

La arquitectura bio-climática aplicada a las escuelas. Experiencias en los colegios emblemáticos del Perú

The bio-climatic architecture applied to schools. Experiences in the flagship schools of Perú

Luis Espinoza Castillo*

Resumen:

La emergente economía del Perú se ha visto reflejada en la reconstrucción de colegios de gran envergadura, denominados “emblemáticos”. En el diseño de estos locales escolares, se ha aplicado el análisis bioclimático para lograr un diseño ecoeficiente. Se presenta la metodología seguida para tal fin, además una síntesis de cuatro casos que resumen la gran variedad de climas que tiene el Perú.

La cercanía a la Línea ecuatorial, la Cordillera de los Andes y la Corriente marina de Humboldt, favorecen la multiplicidad de paisajes y de amplitudes térmicas en el país; los climas extremos aunque están presentes, no representan la mayoría de casos, y aún así siempre se puede intervenir y mejorar una propuesta respecto a las construcciones convencionales.

Se presenta en esta investigación las recomendaciones necesarias para cuatro casos específicos, las cuales pueden replicarse en casos similares. El informe presenta una metodología (que se ha validado en esta investigación) que puede ser utilizada en otros casos.

Palabras clave: arquitectura bio-climáticas, :

Abstract:

The emerging economy of Perú is revealed in the process for remodeling major colleges, called “colegios emblemáticos”. In that process, it was applied bioclimatic analysis in order to get an ecoefficient design. This research presents the methodology and synthesises four cases that summarizes the diversity of climates of Perú.

Various factors, like the proximity to the equatorial line, the Cordillera of the Andes and the marine current of Humboldt favor the multiplicity of landscapes and thermal amplitudes in the country; although extreme climates are minimal, it is possible to intervene to improve a proposal related to conventional constructions.

This research presents the recommendations for four specific cases, that can be replicable under similar conditions. The methodology, validated in this research, can be applied in other instances

Keywords: bioclimatic architecture, Energy Plus, Autodesk Ecotect Analysis, Sun Tools.

* Arq. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes (UNI). E-mail: arquitecturasostenibleperu@gmail.com

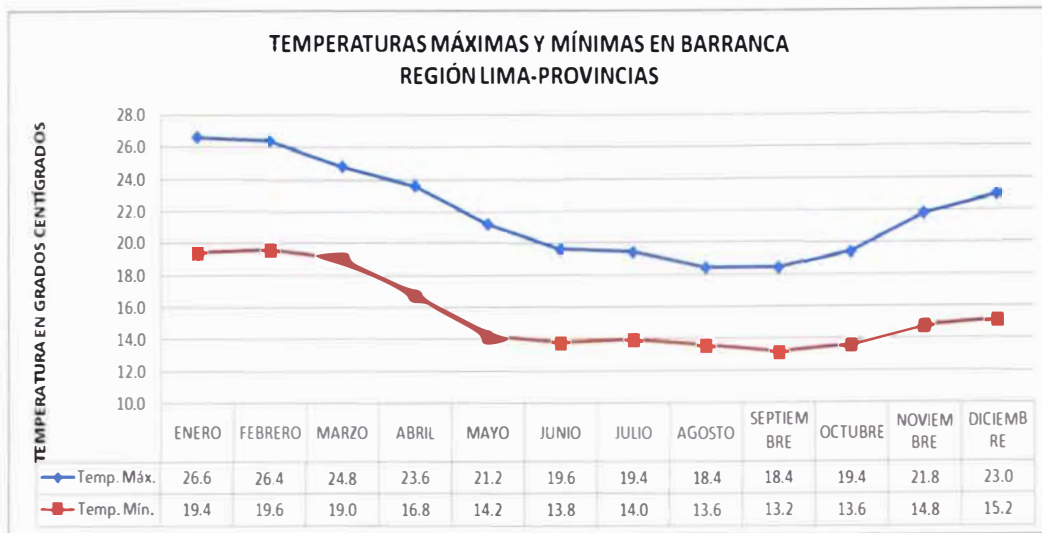


Fig. 1. Temperatura Max –Min (Barranca – Lima)

