

# Prototipo rural de educación en Santiago del Estero, Argentina: análisis, mejoramiento, simulación, y etiquetado térmico-energético para su adecuación bioclimática

## Rural prototype of initial education in Santiago del Estero, Argentina: analysis, improvement, simulation and energetic thermal labeling for adequacy bioclimatic

GABRIELA GIULIANO\*

ITA, FCyTE, UNSE-CONICET, MinCyT; FAU-SCAIT, UNT  
cesper@unse.edu.ar

BEATRIZ GARZÓN\*

AAII, FAU-SCAIT, UNT; CONICET, MinCyT  
bgarzon@gmail.com

### Resumen

Este trabajo se propone: el análisis y mejoramiento térmico-energético del hábitat educativo de nivel inicial en Santiago del Estero, Argentina y su verificación según normas, con el objeto de alcanzar su adaptación al sitio mediante disposiciones y soluciones arquitectónicas con uso racional de la energía, logrando su adecuación bioclimática y contribuyendo de esta forma a optimizar las condiciones de confort y salubridad de sus usuarios.

A tal fin, se planteó un acuerdo de colaboración mutua de trabajo con la institución estatal pertinente, responsable de la producción de edificios escolares de dicha provincia. Los resultados alcanzados fueron:

- 1) Definición de condicionantes geográficas y climáticas;
- 2) Determinación de estrategias y pautas bioambientales;
- 3) Análisis del prototipo estatal: características tecnológicas de la envolvente y disposición arquitectónica;
- 4) Rediseño prototipo estatal, para su ajuste bioclimático;
- 5) Simulación térmica del prototipo estatal y mejorado;
- 6) Evaluación térmico-energética en comparación con valores normados;
- 7) Etiquetado de eficiencia energética de ambos prototipos;
- 8) Conclusión.

**PALABRAS CLAVE:** Prototipo rural de educación inicial, adecuación bioclimática-energética.



FECHA DE ENVÍO: 05-05-2015 | FECHA DE ACEPTACIÓN: 11-03-2016 | FECHA DE PUBLICACIÓN: JUNIO 2016

ÉSTA OBRA ESTÁ BAJO LICENCIA: LICENCIA CREATIVE COMMONS ATRIBUCIÓN-NO COMERCIAL-SIN DERIVAR 4.0 INTERNACIONAL

\* Gabriela Giuliano es Arquitecta, Becaria Doctoral CONICET- MinCyT; Investigadora de Proyecto FAU-SCAIT, UNT; Profesora en Educación Secundaria de la Modalidad Técnico Profesional en Concurrencia con el Título de base. gm.giuliano@gmail.com.

\* Beatriz Garzón es Arquitecta; Doctora en Ciencias en el Área de Energías Renovables; Especialista en Gerencia y Vinculación Tecnológica; Investigadora y Directora de Proyectos de FAU-SCAIT, UNT y CONICET, MinCyT; Docente-Investigadora Nivel II de MinCyT-MEN; y, Profesora Adjunta de la Cátedra de Acondicionamiento Ambiental II, IAA, FAU, UNT. bgarzon@gmail.com.

## Abstract

This paper proposed: the analysis and the energetic thermal improvement of initial level educational habitat in Santiago del Estero, Argentina, and the verification according to standards, in order to achieve the adaptation to the site through space dispositions and develop architectural solutions with rational use of the energy, achieving its bioclimatic adaptation; for contributing to the improvement conditions the comfort and health, of the users. To that end, it was proposed an agreement of mutual working cooperation with the relevant government institution, responsible for the production of school buildings in that province. The results obtained were: 1) Definition of geographical constraints and climate, 2) Determination of bioenvironmental strategy and guidelines, 3) Analysis of the state prototype technological characteristics and its architectural layout, 4) Redesign of state prototype for bioclimatic adjustment, 5) Thermal simulation of the state prototype and its improved, 6) Energetic thermal assessment and its comparison with regulated values, 7) Labeling of both prototypes, 8) Conclusion.

KEYWORDS: PROTOTYPE RURAL OF INITIAL EDUCATION, BIOCLIMATIC, ENERGETIC ADEQUACY.

## Introducción

Diversos grupos internacionales de investigación (Almeida et al., 2015) han evaluado la calidad ambiental: térmica, acústica y del aire interior en edificios escolares. A partir de allí, comprobaron que en condiciones de confort el rendimiento cognitivo de los estudiantes se incrementa. En nuestro país, se analizó el consumo de energía en instituciones escolares de distintas áreas geográficas-climáticas y las incidencias de mejoras tecnológicas (San Juan et al., 2000). En La Pampa se proyectaron y ejecutaron escuelas bioclimáticas, con control del comportamiento térmico-energético por monitoreos en distintas estaciones del año (Filippin et al., 2001). En Santiago del Estero, hasta el momento no se encontraron antecedentes de diseño de edificios escolares con eficiencia bioclimática y energética. Por lo tanto, el presente trabajo pretende realizar aportes en esta línea, proponiendo mejoras en las condiciones de confort térmico y ahorro energético en escuelas santiagueñas.

## Metodología

Se consideraron condicionantes geográficas y climáticas de la localidad, y determinaron estrategias generales y seleccionaron pautas particulares, para la zona bioambiental donde se ubica la escuela rural en estudio, de norma IRAM 11603:1996 "*Clasificación bioambiental de la República Argentina*".

Se efectuó el análisis arquitectónico y tecnológico del prototipo estatal y desde su situación, se proyectó su rediseño para su ajuste bioclimático. Fueron realizadas simulaciones térmicas y calculados valores de "K" de cerramientos comparándolos con los admisibles de la norma IRAM

11605:1996 de "*Valores máximos de transmitancia térmica*". Se obtuvieron valores de cargas térmicas de refrigeración " $Q_R$ "; y coeficientes volumétricos de refrigeración " $G_R$ " de los prototipos, y corroboró con valor de " $G_R$ " admisible de Norma IRAM 11.659 "*Ahorro de energía en refrigeración*". Se cotejaron valores de pérdidas de calor "G" con admisibles para prototipos y calcularon cargas térmicas de calefacción anual "Q", según norma IRAM 11.604:2001 de "*Ahorro de energía en calefacción*". Se completó la evaluación térmico-energética, con el etiquetado de ambas situaciones, como en norma IRAM 11900:2010 de "*Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios*".

## Objetivos

- Analizar la disposición y la envolvente arquitectónica, de un prototipo rural de jardín de infantes de producción estatal, en Santiago del Estero Argentina.
- Proponer una alternativa de rediseño del prototipo.
- Evaluar térmica-energéticamente: realizando simulaciones térmicas y etiquetados, del prototipo original y de su propuesta de mejoramiento, comparando resultados con valores normados.

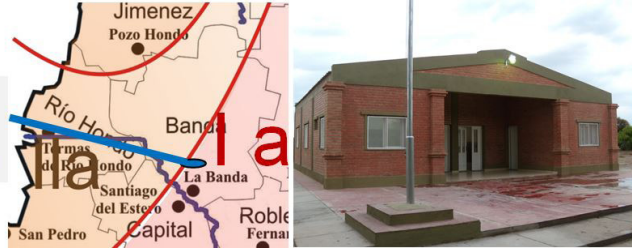
## 1. Definición de condicionantes geográficas y climáticas

El Jardín de Infantes estatal N° 214 "Charanguito", se ubica en la localidad de Sra. Pújio, a 13 km. al norte de la capital de la provincia de Santiago del Estero. Fue construido por la Dirección

**Figura 1: Santiago del Estero**



**Figura 2: Banda, Sra. Pújio, Fotografía Jardín N° 214**



Fuente: Elaboración propia (N. IRAM 11.603,1996:38) Fotografía tomada por el autor

General de Arquitectura de la provincia (D.G.A.) en el año 2010. En las figuras 1 y 2, puede apreciarse que esta localidad pertenece a la zona bioambiental “I a- Muy Cálida” según clasificación bioambiental de la República Argentina (Norma IRAM 11.603,1996:38).

