

EDIFICIO BIOCLIMÁTICO PARA LA UNIDAD DE EXTENSION Y DESARROLLO TERRITORIAL DEL INTA EN GUATRACHE (LA PAMPA)

Marek, L.¹ y Filippín C.^{1,2}

¹CONICET – CC302, Santa Rosa, 6300 (La Pampa) Argentina, Tel./Fax: 54-952-434222, Email: cfilippin@cpenet.com.ar

Ente Promotor: Centro Regional del INTA La Pampa – San Luis

RESUMEN: En el trabajo se describe el diseño de un edificio bioclimático para el INTA en la localidad de Guatraché, en el extremo SE de la provincia de La Pampa. Pertenece a una región sub-húmeda seca, de la zona bioambiental IV_c, (latitud: 37°38'; longitud: 63°34' y altura sobre el nivel del mar: 175m). Los lineamientos generales del diseño fueron: minimizar el consumo de energía convencional en el acondicionamiento térmico-luminico, usar tecnología tradicional, maximizar las condiciones de confort energético-visual, minimizar el sobre-costos. Las áreas funcionales se distribuyen sobre un eje E-O con áreas transparentes al Norte. La superficie de ganancia solar directa es del 12% respecto al área útil del edificio. La resistencia térmica de la envolvente es = 0.63 y 0.41 m²°C/W para pared y techo, respectivamente). Se prevé un consumo de energía en calefacción de 29 kWh/m² (consumo diario = 4.6m³ de gas natural, T_{base}= 18°C) y 78.8 kWh/día en refrigeración (T_{base}=23°C). El sobre costo de solarización-conservación es de 8.48%.

Palabras clave: Diseño bioclimático-Edificio No-residencial- Solarización- Conservación-Sobre-costos

INTRODUCCIÓN

El 30% del consumo mundial de combustibles fósiles se destina a la construcción y funcionamiento de nuestras ciudades y pueblos. En el caso de Argentina, el consumo alcanza el 80% de la energía total generada. Además del grave deterioro ambiental que produce la utilización intensiva de derivados del petróleo, debemos asumir que se van a acabar tarde o temprano. Aún antes de eso debemos adaptarnos a usar racionalmente la energía o a ser muy eficientes y consumir lo menos posible. Esto implica cambios en los hábitos de los usuarios, pero si habitamos un edificio muy ineficiente es muy poco lo que se puede ahorrar. Por eso el Diseño Ambientalmente Conciente busca aprovechar los recursos naturales intentando reducir al mínimo las consecuencias negativas para el medio ambiente realizando en el edificio la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, la energía y el espacio construido (Czajkowski J., Gómez, A. Corredera, C., 2007). De acuerdo a la experiencia desarrollada en la provincia de La Pampa en el diseño y construcción de edificios bioclimáticos (Filippín y Beascochea 2005 y 2007) durante el año 2006 se inicia una importante actividad de transferencia al INTA. A través del Centro Regional La Pampa-San Luis se diseña con estrategias bioclimáticas la *Unidad de Extension y Desarrollo Territorial* en la localidad de Guatraché. Actualmente se encuentra en proceso licitatorio.

Localización y emplazamiento

La localidad de Guatraché se ubica en el extremo SE de la provincia de La Pampa (Figura 1). Pertenece a una región sub-húmeda seca, de mesetas, valles, colinas y planicies con cultivos, pastizales bajos y bosques abiertos. La Tabla 1 muestra algunos datos climáticos. Pertenece a la zona bioambiental IV_c, templada fría de transición de la Norma IRMA 11602. La Norma recomienda para esta zona: muy buena aislación térmica en toda la envolvente debiendo verificar el riesgo de condensación (se deben evitar los puentes térmicos), una orientación NO-N-NE-E y ventilación cruzada. La urbanización de la localidad responde a una distribución en damero. El predio sobre la Av. Sarmiento se encuentra en un entorno de casas bajas y de escasa densidad. En la Figura 2 se observa el plano de la localidad y la ubicación del predio. La Figura 3 muestra imágenes del entorno.

¹ Arquitecto

² Investigadora de CONICET.



Figura 1: Localización de Guatraché en la provincia de La Pampa

	Temperatura media máxima	22.1°C
	Temperatura media mínima	7.6°C
Valores anuales	Temperatura media	14.6°C
	Radiación solar media anual sobre superficie horizontal	18.8MJ/m ²
	Humedad relativa	64%
	Temperatura mínima media de julio	1.1°C
	Temperatura media de julio	6.9°C
	Temperatura máxima media de julio	13.1°C
	Amplitud térmica de invierno	12.0°C
	Temperatura mínima absoluta de julio	-11.0°C
	Velocidad media del viento en invierno	11 km/h
	Radiación solar media julio sobre superficie horizontal	8.1MJ/m ²
	Temperatura máxima media de enero	31.5°C
	Temperatura media de enero	23.2°C
	Temperatura mínima media de enero	14.6°C
	Amplitud térmica de verano	16.9°C
	Temperatura máxima absoluta de enero	39.5°C
	Velocidad media del viento en verano	11 km/h
	Radiación solar media enero sobre superficie horizontal	23.4MJ/m ²
	Grados-día de calefacción base 18°C	1505
	Grados-día de enfriamiento base 23°C	379

