



PROCESO DE DISEÑO DEL CENTRO DE INTERPRETACION CAÑADÓN DEL DURAZNILLO, GOLFO SAN JORGE, SANTA CRUZ, ARGENTINA.

D. Kozak¹, S. de Schiller², J.M. Evans², G. Adamo³, D. Abálsamo³

Centro de Estudios Urbanos y Regionales, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
(CEUR-CONICET)

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
(CIHE-SI-FADU-UBA)

e-mail: daniel.m.kozak@gmail.com

RESUMEN: Este trabajo examina el proceso de diseño del *Centro de Interpretación Cañadón del Duraznillo*, ubicado en el Golfo San Jorge, Santa Cruz, Argentina. Desde los primeros esbozos morfológicos hasta la selección de materiales y detalles constructivos, dicho proceso fue guiado por simulaciones y estudios de las condiciones ambientales específicas a este caso particular, como así también recomendaciones generales apropiadas para este clima y localización geográfica a partir de bibliografía especializada y experiencias proyectuales anteriores. Los estudios desarrollados incluyeron simulaciones de asoleamiento, radiación solar, viento, iluminación natural y características térmicas de los materiales de la envolvente. El objetivo de este artículo es presentar un caso específico de arquitectura de bajo impacto ambiental y alto grado de eficiencia energética y examinar la productividad metodológica del diseño arquitectónico asistido por estudios en un laboratorio de estudios bioambientales.

Palabras clave: arquitectura sustentable, simulaciones, asoleamiento, iluminación natural, viento, Patagonia

INTRODUCCIÓN

El proyecto del Centro de Interpretación surgió a partir de la creación de la *Reserva Natural Cañadón del Duraznillo*, ubicada sobre la Costa Atlántica de la Provincia de Santa Cruz, a 169Km de Caleta Olivia y 120Km de Puerto Deseado. El principal objetivo de dicha reserva es la conservación de la biodiversidad del entorno costero-marino asociado a la Estepa Patagónica propia de este territorio. El programa del Centro de Interpretación incluye un espacio multiuso para albergar exposiciones, conferencias y proyecciones; una vivienda para guardaparques y una habitación para investigadores visitantes. Dadas las características del programa, el contexto geográfico y la limitada disponibilidad de infraestructuras en el sitio, este proyecto se presentó como una especial oportunidad para llevar adelante una propuesta de arquitectura de bajo impacto ambiental y alta eficiencia energética.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Las ideas rectoras del proyecto fueron guiadas tanto por estudios y simulaciones de condiciones ambientales específicas a este caso como por la revisión de pautas y recomendaciones generales para este clima y geografía a partir de bibliografía especializada (eg. de Schiller et al., 2003; Givoni, 1992). Otro factor determinante que condicionó el proceso de diseño y la elección de la materialidad del proyecto está relacionado con la disponibilidad de recursos económicos y técnicos con que se contó. Una de las estipulaciones preliminares fue la determinación de utilizar un sistema constructivo de paneles prefabricados en taller para ser montado en seco en el sitio en aproximadamente una semana. Esta decisión no sólo estuvo basada en razones económicas, ya que lo remoto del sitio vuelve el traslado de operarios y materiales necesarios en obras tradicionales un ítem de gran peso en el presupuesto, sino que también se fundamentó en la posibilidad de minimizar el tiempo de obra y consiguientemente la generación de residuos, gasto energético y alteración de la quietud en el sitio. El sistema de paneles prefabricados adoptado, con estructura de madera y revestimiento exterior de chapa ondulada, fue seleccionado a partir de la oferta disponible ofrecida por empresas locales. La elección de este sistema también es consistente con los requerimientos de aislación térmica y la tradición constructiva de la costa Atlántica Patagónica. Para otorgar la masa con inercia térmica necesaria para almacenar calor en los espacios interiores se propuso la incorporación de un muro de piedra, el único de construcción húmeda en el proyecto, y un gavión de piedra bola con estructura metálica, ambos estratégicamente ubicados en el edificio. La orientación del proyecto, disposición del programa de usos y diseño de la envolvente exterior, responden a la geometría solar con el fin de maximizar las horas de ganancia térmica por asoleamiento, lograr adecuados niveles de iluminación natural en función de los usos de cada espacio interior y minimizar las pérdidas térmicas. Como respuesta al clima frío, se optó por una volumetría compacta y se dispuso el programa de modo tal que los espacios principales pudieran captar el sol del norte y se minimizaran las pérdidas térmicas en la fachada sur (Figura 1).