El clima es “seco semiárido estepario” según clasificación de Köppen (Köppen, 1936). Con período estival muy cálido de altas temperaturas y lluvioso de octubre a marzo. En cambio la época invernal es seca, y registra temperaturas bajas (Tabla 1).

## 2. Determinación de estrategias y pautas bioambientales

Para determinar las estrategias bioambientales, se usaron los diagramas “Psicrométrico y Olgay” (Figuras 3 y 4). A partir de los datos climáticos mensuales de la localidad en análisis: valores de temperatura y humedad relativa, que corresponden a los valores medios máximos, medios mínimos y medios medios; se trazaron segmentos sobre ambos diagramas. De las

metodologías empleadas se obtuvieron y consideraron aquellas con mayor porcentajes en relación a su alejamiento de la zona de confort (Garzón, B; 2006).

Se observó en el diagrama de Olgay (Figura 3), que las estrategias de ventilación y calefacción para la época estival e invernal tienen porcentajes similares: de 42,2% y 40,9 % respectivamente y la zona de confort es sólo de un 16,9% aproximadamente. Esto demuestra que durante la mayor parte del año, se encuentran fuera de la zona de confort, siendo sumamente necesario adoptar estrategias generales y pautas particulares de diseño en el edificio, que permitan brindar confort interno con un mínimo costo de energías convencionales. De la lectura de la carta Psicométrica (Figura 4), los porcentajes más significativos son los de las estrategias de: calefacción solar pasiva con 51,8 %, ventilación natural 39,8 %, confort con 4,7 % y ventilación mecánica de 3,6 %. Comparativamente la importancia de los porcentajes de las estrategias que resultaron en ambos diagramas son similares en los dos casos y se encontró igualmente amplia zona de discomfort durante el año.

**Tabla 1: Datos geográficos**

ZONA BIOAMBIENTAL	ÁREA GEOGRÁFICA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
ZONA I a: MUY CÁLIDA Amplitud Térmica Mayor a 14 ° C	SRA. PÚJIO- BANDA SGO DEL ESTERO	27° 40' 50" S	64° 14' 52" O	182 m.s.n.m

Fuente Tabla 1: Elaboración propia

**Tabla 2: Datos climáticos de la zona**

DATOS CLIMÁTICOS					
VERANO (DICIEMBRE)			INVIERNO (JUNIO)		
(T. Mín. Med; HR Máx.)	(T Med; HR Med)	(T. Máx. Med; HR Mín)	(T. Mín. Med, HR Máx.)	(T Med; HR Med)	(T. Máx. Med- HR Mín. )
20,1º ; 74%	26,7º ; 64%	33,8º ; 51%	6,3 ºC ; 86%	12,3ºC ; 74%	19,7º C ; 62%

Fuente Tabla 2: Elaboración Propia y Servicio meteorológico Nacional (1992)

Figura 3: Diagrama de Olgay

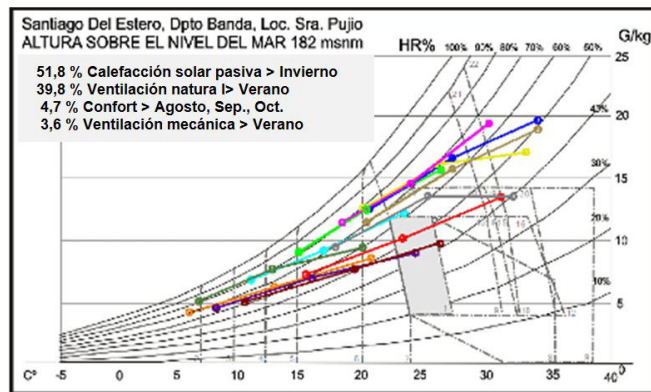
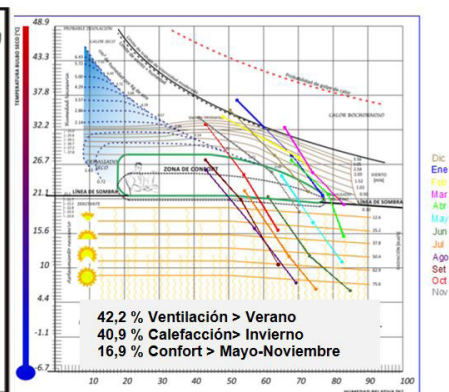


Figura 4: Diagrama Psicométrico



Fuente: Elaboración propia

Para el diseño bioclimático se consideraron las estrategias de mayor porcentaje:

- 1) Calefacción solar pasiva:** debe aplicarse en período de invierno, así el diseño del edificio debe favorecer la captación, acumulación y distribución del calor, con la finalidad de cubrir las necesidades de calefacción durante ésta época. En este caso, se eligieron las pautas bioclimáticas de “ganancia directa por ventanas y protección de aberturas” para ganar calor y controlar las pérdidas respectivamente.
- 2) Enfriamiento natural:** La ventilación natural es una estrategia para aplicar en periodo de verano y permite incrementar la sensación de confort al incidir sobre las personas, ya que facilita las pérdidas de calor por evaporación; asimismo, posibilita el enfriamiento estructural si se ventila el interior del edificio en las horas en la que la temperatura exterior ha descendido; este método pasivo debe estar acompañado con la minimización de las ganancias solares, a través de aberturas con adecuadas protecciones en

horarios diurnos y mediante ajustada selección de los materiales de la envolvente con baja conductividad térmica. La pauta seleccionada para este caso fue “ventilación cruzada”.

### 3. Análisis prototipo estatal

#### 3.1. Disposición arquitectónica

El edificio del jardín de infantes, se implantó en extremo noreste (N.E.) del terreno (Figura 5). Se aprecia un esquema central-compacto, con un eje de simetría donde los locales se distribuyen como espejo con idénticas dimensiones. Por ende, en cuanto al asoleamiento, la cantidad de superficie expuesta a las orientaciones Norte (N.) considerada “favorable” para el hemisferio Sur (S.), es similar a la superficie expuesta a las orientaciones consideradas “desfavorables” “Este (E.) – Oeste (O.)”. Los locales que se encuentran hacia el N. son: la cocina, el baño para adultos y la sala

Figura 5: Ubicación N.E. en el Terreno

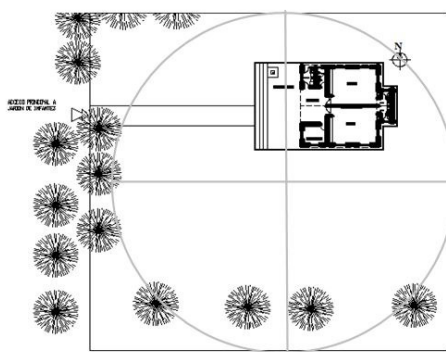
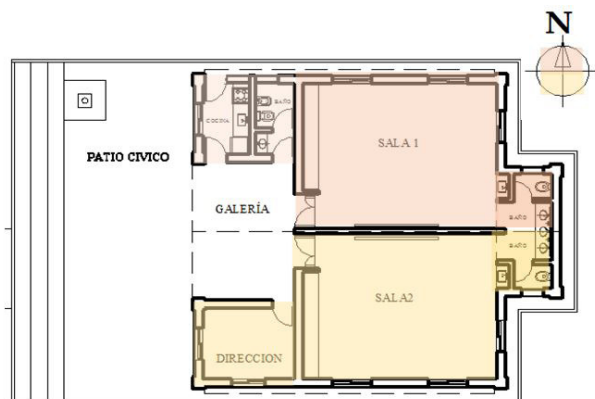