1. Introducción

La emergente economía del Perú en la última década, ha posibilitado la reconstrucción de los colegios emblemáticos, casi todos ellos construidos en la mitad del siglo pasado o centenarios, que cuentan con una extensión considerable en área y número de pabellones de uno a dos pisos, tal que en su época se denominaron “Grandes unidades escolares”⁽¹⁾. En este mismo periodo se publicó la “Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos” (Rayter, 2008), la cual muestra el interés del Ministerio de Educación en brindar directivas para hacer ecoeficientes los locales, partiendo del concepto del máximo confort térmico y cuidado del medio ambiente.

En este contexto se encomendaron los diseños de los locales escolares, comprometiendo a los proyectistas a contratar a un especialista en el análisis bioclimático (Ministerio de educación, 2009). Por ello, en este trabajo se presentan cuatro casos, los cuales reflejan la gran diversidad de climas en el Perú. Fueron elegidos tomando en consideración el aforo (capacidad de alumnado) y el clima.

El Perú debido a su ubicación en la Tierra (muy cercano a la línea ecuatorial y lejos de los trópicos), dispone de una cantidad relativamente homogénea de radiación solar todo el año, sin variaciones significativas en las estaciones; además su accidentada geografía marcada por la cordillera

de los Andes, la cercanía a grandes corrientes oceanográficas y condiciones de relieve con cambios abruptos, dan como resultado gran cantidad de climas, significando múltiples retos y probabilidades de diseño. Es preciso señalar que en las localidades con mayor altitud la radiación solar es mayor y por lo tanto altamente aprovechable.

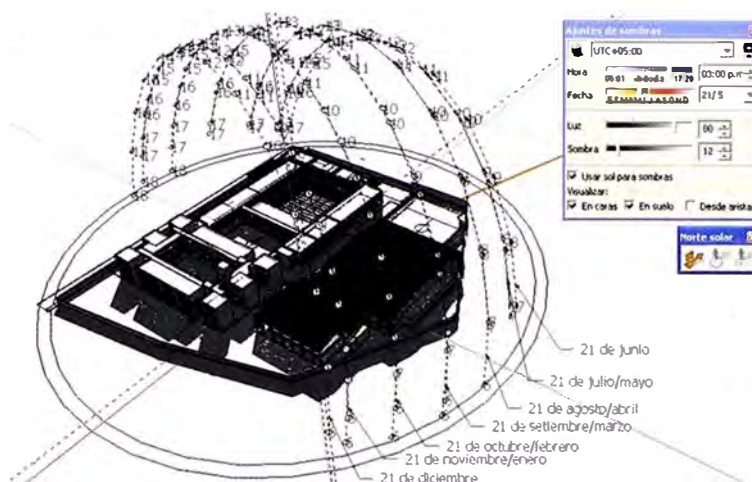
2. Metodología

Existen varias clasificaciones climáticas para el Perú, la mayoría de las cuáles partes de criterios agrícolas como la “evaporación potencial”, siendo las más utilizadas la clasificación de Thornthwite⁽²⁾ y Köpen⁽³⁾, sin embargo dos de ellas han sido adecuadas específicamente para las edificaciones: Rayter-Fuster-Zúñiga (2005)⁽⁴⁾, y Wieser (2010), agrupando localidades según características o estrategias bioclimáticas comunes respectivamente. Esta información fue usada en principio como referencia.

Se buscaron, previamente, datos referentes a la humedad relativa a partir de la relación entre la temperatura bulbo seca, húmeda y altitud para ciertos datos horarios de los trescientos sesenta y cinco días del año, en dos años como mínimo. Luego de ello se usaron las gráficas de Olgyay y Givoni-Milne Gonzalo (2003).

