

**Estudio de envolventes de Arquitectura Bioclimática. Clima Templado Frío.
Caso de la Escuela Albergue Belén.**

ThisisanstudyaboutofBioclimaticArchitectureonenvelopes.
ColdTemperateClimate.
A case studyon Belén ShelterSchool.

Cecilia A. Brizuela Barros¹, Alfredo Esteves Miramont²

¹Departamento de Arquitectura, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, UNCA, Catamarca, Argentina C.P.4700.
cecilbrizu@gmail.com

²Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad de Mendoza, Argentina. C.P.5501. Alfredo.esteves@um.edu.ar

Resumen

Este trabajo está enmarcado dentro del campo de la Obra Pública. Dirigido principalmente al ámbito de la Arquitectura Escolar y la necesidad de implementar estrategias de arquitectura bioclimática y sustentable. Todo lo indicado se refiere a la Zona Bioclimática IVa -Templada Fría de montaña, Norma IRAM 11603. Se analizan las envolventes edilicias en esta zona.

Se expone un análisis y caracterización del clima de la ciudad de Tinogasta, inserta en la zona. Se muestra la evaluación del confort e identificación de estrategias y pautas de diseño. Se seleccionan cuatro edificios considerados estratégicos para realizar la evaluación. Se expone el Caso de la Escuela Albergue N° 163-Aguas Calientes-Dpto. Belén construida en tierra en la Reserva de Biosfera Laguna Blanca. Se presenta el diagnóstico de su comportamiento higrótérmico, energético y lumínico.

Se proponen mejoras ambientales para futuras escuelas nuevas o am-

pliaciones de las existentes. Los resultados indican que con simples programas computacionales, el proyectista puede aplicando pautas de diseño y criterios de uso de materiales e incorporando tecnologías apropiadas, lograr proyectos que brinden ahorro energético, menor impacto ambiental y una mejor calidad de vida.

Palabras claves:Sustentabilidad- arquitectura bioclimática- tierra- escuelas

Abstract

This work is framed into the field of the Public Works. This is mainly directed to the field of School Architecture and the necessary to implement some bioclimatic and sustainable architecture strategies. All previously study refer to the Bioclimatic Zone IVa- Mountain Cold Temperate IRAM Standard 11603. The envelopes building of this area is analyzed.

An analysis and characterization of the climate of the city called Tinogasta, which is within the exposed area. The comfortable evaluation and identification of design strategies and guidelines are shown too. There are four strategic allocation places selected for the evaluation. The Case study of the Shelter School N°163-Aguas Calientes-Dpto. Belén which is built on land in the Laguna Blanca Biosphere Reserve. The diagnosis of its hygrothermal, energetic and light behavior is presented. Some environmental improvements are proposed for future new schools or to other extensions in relation to the existing ones. The results show that using simple computing programs, the designer could apply some design guidelines and a criterion by using materials and by incorporating technologies well by achieving projects which could provide energy saving with less environmental impact and better life conditions.

Keywords:Sustainability- bioclimatic architecture- earth - schools

1 Introducción

Afortunadamente en estos últimos decenios, la preocupación por el medio ambiente ha sido la causa de la aparición de una nueva generación más sensible respecto a la catástrofe a la cual se estaba encaminando. Hay pues una urgente necesidad de educar en la responsabilidad ecológica.

El conocimiento del ambiente y de los aspectos socioeconómicos, locales o regionales, son importantes para diseñar proyectos de desarrollo que, en el marco del desarrollo sostenible, establezcan un tipo de vínculo equilibrado entre la sociedad y la naturaleza[1].

El presente estudio es un trabajo de investigación, en el que se intenta dar solución a un grave problema que existe en el campo de la Arquitectura Escolar: las falencias en cuanto a estrategias de diseños bioclimáticos. Esta investigación abarca una de las seis zonas bioclimáticas que tiene la provincia de Catamarca: Zona IVa –Templada Fría de montaña según la Norma IRAM 11603[2]. A partir de esto se formula como objetivo fundamental analizar las envolventes de las aulas en esta zona bioclimática.

Se trata de mostrar, a través de un estudio de caso, una escuela albergue construida en tierra, la determinación de mejoras en la envolvente a través de analizar materiales posibles y verificar su comportamiento higrotérmico, lumínico y de asoleamiento. Aunque la normativa vigente para la Arquitectura Escolar [3]. y las Normas IRAM 11603 incluyen premisas a tener en cuenta a la hora de diseñar, estas son solo generales y no logran suplir todas las necesidades que un edificio escolar puede requerir, agravándose la situación en la provincia, ya que esta cuenta con 6 diferentes zonas Bio-ambientales IRAM 11603.