Figura 6: Planta de Arquitectura



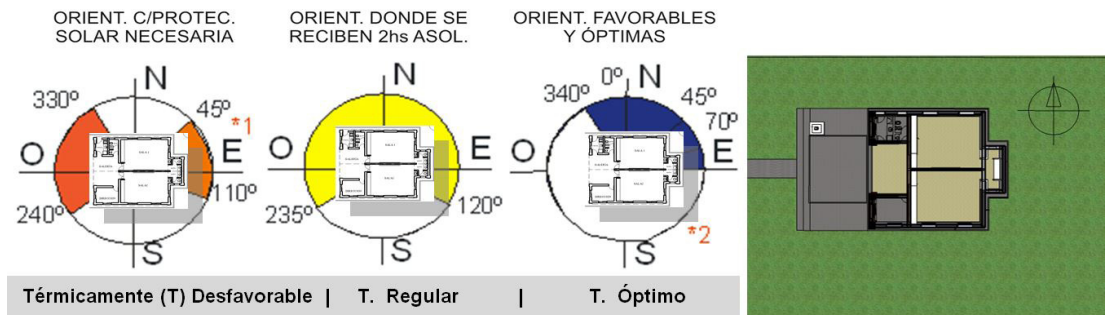
Fuentes: Elaboración propia y D.G.A. de Santiago del Estero

Figura 7: Corte transversal de Sala 1



Fuente: Elaboración propia y D.G.A. Santiago del Estero

Figura 8: Análisis comparativo de orientaciones para Zona I a – Planta Jardín Estatal



Fuente: Elaboración propia y Norma IRAM 11.603,1996: 44

nº1, con su correspondiente sanitario para niños. Los espacios orientados al S. son: la dirección y la sala nº 2 con su sanitario (Figura 6). Esta tipología de jardín corresponde a dos salas, más dirección y servicios, con superficie total de 140m<sup>2</sup>.

Se verificó, que sólo el 50% de la superficie total del jardín de infantes (Figuras 7 y 8) se encuentra en el cuadrante óptimo “NNO-N-NE” de orientaciones recomendadas por la norma (IRAM 11.603, 1996: 44). La situación crítica en relación al asoleamiento es el verano, y en el invierno hay que garantizar 2 horas mínimas de sol en locales principales. Los locales cuentan con protecciones anti vandálicas de seguridad, pero no con protecciones solares regulables, para controlar asoleamientos en horarios críticos: permitiendo el paso en el invierno y limitando en el periodo estival.

Se observó que existen árboles en perímetro de terreno, pero ninguno de ellos arroja sombra

sobre el volumen del jardín (Figura 5). Un sector semicubierto, en el acceso común a todos los ambientes, sombrea únicamente algunas paredes de ingreso a los locales de la orientación O (Figuras 6). La radiación incide directamente en las superficies verticales exteriores aumentando las ganancias térmicas al interior.

Con respecto a la ventilación, se analizaron que las aberturas de las aulas son bilaterales (existen también en frente lateral) pero no verifican ventilación cruzada de cuadrantes N.E.-S., en dirección a los vientos predominantes (Figura 9-10).

### 3.2. Características tecnológicas de la envolvente

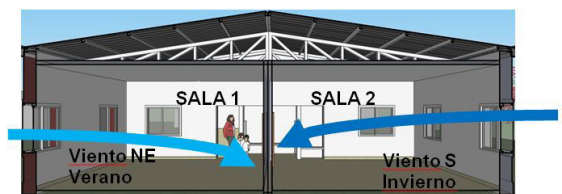
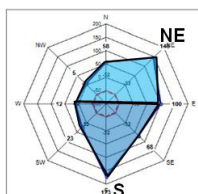
El prototipo estatal, fue construido mediante un sistema tradicional de cerramientos verticales exteriores de ladrillo macizo cerámico de 0,30

Figura 9: Dirección de Viento (km/ h)



Vientos Predominantes: NE (OCT- FEB)

Figura 10: Corte Transversal Salas 1 y 2

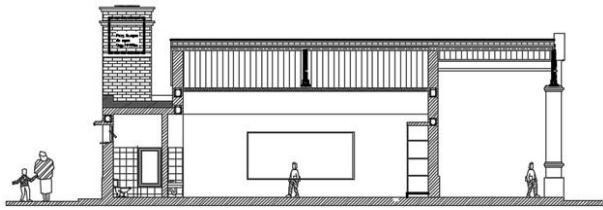


Ventilación Bilateral: NO Cruzada

Fuentes: Elaboración propia - Centro EIAA - FAU – UNT y D.G.A Sgo. del Estero



Figura 11: Corte Longitudinal del Prototipo



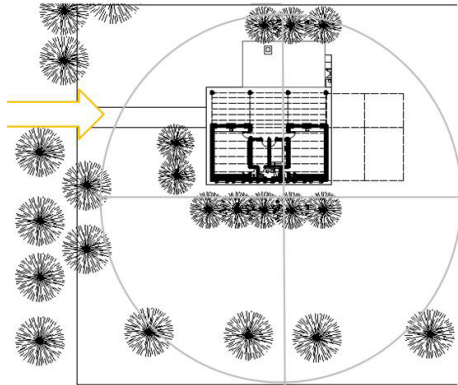
Fuente: D.G.A. de Santiago del Estero

Figura 12: Jardín N° 214



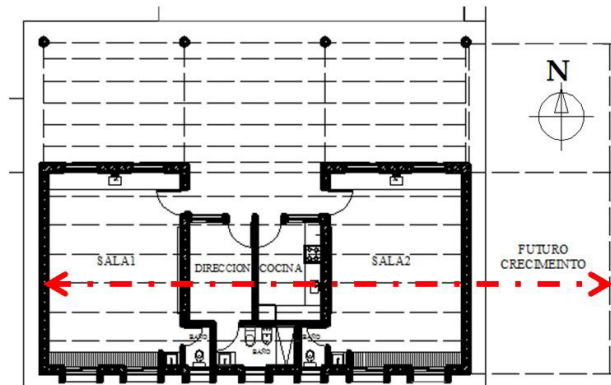
Fuente: Fotografía tomada por el autor

Figura 13: Planta de Ubicación al N.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Planta Prototipo Rediseñado



m. y 0,15 m. de espesor los tabiques interiores. Posee encadenados verticales y horizontales inferiores y superiores de hormigón armado ( $H^{\circ} A^{\circ}$ ) a la vista. Las aberturas poseen hojas corredizas de aluminio con vidrio laminado sin protecciones, con malla metálica de seguridad (anti-vandálica). La estructura de los techos es metálica y se resolvió con cabreadas y correas de perfil C. La cubierta de chapa trapezoidal de zinc, posee cámara de aire ventilada entre la cubierta y el cielorraso suspendido de placa de yeso- cartón con aislamiento térmico (Figuras 11-12).