Luego, se buscaron en forma simultánea datos climatológicos para cada caso, completando dicha

Fig. 2. Escuela Ventura Ccalamaqui. Análisis de la radiación solar.
Se utilizó el programa Sketch Up®.



información con el “Atlas Solar del Perú” (MEM-DGER, 2013), con el nivel de radiación solar acumulada, información necesaria porque el uso de la radiación solar es necesario en lugares con gran fluctuación diaria de temperatura, así como para determinar la factibilidad del uso de colectores solares o paneles fotovoltaicos.

Con esta información procesada en las gráficas de Olgyay y Givoni-Milne, se obtuvo el tipo de clima y las estrategias bioclimáticas requeridas. Como consecuencia de los requerimientos de protección solar, se trabajó con el programa Sketch Up® a través del plug-in Sun Tools, para detectar la posición relativa del Sol y la incidencia de elementos de sombra.

Se han planteado cuatro casos que resumen en forma muy concreta los climas más importantes con particularidades específicas y potencialidades particulares.

3. Desarrollo

3.1 Estrategias bioclimáticas sugeridas

El análisis en el gráfico Givoni Milne Gonzalo, permitió observar lo siguiente:

1. Protección solar de ventanas.
2. Ganancia de calor interna.
3. Ganancia de calor pasiva a través de baja masa.

4. Ganancia de calor pasiva a través de alta masa.
5. Deshumedecer el área.
6. Calentamiento y humidificación por métodos convencionales.

La protección solar de ventanas, implica evitar el ingreso de la radiación entre las 9:00 y 15:00 horas. Se analizaron las sombras propias entre los edificios y las producidas por la topografía y vegetación, y complementadas con elementos exteriores que sean necesarios. El período del año dependerá de las condiciones del clima, por eso son especificadas según el caso.

La ganancia de calor interna, representa las fuentes de calor al interior del edificio incluyendo personas, estufas, focos y prácticamente todos los aparatos que consumen energía. Una persona desarrollando actividades ligeras puede añadir unos 120W de energía calorífica al espacio, mientras que una televisión puede agregar más de 30W, dependiendo de su tamaño. Los alumnos son una fuente de calor, aportando también humedad absoluta y relativa, la cual deberá ser retirada con ventilación.

La ganancia de calor pasiva a través de baja y alta masa se logra con cerramientos perimetrales ligeros y pesados respectivamente; en la primera para permitir que la onda térmica no se amortigüe demasiado e ingrese después de determinado tiempo, y en la segunda un lapso mayor. Para que sea

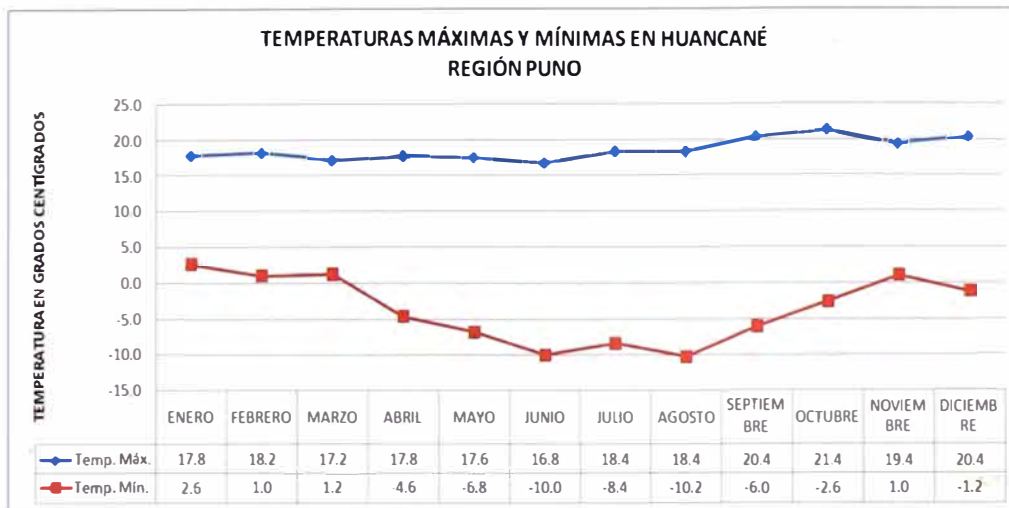


Fig. 3. Temperatura Max -Min (Huancané - Puno)

más útil, debería ser tratado como un muro trombe. Las estrategias bioclimáticas que se pueden deducir ben de ser asumidas con cautela, ya que gráfico de estrategias bioclimáticas, al margen del autor, parten de la premisa que se dispone de radiación solar todo el año, lo cual puede que no sea exacto en todos los casos ya que la recomendación para verano debe ser evitar la ganancia y en invierno capturarla.