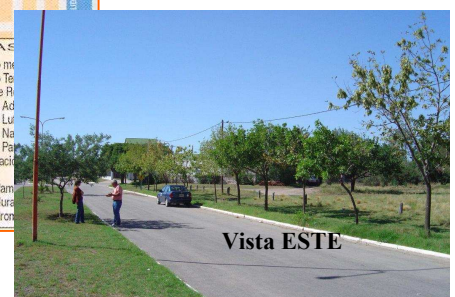
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Tabla 1: Coordenadas geográficas y variables climáticas

Latitud: 37°38'; longitud: 63°34' y altura sobre el nivel del mar: 175m



Vista NORTE



Vista ESTE

Figura.2: Plano de la comunidad e imágenes del terreno y su entorno

Los lineamientos generales del diseño fueron: minimizar el consumo de energía convencional en el acondicionamiento térmico-luminico, usar tecnología tradicional, maximizar las condiciones de confort energético-visual , minimizar el sobre-coste. Según lo objetivos del procedimiento ACM (Alta Calidad Medioambiental²) se plantea:

- Relación armoniosa con su entorno inmediato
- Elección integrada de los procesos constructivos
- Bajo impacto de la obra en el entorno
- Gestión energética y del agua.
- Bajo costo de operación y mantenimiento
- Confort higrotérmico y acústico
- Confort visual y calidad del aire

Y las Estrategias:

- Zonificación espacial clara de las distintas áreas funcionales priorizando su orientación según el destino de cada una de ellas
- Minimización de la zonificación térmica a través del uso de diferentes elementos de conexión entre áreas pasivas (con ingreso del sol) y no-pasivas (sin ingreso de sol directo)
- Climatización natural en invierno: solarización del edificio a través de ganancia solar directa (área transparente orientada al norte) y conservación de la energía mediante el diseño de una envolvente energéticamente eficiente.
- Climatización natural en verano a través del uso de masa de acumulación y ventilación cruzada
- Minimización del consumo de gas natural a través de la incorporación de un calentador solar de agua, que completa el diseño con bajo consumo de energía propio del edificio
- Tratamiento del agua residual mediante la implementación de filtros biológicos
- Disminución del consumo de electricidad a través de la correcta orientación de cada área funcional., de un diseño eficiente de la distribución de las luminarias y el uso de artefactos de bajo consumo de energía
- Minimización del deslumbramiento mediante un dimensionamiento adecuado de los aleros y los sistemas de control solar
- Acondicionamiento de los espacios exteriores a través del diseño de espacios semi -cubiertos y una vegetación acorde con las diferentes orientaciones (árboles de hojas caducas y perennes)