La información en cuanto a criterios de diseño bioclimático

para edificios escolares en la provincia de Catamarca es reducida y dispersa. La insuficiencia de bases teóricas, empíricas y metodológicas necesarias en el ámbito de la obra pública para transformarla, impiden detonar un proceso sostenido que la conduzca hacia criterios de diseño bioclimáticos. Si bien en la Universidad Nacional de Catamarca se consolidan esfuerzos de investigación académica que han configurado un área del conocimiento destinada a identificar las bases y las mejores vías para hacerlas realidad, la transferencia entre Universidad-Estado es muchas veces imperceptible.

Aunque existen numerosos trabajos sobre estudios ambientales en las escuelas, son pocos los que muestran un análisis específico de estas en clima templado-frío. De los muchos trabajos consultados es importante mencionar que los trabajos de Gonzalo y Nota [4]. acerca de Arquitectura Bioclimática y Sustentable y de Collet et al.[5]. sobre el Diseño Bioclimática de viviendas, aportan sugerencias proyectuales y metodológicas de simulación y verificación, que facilitan la determinación de pautas y estrategias para el diseño bioclimático y la utilización de energías no convencionales en los edificios y su hábitat.

Por otro lado Esteves et al. [6]. investigaron el rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. El objetivo de esa investigación fue el de otorgar a los usuarios nuevas opciones para adaptar sus viviendas desde un punto de vista arquitectónico, enriqueciendo las relaciones interior-exterior a través de la envolvente. Se identifican oportunidades bioclimáticas de intervención en las viviendas y se presentan propuestas de rehabilitación ambiental de la envolvente. También los mismos autores Esteves et al. [7] realizaron un estudio del reciclaje solar pasivo de una vivienda en el centro-oeste de Argentina. En esta investigación se presentó las implicancias de la incorporación

de aislación térmica de muros a una vivienda que había sido proyectada con aprovechamiento de la energía solar, pero no había sido terminada por causas económicas. Con el paso del tiempo se incorporaron dobles vidrios en ventanas y la aislación térmica de muros. Estas pérdidas representaban el 60.1% de las pérdidas totales del edificio. Se presentó la tecnología utilizada y los resultados en cuanto al ahorro generado que alcanzó el 33% del consumo anterior.

Los estudios realizados permitirán tener una definición aproximada de los edificios de una zona bioclimática de la provincia de Catamarca, que admitirá la determinación de mejoras que dependerán de las propuestas técnicas y de políticas que prioricen la educación para su aplicación.

Metodología

El trabajo se desarrolla en diferentes etapas, conforme al siguiente proceso metodológico:

- Ubicación del área de estudio en la zonificación bio-ambiental de la provincia.
- Relevamiento de información bibliográfica y fotográfica respecto de las escuelas existentes. Recopilación de características climáticas y especificaciones técnicas de materiales.
- Estudio del clima y confort de la localidad de Tinogasta inserta en la zona de estudio.

Selección de cuatro escuelas que responden a diferentes tipologías, soluciones constructivas, situación geográfica y orientaciones: Escuela N°425 – Papa Chacra – Dpto. Belén, Polimodal N°19 – Hualfín – Dpto. Belén, Escuela N°255 – Medanitos –

Dpto. Tinogasta y la Escuela N°163 Aguas Calientes- Dpto. Belén. En este trabajo se expone el caso de esta última.

- Análisis de las envolventes posibles (a través del estudio del clima, la geometría solar, situación de confort, comportamiento higrotérmico, disminución de ganancias solares en verano, reducción de pérdidas en invierno, incidencia de la iluminación natural en el interior, estrategias para el control solar) mediante herramientas gráficas: planillas de cálculo y de software (Programa e-Clim[8],CEEMAKMP.XLS CEEMACON.XLS [9],GEOSOL V.2.0 [10], Cálculo del FAEP[11],Balance Térmico [12], Day Light 4.1 [13].
- Propuesta integral. Definición de los requerimientos y necesidades a salvar y listado de propuestas posibles para rehabilitar edificios escolares existentes o diseñar un edificio nuevo.

En base a los datos obtenidos, se elaboran conclusiones en cuanto a una respuesta ambiental de un edificio escolar para una arquitectura bioclimática en la zona elegida.