98

La deshumidificación del área, implica equipamiento, lo cual no es posible en esta tipología de escuelas. En algunos casos del litoral, la cercanía al mar, nubosidad y carencia de radiación solar originan que el invierno tenga una humedad que alcanza el 100%, más aún por la concentración de la población escolar que aumenta la humedad absoluta con la respiración y evapotranspiración.

El calentamiento y humidificación por métodos convencionales es usado cuando las temperaturas descienden por debajo de 3° C., el aumento de calor sensible, se sentirá como una molestia en el tracto respiratorio, por eso es necesario también la humidificación del ambiente.

3.2 Análisis por casos

3.2.1 Caso 1: Colegio Ventura Ccalamaqui

Se ubica en la latitud: 10°45'8.2" S y longitud: 77°45'24" O, altura de 103 msnm, a 1200 m de la costa en Barranca. El clima es moderado y húmedo, con amplitud térmica baja. El invierno es muy

nuboso con escasa radiación solar y temperatura invernal media de 15° C. El verano es el caso inverso, sin embargo la temperatura no suele alcanzar los 30° C, mientras que la media del año es cercana a los 20° C. En este caso específico se validó la data del Aeropuerto Jorge Chávez, y se utilizó el programa Climate Consultant 5.3, debido que esta información se encuentran a detalle y en formato *.epw, por ello se procedió a analizarla bajo esta metodología. En la figura 1 se presenta la temperatura máxima y mínima en Barranca.

Las estrategias bioclimáticas sugeridas, fueron las siguientes:

- Protección solar de ventanas.
- Ganancia de calor interna.
- Ganancia de calor pasiva a través de baja masa.
- Ganancia de calor pasiva a través de alta masa.
- Deshumedecer el área.

En los pabellones con fachadas nor-este y sur-oeste, se proponen ventanas con parasoles verticales, para reducir el ingreso de radiación solar, más no el ingreso de luz natural. En algunos casos estas fachadas tienen corredores, cumpliendo la función de aleros que impiden la incidencia de los rayos solares en las aulas. Asimismo, para el primer nivel se planteó vegetación cercana a la edificación para controlar la energía solar que ingresa por estos puntos.

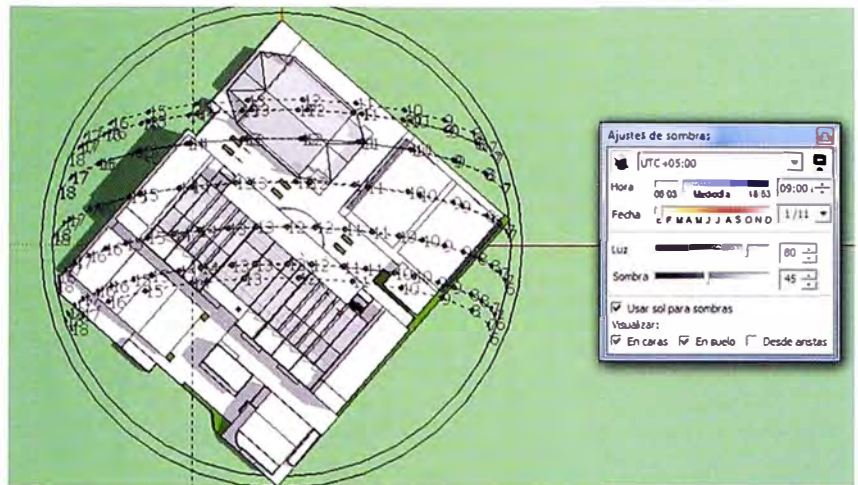


Fig. 4. Escuela Nacional de Varones N° 910
Patio con material translúcido para efecto invernadero

Las losas y superficies horizontales requieren un aislamiento considerable a fin de evitar la ganancia de calor en verano, dado que las condiciones de temperatura y la latitud del lugar relativamente cercana al Ecuador, motivan un aporte que desmejora las condiciones de los ambientes adyacentes.