Breve descripción- Organización funcional

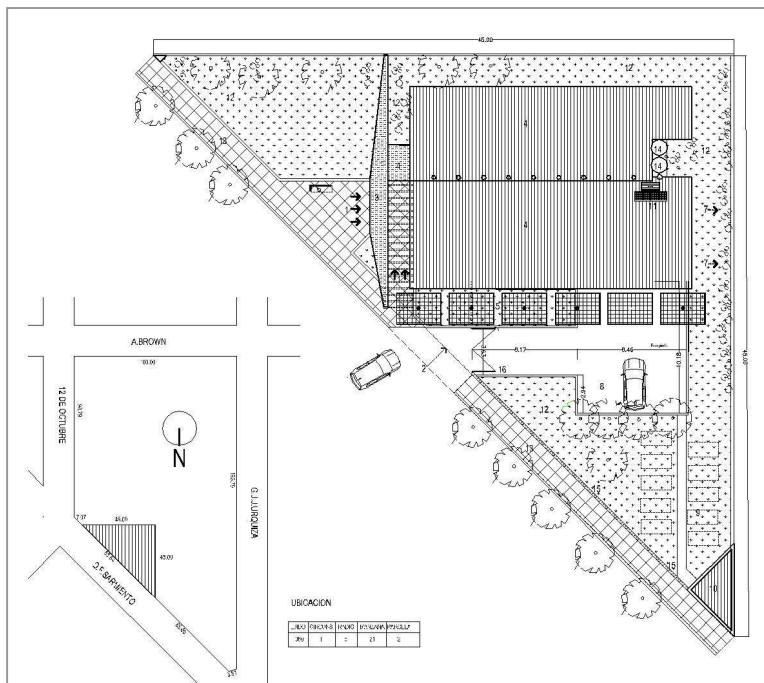


Figura 3: Planimetría

El diseño prioriza además de la climatización natural de los espacios, la flexibilidad, su bajo costo de operación y mantenimiento y una zonificación clara de las distintas áreas funcionales. Hacia el este se plantea un espacio plaza verde con especies autóctonas del monte pampeano que marca el ingreso al edificio y que permite definir además una circulación peatonal clara, como prolongación de la vereda. (Figura 3). El ingreso se plantea como un área independiente con doble puerta, a partir de él las diferentes áreas funcionales se distribuyen según un eje E-O. El sector oficinas está orientado al norte con áreas transparentes como ganancia solar directa para su climatización en invierno y protegidas con aleros y pérgolas para su resguardo, en verano. En el extremo N-O y orientada al Norte se ubica el área de esparcimiento-socialización: quincho, con una estufa-horno de alto