¹ Investigador CEUR-CONICET, Investigador-Docente CIHE-SI-FADU-UBA

² Directores CIHE-SI-FADU-UBA

³ Investigadores-Docentes CIHE-SI-FADU-UBA

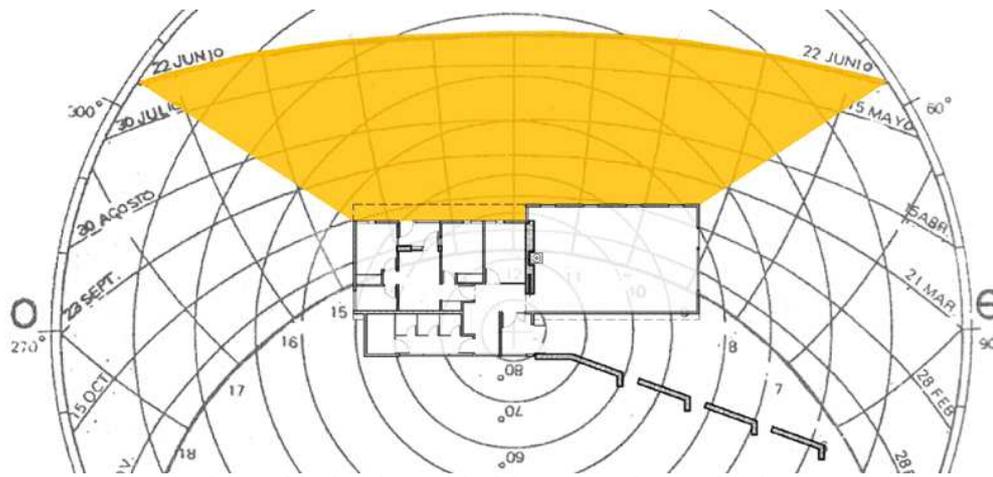


Figura 1: Orientación, morfología y disposición del programa de acuerdo a la geometría solar

El espacio invernadero entre los dormitorios, funciona como un acceso independiente a la vivienda del guardaparques y como fuente de generación de calor, que es cedido a las habitaciones y al estar-comedor a través de un muro de piedra con gran inercia térmica. En los meses estivales, el alero de la cubierta proporciona protección solar a la superficie vidriada para evitar los efectos del sobrecalentamiento (Figuras 2 y 3). Por otro lado, el diseño de las aberturas permite que en los días de calor, el espacio invernadero funcione completamente abierto como una antecámara semi-cubierta.