Caracterización del lugar y ubicación del área de estudio en el mapa bioambiental de la provincia.

De los aproximadamente 500 edificios escolares con que cuenta la provincia, más de 100 pertenecen a la Zona bio-ambiental IVa de la Norma IRAM 11603[2], dentro del dominio de lo que se denomina Clima Templado Frío de montaña(ver Fig1).

Atendiendo a su ubicación los edificios escolares se encuentran en diferentes situaciones desde urbanas a inhóspitas y aisladas. En estas últimas, el frío del invierno se siente intensamente dada la altitud sobre el nivel del mar. Y las distancias

desde los hogares se tornan infinitas para muchos chicos que, en medio de la montaña, emprenden una verdadera aventura: la de aprender. El paisaje es imponente y los caminos de difícil tránsito. Los vehículos llegan sólo a las cabeceras de distritos. Para llegar a los puestos o a las escuelas, se deben recorrer caminos de montaña que cruzan cerros, quebradas y arroyos. Ir de un poblado a otro, acompañado por un baqueano, puede demandar cinco horas o más, caminando o a lomo de burro o mula.

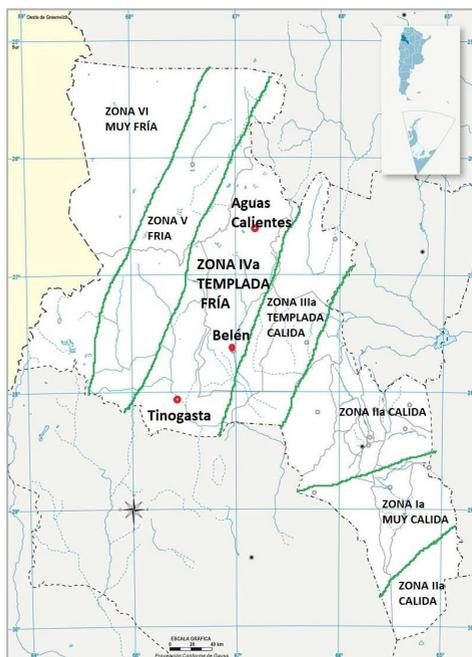


Figura 1: Mapa de zonas bioclimáticas de Catamarca

Para analizar los edificios escolares se utilizaron variables climáticas correspondientes a la ciudad de Tinogasta, suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional. Se tomaron los datos de esta localidad, ya que ésta pertenece a la zona a analizar y son los únicos que se encuentran registrados de manera completa.

La zona IV Templada Fríase ubica en una faja meridional paralela a la Zona III, ubicada en mayor altura de la Cordillera de los Andes y la región llana del centro y Sur del territorio, que alcanza la costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires y Río

Negro. Tiene como límite superior la isolinéa de 1170 grados día (coincidente con la isolinéa de 22.9°C de TEC), y como línea inferior la isolinéa de 1950 grados día. El período estival no es riguroso, con temperaturas máximas promedio que no superan los 30°C. Los inviernos son fríos, con valores medios entre 4°C y 8°C, y las mínimas medias alcanzan muchas veces valores inferiores a 0°C. Las tensiones de vapor, alcanzan en verano sus máximos valores, no superando los valores medios los 1333 Pa (10 mm Hg). Esta zona se subdivide en cuatro subzonas mediante las líneas de amplitud térmica 14°C y 18°C: Subzona IVa. de montaña, Subzona IVb. de máxima irradiancia, Subzona IVc. de transición y Subzona IVd. Marítima[2].

Es importante mencionar que en este trabajo de investigación se tuvieron en cuenta las condiciones microclimáticas prevalentes de cada localidad.

Caso de la Escuela Albergue N°163 Aguas Calientes, Departamento Belén.

Se trata de un edificio escolar inhóspito ubicado en un lugar de difícil accesibilidad. Distante a más de 170 Km de la cabecera departamental (Belén) (Latitud: 26°13'00.6"S , Longitud: 66°41'00.10"O) y a una altitud de 4259 msnm. La escuela es de período especial (Septiembre a Mayo) tiene jornada simple (8 a 12:30hs).