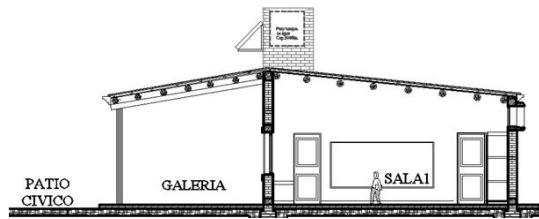
#### 4. Rediseño de prototipo estatal, para su ajuste bioclimático

En la propuesta de ajuste bioclimático del prototipo que se presenta a continuación (Figura 13 y 14), se modificó la configuración tipológica del prototipo estatal "central-compacto", que no permite crecimiento por ser un partido cerrado; a "lineal- compacto" que si admite futuras ampliaciones en cantidad de locales o aulas, que pueden ubicarse sobre el eje Este-Oeste (EO).

El prototipo rediseñado posee una superficie cubierta total de 130 m<sup>2</sup> (10 m<sup>2</sup> menos que

el estatal). Se planteó un acceso lateral a través de la galería de 35 m<sup>2</sup>, que permite conectar y proteger todos los ambientes orientados al N.S, en relación directa con el patio cívico. Todos los locales cuentan con orientaciones N.S, inclusive las salas-aulas, cuyas dimensiones se fijaron en 7 x 5 m. (35 m<sup>2</sup> cubiertos) y un módulo de 5 x 5 m. (25 m<sup>2</sup> cubiertos) para cocina, dirección, y núcleo sanitario para docentes con acceso desde el interior y baño de infantes con acceso interno desde cada sala. (Figura 14). El espacio exterior, se propuso tratar con vegetación diversa con uso climático y ornamental, demarcando el acceso y protegiendo la fachada oeste de la radiación solar. En cuanto a los materiales de la envolvente, se planteó la modificación en la composición de los cerramientos verticales exteriores, con paredes de ladrillo macizo de suelo cemento de 0,25 m. para exterior y 0,125 m. de espesor en tabiques interiores; con estructura sismo resistente de encadenados verticales y horizontales inferiores y superiores de  $H^{\circ} A^{\circ}$ . En cuanto a las aberturas de aluminio, se reemplazaron por madera con vidrio laminado y con protecciones de parasoles de  $H^{\circ} A^{\circ}$ , verticales al sur. En la estructura del techo se proyectó la modificación de las cabreadas metálicas por vigas principales de rollizo de madera y

Figura 15: Corte Transversal por Sala 1



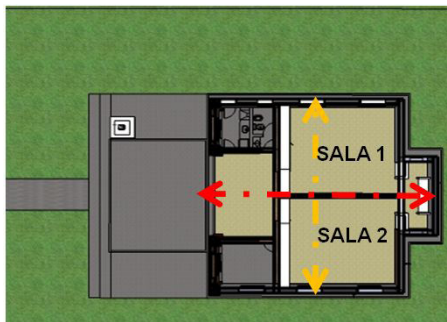
Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Modelo en 3D del Rediseño



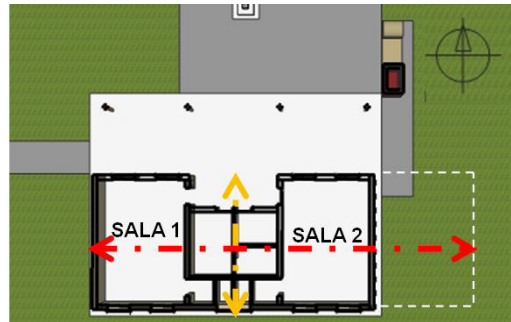
Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Tipología central- cerrada



Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Tipología lineal- abierta



Fuente: Elaboración propia

correas escuadradas. La cubierta se mantuvo en chapa trapezoidal de zinc y el cielorraso se resolvió de paneles de madera de 3/4" y aislamiento térmico de lana de vidrio 2" (Figuras 15 y 16).

#### 4.1. Ubicación, Forma y Orientación:

El prototipo estatal y su rediseño, se encuentran **situados** en similares condiciones de implantación del terreno, sector N.E. y N. respectivamente. **Formalmente** ambos son volúmenes compactos de 140 m<sup>2</sup> y 130 m<sup>2</sup> cada cual, con la diferencia que el primero es un partido cerrado y el prototipo mejorado tiene un partido abierto, es decir que se tuvo en cuenta la posibilidad de crecimiento por etapas. En cuanto a las **Orientaciones** el prototipo estatal, posee idéntica superficie expuesta tanto hacia orientaciones favorables

como desfavorables (Figuras 17-18); en cambio el jardín rediseñado tiene menor exposición a orientaciones desfavorable E.O; por coincidir su eje mayor con las mismas, ya que se buscó lograr una máxima exposición a orientaciones N.S. Para ello se planteó protección solar al Norte de galería, parasoles verticales en aberturas al Sur, muros ciegos al E.O y vegetación en todas las orientaciones (Figura 13).

#### 4.2. Ganancia directa por ventanas y protección de aberturas:

Como ya expresamos anteriormente, durante el invierno se puede calefaccionar el edificio en forma pasiva mediante ganancia directa, permitiendo que el sol ingrese al edificio a través de las aberturas. Durante las horas noctur-

Figura 19: Protección N. de Galería

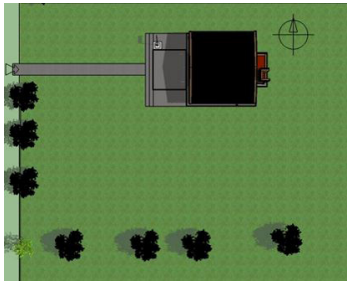


Fuente: DGA Santiago del Estero

Figura 20: Protección S. de Parasoles



Fuente: Elaboración propia

**Figura 21: Vegetación Ornamental**

Fuente: Elaboración propia

**Figura 22: Vegetación Bioclimática**

Fuente: Elaboración propia

**Figura 23: Ventilación jardín estatal**

Fuente: Elaboración propia

**Figura 24: Rediseño: V.C. y efecto chimenea**

Fuente: Elaboración propia

nas, la radiación acumulada durante el día es aprovechada debiéndose controlar pérdidas por superficies vidriadas (Figuras 19-20). En el verano es importante controlar las ganancias excesivas, para ello se diseñó en el prototipo mejorado una protección norte de galería y parasoles verticales al sur.

#### 4.3. Uso de la vegetación para sombra adosada:

Se planteó el uso de vegetación próxima al edificio; no sólo por su valor estético-visual sino para que arrojen sombra sobre los locales, por su valor bioclimático-térmico. Se recomendó plantar "arboledas" de especie preferentemente nativas, con hojas caducas para producir sombra en verano y permitir el ingreso de sol en invierno. (Figuras 21-22). Se debe tener en cuenta el tamaño de la copa del árbol adulto, al momento de plantarlo, controlando su distancia al edificio y que la especie no tenga raíces invasivas que pueda afectar a las instalaciones (enterradas) o alguna construcción como una caminería por ejemplo.

#### 4.4. Ventilación Cruzada (V.C.):

La renovación del aire interior se produce al permitir el ingreso del aire exterior con apertura de carpinterías. El prototipo estatal de jardín

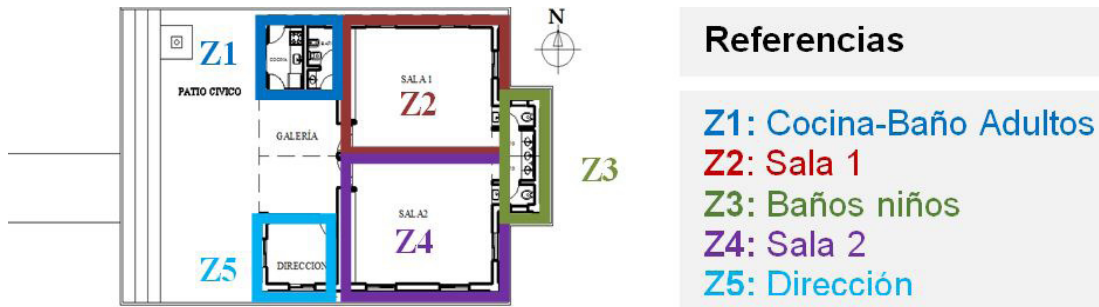
cuenta con aberturas bilaterales, sin embargo, la ventilación no es cruzada (vanos en muro de frente y lateral). Para poder potenciar la ventilación en prototipo rediseñado, se ubicó aberturas bilaterales: en frente N. y contrafrente S., coincidente con dirección de vientos predominantes. Además, la carpintería sur se proyectó más alta que la norte, de manera de generar cruce del aire reforzado por efecto chimenea, ya que el aire caliente interior es menos denso y tiende a subir. (Figuras 23-24).