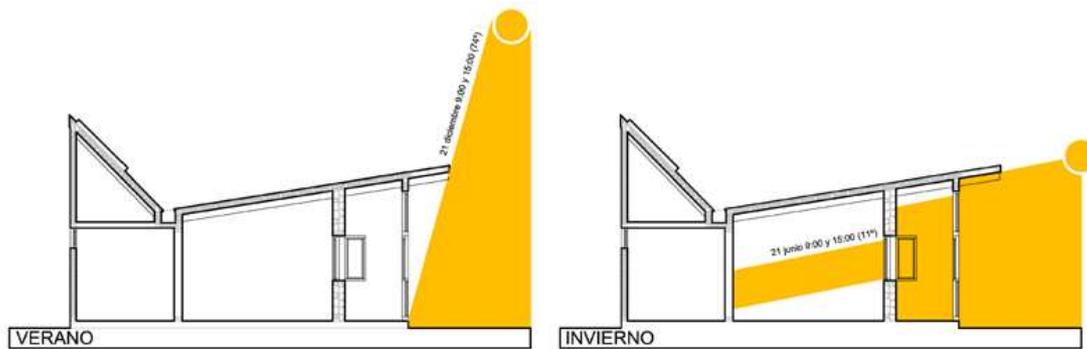


Figura 2: Captación y protección solar en el espacio invernadero

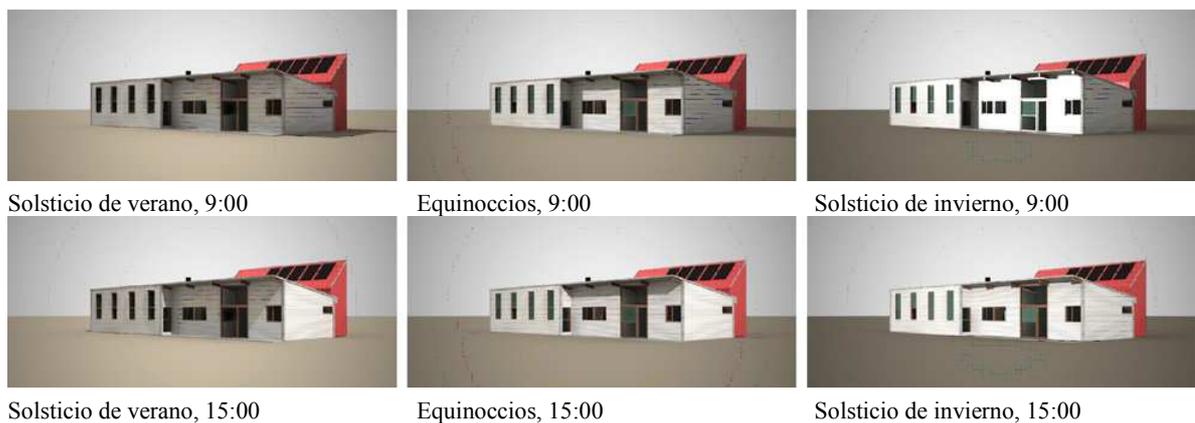


Figura 3: Estudios de asoleamiento en la fachada norte

La forma y características constructivas del proyecto también responden a las condiciones de viento locales con el fin de asegurar que los accesos se encuentren reparados y evitar infiltraciones de aire frío. De este modo los ingresos al edificio, a través de antecámaras, proporcionan protección contra los vientos fuertes provenientes del oeste y sudoeste (Figura 4). La cubierta del volumen sanitario, con colectores solares planos, tiene un ángulo similar al de la latitud del sitio, 47°S para alcanzar el mayor promedio de captación de radiación solar anual. Por otra parte, la pendiente de la cubierta del volumen principal logra la mayor altura en la fachada norte, la más expuesta a la radiación solar, y la menor en la cara sur (Figura 5).

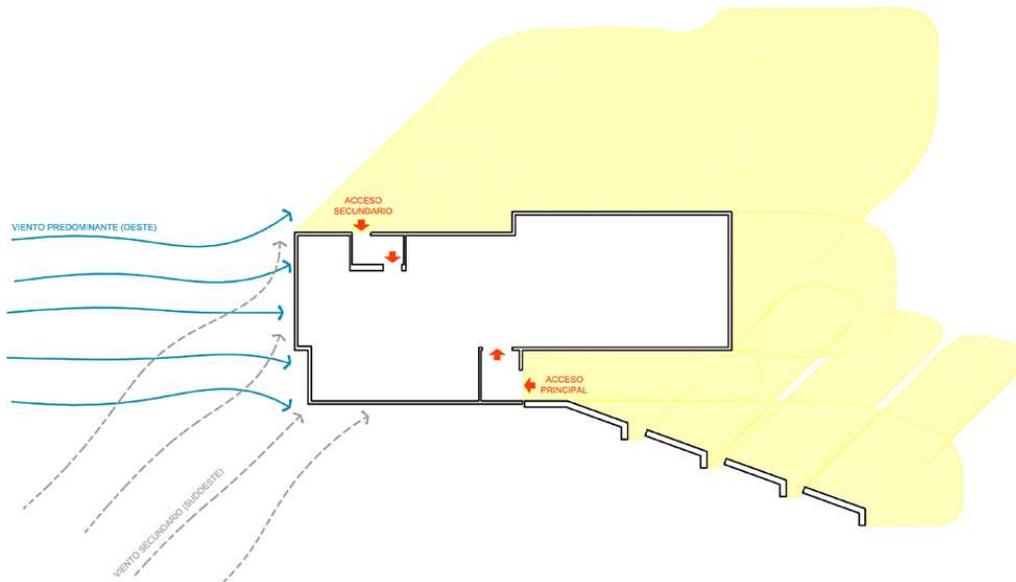


Figura 4: Esquema de accesos en función de los vientos predominantes

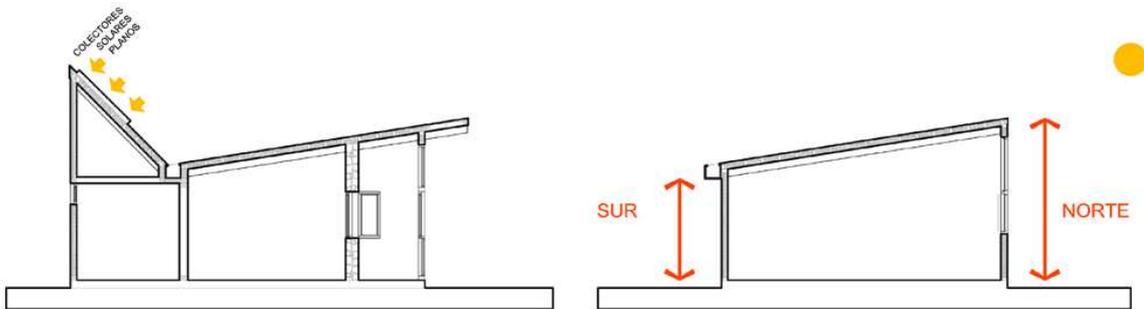


Figura 5: Inclinación de las cubiertas en función de la instalación de colectores solares plano para calentamiento de agua y orientación solar

ESTUDIOS Y SIMULACIONES

Según la Norma IRAM 11.603, la ubicación del sitio corresponde a la Zona Bioambiental V 'Fria', Subzona 'Sur'. Los datos climáticos analizados a continuación corresponden a la estación meteorológica con registros completos más próxima al sitio, ubicada en Puerto Deseado (Latitud: 47°44' S - Longitud: 65°55' W - Altura: 80m).