Mantiene un modelo arquitectónico inspirada en las tradiciones constructivas locales, que se ha



Figura 2: Vista de la escuela desde el patio interior

ido incorporando formalmente a la estética típica de la zona. De este modo cuenta con ocho octógonos que conforman una herradura generando un patio hacia el SE. El edificio se compone de ocho dormitorios, cada uno con su baño; comedor; cocina; tres aulas, una de ellas con baño y las otras con un depósito, todo esto conforma la parte cerrada del edificio. Se presentan mínimas aberturas. La cubierta es de forma piramidal de madera, barro y paja y los muros de adobe de 30 cm. Esta construida sobre un basamento de piedra de 80cm aproximadamente (ver fig. 2 y 3).

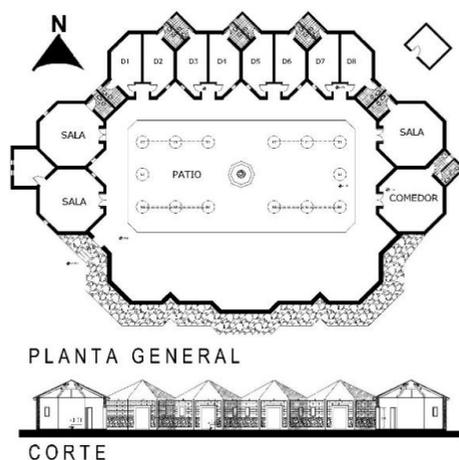


Figura 3: Planta general y corte de la escuela-albergue

Resultados

Estudios Térmicos

Transmitancia Térmica-Condensación:

La Norma IRAM 11605 [14] establece tres niveles diferentes, los cuales corresponden a condiciones de confort higrotérmico: Nivel A Recomendado, Nivel B Medio y Nivel C, Mínimo.

Para los tres niveles de confort se establecen valores máximos de transmitancia térmicas para dos condiciones: invierno y verano.

La Tabla 1 muestra los elementos constructivos (muro y cubierta) de la escuela estudiada, con los cálculos para la transmitancia térmica (K calculado) y verificación de igual forma se determina el riesgo de condensación superficial e intersticial de los mismos. Para ello se utilizaron los programas CEEMAKMP y CEEMACON [9].

Del análisis, se determina que los muros cumplen con los valores de K admisibles y presentan un adecuado comportamiento frente a la transmisión del calor.

Mientras que en los techos no verifican los requerimientos mínimos exigidos, incluidos también los referentes a la resistencia y vida útil. Lo que agrava esta situación es que estos cerramientos son utilizados en muchas intervenciones no solo en edificios escolares. Del estudio de condensación realizado se observa que ningún muro presenta problemas de condensación superficial e intersticial (debido al clima seco) Lo que es muy positivo para la durabilidad de los materiales. La cubierta se ubica dentro del riesgo, lo q deberemos tener en cuenta.

Tabla 1: Verificación del K y de riesgo de Condensación en las envolventes

ELEMENTOS		K					PRESENT A CONDEN.	
		K Cal	Verif. Kmini. Nivel C		Verif. K medio Nivel B		SUP	INT.
	MURO 1 1-Adobe (30cm) 2-Revoque Interior Completo a la cal (2.5cm)	V/I	V	I	V	I	SUP	INT.
		0.72	2	1.85	1.25	1	NO	NO
			SI	SI	SI	SI		

	CUBIERTA I	1.95	2	1.85	1.25	1	NO	NO
	1-Paja (5cm)							
	2-Suelo-cemento (3cm)							
	3-Barro (8cm)							
	4-Membranaasfáltica (4mm)							
5-Machimbre (1")								

Balance Térmico:

La Forma edilicia

El estudio de la forma se ha tenido en cuenta a través de cuantificar la extensión de la envolvente edilicia respecto de la superficie cubierta. Se puede optimizar utilizando el FAEP, Factor de Área Envolvente/Piso[12].

El sector de aulas de la Esc.Nº163 muestra un FAEP DE 2.74, es decir 2.74 de área de envolvente por cada m2 de área de piso, determinando una forma eficiente.