En invierno el litoral es muy nuboso y con radiación solar netamente difusa y temperaturas mínimas promedio de hasta 13°, razón por la cual no se utilizó ninguna estrategia en invierno, excepto por la ganancia de calor interna a través de los alumnos, lo cual era intrínseco al uso. La deshumidificación no fue posible por las limitaciones en el uso de equipamiento complementario (ver Fig. 2).

3.2.2 Caso 2: Colegio nacional de varones N° 910

Se ubica en la latitud: 15°11'54.65"S y longitud: 69°45'42.69"O, altura de 3824 msnm, a menos de 6 Km del Lago Titicaca. El clima es frío y seco todo el año, con amplitud térmica media y alta. La diferencia de temperatura diaria durante todo el año puede llegar a más de 20° C, lo cual sugiere aumentar el aislamiento en los cerramientos y buscar la ganancia térmica. La temperatura mínima promedio puede llegar a -10° C, por eso los niños pequeños presentan afecciones respiratorias recurrentes, más aún porque la temperatura mínima absoluta puede llegar algunos grados por debajo de este punto (ver Fig. 3). La humedad relativa solamente aumenta en los tres meses lluviosos (diciembre a

marzo) cayendo notoriamente el resto del año. La radiación en esta región es muy intensa por la altitud y hay que aprovecharla para lograr un aumento en el confort. A diferencia de otras localidades del litoral, la penetración solar es necesaria por las bajas temperaturas casi todo el año, por ello se recomendó el uso de cristal doble con elementos de sombra interior, para evitar el deslumbramiento. En algunos casos que no era posible, se recomendó el uso de micas tipo reflectante en los cristales, para disminuir el paso de las ondas ultravioletas.

Las estrategias bioclimáticas sugeridas, fueron las siguientes:

- Ganancia de calor interna.
- Ganancia de calor pasiva a través de baja masa.
- Calentamiento y humidificación por métodos convencionales

En el caso de las dos últimas se recomendó aumentar el aislamiento en los cerramientos perimetrales y agrupar las edificaciones teniendo como eje articulador un patio con elementos traslúcidos donde se alcancen temperaturas de hasta 18°C por el efecto invernadero. Cuando la ganancia por efecto invernadero llegue a ser muy alta, se abrirán unas ventanas superiores a manera de purga del sistema para disminuir la temperatura.

En el caso de los cerramientos verticales se utilizó ladrillo convencional de arcilla cocida, enlucido con