Las temperaturas medias oscilan entre aproximadamente 15°C en enero y 3°C en junio y julio. Los valores máximos se registran en enero con 21,5°C de máxima promedio y 34,6°C de máxima absoluta. Los valores mínimos, en junio y julio, alcanzan 0,6°C de mínima promedio y -10°C de mínima absoluta (Figura 6). La demanda energética en el sitio, a partir de las temperaturas registradas, según el indicador de 'Grados Día' alcanza un valor alto de 2551, con 7 meses de días fríos, noches frías durante todo el año, 5 meses con amplitud térmica mayor a 10°C y 5 meses de calor de diurno.

La humedad relativa, con valores promedio entre 57% y 79% (Figura 7), no representa en este caso una variable que condicione significativamente la zona de confort bioambiental. Los valores de humedad registrados en el sitio no requieren de estrategias específicas de ventilación intencionada para lograr confort. El régimen de lluvias es bajo, lo que dificulta la posibilidad de cultivar vegetación sin riego artificial. Esta característica del clima limita las posibilidades de recursos para lograr protección de los fuertes vientos patagónicos.

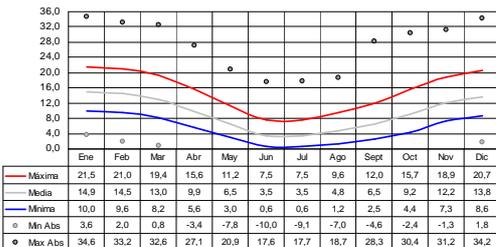


Figura 6: Temperatura

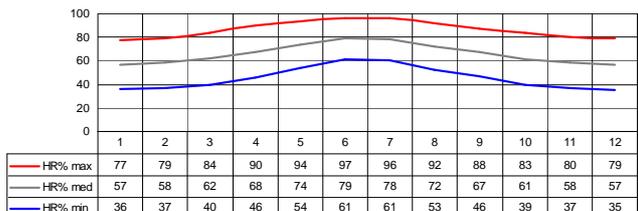


Figura 7: Humedad Relativa

Viento

El viento predominante proviene del O, con una frecuencia anual de 33% y una variación entre 28% en verano y 40% en invierno. La velocidad promedio anual es 28 km/hr, con una variación del valor promedio entre 30 km/hr en verano y 24 km/hr en invierno. El viento secundario proviene del SO con una frecuencia anual de 27% (28% en invierno y 26% en verano) y velocidades promedio similares a las del viento O. En total, los vientos del O y SO comprenden 60% de los registros (Figura 8).

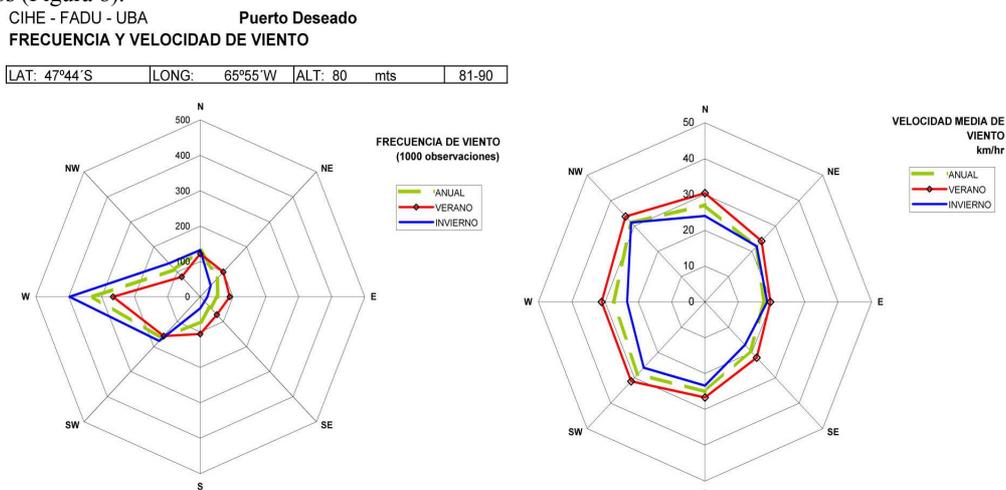


Figura 8: Direcciones predominantes y velocidades de viento

El principal objetivo de los estudios de viento fue el de verificar las decisiones proyectuales tomadas en relación a la protección de viento en los accesos y potenciales espacios de uso exterior. Con este fin, se realizaron ensayos en Túnel de Viento de variaciones de velocidad y detección de zonas de calma o ‘sombra de viento’. Los valores de velocidad fueron registrados con un anemómetro de hilo caliente en 8 puntos seleccionados (Tabla 1 y Figura 9) para las dos direcciones de viento predominante (O y SO). A partir de estos ensayos, y el análisis teórico de sombras de viento estimadas en función de la volumetría edilicia (Evans y de Schiller, 1994 [1988], p., 94), se realizaron los diagramas de ‘sombra de viento’ para ambas direcciones predominantes (Figuras 10 y 11).