rendimiento, y cocheras que se conecta al resto del edificio (administración-extensión-investigación) a través de la circulación este-oeste. La biblioteca se ubica en el sector sur, con pequeñas ventanas como expansión visual y con el ingreso de luz natural indirecta desde la circulación y el plenum. Hacia el

² Su objetivo no es evaluar los edificios sino certificar un cierto modo de proceder. Voluntario y evolutivo, el procedimiento ACM asocia las exigencias de calidad y confort aplicadas a la construcción con los principios de la gestión necesarios para su realización y para la colaboración de los diferentes agentes implicados. Contiene 4 temas: ecoconstrucción, ecogestión, confort y salud (Gauzin-Muller, 2001).

oeste de la biblioteca, se ubica el sector de servicios. (Figura 4) . El total de ganancia solar directa (área efectiva de vidrio) corresponde al 12% de la superficie útil del edificio.

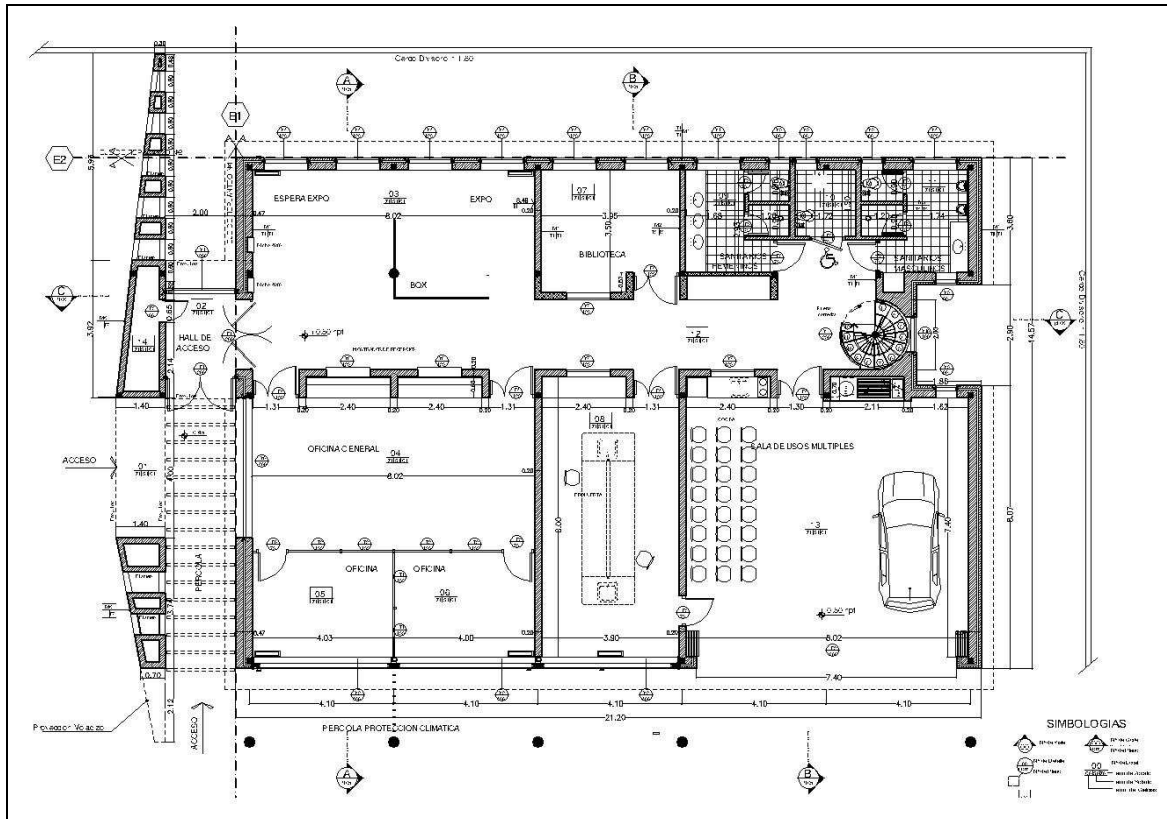
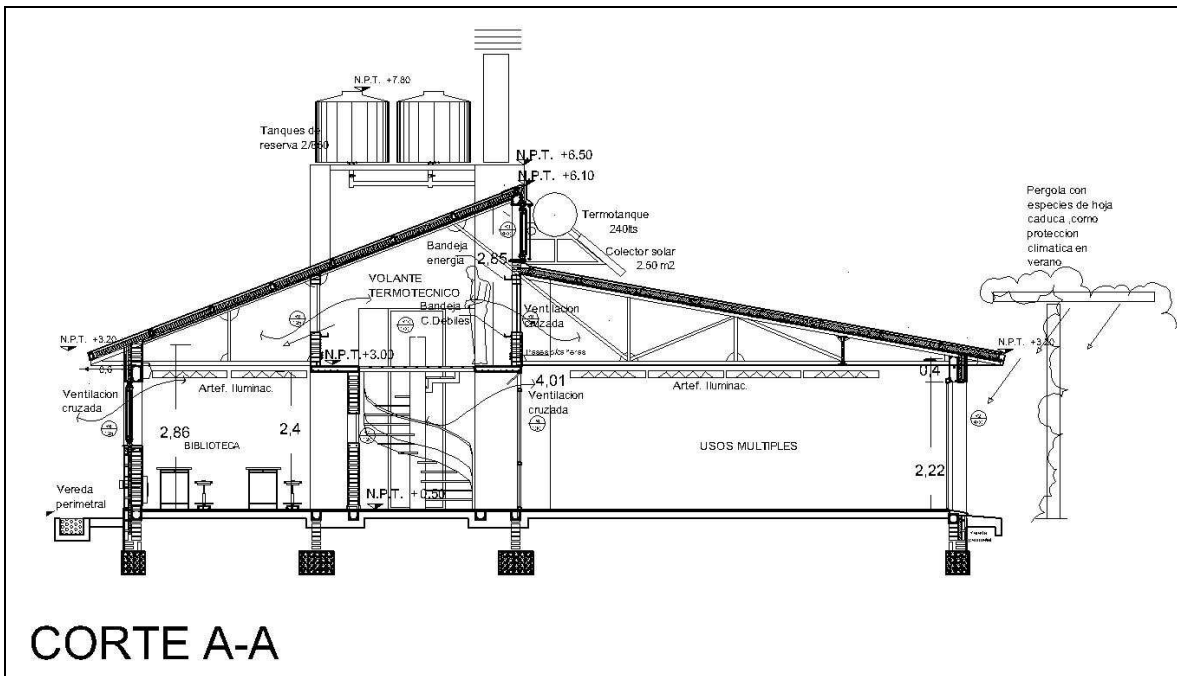