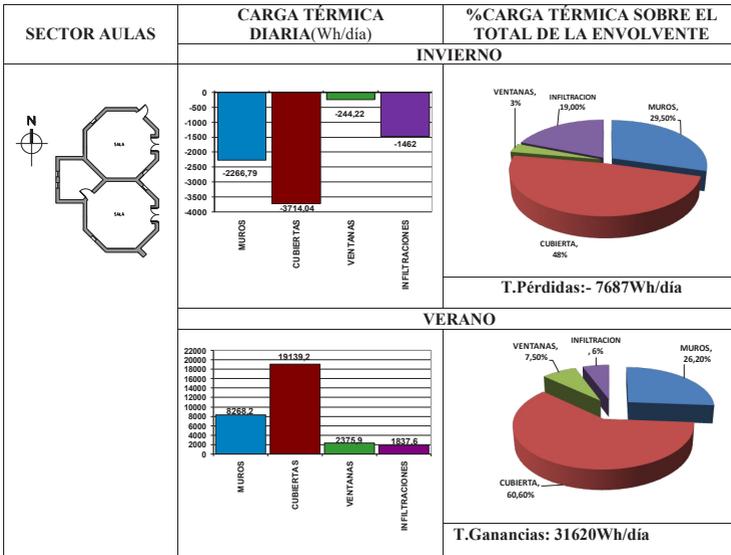
Comportamiento de Invierno-Verano

El análisis del balance térmico [12]de la envolvente se realizó a partir del cálculo de las cargas térmicas en los sectores más representativos.El método permite obtener, a partir de la introducción de los datos de la envolvente:

superficie, transmitancia térmica, los valores de cargas térmicas total y parcial de cada elemento de la envolvente, promedio diarias, tanto de las superficies opacas como de las transparentes. Para el cálculo no se tuvieron en cuenta las cargas internas generadas por los ocupantes y el equipamiento.

Del análisis de los datos del balance térmico realizado se puede observar en la tabla 2 que en los muros en invierno las pérdidas se muestran con un valor cerca del 30%, mientras que en verano se dan ganancias de un 26% .

Tabla 2: Estudios de la Carga térmica Q en el sector de aulas



En las cubiertas para la condición de invierno se dan los mayores valores de pérdidas de calor con más de un 45%. En verano, las ganancias de calor son significativas, arriba de un 60% lo cual, se debe básicamente a las condiciones térmicas del aire exterior.

En las ventanas se observa que la falta de protecciones solares determina importantes ganancias en verano y pérdidas de calor en invierno.

En cuanto a las Infiltraciones las pérdidas de calor en invierno son muy importantes, con un valor de más del 15%.

Del análisis de la carga térmica total se puede observar que en verano los mayores porcentajes de ganancia de calor corresponden a la cubierta, por lo que se evidencia la necesidad de un adecuado diseño de este elemento, para la situación climática analizada. Deberá tener alta resistencia al paso del calor.

Asoleamiento

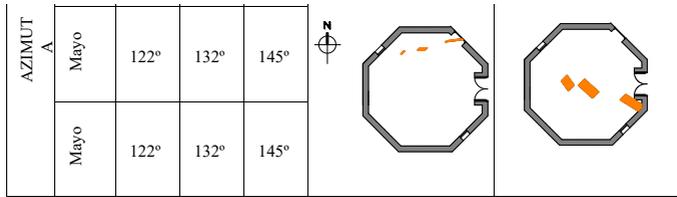
Se realizan análisis de asoleamiento y de iluminación natural de las aulas porque se considera que pueden aportar, en mayor o menor medida, en las decisiones de diseño más considerables sobre los resultados finales.

Para el estudio del asoleamiento de las aulas se utilizó distintos programas GEOSOL V.2.0 para Windows [10], con este se obtuvieron los valores numéricos del Angulo horario, altitud y azimut solares, para las 8-16hs, 9-15hs y 10-14hs. Utilizando estos datos se aplicó una gráfica auxiliar que se emplea para determinar el ingreso de sol en el interior de un local. Se define por dos ángulos: el ángulo de la altura solar (se representa en corte) y el ángulo de Azimut (se representa en planta). Debido a la orientación de las ventanas, se presentan diferentes situaciones de asoleamiento en las aulas analizadas.

En las aulas de la Escuela N°163 orientadas al Este ingresa la radiación solar por la mañana y al Oeste por la tarde, principalmente en invierno (ver tabla 3).

Tabla 3: Estudios de las superficies vidriadas frente al ingreso de radiación solar

LATITUD		8:00-16:00 HS	9:00-15:00 HS	10:00-14:00 HS	MANCHAS SOLARES	
					ENERO	MAYO
ALTURA H	Enero	35°	48°	62°		
	Mayo	16°	27°	36°		
	Enero	82°	88°	95°	PLANTA	PLANTA



Se deberá prestar especial atención a la ubicación y posición de los lugares de trabajo para que durante las horas de visión no sea disminuida por contrastes excesivos de luminancias producidas por la visión directa de la bóveda celeste, por obstrucciones visibles de alta luminancia, etc.