Nº	O (m/s)	SO (m/s)	Ubicación
1	0,60	0,30	Acceso a Galería vidriada, fachada Norte
2	1,00	0,60	Espacio exterior sobre fachada Norte
3	0,30	0,40	Acceso Sala Exposiciones, fachada Este
4	0,50	0,40	Inicio Acceso peatonal principal, fachada Sur
5	0,50	0,50	Acceso peatonal principal, fachada Sur
6	0,30	0,30	Acceso peatonal principal, fachada Sur
7	0,90	1,00	Espacio exterior, fachada Sur, sector baños
8	0,90	0,95	Espacio exterior, fachada Oeste, sector dormitorio guardaparques
	1,00	0,95	Medición inicial
	1,00	1,00	Medición final

Tabla 1: Puntos de estudio y registros de velocidad para orientaciones O y SO en Túnel de Viento

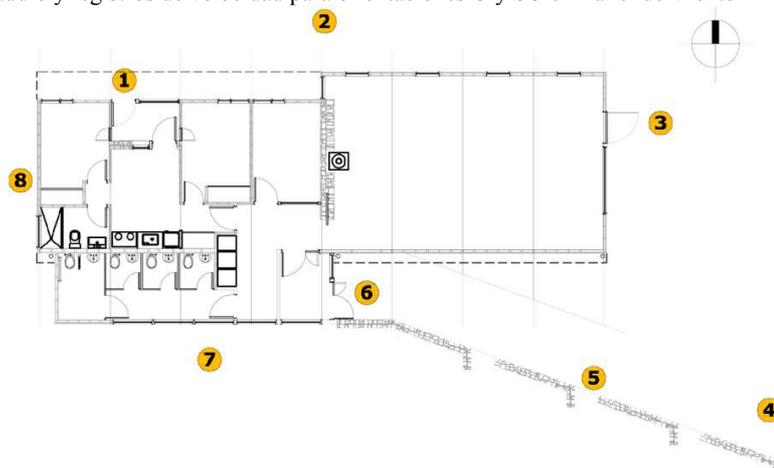


Figura 9: Ubicación de los puntos de medición

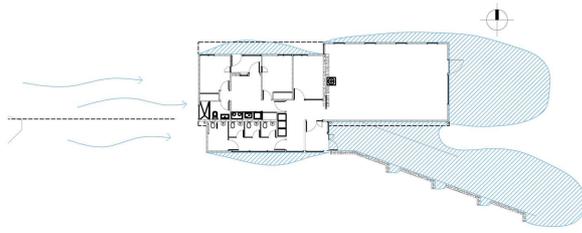


Figura 10: Estimación de 'sombras de viento' (O)

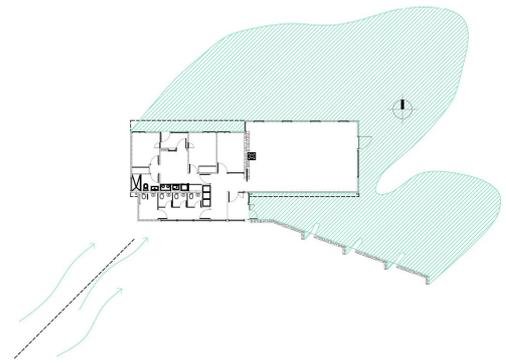


Figura 11: Estimación de 'sombras de viento' (SO)

Radiación solar

Los estudios de radiación solar se realizaron para determinar la ganancia térmica en los meses fríos y verificar la protección solar para el verano, especialmente en el espacio invernadero. La figura 12 presenta las fachadas expuestas a la radiación solar, con sus respectivas superficies vidriadas resaltadas.



Figura 12: Fachadas Este, Oeste y Norte con los paños vidriados sombreados

La fachada con mayor porcentaje de superficies de vidrio es la Norte, con 19,1% de vidrio. Esta fachada es la que recibe menos radiación solar directa en verano y más en invierno (Tabla 2). La cara Oeste es la de menor superficie vidriada (1,71m²), para reducir las ganancias térmicas de la tarde durante el verano. La fachada Este, si bien recibe los mismos niveles de radiación que la Oeste, colabora en la puesta en régimen del edificio sin llegar a sobrecalentar el aire interior por estar únicamente expuesta a los primeros rayos de sol de la mañana.

	Este	Norte	Oeste
Verano	808	608	808
Equinoccios	431	1047	431
Invierno	244	1172	244

Tabla 2: Sumatoria de radiación solar directa diaria por orientación y estación. Valores expresados en Wh/m²/día

La Figura 13 presenta los valores de Radiación Incidente Total en las fachadas estudiadas. La fachada Norte, es la de mejor desempeño desde el punto de vista térmico. Los niveles de penetración de radiación solar directa durante el invierno son 3 veces más altos que los del verano. La captación solar directa colaborará en el acondicionamiento térmico del edificio, disminuyendo la demanda de energía. La fachada Este colaborará en la puesta en régimen del edificio con la captación de sol en las primeras horas del día. La fachada Oeste, al tener únicamente 1,7m² de ventana, no tiene mayores inconvenientes. La disposición de las ventanas y aleros permite tener niveles de penetración de radiación solar similares a lo largo del todo el año. El clima frío del lugar requiere limitada protección solar únicamente en verano, los aleros de las carpinterías fueron

diseñados para disminuir la radiación en este periodo. Las ventanas de abrir permiten el ingreso de brisas que refrescan el interior del edificio, sobre todo en el sector de exposiciones, donde las aberturas sobre las caras Este, Norte y Oeste permiten una buena circulación.