Figura 4: Planta



CORTE A-A

Figura 5: Corte

Un elemento determinante del diseño es un plenum técnico-térmico, con ventanas al Norte, que se ubica entre la zona norte y sur y a 2.40m de altura sobre la circulación (ver corte), área que alojará todas las instalaciones y además actuará como un sector captador-almacenador-compensador de energía solar. El plenum fue pensado como un 'volante térmico' que permitirá operar el edificio de modo distinto según las estaciones: reforzará el calentamiento del sector sur del edificio a través de la apertura de las ventanas que se ubican entre ambos sectores y por otro, permitirá un manejo cómodo y conveniente de las

ventanas altas (+4.00m) para optimizar la ventilación natural y cruzada en verano. Esta situación se repite en el área de exposición en la cuál las ventanas altas pueden ser abiertas desde una pasarela (continuación del plenum). (Figura 5)

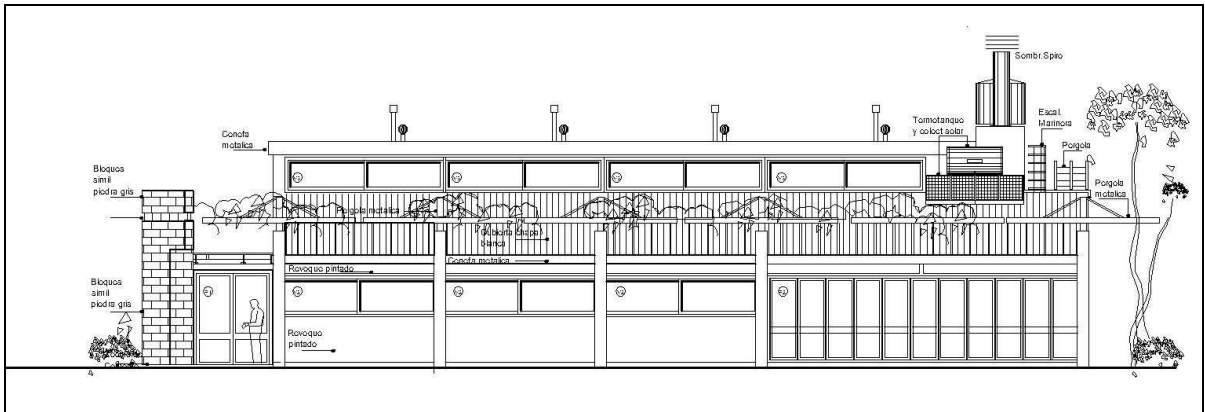
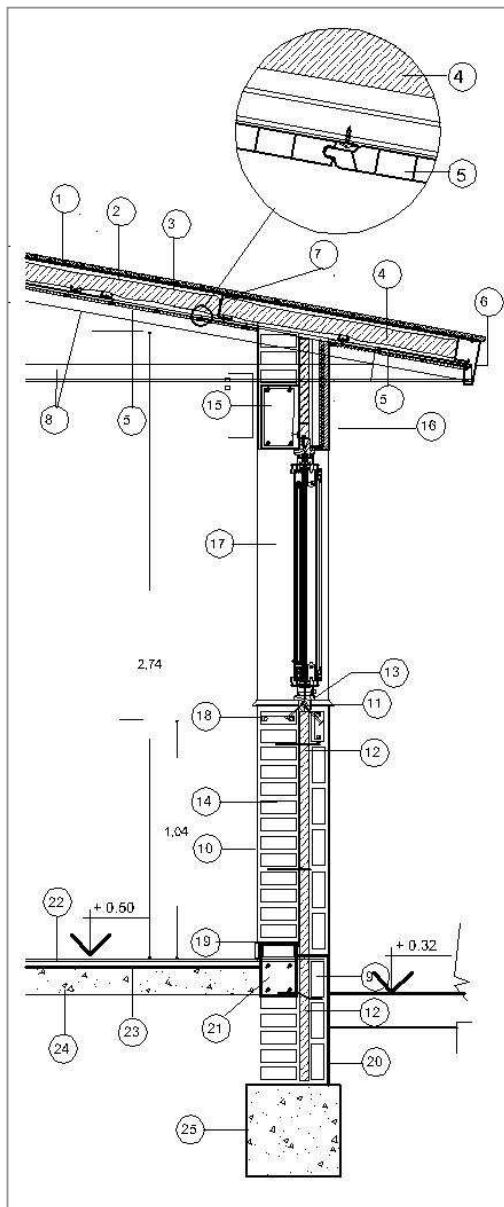


Figura 6 : Fachada Norte

Tecnología



Referencias

1. Cubierta de chapa prepintada (color blanco)
2. Membrana de espuma de polietileno de 5mm con film de aluminio
3. Malla de alambre
4. Lana de vidrio de 75mm (15 kg/m³)
5. Cielorraso de placas de PVC
6. Cenefa de cierre de chapa prepintada
7. Correas
8. Cabriadas de doble perfil de hierro laminado
9. Protección de la aislación térmica con tabique de ladrillo
10. Revoque interior
11. Antepecho
12. Aislación de poliestireno de 50mm (15 kg/m³)
13. Premarco de madera dura
14. Muro acumulador de ladrillo macizo de 170mm de espesor
15. Arriostramiento horizontal superior de H°A°
16. Envolvnte con metal desplegado con azotado de cemento
17. Ventna de aluminio RPT (ruptura de puente térmico)
18. Refuerzo bajo antepecho
19. Capa aisladora horizontal
20. Capa asiladora vertical
21. Arriostramiento horizontal
22. Piso cerámico
23. Carpeta de concreto
24. Contrapiso de 150mm de espesor
25. Zapata de hormigón pobre

Figura 7: Detalle constructivo de la envolvente y sus referencias

Se plantea el uso de paredes tri-capa: ladrillo macizo como masa térmica en el interior (espesor = 0.18m), aislación térmica de poliestireno expandido de 0.05m de espesor y una protección mecánica externa de ladrillo macizo de 0.07m de espesor ($R= 0.63 \text{ m}^2\text{C/W}$). Los techos inclinados son de chapa galvanizada con una aislación de 0.075m de espesor con cielorraso de PVC ($R=0.41 \text{ m}^2\text{C/W}$). La carpintería es de aluminio pre-pintada con ruptura de puente térmico y premarco de madera (ver detalle constructivo en Figura 8). Como resultado de la pared de ladrillo macizo en el interior de la envolvente vertical y el uso también de paredes interiores macizas, el edificio es de alta inercia (400 kg/m^2 , Goulding et al., 1994) Las áreas transparentes son de DVH (doble vidriado hermético). Según esta organización funcional y la tecnología adoptada la Tabla 2 muestra algunos indicadores dimensionales y energéticos del proyecto. El valor de G (Coeficiente Volumétrico de Pérdidas) satisface los requerimientos de la Norma IRAM 11604.

