de los espacios, reflectancias de las superficies interiores, las propiedades fotométricas de sistemas de iluminación natural, etc.), propone una relación simple que es asumida entre la iluminancia media del plano de trabajo E_w y la iluminancia media de la superficie vertical exterior sobres de edificios E_o :

$$E_w (lx) = CU E_o$$

Donde CU es el coeficiente de utilización que representa los efectos de todos los parámetros de construcción mencionados anteriormente. Tales clases de coeficientes han sido calculadas para varios sistemas de luz natural (Tregenza, 1995). Para aberturas verticales, el orden de magnitud de estos coeficientes por lo general está alrededor de $CU = 0.05$. Si la iluminancia media del plano de trabajo es fijado en $E_w = 500 \text{ lx}$ (para la realización de las tareas de manera eficiente), el valor de umbral de iluminancia vertical de fachadas exteriores puede ser estimada como:

$$E_{umbral} (lx) = \frac{E_w}{CU} = 10\,000$$

Dada la cantidad de bibliografía que toman este valor como referente, se toma como patrón de referencia para Iluminancias Verticales $E_{umbral} = 10000 \text{ lx}$ (Compagnon, 2004).

4. RESULTADOS

En la tabla 2 se presentan las iluminancias promediados para cada grilla por nivel para la fachada con exposición al Norte. Los valores obtenidos muestran para la condición de verano niveles muy altos ya que están expuestos a la incidencia de luz solar directa, los que superan en un 200% a lo establecido por la

recomendación para la mañana y la tarde. Si se observa el promedio de cada una de los pisos, puede notarse que a manera que aumenta la altura de las grillas en los diferentes pisos del edificio, disminuyen los niveles de iluminancias. Este efecto se debe al aporte de la componente reflejada por las superficies horizontales (techo del basamento) y de las elevadas reflectancias de las superficies verticales, con un valor de 23657lx en el N1 hasta 17966lx en el N4. Para la tarde, los rangos representan iluminancias muy bajas determinadas por la relación implícita entre la superficie de orientación de la volumetría y la ubicación de coordenadas solares, estableciendo que toda la fachada reciba el aporte de la componente difusa con valores por debajo de los 10000lx.

Tabla 2: Valores de Iluminancias promedios para exposición Norte

	VERANO				INVIERNO				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	
Mañana	23657	20049	18627	17966	1736	1935	2261	2609	
Mediodía	23441	19131	17508	17338	59995	57420	57000	57104	
Tarde	7913	7788	7185	7175	25870	2039 (difusa)	25167	25376	25459

En la estación de invierno, a las 10hs, la altura de las torres de los edificios, bloquea la incidencia de luz directa proveniente de la baja altitud del ángulo solar dado en la estación, por lo que los rangos aparecen insuficientes con un 17% en relación al patrón. Para el mediodía, la trayectoria de la dinámica diaria de la luz natural define que, los registros que se encuentren bajo la incidencia de la componente directa reciben una iluminancia que supera a los 50000lx. Por último para las 16hs, en la figura se observa la proyección de sombras sobre parte de la grilla del N1.



Por lo que ciertos puntos simulados se encuentran asoleados con promedios de 25780lx, mientras que las superficies en sombra y en condición de luz difusa van a recibir sólo 2039lx. El resto de las grillas se encuentran bajo la incidencia de luz directa, con niveles que superan ampliamente el patrón de los 10000lx hasta en un 250%. Para la fachada con orientación al Sur, los promedios obtenidos en las simulaciones demuestran que esta superficie vertical representa la condición más desfavorable (Tabla 2) para las dos estaciones. En términos generales, los valores simulados arrojan promedios muy por debajo del patrón de referencia a partir de la condición de exposición perjudicial de la superficie. Sólo en la estación de verano y a partir de la exposición que la fachada experimenta en relación a la trayectoria solar, se observa que a las 16hs, la fachada recibe luz directa (Iluminancias superiores a 16703lx). Al mediodía solar, la componente directa impacta sobre el techo del basamento promoviendo el aporte de luz reflejada sobre los niveles inferiores de la fachada, con rangos que van decreciendo a medida que aumenta la altura del edificio (N1 y N2).

Tabla 3: Valores de Iluminancias promedios para exposición Sur

	VERANO				INVIERNO			
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Mañana	5130	4883	4541	3172	2688	3540	4343	4386
Mediodía	10735	8631	6873	3860	7212	8466	8447	6824
Tarde	18458	18115	17679	16703	3521	4375	4819	4496

En la estación invernal, todos los promedios aparecen insuficientes. La condición contraproducente de orientación y ángulos solares, las importantes dimensiones en el retiro frontal en relación al edificio enfrenteado (16m), no promueven el aporte de la luz reflejada, y los rangos lumínicos se ven muy restringidos. Como situación más crítica se exhibe el estudio comparativo de las curvas con las iluminancias obtenidas en cada una de las grillas para la mañana de invierno en la Figura 7. La fachada sólo tiene acceso a la componente difusa, estableciendo un comportamiento lineal de las curvas con rangos muy bajos en N1 de 2688lx y de 4386lx en el N4 con mayor acceso a la visión de bóveda celeste.