El invernadero capta mayor radiación a medida que las temperaturas exteriores son inferiores, con máximo aprovechamiento en invierno. Por otro lado, la radiación solar indirecta, difusa y reflejada, es inversa, mayor en verano y menor en invierno. Por este motivo, y para responder a esta característica, los paños inferiores del invernadero son practicables, con ventana guillotina y puerta de abrir. De este modo durante los días con temperaturas máximas en verano el invernadero funciona como un espacio semi-cubierto ventilado (Figura 14).

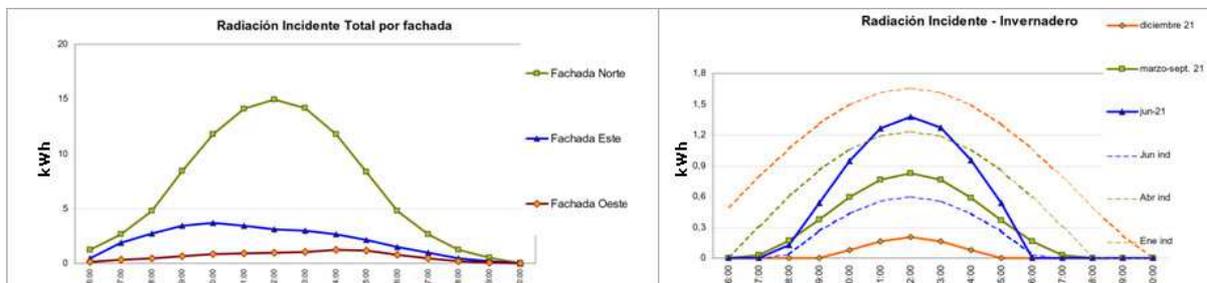


Figura 13: Captación de radiación total por fachada y Figura 14 a través del invernadero

Iluminación Natural

Con el fin de evaluar los valores y distribución de Factor de Luz Diurna (FDL) en el espacio principal del Centro de Interpretación, y asegurar la calidad y cantidad de luz natural disponible para los usos de reunión y exposición, se realizaron simulaciones a través del programa 'Radiance' desarrollado por el Laboratorio Lawrence Berkeley. La Figura 15 muestra los valores y distribución de FDL en el modelo adoptado.

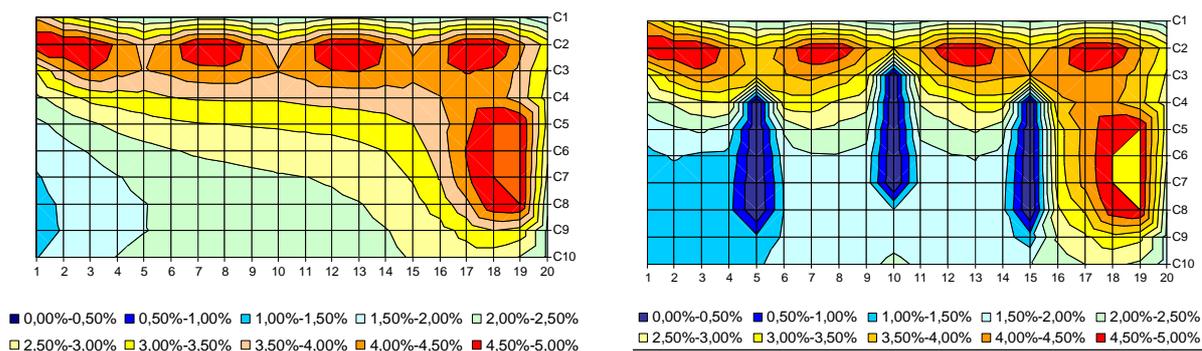


Figura 15: Iluminación expresada en Factor de Luz Diurna, en la planta vacía (izq.) y con divisiones (der.)

Estas simulaciones no sólo se desarrollaron para verificar el modelo final, sino que sirvieron para replantar y ajustar modelos anteriores, y junto con los estudios de asoleamiento, orientaron el diseño y ubicación de las aberturas. Para llegar a la versión final se evaluaron modelos con ventanas apaisadas, con mayor y menor superficie vidriada y dispuestas con diferentes separaciones.