### 5. Simulación térmica de locales de prototipos estatal y rediseñado

El programa utilizado para este cálculo, fue SIMEDIF desarrollado en INENCO-CONICET (Flores Larsen, S. Lesino G.; 2000). Fueron simulados ambos prototipos, con el objeto de conocer su situación térmica, en el período crítico de verano para un lapso de 10 días comprendido entre el 21 y el 31 de diciembre. Los resultados obtenidos, representan las temperaturas simuladas de locales interiores. Para el cálculo se utilizaron datos meteorológicos oficiales de temperatura máxima, media y mínima del mes de cálculo (Servicio Meteorológico Nacional, 1992) y el valor de radiación media diaria. La escuela estatal de nivel inicial (Figura 25), posee 5 locales que se tomaron cada cual como zonas isotérmica para su análisis:

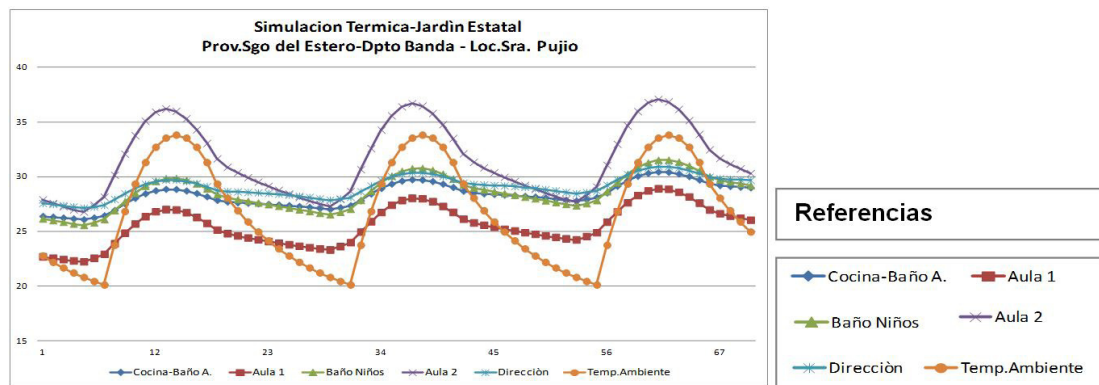


Figura 25: Zonas isotérmicas para SIMEDIF, de prototipo estatal



Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Comportamiento térmico de los locales del jardín estatal



Fuente: Elaboración propia y programa SIMEDIF

Los muros se simularon (Figura 26) como paredes ladrillo cerámico macizo de 0,30 m. de espesor y el techo como tabique cubierta de chapa, con un coeficiente de transmisión térmica ( $C=k/e$ , con  $k$  la conductividad térmica en  $W/m^{\circ}C$  y el  $e$ , el espesor en m) de  $0,81 W/m^2^{\circ}C$  y  $0,68 W/m^2^{\circ}C$ , respectivamente. Para los locales se adoptaron 2 renovaciones de aire por hora para verano, por infiltraciones de aire a temperatura exterior. Para las ventanas sin protecciones, se utilizaron valores de transmitancia térmica de 5,8 (día) y  $2,8 W/m^2^{\circ}C$  (noche). Se manejaron coeficientes convectivos interiores de 6 y  $8 W/m^2^{\circ}C$  (superficies no asoleadas y asoleadas, respectivamente) y coeficientes convectivos exteriores de  $10 W/m^2^{\circ}C$ .

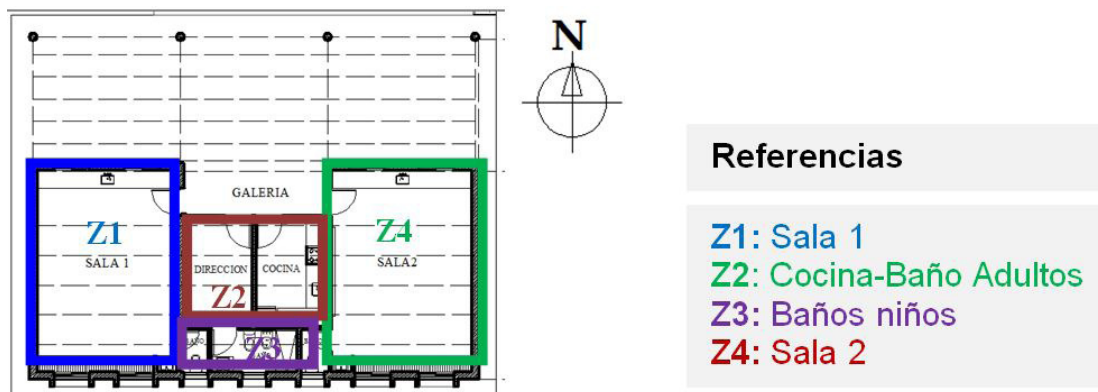
Durante las horas de sol en verano, las de mayor radiación coinciden con los mayores valores de temperaturas registradas en el ambiente exterior, una máxima de  $33,8^{\circ}C$  hacia el mediodía, medias de  $26,7^{\circ}C$  y mínimas de  $20,1^{\circ}C$ . Se observa que en general la mayoría de los locales presentan temperaturas medias internas, mayores a las del ambiente exterior. La cocina, el baño de adultos, de niños y la dirección poseen dife-

rencias de  $3,5^{\circ}C$ , aproximadamente (máx.:  $30^{\circ}C$  – mín.:  $26,5^{\circ}C$ ); temperaturas que son mayores a la temperatura de confort de ese período considerada en  $20^{\circ}C$ . El aula o sala 2 orientada hacia el sur, presenta amplitudes térmicas importantes mayores de  $10^{\circ}C$ , entre  $36^{\circ}C$  de temperatura máx. y  $26^{\circ}C$  de mínima, lo que genera disconfort a sus usuarios. El aula-sala 1, es la que mejor se comporta por su orientación N.E; la máxima temperatura simulada es de  $26^{\circ}C$  y mínima de  $22,5^{\circ}C$ , con amplitud térmica de  $3,5^{\circ}$ .