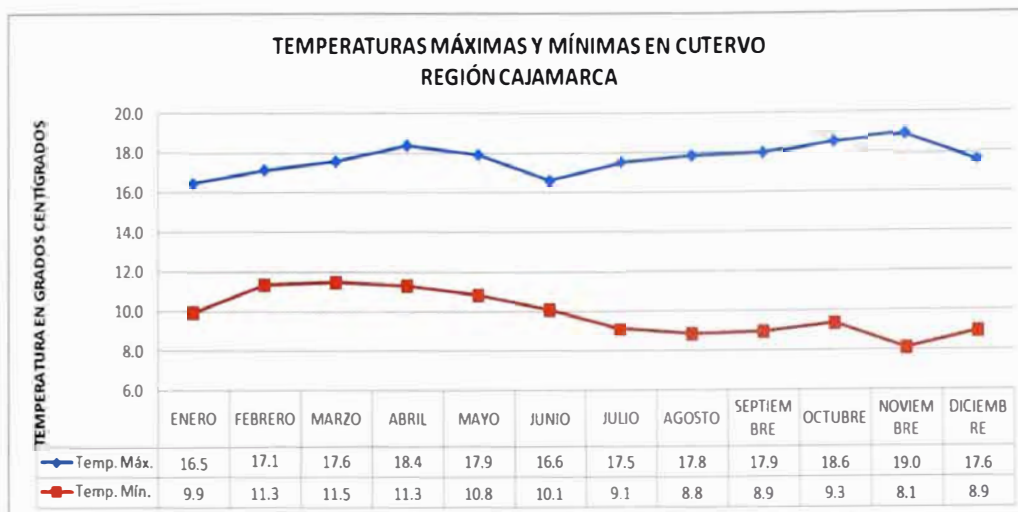


Fig.5. Temperatura Max -Min (Cutervo - Cajamarca)

una mezcla de arena y concreto, dispuesto en forma longitudinal, y sobre éste una plancha de lana de vidrio de 1" y 48 Kg/m³, con un acabado interior de madera de 1". Antes de éste último, se sugirió una lámina de 0.005 mm de caucho como barrera de vapor para evitar la condensación intersticial, debido a la gradiente de temperatura y humedad generada en la respiración de los ocupantes de las aulas.

100

Se alcanza la temperatura mínima en las horas que no hay clases, planteándose agregar aislamiento a los muros, evitando la transferencia de temperatura. Por eso no se recomendó el uso de calefacción convencional, puesto que las temperaturas descienden por debajo de 3° C, durante las madrugadas y hasta el amanecer. Cuando las temperaturas son muy bajas los alumnos no asisten a clases (ver Fig. 4).

3.2.3 Caso 3: Colegio Nuestra Señora de la Asunción

Se ubica en la latitud: 6°22'45"S y longitud: 78°48'49"O, altura de 2634.95 msnm. El clima de Cutervo es templado, moderadamente lluvioso y oceánico. Esto último caracteriza las bajas fluctuaciones de temperatura, mas no su relación geográfica con el mar, ya que se encuentra muy lejos de este lugar. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1963-1980) es 17.9°C y 9.4°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1963-1980 es 885.1 mm. La diferencia de temperatura media diaria se

encuentra entre los 8° y hasta 15° C, para los meses con precipitaciones y sin ellas, respectivamente. En ningún momento del año se alcanza el confort. Sin embargo es una fluctuación de temperatura muy pequeña para la altitud. Aunque todo el año se siente frío, la temperatura mínima absoluta no llega a ser inferior a los 4° C ni la máxima superior a los 22° C.

La radiación solar puede llegar a ser intensa cuando no hay lluvias, sin embargo en Cutervo la nubosidad es predominante casi todo el año, por encontrarse cercana a la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, que separa el área selvática de la andina (ver Fig. 5). Las estrategias bioclimáticas para este lugar son idénticas al caso 3, excepto por el último punto, ya que no se requiere calefacción adicional.

Es necesario que se considere aislamiento en: el piso, techo y muros. En el último nivel, se requiere colocar un falso cielo raso, y aunque el clima es nublado, se aconseja colocar elementos de captación solar, por esa sugerencia las aulas tendrían ventanas de doble cristal, así se mantendrían las condiciones térmicas interiores. Así mismo se aconseja no colocar parasoles ni aleros exteriores por la mínima radiación directa y las bajas temperaturas. Las ventanas de las edificaciones se orientan al Este y Oeste por lo que se deben colocar cortinas para controlar el deslumbramiento cuando sea necesario (ver Fig. 6).