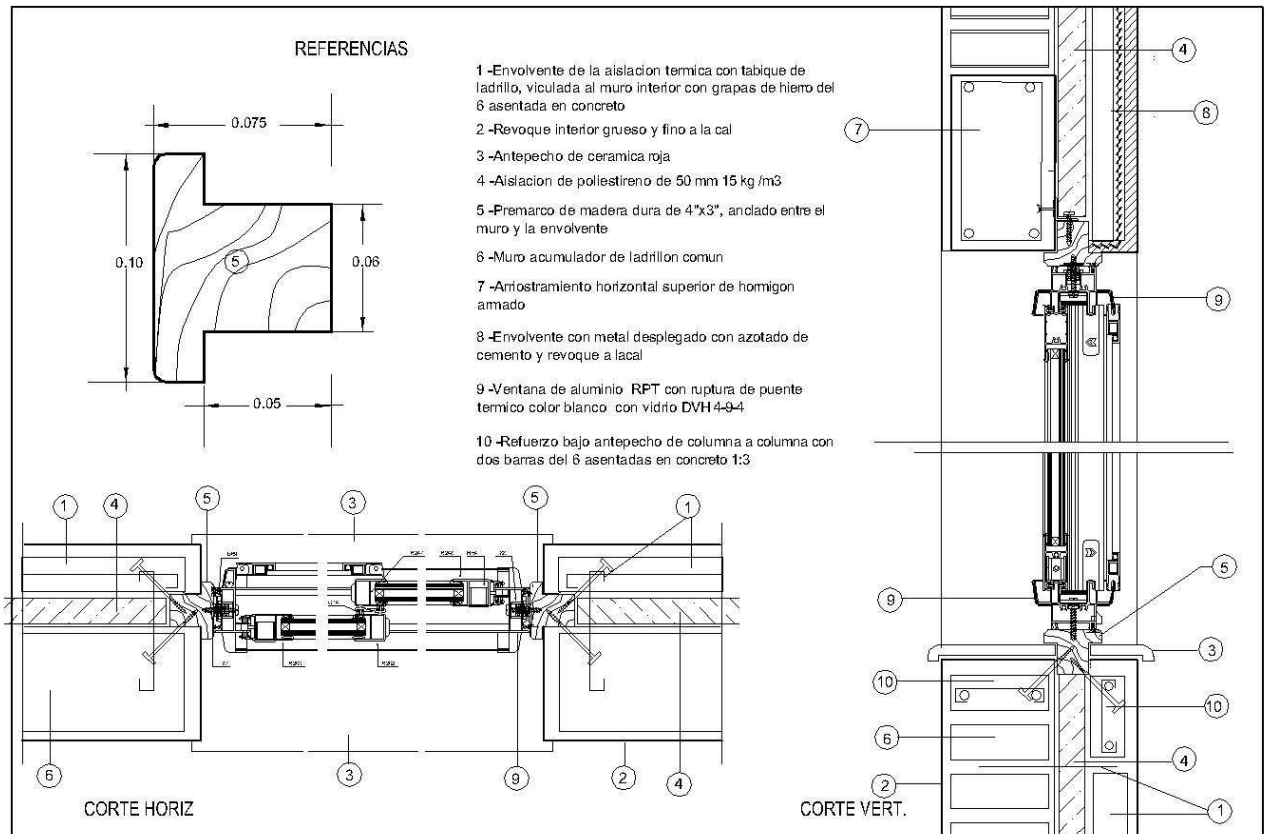


Figura 8: Detalle constructivo de la carpintería

Tabla 2: Indicadores dimensionales y térmicos-energéticos

Perímetro (m)	Área útil (m ²)	I _c (%)	Volumen (m ³)	Envolvente (m ²)			FAEP (2/1)	Resistencia térmica (m ² C/W)			G (W/m ³ C)
				-2-	-1-	-2-		-1-	-2-		
73	269	83	899	Vertical	Cubierta	Total	1.79	Pared	Cubierta	Ventana	1.095
				209	272	481		0.63	0.41	3.2	

I_c = Índice de compacidad; FAEP = Relación entre envolvente y área útil; G = Coeficiente volumétrico de pérdidas



Figura 9 : Elevaciones del edificio (las maquetas fueron elaboradas por la Arq. Halimi Sulaiman, becaria de CONICET)

Comportamiento térmico

La figura 10 muestra la simulación del comportamiento térmico invernal a través del modelo SIMEDIF (Flores Larsen y Lesino, 2001). Para una temperatura media de invierno de 6.9°C (media mínima = 1.1°C; media máxima = 13.1°C) y una irradiancia de 8.1 MJ/m² sobre superficie horizontal. En condiciones reales de uso el edificio alcanzaría una temperatura

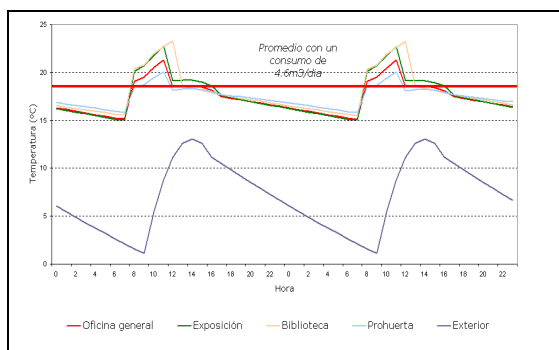


Figura 10: Evolución de la temperatura en invierno

Emisión según EEO (1991).