El modelo adoptado, logra una buena distribución de iluminación natural; más de 90% de la planta recibe un Factor de Luz Diurna (FDL) superior a 2%. La Norma IRAM AADL 20.03 califica como 'aceptables' los valores de FLD superiores al 2%, representados en la Figura 15 dentro de la gama del verde claro al rojo.

Características Térmicas de la Envolvente Edilicia

El control de las pérdidas de calor es un factor de diseño importante en climas fríos, como es el caso de esta localidad de la Patagonia Atlántica. La incorporación de buenos niveles de aislación térmica permite reducir la demanda de calefacción, evitar riesgo de condensación superficial y proporcionar condiciones térmicamente confortables para los ocupantes. Para reducir las pérdidas térmicas desde el espacio calefaccionado, es necesario considerar los siguientes factores:

- Lograr baja transmitancia térmica de muros, techos y ventanas, para reducir el flujo de calor desde el interior hacia el exterior.
- Reducir la superficie exterior total de la envolvente a través de una forma edilicia compacta.
- Ubicar los espacios con menor demanda de calefacción, como hall de entrada y sanitarios, como espacios tapón, protegiendo los espacios calefaccionados.
- Controlar la tasa de ventilación, con dobles puertas de entrada, orientadas para lograr protección de los vientos predominantes.

Con el propósito de verificar la aislación térmica del edificio se compararon los niveles de transmitancia térmica de la envolvente proyectada, con las recomendaciones de las normas IRAM 11.605 para muros y techos, e IRAM 11.601 para

ventanas. También se evaluaron los parámetros de las normas IRAM 11.900 en cuanto a la categoría de etiqueta de eficiencia energética, e IRAM 11.625 y 11.630 para control de riesgo de condensación superficial e intersticial. Las transmitancias térmicas de muros y techos del proyecto, son de Nivel B, ‘bueno’, significativamente menores al máximo admisible para esta categoría y más cerca al Nivel A, Óptimo (Figura 16).

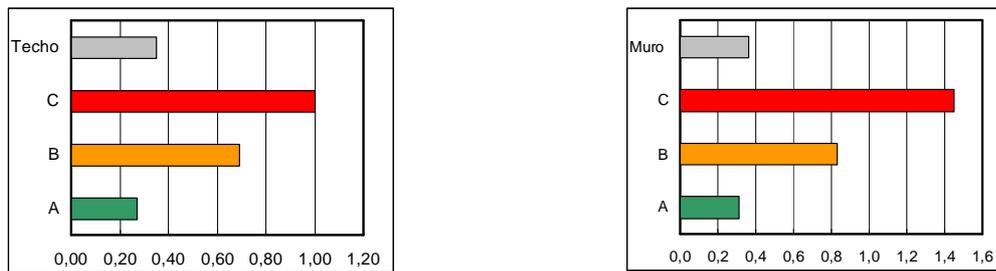


Figura 16: Comparación de los valores de transmitancia térmica la Norma IRAM 11.605, nivel A, B y C y la transmitancia térmica según proyecto en el techo (izq.) y muros (der.)

Las pérdidas de calor de los techos en invierno son 29% mayor que un techo Nivel A, ‘Óptimo’, pero casi 50% menor que un techo mínimo que cumple con Nivel B, ‘Bueno’. En los muros, las pérdidas son 18% mayor que un muro Nivel A, ‘Óptimo’, pero 56% menor que un muro mínimo que cumple con nivel B ‘Bueno’.

Para evaluar el comportamiento térmico, establecer las condiciones sin requerimientos de calefacción y determinar el riesgo de sobrecalentamiento, se realizaron simulaciones de la temperatura interior en invierno, equinoccios y verano para los espacios de dormitorios y estar. Los gráficos en la Figura 17 indican la variación horaria de la temperatura exterior e interior durante un periodo de 24 horas. Las simulaciones utilizan datos meteorológicos de la temperatura en un día típico o más caluroso que el promedio, con datos de la intensidad media de la radiación solar.

Los resultados muestran que el edificio mantiene temperaturas interiores estables con limitada variación, a pesar de la construcción liviana y las ganancias solares variables. Los niveles de aislación térmica son suficientes para mantener un aumento de la temperatura de 4°C en verano, 8°C en octubre y 5°C en invierno. Esta diferencia es resultado de la variación del ángulo de incidencia del sol con una penetración solar más favorable en octubre-noviembre y marzo-abril. En invierno, la intensidad del sol y el número de días soleados es menor, produciendo una reducción del aprovechamiento de esta energía renovable para calefacción.