Deberá preverse la colocación de celosías, cortinados u otros elementos similares, cuando este inconveniente no pueda ser corregido por la disposición de los lugares y equipos de trabajo[15].

A sí mismo considerando el clima templado frío, se deberá aprovechar la radiación solar para lograr la calefacción pasiva del edificio.

Iluminación Natural

Evaluación de Niveles de Iluminación Natural

A fin de determinar las características físicas de los vidrios a utilizar en la envolvente exterior, como la transmisión de luz visible e impacto de la reflectividad de fachadas, se evaluó la distribución de los niveles de iluminación natural en el interior de las aulas. La estimación del porcentaje de Factor de Luz Diurna se realizó con mediciones con el software de simulación Daylight 4.1[13]. y se compararon los resultados con los valores mínimos establecidos por normas IRAM para aulas de escuelas[15]. En el Software se introducen los datos de dimensiones del local, coeficiente de reflexión de los elementos, altura del

plano de trabajo, ubicación y tamaño de ventanas, obstrucciones exteriores, entre otros. La Norma IRAM AADL J 20-04[15]. recomienda nivel de iluminación natural, indicado por el CLD, Coeficiente de Luz Diurna medio en aulas de enseñanza general, sobre el plano de trabajo, ya sea horizontal, vertical o inclinado de 2 %. Este valor se deberá cumplir aun en el lugar más desfavorable del local.

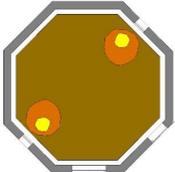
La simulación del Coeficiente de Luz Diurna CLD, para este caso de Transmisión de Luz Visible se aplicó a un aula con una pared exterior, colores interiores claros y buena calidad de mantenimiento y limpieza, en vidrios y superficies interiores. El análisis simuló una situación con transmisión de luz visible convencional de 68% (vidrio común de 4mm: 0.85%, marco de madera con paño de abrir: 0.80%).

En la Esc. Nº163 el aula analizada presenta en su totalidad los valores de CLD inferiores a los requeridos por la Norma, presenta malos niveles de iluminación natural menor a 1,5% los que pueden resultar inadecuadamente iluminados en días nublados.

Las aulas que presentan mayores valores de CLD, son aquellas que presentan mayor área vidriada. Y la mayor uniformidad se da en las aulas con iluminación natural bilateral.

Aunque el caso de la Esc. Nº163 presenta el mayor valor de uniformidad 0,22% (en relación a las otras escuelas analizadas) no cumple con todos los valores normados debido al escaso porcentaje de área vidriada sobre área de piso, solo 1.8%.

Tabla 4: resultados de simulaciones de coeficiente de luz diurna (CLD) en aulas

VALORES		SECTOR DE ANALISIS	RESULTADOS		
Reflectividad			Niveles de Contorno	Iluminación natural	CLD
Paredes	0.50	 <p>Transmisión de luz visible 68%</p>		Mínimo	0.07
Piso	0.20			Máximo	1.21
Techo	0.70			Promedio	0.20
Altura plano de trabajo	0.85			Min/Max	0.06
				Uniformidad mínimo	0.33

PROPUESTAS DE MEJORAS

Al analizar la Escuela N°163 de Aguas calientes, se puede decir que esta tipología se repite en numerosas escuelas de zona inhóspita, en éstas las posibilidades de acceso son muy complicadas y los vientos extremos, por lo que las construcciones tradicionales con tierra cruda, resultan más adecuadas para lograr un mayor grado de confort térmico con menor consumo energético.

En función de analizar distintas alternativas, se plantean modificaciones, principalmente en la cubierta que es el elemento que tenía problemas por posible riesgo de condensación.

Se advierte que el espesor de muro de adobe de 30cm tienen un K: 0.72 W/m²k, el cual verifica el K_{mínimo} y el K_{recomendado}, de la Norma IRAM 11605 [14] lo cual es favorable. En la cubierta lo más conveniente es incorporar a la última capa existente una aislación térmica de 7 cm. de espesor de polietileno expandido de 15 kg/m³ de densidad, luego como protección una capa de 3cm de H^o alivianado. Finalmente se vuelve a colocar la paja.

Las aberturas, si bien tienen un tamaño pequeño, es importante agregarle persianas exteriores para protegerlas de los vientos intensos.

Se sabe que la construcción en tierra cruda es económica y ambientalmente apropiada a las condiciones climáticas de la zona, debe tenerse siempre presente que la provincia de Catamarca pertenece a la Zona 2 moderada, considerada sísmica, por lo que deberán ajustarse a las normas y recomendaciones existentes para este tipo de material.