Para la simulación térmica de los locales del prototipo rediseñado (Figura 27), se simplificaron los 5 locales, en 4 zonas isotérmicas:

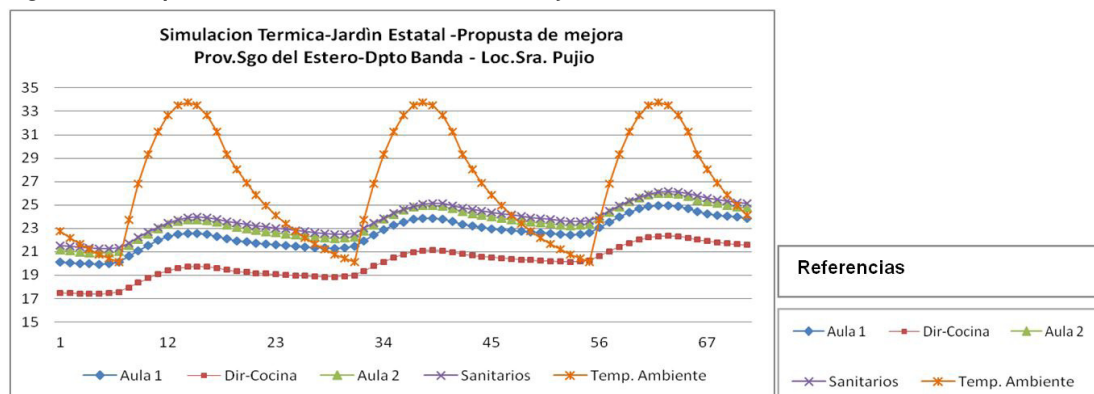
Se simularon (Figura 28), los muros como paredes ladrillo de suelo cemento de 0,25 m de espesor y el techo como tabique cubierta de chapa, con un coeficiente de transmisión térmica ( $C=k/e$ , con  $k$  la conductividad térmica en  $W/m^{\circ}C$  y  $e$ , el espesor en m) de  $0,85 W/m^2^{\circ}C$  y  $0,58 W/m^2^{\circ}C$ , respectivamente. En los locales, se eligieron 2 renovaciones de aire por hora para verano por infiltraciones de aire a temperatura exterior. En ventanas con protecciones, se manejaron valores de transmitancia térmica de 5,8

Figura 27: Zonas isotérmicas para SIMEDIF, de prototipo rediseñado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 28: Comportamiento térmico de los locales del jardín rediseñado



Fuente: Elaboración propia y programa SIMEDIF

(día) y  $2,8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  (noche). Se utilizaron coeficientes convectivos interiores de  $6$  y  $8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  (para superficies no asoleadas y asoleadas, respectivamente) y coeficientes convectivos exteriores de  $10 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

La temperatura del ambiente exterior registró una máxima de  $33,8 \text{ } ^\circ\text{C}$  al mediodía, medias de  $26,7 \text{ } ^\circ\text{C}$  y mínimas de  $20,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Se observó, que en general la mayoría de los locales presentaron temperaturas medias internas, menores a las del ambiente exterior. Las aula 1 y 2, con sus respectivos núcleos sanitarios, marcaron diferencias de temperaturas de  $3 \text{ } ^\circ\text{C}$  aproximadamente (máx. de  $25 \text{ } ^\circ\text{C}$  – mín. de  $22 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). La dirección es la que mejor se comportó, orientada sólo al norte con una temperatura mínima de  $19 \text{ } ^\circ\text{C}$ , entre  $21 \text{ } ^\circ\text{C}$  de temperatura máxima, media de  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ . En este último caso, la gráfica de la simulación del prototipo rediseñado fue analizada comparativamente con la simulación anterior del prototipo estatal, y se encontró que las temperaturas de los locales, se comportaron más estables y cerca de los  $20^\circ$  considerada de confort para los usuarios.

## 6. Evaluación térmica-energética en comparación con valores normados

### 6.1. Cálculo de valores de transmitancia térmica "K" de los cerramientos

Se calcularon valores de los cerramientos constructivos de pared y techo del prototipo estatal y del rediseñado, y luego fueron comparados los valores resultantes en cada caso con los máximos admisibles de transmitancia térmica para condiciones de verano de muros y techos, según norma (IRAM 11.605-1996: 8) que establece 3 niveles de condiciones de confort higrotérmico recomendados; A: Recomendado, B: Medio, C: Mínimo (Tabla 3).

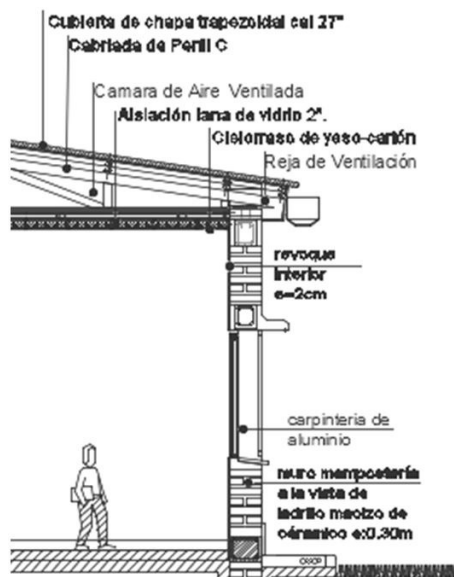
Los resultados para el techo y muros estatales son valores de "K", que verificaron en nivel mínimo "C" recomendado, mientras que en el rediseño se llegó a mejorar al nivel medio "B", en relación a los valores admisibles por la norma de referencia. (Figuras 29-30)

**Tabla 3: Comparativa de valores de “K” de los cerramientos estatal y del rediseñado**

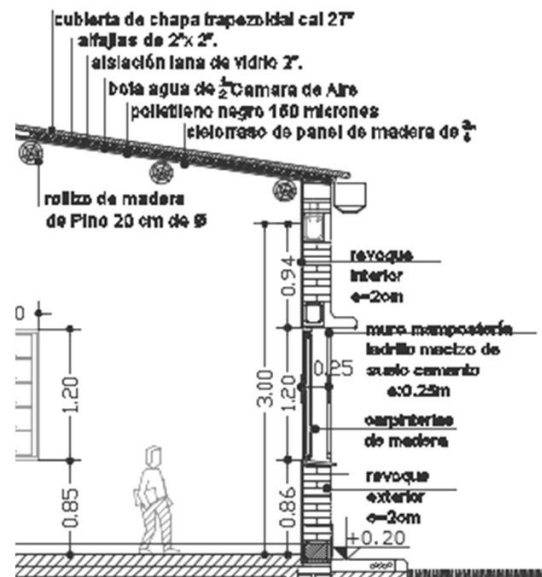
[TDMX 41.9 °C]	Transmitancia Térmica Calculada (W/ m <sup>2</sup> °C)	T.T. Verano Zona Bioclimática la (W/ m <sup>2</sup> °C) IRAM 11.605	CONCLUSIÓN
<b>Cerramiento Exterior</b>			
<b>Techo Original</b>	0,58	Nivel B= 0,45 - Nivel C= 0,72	<b>Verifica Nivel C</b>
<b>Techo Rediseño</b>	0,24	Nivel B= 0,45 - Nivel C= 0,72	<b>Verifica Nivel B</b>
<b>Muro Original</b>	1,78	Nivel B= 1,10 - Nivel C= 1,80	<b>Verifica Nivel C</b>
<b>Muro Rediseño</b>	1,03	Nivel B= 1,10 - Nivel C= 1,80	<b>Verifica Nivel B</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 29: Muro – Techo estatal: nivel C      Figura 30: Muro- Techo mejorado a nivel B**



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**6.2. Cálculo de  $G_R$  y  $Q_R$**

Mediante el programa “TRANS-Q-E” (Garzón, B.; Mendonca C., 2012) se calculó el coeficiente volumétrico de refrigeración ( $G_R$ ) y la carga térmica de refrigeración ( $Q_R$ ) analizando los dos prototipos nuevamente en forma comparativa. Donde la propuesta de rediseño presentó, una leve mejora en la reducción de la carga térmica (W).