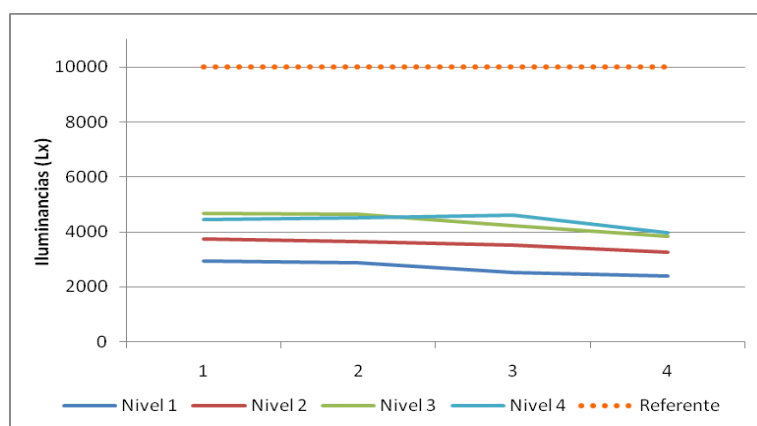


Fig.7 : Invierno 10hs. Grilla con exposición al Sur

En la orientación con exposición Este, las condiciones de luz natural que reciben las superficies verticales siguen resultando limitadas para alcanzar condiciones de iluminación natural eficientes en el interior de los espacios. Sólo en la sesión de mañana y para las dos estaciones, en los niveles 3 y 4, un fragmento de la grilla queda expuesto a niveles que superan el valor recomendado. Los rangos tienen variaciones abruptas con valores de iluminancias medias obstruidas de 3227lx y de 43663lx de luz directa en verano y 1383lx y 26009lx en invierno. Al mediodía y a la tarde en ambas estaciones, la volumetría tiene acceso a las componentes difusa y reflejada por los ángulos de incidencia y en parte porque la trama en la que se inserta la volumetría no presenta un eje perpendicular al Norte Solar, por lo que las interreflexiones de las diferentes superficies ejercen diferentes efectos en los aportes de luz reflejada.

Tabla3: Valores de Iluminancias promedios para exposición Este

	VERANO				INVIERNO						
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4			
Mañana	1836	2728	43663 directa	3227 difusa	42986	1928	2728	26009 directa	1383 difusa	25675	1369 difusa
Mediodía	6045	6975	5192	3815	3704	6975	5627	4497			
Tarde	2506	3826	7615	8782	824	3826	2202	4106			

Finalmente, la Fachada con orientación Oeste, presenta en la estación de invierno, para las 10hs niveles que alcanzan satisfactoriamente a los 10000lx, a excepción de N1 con un 50% por debajo de lo deseado. Para el mediodía solar los rangos se encuentran por encima de la exigencia y en la tarde, la presencia de la volumetría determina que puntos de la grilla de los N1 y 2 se encuentre parcialmente bloqueados con rangos de 5000lx y el resto con niveles de luz solar directa, relacionados con 66000lx (Fig. 6). Es necesario aclarar que en este tipo de situaciones, va a ser necesaria la incorporación de elementos de control sobre las aberturas, que contrarresten el impacto de luz directa en el interior de los espacios habitables

En el caso de la condición invernal, los valores determinan que en la mañana se producen condiciones lumínicas muy por debajo de las demandadas por las recomendaciones, que no van a asegurar condiciones de luz diurna satisfactorias en el interior de los espacios. En la situación de mediodía, los valores se encuentran dentro los parámetros requeridos a excepción de los niveles superiores que se acercan a los niveles deseados, a excepción del N1 por doble exposición a las componentes directa y difusa (Fig. 8). Y por la tarde salvo el nivel superior que tiene acceso a la componente directa, la mayoría de los promedios de la fachada aparecen como insuficientes.

Tabla: Valores de Iluminancias promedios para exposición Oeste.