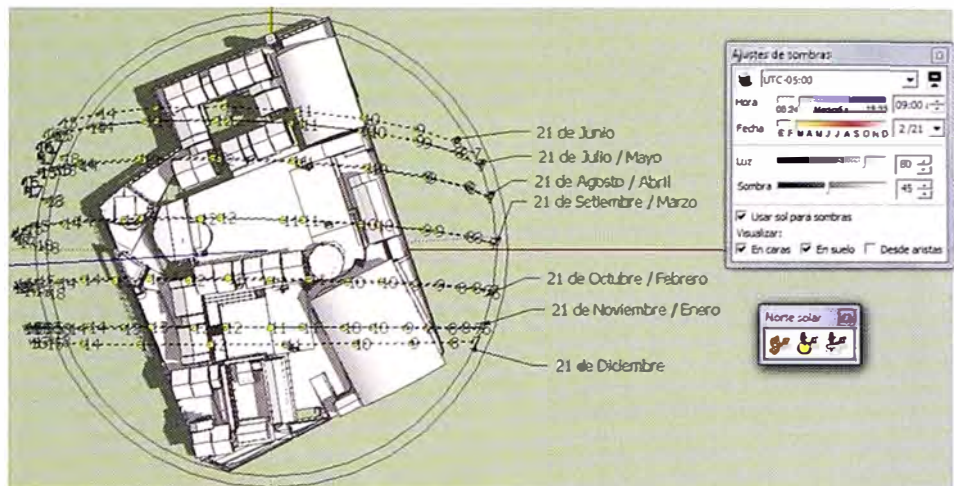


Fig. 6. Escuela Nuestra Señora de la Asunción

3.2.4 Caso 4: Colegio Manuel Mesones Muro

Se ubica en la latitud: $5^{\circ}38'14.3''S$ y longitud: $78^{\circ}32'2.9''O$, altura de 495 msnm. El clima de Bagua es muy cálido, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada, aproximadamente de $10^{\circ} C$. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1966-1980 es 674.0 mm. La temperatura máxima promedio es alta, bordeando los $34^{\circ} C$ y llegando hasta los $38^{\circ} C$, lo cual da como consecuencia que se requiera ventilación natural y mecánica en algunos momentos extremos del año. Es necesario precisar que cuando la temperatura supera los $38^{\circ}C$ se requiere de más 6 m/s para hallar confort, lo cual es imposible para fines reales (ver Fig. 7).

Las estrategias bioclimáticas sugeridas, fueron las siguientes:

- Ventilación natural.
- Ventilación mecánica.
- Deshumidificación.

En esta localidad se alcanza la máxima temperatura hacia el mediodía; por ello se ha prescindido de los cristales en las ventanas, ya que esto implicaría una ganancia de calor adicional. No es posible tener áreas con cristales en los vanos a menos que se proyecte un sistema de climatización artificial, lo que no es usual. Se deben de utilizar elementos de sombra para

los vanos todo el año, sin embargo éstos deberán estar planteados para entrar en servicio entre las 9:00 am y 3:00 pm, dado que fuera de éstas horas el Sol forma un ángulo agudo, siendo muy difícil la protección.

La radiación solar en esta región no es tan alta como en otros, sin embargo debe evitarse cualquier tipo de ganancia de calor. No se recomendó el uso de elementos pesados de alta inercia térmica en los cerramientos porque la temperatura es alta todo el día, además el fin es lograr la pérdida de calor por convección y la menor cantidad de elementos opacos.

La ventilación natural se encuentra limitada en la selva, debido a que no es común el movimiento del aire a gran velocidad, más aún porque los niveles de humedad relativa impiden diferencias de presión suficientes. Asimismo, la deshumidificación conlleva al uso de equipamiento que no estaba programado.

4. Conclusiones

En la costa peruana existen extensas áreas con clima subtropical árido, con inviernos escasos de radiación directa por la nubosidad, lloviznas mínimas y veranos con abundante brillo solar. En estos casos la costa peruana la opción básica es proteger los vanos y cerramientos en general de la radiación directa a través de elementos horizontales y verticales.