Sin embargo, en ambos casos fue evidente la necesidad de utilizar sistemas activos de ventilación mecánica (Tabla 4); por no cumplir con el valor de  $G_R$  admisible estipulado por la norma (IRAM 11.659, 2004:14). Esto demuestra la rigurosidad climática estival y la verificación de la necesidad de aplicación de la estrategia determinada mediante carta Psicométrica: Ventilación Mecánica 3,6 % (Figura 4).

**Tabla 4:  $G_R$  del prototipo estatal en comparación con el rediseñado**

COEFI. VOL. DE REFRIGERACIÓN ESTATAL ( $G_R$ )		COEF. VOL. DE REFRIGERACIÓN REDISEÑADO ( $G_R$ )	
Carga térmica de refrigeración (W)	6161,2	Carga térmica de refrigeración (W)	4746,1
Volumen a refrigerar de Sala jardín estatal (m <sup>3</sup> )	37,5	Volumen a refrigerar de Sala jardín rediseñado (m <sup>3</sup> )	40,2
Coefficiente volumetrico de refrigeración $G_{R (W m^3)}$	164,3	Coefficiente vol.de refrigeración $G_{R (W m^3)}$	117,9
Coefficiente vol. adm. de refrigeración $G_{Radm (W m^3)}$	51,3	Coefficiente vol. adm. de refrigeración $G_{Radm (W m^3)}$	51,3
$G_R > G_{Radm}$	<b>No Verif.</b>	$G_R > G_{Radm}$	<b>No Verif.</b>

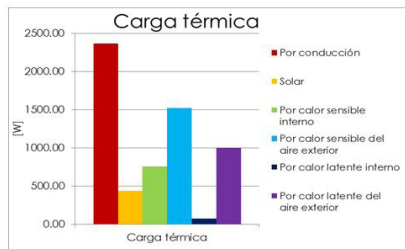
Fuente: Elaboración propia.

**Tablas 5:  $Q_R$  del Jardín Original en comparación con Rediseño**

Cargas térmicas Estatal	W	%	Cargas térmicas Rediseño	W	%
Por conducción ( $Q_c$ )	2364,63	38,3	Por conducción ( $Q_c$ )	1398,43	29,4
Solar ( $Q_s$ )	438,88	7,1	Solar ( $Q_s$ )	0,00	0,0
Por calor sensible interno	757,0	12,2	Por calor sensible interno	747,0	15,7
Por calor sensible del aire exterior	1521,6	24,7	Por calor sensible del aire exterior	1521,63	32,0
Por calor latente interno	75,0	1,2	Por calor latente interno	75,0	1,5
Por calor latente del aire exterior	1004,0	16,3	Por calor latente del aire exterior	1004,0	21,1
<b>Carga térmica total en R. (<math>Q_R</math>)</b>	<b>6161,2</b>	<b>100</b>	<b>Carga térmica total en R. (<math>Q_R</math>)</b>	<b>4746,14</b>	<b>100</b>

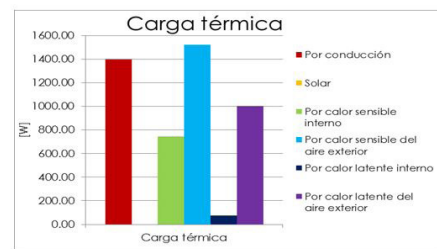
Fuente: Elaboración Propia y Programa "TRANS-Q-E"

**Figura 31:  $Q_R$  prototipo estatal**



Fuente: Elaboración propia y Programa "TRANS-Q-E"

**Figura 32:  $Q_R$  prototipo rediseñado**



Para disminuir la carga térmica de refrigeración ( $Q_R$ ), se propuso:

- 1) mejorar el nivel de aislamiento térmico de la envolvente, para disminuir ganancias por conducción;
- 2) ajustar las protecciones solares para disminuir ganancias por asoleamiento y
- 3) controlar el sistema de iluminación para reducir ganancias por calor sensible del interior (Tabla 5 - Figuras 31-32).

### 6.3. Coeficiente Volumétrico de Pérdida de Calor ( $G_{cal}$ )

La norma (IRAM 11.604-2001: 8) de *Aislación Térmica de Edificios*, permite evaluar los mismos con el objeto del ahorro energético en función del coeficiente volumétrico de pérdida de calor ( $G_{cal}$ ), que tiene en cuenta las pérdidas a través de ce-

rramientos opacos, contacto con el terreno y renovaciones de aire de locales. (Tabla 6)

Puede observarse en el resumen de la tabla, que los valores obtenidos del cálculo del prototipo estatal no verifican, mientras que en el rediseño se consiguió optimizar el coeficiente considerado, en relación al valor admisible por la norma de referencia.

## 7. Etiquetado de Eficiencia Energética

Mediante el programa de cálculo de etiquetado energético "EtiquEARq" (Garzón B.; Giuliano G. 2016), se determinó el nivel de eficiencia energética de las envolventes del prototipo estatal y del rediseñado, susceptibles de ser calefaccionados, según la transmitancia térmica de la envolvente, en relación a parámetros especificados

**Tabla 6: Valores comparativos de  $G_{cal}$  y  $G_{adm}$  de ambos prototipos**

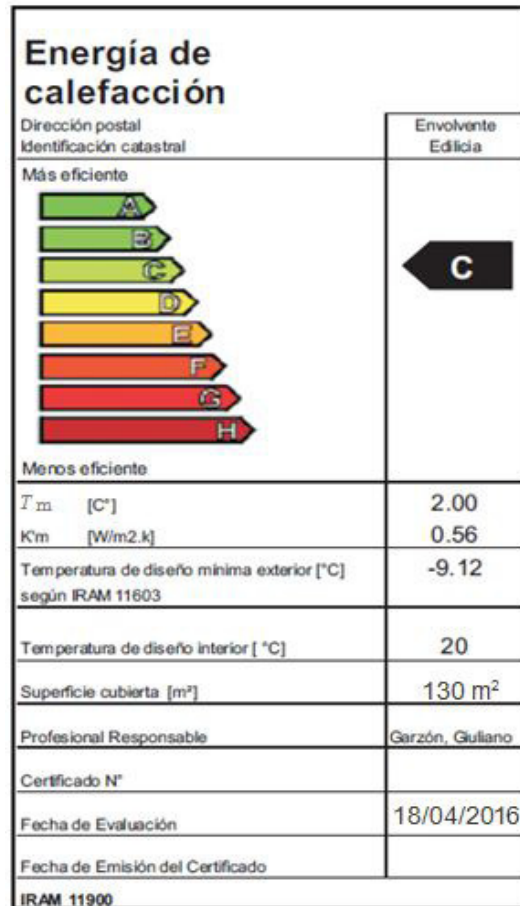
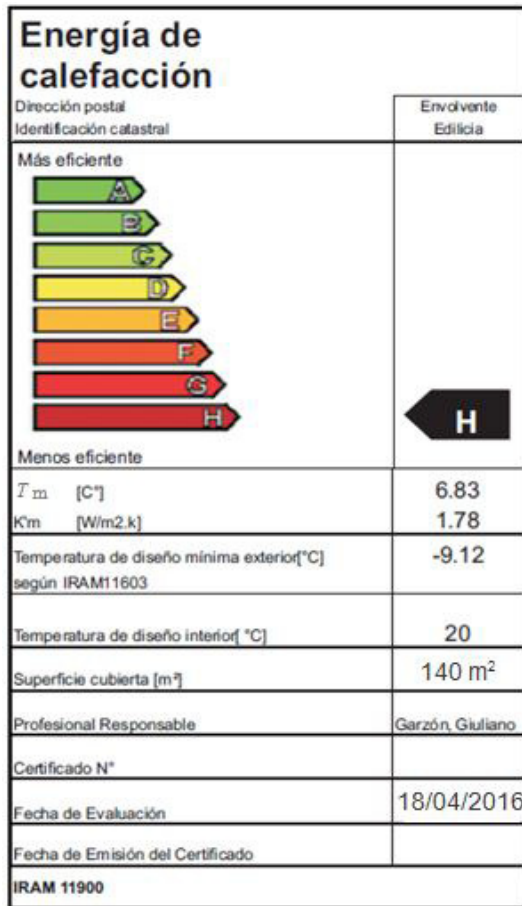
COEF. VOLUMETRIC DE PERDIDA DE CALOR ESTATAL ( $G_{cal}$ )		COEF. VOLUMETRIC DE PERDIDA DE CALOR DEL REDISEÑO ( $G_{cal}$ )	
$G = \text{Perd V. Transm} + \text{Cap Calorif} \times \text{Renov De Aire}$	W/ m <sup>3</sup> .k	$G = \text{Perd V. Transm} + \text{Cap Calorif} \times \text{Renov De Aire}$	W/ m <sup>3</sup> .k
$G_{cal} =$	2,4	$G_{cal} =$	1,8
$G_{adm}$ (IRAM 11.604)=	2,0	$G_{adm}$ (IRAM 11.604)=	2,0
$G_{cal} > G_{adm}$	No Verif	$G_{cal} < G_{adm}$	Si Verif