En el análisis del Balance Térmico, el estudio de la forma edilicia presenta un FAEP de 2.74 lo cual lo acerca a una forma eficiente.

Podemos observar que aplicando solo esta intervención, las pérdidas y ganancias se reducen a más de la mitad. En cuanto al asoleamiento y la iluminación natural, no se proponen mejoras dado que las aberturas se ven condicionadas por los fuertes vientos de la zona, por lo tanto, no se interviene en este caso. Para el caso de un edificio nuevo, habría que analizar la mejor opción entre la ganancia solar para calefacción e iluminación en invierno y las pérdidas por los vientos. Además considerar el espesor de vidriado apropiado para la presión del viento.

Conclusiones

El estudio de las condicionantes climáticas y de confort permite enumerar las pautas y estrategias de diseño aplicables durante el proceso de generación de la propuesta arquitectónica, pudiéndose verificar, a través de distintas simulaciones, físicas, gráficas o numéricas, la optimización de las mismas.

A pesar de las distintas fuentes consultadas no se contó con datos meteorológicos actualizados para la zona bioclimática IV, pero se puede decir que los datos utilizados sirvieron para

poder llevar a cabo el presente estudio, sin obstaculizar los resultados que se pretendieron abordar. Quizás en un futuro la actualización de datos puede llevar a obtener parámetros más exactos que permitan soluciones más correctas.

Contemplando los más de 100 edificios escolares presentes en la zona fría de montaña (que son representativas de la zona bioclimática IV en la provincia de Catamarca), se logró seleccionar cuatro que se consideran estratégicos ya que se encuentran en distintas situaciones desde urbanas a inhóspitas y aisladas, con diferentes tipologías, soluciones constructivas, orientaciones. En este análisis, podemos decir, que se tiene un mismo usuario durante todo el año.

Teniendo en consideración las diferentes situaciones en donde están insertas las escuelas, el diseño bioclimático no sólo estará sujeto a las variables climáticas directamente relacionadas con él, sino que se verá influenciado por condicionantes ajenas. Recuérdese que una edificación es una composición que involucra variables de diversa índole (económica, social, técnica, morfológica), las cuales se pueden articular de múltiples maneras. Por tal razón el diseño debe verse como un problema multicriterio, en el que el criterio climático es sólo uno entre otros.

Se puede afirmar que de los estudios realizados en el caso de la escuela albergue N°163 los resultados nos indican en su mayoría un inadecuado comportamiento higrotérmico, lumínico y de asoleamiento.

Del análisis de las diferentes envolventes, se determina que un gran porcentaje no cumplen con los valores de K admisibles y además presentan un inadecuado comportamiento frente a la transmisión del calor. Así también los riesgos de condensación superficial e intersticial se da principalmente en los

techos, mientras que un pequeño porcentaje de muros se ubica dentro del riesgo debido al clima seco. En algunos casos no se han respetado las Normas de acondicionamiento Térmico permitiendo el uso de materiales en los techos y muros que no verifican los requerimientos mínimos exigidos, incluidos también los referentes a la resistencia y vida útil. Lo que agrava esta situación es que estos cerramientos son los utilizados en las últimas intervenciones en los edificios de las escuelas.

En cuanto a las aberturas gran parte de ellas no presentan adecuados controles del ingreso de la radiación solar. En cuanto a las condiciones de iluminación natural se observa que ninguna de las aulas analizadas cumple con los valores normados en todos los lugares del local, al igual que los valores de uniformidad que son muy bajos.

Al realizar el cálculo del FAE se puede decir que la escuela N°163 mantiene una forma compacta que alcanza un buen nivel de FAE. Por lo tanto se aconsejan estos volúmenes que nos acercan a una forma eficiente desde el punto de vista de la conservación de energía permitiendo que estos edificios no resulten costosos en materiales utilizados en las envolventes (estructura, materiales aislantes térmicos y revestimientos).

Frente a estos resultados y considerando que gran parte de las alternativas tecnológicas de las envolventes estudiadas son muy difundidas en la zona de estudio y no cumplen con las normativas vigentes se plantearon mejoras para las escuelas analizadas que se consideran optimizan las condiciones de confort en las aulas para la situación climática, templado frío.