Una buena aislación térmica en la envolvente y un adecuado sombreado de las áreas transparentes, para disminuir las cargas de refrigeración, permitiría mantener una temperatura de confort durante el verano para valores medios de temperatura exterior (Temperatura media: 23°C; Temperatura mínima: 14.6°C; Temperatura máxima: 31.5°C). Por tratarse de un edificio no-residencial la permanencia de ventanas abiertas durante la noche no es factible, sólo podrá ventilarse durante las primeras horas de la mañana. La Figura 11 muestra la evolución de la temperatura diaria. Para reducir el consumo de energía convencional además de una envolvente energéticamente eficiente, la ganancia solar directa a través de las áreas transparentes al Norte, que corresponde al 12% del área útil del edificio, la ventilación cruzada para disipar el calor durante las primeras horas de la mañana en el verano y mantener las condiciones de salubridad, se plantea el uso racional de la energía termostatazando calefactores (18-20°C) y acondicionadores de frío (23-25°C), colocando temporizadores en toda la iluminación externa del edificio, la divulgación de un uso adecuado del edificio, y la incorporación de un calentador solar de agua al diseño arquitectónico y de la infraestructura.

media de 18°C con un consumo diario de 4.6m³ de gas natural (con el encendido de 6 calefactores de 2300 kcal/h entre las 8 y las 11h). Bajo las mismas condiciones climáticas, sin ganancias internas el Q_{cal} (carga de calefacción) para mantener una temperatura media interior de 18°C, es de 351.43 MJ (98 kWh) que equivalen a 9.4 m³/día. Al tratarse de un edificio másico con conservación de la energía (edificio con aislación térmica) la fluctuación entre la temperatura mínima y máxima interior es de 4°C (12°C en el exterior). Para la estación invernal se prevé un consumo total anual de energía 752 m³ de gas natural que equivalen a 29 kWh/m², valor inferior al definido por el Sello Minergie³ de 55.6 kWh/m² destinados a la calefacción de los edificios. El ahorro de energía en calefacción es de alrededor del 85% respecto gas natural consumido por el edificio que actualmente ocupa la agencia de extensión (3525m³/temporada invernal=) 18m³/m² = 187 kWh/m²). Al ahorro de energía en calefacción corresponde una disminución de las emisiones de CO₂ (Factor de conversión: 0.20 kg/kWh). El valor resultante definiría un edificio de Baja

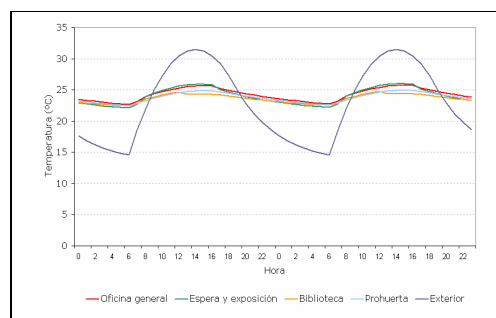


Figura 11 : Evolución de la temperatura en verano

Evaluación económica

Item	Unidad	Cantidad	Precio/unidad	Costo	%
Barrera de vapor, aislación hidrófuga y emulsión	m ²	231	13.48	3114.30	0.43
Emvolvente de mampostería 0.10m	m ²	231	60.21	13909.41	1.93
Aislación de paredes	m ²	231	19.16	4427.06	0.62
Aislamiento adicional de cubierta	m ²	360	4.49	1616.56	0.22
Vidrios DVH	m ²	34	241.39	9172.9	1.27
Carpintería RPT	%	24	50961.37	12230.73	1.70
Doble antepecho	%	50	3839.59	1919.80	0.27
Pérgola de protección climática	u	1	14661.61	14861.61	2.04
Total por diseño bioclimático					61052.41
Total del porcentaje de incidencia en el costo total del edificio			8.48 %		

Tabla 3: Costo (material y mano de obra) a julio de 2007 de la incidencia por tratamiento bioclimático en el costo total del edificio.

³ El concepto Minergie aspira tanto a mejorar la calidad de vida como a disminuir el consumo energético. Su intención es reducir paulatinamente en uso de energías no renovables para limitar las emisiones de gases causantes del efecto invernadero. En el sector de la construcción su aplicación se traduce en la creación de un sello que establece unas exigencias precisas sobre el consumo energético de calefacción y electricidad durante el uso de explotación de edificios nuevos y antiguos. No impone técnicas particulares sino objetivos. La obtención del sello presupone, sin embargo y entre otros conceptos, una forma compacta, un aislamiento térmico reforzado, instalaciones técnicas optimizadas. El cumplimiento de los objetivos es verificado al final de la obra. (Gauzin-Muller, 2001).

La Tabla 3 muestra el costo de cada uno de los items que involucra la solarización y la conservación según el diseño y la tecnología descripta. La protección mecánica de la aislación térmica en las paredes y el uso de la carpintería con ruptor de puente térmico absorbe un 1.93% y un 1.70% del costo total por tratamiento bioclimático, respectivamente. Alrededor de un 2% corresponde a la pérgola de protección climática. Se considera aceptable el extra-costo resultante de alrededor del 8.5%.