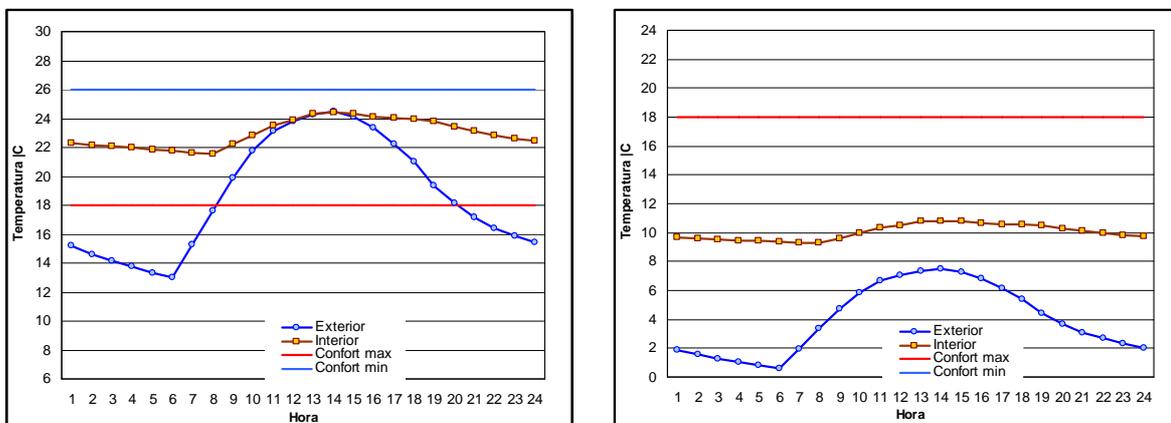


Figura 17: Simulación de la temperatura interior y exterior en un día de enero (izq.) y julio (der.)

CONCLUSIONES

La morfología del edificio protege efectivamente a los accesos de los vientos predominantes, especialmente los del oeste, y no provoca aceleraciones de viento en ninguno de los puntos estudiados en los ensayos en Túnel de Viento, seleccionados por su relevancia estratégica en el proyecto.

Los estudios de radiación solar verifican la adopción de la morfología edilicia y el diseño de las aberturas con la mayor superficie expuesta al norte. El desempeño del espacio invernal es óptimo, la ganancia solar directa que recibe aumenta a medida que las temperaturas exteriores descienden, llegando al máximo valor de ganancia solar en el solsticio de invierno. Por otro lado los estudios de iluminación natural confirman la idoneidad del diseño de aberturas de proporción vertical, que por su ubicación en el centro de cada módulo, respetando el ritmo de la modulación espacial y constructiva, favorece la distribución lumínica, especialmente considerando la inclusión de posibles divisiones internas con paneles de exposición. Finalmente, a partir del estudio de las características térmicas de la envolvente edilicia en relación a las recomendaciones iniciales y a normativas IRAM, se determinó que el comportamiento térmico de la envolvente tiene una razonable eficiencia

energética, con niveles de confort aceptables sin necesidad de calefacción durante la mayoría del año y con cinco meses en los que es necesaria la calefacción pero sin una elevada demanda energética. Estos valores se sostienen principalmente por el diseño del edificio y podrían mejorar hasta alcanzar valores ideales de contar con un mayor presupuesto para la construcción del edificio.

De este modo, se muestran los alcances de las estrategias de diseño aplicadas al proyecto, así como los materiales y técnicas constructivas adoptados, condicionados por el presupuesto y las tecnologías disponibles, en relación al grado de eficiencia energética logrado.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto de arquitectura del Centro de Interpretación fue realizado gracias a la gestión de Damián Glaz (Tecnología Forestal SA) y Fernando Ardura (Fundación Hábitat y Desarrollo), y el auspicio de OXY (Occidental Argentina Exploration and Production, Inc.) y Golfo San Jorge SA.

La Asesoría de Diseño Bioambiental y Eficiencia Energética fue realizada en articulación con el Proyecto UBACyT A013 'Calificación y acreditación de sustentabilidad en arquitectura y urbanismo', Programación 2008-2010, de la SECyT-UBA.

REFERENCIAS

- Evans, J.M., de Schiller, S. (1994). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*, Eudeba, Buenos Aires.
- de Schiller, S., Evans, J.M. Labeur, A., Delbene C. y Kozak, D. (2003). Relevancia de proyectos demostrativos de bajo impacto ambiental y eficiencia energética. En *Revista da ANTAC, Ambiente Construido, Edicao Especial, Conforto e Energia*, Porto Alegre: Antac, pp. 21-35. ISSN: 1415-8876.
- Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines, *Energy and Buildings*, V 18, July 1992, pp. 11-23.

ABSTRACT

This paper examines the design process of the *Cañadón del Duraznillo Interpretation Centre*, located in the San Jorge Gulf in the Argentine Patagonia. From the first morphological sketches to the selection of materials and working details, this design process was guided by simulations and studies of the environmental conditions specific to this particular case, as well as by guidelines and general recommendations appropriate for this climate and geographical location gathered from previous design experience and specialized literature. The studies performed included simulations of direct sunlight, solar radiation, wind, natural daylight and thermal characteristics of the building skin. The aim of this paper is to present a specific case of energy efficient and environmental low-impact architecture and to examine the methodological productivity of architectural design assisted by bio-climatic studies in the lab.

Keywords: sustainable architecture, solar, wind, daylight, simulations, Patagonia