	VERANO				INVIERNO					
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4		
Mañana	5757	9041	11607	9260	1212	1996	3240	3906		
Mediodía	34210	20738	17247	13426	31328 (directa)	3245 difusa	23626	23033	21812	
Tarde	66081 (directa)	3333 (difusa)	56947 (directa)	5104 (difusa)	55812	54257	1457	1851	9364	41949

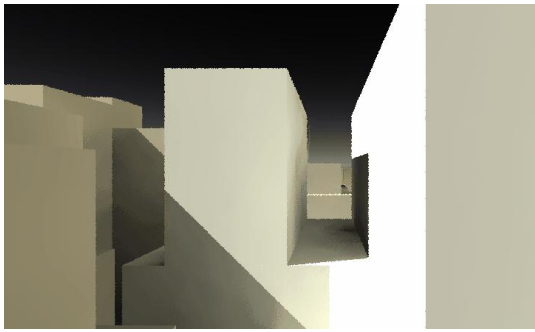


Fig. 8: Vista simulada Fachada Oeste para Verano 16 hs.



Fig. 8.: Vista simulada Fachada Oeste. Invierno 13hs.

5. CONCLUSIONES

A partir de las evaluaciones registradas según la normativa recientemente propuesta para el CUE de la ciudad de Mendoza y para el sector de la Zona Central de alta densidad edilicia determinado por el mismo, en términos de iluminación natural, el desarrollo de volumetrías con importantes alturas permite diferentes contrastes lumínicos sobre las superficies verticales receptoras. En general, los rangos se muestran insuficientes a partir del bloqueo que ejercen las elevadas alturas y dimensiones de las placas que permiten los indicadores urbanos (edificios de 10 y 15 pisos). Pero por otro lado, estas significativas superficies de exposición promueven el aporte de la componente reflejada a partir de las reflectancias de los acabados de las superficies de las mismas. Este análisis, determina la necesidad de seguir profundizando el uso adecuado de la componente de luz reflejada en zonas de alta densidad, como fuente complementaria de iluminación natural, fundamentalmente para regiones como la ciudad de Mendoza inserta en clima soleado.

En el caso de las superficies que se encuentran a la exposición de luz directa, van a determinar el uso de sistemas de control que regulen el ingreso de luz al interior de los espacios habitables para evitar efectos de deslumbramientos y de discomfort visual y sobrecalentamientos en verano.

Es necesario tener en cuenta que toda reforma que se proponga y modifiquen los Código Urbano, debe tender a mejorar los comportamientos ambientales del tejido urbano y no permitir el deterioro de las condiciones ambientales de la ciudad. Como futuros estudios, se pretende seguir evaluando otras densidades edilicias dentro de las diferentes zonificaciones que plantea la reforma, como la Baja y Media densidad edilicia, o el caso de Torres sin presencia de basamentos.

REFERENCIAS:

- BUILDING (ENERGY EFFICIENCY) REGULATION. Hong Kong Government. Chapter 123 Buildings Ordinance and related regulations. Leg. M (L.N. 144 of 1995), Government Printer, Hong Kong.1995.
- BRAGAGNINI, S. “Una propuesta para orientar el desarrollo de la ciudad”. Infoguía de la Arquitectura, Colegio de Arquitectos de Mendoza. 2009.
- CÓDIGO DE EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE MENDOZA (2000). ORDENANZA 3788/10. http://www.ciudademendoza.gov.ar/files/80/3788_De_las_Normas_de_Edificaci%C3%B3n.pdf
- COMPAGNON, RAPHAEL. “Solar and daylight availability in the urban fabric”. Energy and Buildings 36. 321–328.2004
- DE ROSA ET AL. Informe Final. PICT 98 N° 13-04605, Morfología y Tecnología para el Desarrollo Energéticamente Sustentable del Sector Edilicio Urbano en Zonas Áridas Andinas. ANPCyT,
- FERNÁNDEZ LLANO, J.C.; BASSO, M.; CÓRICA, L.; DE ROSA, C. “Consecuencias energéticas de las nuevas reformas al código de edificación de la Ciudad de Mendoza”. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7, N° 1, 07.31-07.36. ISSN: 0329-5184. Argentina. 2003.
- MESA, ALEJANDRO; PATTINI, ANDREA; CÓRICA, LORENA; DE ROSA, CARLOS. Metodología de evaluación de la potencialidad de la luz natural para iluminar edificios en entornos de alta densidad, en zonas áridas. Estudios de arquitectura bioclimática. ISBN: 968-18-6694-0 Total de páginas: 338 Páginas: de 277 a 297 Año: 2004 Comité Editorial/Referato: si. Ciudad: México Editorial: LIMUSA.
- ROBBINS, CLAUDE L. “Daylighting, design and analysis.” Editor Vand Nostrand Reinhold Company. New York. USA, 1986
- RUROS “Designing open spaces in the urban environment: bioclimatic approach”. Fifth Framework Programme Co-financed by the European Union. 2002
- TREGENZA, P. “Mean daylight illuminance in rooms facing sunlit streets,” Building and Environment 30.1995