Fuente: Elaboración propia y Programa "TRANS-Q-E"



Figura 33: Etiquetado prototipo estatal

Figura 34: Etiquetado prototipo rediseñado



Fuente: Elaboración propia y Programa "EtiquEArq"

en norma (IRAM 11.900, 2010: 5). La misma establece como temperatura interior de diseño 20°C; especifica ocho clases de eficiencia energética, de acuerdo a la variación media ponderada de la temperatura ( $\zeta_m$ ), entre la superficie interior de la envoltente y la temperatura interior de diseño en grados Celsius. El prototipo estatal resultó clasificarse en clase "H", la de menor eficiencia; mientras que con el prototipo rediseñado se pudo mejorar su eficiencia hasta el tercer escalafón de clase "C" del grupo verde, de los de mayor u óptima eficiencia (Figuras 33 y 34).

## 8. Conclusión

Considerando las condiciones descriptas del prototipo estatal, se evidenció la necesidad de proponer alternativas de nuevas soluciones, que permitan mejorar el confort higrotérmico de los usuarios del edificio escolar: niños, docentes y padres pertenecientes a la comunidad educativa

de la localidad de Sr. Pújio, dpto. Banda de Santiago del Estero. Al definir las estrategias bioclimáticas a considerar para la zona Bioambiental "I a- Muy Cálida", se pudo seleccionar entre las pautas de diseño recomendadas por la norma (IRAM 11.603, 1996: 9), que se consideraron apropiadas para una producción del hábitat escolar con adecuación bioclimática del contexto; que mejor respondan a necesidades térmico-energéticas, de ventilación, tecnológicas, entre otras. Así, se propuso ajustar el plan de necesidades, rediseñar la forma, función y las disposiciones arquitectónicas y tecnológicas en general, que posibilite el uso racional de la energía; todo ello, con el objeto de lograr una adaptación apropiada al medio natural, social, económico, cultural de la zona en cuestión. Las pautas de diseño a nivel emplazamiento en el terreno, configuración morfológica y funcional, que se tuvieron en cuenta para la reformulación del prototipo dieron lugar a un partido compacto-lineal, que permitió: 1) el crecimiento a futuro y 2) que todos los locales

tengan las mismas posibilidades de asoleamiento, ventilación y protecciones. Se sombrearon las superficies verticales nortes, mediante el uso de galería; en cambio las superficies expuestas a las mayores cargas térmicas E y O se definieron ciegas y se trataron con vegetación de hojas caducas. A nivel de su resolución tecnológica, se planteó optimizar la elección de los materiales de las envolventes verticales y horizontales, de manera que la transmisión térmica (K) del nivel mín. admisible "C", se elevó al nivel medio "B", ambos establecidos por norma (IRAM 11.605, 1996: 8). Los nuevos cerramientos que se estudiaron a nivel de detalle constructivo, fueron conformados también con el fin de disminuir las pérdidas y ganancias de calor en las diferentes estaciones del año, permitiendo colaborar en el ahorro energético para calefacción y disminuir el uso de sistemas activos

para refrigeración; los mismos se verificaron mediante distintos métodos de cálculos de valores en comparación a los valores admisibles establecidos por distintas normas IRAM de "Aislamiento térmico de edificios". Se comprobó la mejora del comportamiento térmico de los locales del rediseño, mediante simulación térmica y finalmente se logró elevar el nivel de etiquetado de eficiencia energética desde de "H- mínimo a C- óptimo". Este trabajo permitió plasmar un conjunto de pautas bioclimáticas, que pueden aplicarse en un futuro a mejorar nuevos diseños de edificios escolares, reformas u ampliaciones en general y en particular del Jardín de Infantes N° 214 de Santiago del Estero. De este modo, el aporte contribuye al propósito de perfeccionar condiciones de confort en la habitabilidad y por consiguiente, de la calidad de vida en las comunidades escolares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Almeida R.; Freitas V.; Delgado J. (2015) *School Buildings Rehabilitations. Indoor Environmental Quality and Enclosure Optimization*. Springer. ISBN 978-3-319-15359-9.
- Filippín C.; Bescochea A.; Gorozurreta, J. (2001) *Comportamiento Higrotérmico y Energético de la Escuela Bioclimática de Catrillo en la Provincia de La Pampa*. AVERMA, 5. ISSN 0329-5184.
- Flah R. (2004) *Escuela Móvil en Ámbitos Rurales*. Nobuko. ISBN 9789871135806.
- Flores Larsen S. y Lesino G. *SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 4, 2, pp. 8.53-8.58. 2000.
- Garzón, B.; Mendonca C. (2012). *TRANS-Q-E: Programa calculador de transmitancia, cargas térmicas de calefacción y refrigeración y consumos energéticos, según Normas IRAM 11601:2002, 11605:1996; 11604:2001, 11659*.
- Garzón, B.; Giuliano G. (2015). *EtiquEArq: Programa de Cálculo del Etiquetado de Edificios. Determinación del Nivel de Eficiencia Energética de Calefacción según normas IRAM 11.900*.
- Köppen (1936) *Das geographische system der klimate*. Berlin Verlag von Grävuder Borntraeger, seite C13.
- Normas: IRAM 11603:1996. *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*.
- Norma IRAM 11601:2002. *Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo*.
- Norma IRAM 11605:1996. *Acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios*.
- Norma IRAM 11604:2001. *Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción*.
- Norma IRAM 11659. *Ahorro de energía en refrigeración*. IRAM 11900:2010. *Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Instituto Argentino de Normalización*.
- San Juan G.; Hoses S.; Gonzalez D.; Piñeyro J. (2000). *Evaluación Energética e Incidencia de Mejoras Tecnológicas en Tipologías Escolares Bonaerenses*. AVERMA, 4, (1). ISSN 0329-5184.
- Servicio Meteorológico Nacional (1992). *Estadísticas Climatológicas Período 1981- 1990*. Buenos Aires, Argentina

## AGRADECIMIENTOS

Al Arq. José Luis Ganem, director de la Dirección General de Arquitectura de Santiago del Estero, por permitir el acuerdo de trabajo colaborativo entre DGA-CONICET; y a los miembros del área de la Secretaría de Estudios y Proyectos, por poner a disposición la planimetría para el análisis de la escuela de nivel inicial.