CONCLUSIONES

El diseño apropiado de un edificio puede reducir la dependencia de los suplementos mecánicos de calor y de uso de los sistemas de aire acondicionado. El requerimiento de cada uno de los sistemas depende tanto de la función y de las condiciones de ocupación del edificio (parámetros operacionales sobre los cuales el diseñador tiene poco control) como del clima y sus influencias en la performance térmica (pueden ser modificados a través de una adecuada selección e integración de los componentes físicos del edificio desde el inicio del proceso de diseño). Decisiones cuidadosas en el diseño y operación del edificio puede mejorar significativamente la performance térmica y como consecuencia reducir el consumo de energía. El impacto de las decisiones en la performance térmica del edificio disminuye a lo largo de las diferentes etapas de la vida de un edificio. Decisiones efectivas y determinantes durante el primer bosquejo significa disminuir en el futuro el consumo de energía en operación y mantenimiento. Prever es mejor que curar (Al-Homoud, 2001). El trabajo sintetiza todo el proceso de diseño arquitectónico-ambiental y tecnológico de un edificio bioclimático para la Unidad de Extensión y Desarrollo Territorial del Inta en la provincia de La Pampa (actualmente ingresa en la etapa licitatoria). Los resultados de la simulación térmica del edificio y el cálculo del calor auxiliar para temperaturas medias muestran un valor de un 50% menor que el Sello Minergie. La incorporación en el diseño de un plenum técnico que actuará como volante térmico es una estrategia adecuada e interesante para mejorar la climatización natural de los espacios en invierno, verano y estaciones intermedias. Un acceso cómodo al plenum permite abrir, desde este nivel, las ventanas que lo conectan con las áreas que se ubican al Sur y las ventanas altas que miran al Norte, optimizando la entrega y la disipación de calor según las necesidades. El extra-costo por solarización y conservación de la energía es de 8.5 % en el cual la mayor incidencia queda definida por el uso de carpintería de aluminio con ruptor de puente térmico, la protección mecánica de la aislación térmica de las paredes externas y la pérgola de protección climática.

AGRADECIMIENTOS Los autores agradecen al Dr. Ing. Ricardo Thornton, Director del Centro Regional del INTA La Pampa-San Luis, al Ing. Enrique Viviani Rossi, Director de la Estación Experimental de Anguil, por la posibilidad que se nos brindara de diseñar un edificio bioclimático para la Institución.

REFERENCIAS

- Al-Homoud, M.S. (2001), Computer-aided buiding energy analysis techniques, *Building and Environment* 36, 421-433.
- Czajkoswski J., Gómez, A. Corredera, C. *Diario Clarín*, marzo 2007
- EEO (Energy Efficiency Office), 1991. Good Practice 29. Departamento de la Energía, Gran Bretaña.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios. *Energías Renovables y Medio Ambiente* 9, PP.15-24.
- Filippín, C. and Beascochea, A. (2007), Performance assessment of low-energy buidings in central Argentina. *Energy & Buildings* 39, 546-557.
- Filippin, C. y Beascochea, A. (2005), 10 años de arquitectura bioclimática en la provincia de La Pampa, Argentina. *Uso de Energías Renovables y diseño bioclimático en viviendas y edificios de interés social*. CYTED, Red Iberoamericana para el uso de energías renovables y diseño bioclimático en viviendas y edificios de interés social. San Martín de los Andes, 31 de octubre y 1 de noviembre de 2005.
- Gauzin-Muller, D. (2001). *Arquitectura ecológica. 29 ejemplos europeos*. Editorial Gustavo Gili, Barcelo. España. P.99
- Goulding, J., Owen Lewis, J. and Steemers, T. (1994). *Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook*. P. 301.
- Norma IRAM 11604 (2001). *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrótérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente global de pérdidas. Cálculo y valores límites*.

A BIOCLIMATIC BUILDING FOR THE UNIT OF EXTENSION AND TERRITORIAL DEVELOPMENT OF INTA IN GUATRACHE (LA PAMPA)

ABSTRACT: The work describes the design of a bioclimatic building for INTA in Guatraché that is located in the province of La Pampa (latitude: 37°38 ' ; longitude: 63°34 ' and height on the level of the sea: 175m). It belongs to a dry sub-humid region (IRAM bio-environmental area = IVc). The general guidelines were: to minimize the consumption of conventional energy in the thermal-lighting conditioning, to use traditional technology, to maximize the thermal and visual comfort, to reach an extra-cost lower than 10%. The functional areas are distributed on an axis East-West with transparent areas to the North. The area of direct solar gain is 12% regarding the useful area of the building. The thermal resistance is 0.63 and 0.41 m²C/W for walls and roofs, respectively. The technological-energy design will allow to consume in the winter 29 kWh/m² (daily consumption of 4.6m³ natural gas, Tbase = 18°C). For the summer the daily consumption will be 78.8 kWh (Tbase=23°C). The extra cost is around 8.48%.

Key words: Bioclimat design – Non-residential building – Direct solar gain – Conservation – Extra cost