Para estas mejoras se tiene en cuenta las características físicas de las envolventes y su lugar de emplazamiento. Se trata de dar respuesta a las deficiencias de las mismas mediante adaptaciones en las características físicas y de diseño. Los resultados

obtenidos nos hablan de excelentes mejoras a pesar de las escasas intervenciones que se proponen.

El enriquecimiento de la envolvente con distintos elementos de protección, ganancia, acumulación y conservación de energía, contribuye al mejoramiento del comportamiento térmico de los edificios. Estas soluciones confieren flexibilidad y adaptabilidad a la piel del edificio otorgándole mayor control al usuario. Además el aporte a la imagen del edificio interesante desde el punto de vista netamente arquitectónico facilita la aceptación de dichas soluciones por parte de los usuarios.

Se considera que el planteamiento de unapropuestade mejoramiento para las envolventes en situaciones diferentes en clima templado frío resultan limitados para la diferentes realidades de los edificios escolares de esta zona. Quedan abiertas las posibilidades para nuevas soluciones de diseño que atiendan a las necesidadesrelevantes de este contexto para lograr una producción edilicia más eficiente desde el punto de vista de la habitabilidad y la eficiencia energética.

Mediante la recolección de información de las escuelas de una zona bioclimática de la provincia, y al realizar un estudio exhaustivo del clima, su entorno, acompañado de un análisis ambiental de los espacios, queda demostrado que los edificios escolares no cuenta con diseños básicos adaptados al ambiente en la que se emplazan.

Se considera que en este trabajo se generaron mejoras y propuestas que ayudarán al diseñador y le permitirán sentar las bases para marcar las pautas principales a la hora de proyectar o rehabilitar las escuelas de esa zona bioclimática.

Referencias Bibliográficas

[1]Filippín, C. (2005), Uso eficiente de la energía en edificios, La Pampa, Argentina. Ediciones Amerindia

[2]IRAM, Norma 11603 (1996), Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bio-ambiental de la República Argentina, Instituto Argentino de racionalización de materiales, Buenos Aires.

[3]MCEN. (1998), Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar. Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, Argentina.

[4]Gonzalo G.E., Nota V.M., (2015). Manual de Arquitectura Bioclimática. Buenos Aires, Argentina. Librería Técnica CP67. ISBN 950-43-9028-5.

[5]Collet E.L., Maristany A.R., Abadía L. (1995). Diseño Bioclimática de viviendas. Córdoba, Argentina. Ediciones EUDECOR SRL.

[6]Esteves A., Coach H, Ganem C. (2005). El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9, pp.49-54 . Argentina. ISSN 0329-5184

[7]Esteves A., Mercado V., Ganem C. (2006). Reciclaje solar de una vivienda en el centro-oeste de Argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 10 pp.37-42. Argentina. ISSN 0329-5184.

[8]Evans J.M., (2006), e-Clim Análisis de Clima y confort Centro de Clima y confort Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

[9]Gonzalo G.E., (2004). Programa para el cálculo de transmitancia térmica y verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial FAU-UNT, Tucumán.

[10]Hernández, A., (2003),Geosol: Una Herramienta Computacional Para el Cálculo de Coordenadas Solares y la Estimación de Irradiación Solar Horaria, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, Vol. 7 – N° 2, Sección 11, pp. 19 – 24.Argentina. ISSN: 0329-5184.

[11]Esteves A., Gelardi D., Oliva A.L. (1997). The Shape in Bioclimatic Architecture. II Teaching in Architecture Conference. Cap. 3, pp. 12-18. Florencia. Italia. Ed. Marco Sala.

[12]Esteves A., Gelardi D. (2003). Docencia en Arquitectura Sustentable: Programa de Optimización de Proyectos de Arquitectura Basado en el Balance Térmico. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7, N° 2, cap.10, pp. 31-34. Argentina.

[13]Day Light 4.1 (1991). Programa de simulación numérica y graficación de niveles de iluminación. Natural en interiores. Copyright AngliaPolytechnic.

[14]IRAM, Norma 11605 (1996), Valores máximos admisibles de transmitancia térmica aplicables a muros y techos de edificios de viviendas, para asegurar condiciones mínimas de habitabilidad. Instituto de Racionalización de Materiales, Buenos Aires.

[15]IRAM, Norma AADL J20-04 (1969), Iluminación natural en escuelas. Instituto de Racionalización de Materiales, Buenos Aires.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Quirina Segovia, José Segovia , Roly Segobia y Daniel Delfino por la información aportada del distrito de Laguna Blanca, cuya riqueza nutre este trabajo.