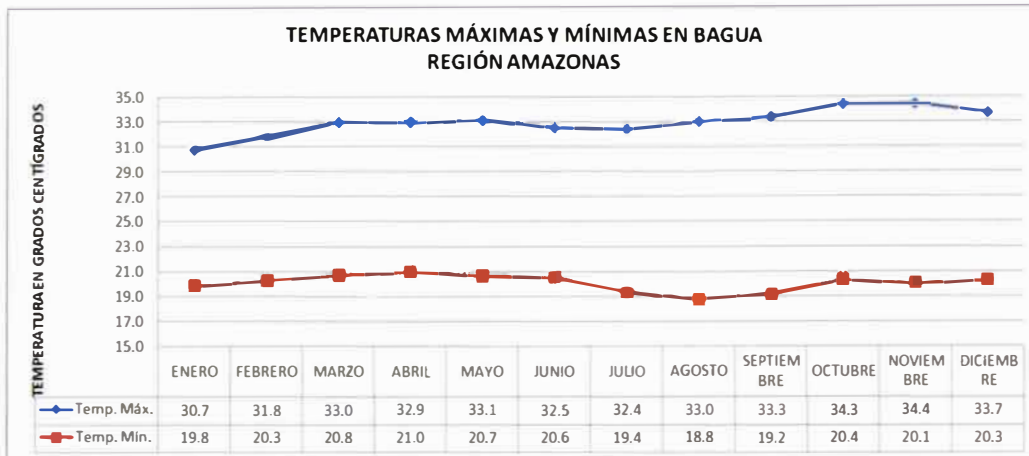


Fig. 7. Temperatura Max -Min (Bagua - Amazonas).

Es posible el uso de la radiación para el calentamiento inmediato, a través del efecto invernadero. Gran extensión del área andina cumple esta característica, siendo una opción válida para el altiplano peruano.

Existen áreas con climas tropicales casi todo el año, en cuyo caso se debe evitar la penetración solar al máximo y aumentar los niveles de aislamiento de los cerramientos. Los altos niveles de radiación solar permitirían utilizar la refrigeración solar activa a través de absorción, sin embargo no se ha previsto costos para tal caso. El caso 3 muestra esta situación.

La vertiente oriental de la cordillera de los Andes presenta gran nubosidad y alta humedad relativa, por eso la temperatura no alcanza los 20°C y ni disminuye por debajo de los 8°C. En estos casos la radiación solar es mínima e insuficiente para un aporte en la calefacción, y es necesario el aislamiento. El colegio en Cutervo presenta esta situación.

5. Notas bibliográficas

- (1) En octubre 2010 el Estado consideró de importancia nacional la reconstrucción y modernización de 122 colegios emblemáticos en todo el Perú. Revisar las noticias de la Dirección de Educación Básica Regular del Ministerio de Educación, http://ebr.minedu.gob.pe/des/adcdes_emblematicas.html
- (2) Climate. [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/C._W._Thomthwaite>
- (3) Köppen climate classification. [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification> [15 Abril 2012].

- (4) On line se puede revisar información sobre las condiciones meteorológicas en nuestro país: <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar/#>

6. Referencias bibliográficas

- Capeluto, G., Sun Tools, plug in for Sketch Up (Windows). Revisado en: http://tx.technion.ac.il/~arrguedi/SunTools/dwnld_after_reg/STdwnld.htm/
- Climate Consultant 5.3 Beta, UCLA. [Online]. Recuperado en: <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/tools/Climate53Beta.exe>
- Gonzalo, G. (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática editorial Nobuko.
- Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de electrificación rural. Atlas Solar del Perú [Online]. Recuperado en: <http://http://dger.minem.gob.pe/atlassolar/>.
- Poder Ejecutivo de la República del Perú (2009). *Decreto de Urgencia N°004-2009*. Programa nacional de recuperación de las instituciones públicas educativas emblemáticas y centenarias.
- Rayter, D. (2008). Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos [e-book] Ministerio de Educación, Oficina de Infraestructura Educativa. Recuperado en: http://www.minedu.gob.pe/DeInteres/xtras/download.php?link=guia_diseno_bioclimatico_19may08.pdf.
- Wieser, M. (2011). Cuadernos 14: Consideraciones Bioclimáticas en el Diseño Arquitectónico: El Caso Peruano [e-book] Pontificia Universidad Católica del Perú. Centro de Investigación y Ciudad. Recuperado en: <http://ciac.pucp.edu.pe/>.