

## **ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN ZONAS ÁRIDAS DEL CORREDOR BIOCEÁNICO CENTRAL - Dpto. Iglesia, San Juan**

Alejandra Kurbán<sup>1</sup>, Alberto Papparelli<sup>2</sup> Mario Cúnsulo<sup>3</sup>,  
Eduardo Montilla<sup>4</sup>, Andrés Ortega<sup>4</sup>, Gabriela Roca<sup>5</sup>, Analia Álvarez<sup>6</sup>

INEAA (Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental)  
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)  
Santa Fe 198 Oeste 1° Piso, J5400ZAA San Juan. Email: [akurban@unsj.edu.ar](mailto:akurban@unsj.edu.ar). Tel (0264) 4202664

*Recibido: 28/07/12; Aceptado: 01/10/12*

**RESUMEN:** Se presentan resultados de estudios realizados en el Departamento de Iglesia, provincia de San Juan, donde próximamente se concluirá el tramo fronterizo del Corredor Bioceánico Central, que une Porte Alegre con Coquimbo. Caracterizados ambientalmente 10 asentamientos en el área de influencia de dicho Corredor, se calcularon Estrategias de Diseño Bioclimático, individualizándose Pautas de diseño Urbano-Arquitectónico Ambiental; de Diseño Arquitectónico Bioclimático y de Diseño Tecnológico Bioclimático; además de Prácticas Constructivas Bioclimáticas. Los resultados reúnen información ambiental y climática necesaria para aplicar al diseño urbano y arquitectónico en estas zonas rurales de ecosistemas áridos.

**Palabras Clave:** Zonas Áridas – Arquitectura Bioclimática – Caracterización Ambiental

### **INTRODUCCIÓN**

El Corredor Bioceánico Central, de aproximadamente 2.460Km, conectará los puertos de Porto Alegre (Brasil) con Coquimbo (Chile), a través de la Ruta Nacional N°150 que en la provincia de San Juan recorre los departamentos de Jáchal e Iglesia, por el Paso de Agua Negra. Dicho Corredor es un instrumento físico- territorial que prevé agilizar el comercio de los países del MERCOSUR y Chile, vinculándose con numerosas ciudades del Centro-Norte argentino. La importancia del Corredor estriba en el requerimiento económico de exportar la producción del Cono Sur particularmente al mercado Asia-Pacífico, lo cual incrementaría el comercio regional, al incentivar la producción exportable en sus áreas de influencia. El Corredor Bioceánico Central, complementará el existente entre Buenos Aires-Valparaíso, con el cual se conecta a través de las Rutas Nacionales N°412, N°39 y N°40. Se integra además al “Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de San Juan 2016” (PLOTUR, 2006), proyectada por el Gobierno de la Provincia, que forma parte del PET 2016 (Programa Estratégico Argentina 2016) (Figura 1).

El Depto. de Iglesia está localizado al Noroeste de la Provincia de San Juan a 175Km de la ciudad Capital y es fronterizo con Chile. Tiene una población de 9.099hab (INDEC, 2010). La superficie territorial es de 2.052.700Ha y una densidad poblacional de 0,0044Hab/Ha. Por la cantidad de habitantes por localidad y en función de la clasificación de cuatro categorías que propone el citado Plan Estratégico Territorial Argentina 2016, el departamento de Iglesia es Rural, ya que sus centros poblados poseen menos de 2.000 habitantes.

Por su condición de frontera, cuando se concluya el Corredor Bioceánico, el departamento de Iglesia se verá sometido a impactos ambientales directos e indirectos, conforme la naturaleza de sus actividades y áreas de acción. Tratándose de un territorio particularmente no urbano, con alto grado de fragilidad ecosistémica y con escaso desarrollo de su infraestructura de servicios, de no controlarse las consecuencias negativas de dichos impactos, los propósitos de crecimiento económico derivados del Corredor, no se corresponderán con el necesario desarrollo de su comunidad y el consecuente aumento en su nivel de vida.

La condición de zona árida y sísmica del área implica además una *presión o restricción* que debe ser transformada en un *recurso* potenciando sus elementos positivos y controlando los que interferirían en su desarrollo global. Además la existencia de recursos naturales posibles de ser usados como materia prima para la construcción, otorga al área un factor económico asociado, relacionado con el turismo cultural, patrimonial y vernáculo, innegables motorizadores de la identidad regional

---

<sup>1</sup> Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

<sup>2</sup> Director Org. INEAA; Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

<sup>3</sup> Prof. Titular EM UNSJ; Pof. Ppal. CONICET

<sup>4</sup> Prof. JTP FAUD-UNSJ

<sup>5</sup> Becaria CONICET Tipo II

<sup>6</sup> Becaria CONICET Tipo I

Entre las condiciones requeridas por la región, las “Conclusiones del 1er. Congreso Internacional de Ciudades de Frontera” (Colegio de Arquitectos de San Juan, 2009), explicitaban lo siguiente: “... *Se recomienda aprovechar los recursos climáticos existentes y fuentes energéticas no convencionales, en el diseño urbano y arquitectónico del hábitat humano. Se debe fomentar la investigación, el desarrollo y la utilización de energías no contaminantes.*”

En el presente trabajo se estudia la aplicación del recurso climático para ser utilizado en el hábitat humano por medio del estudio de estrategias bioclimáticas y tecnologías constructivas apropiadas a la región, para ser aplicadas en el diseño de edificios públicos y privados, procurando lograr el necesario confort higrotérmico para sus habitantes con ahorro de energías convencionales en el acondicionamiento edilicio.

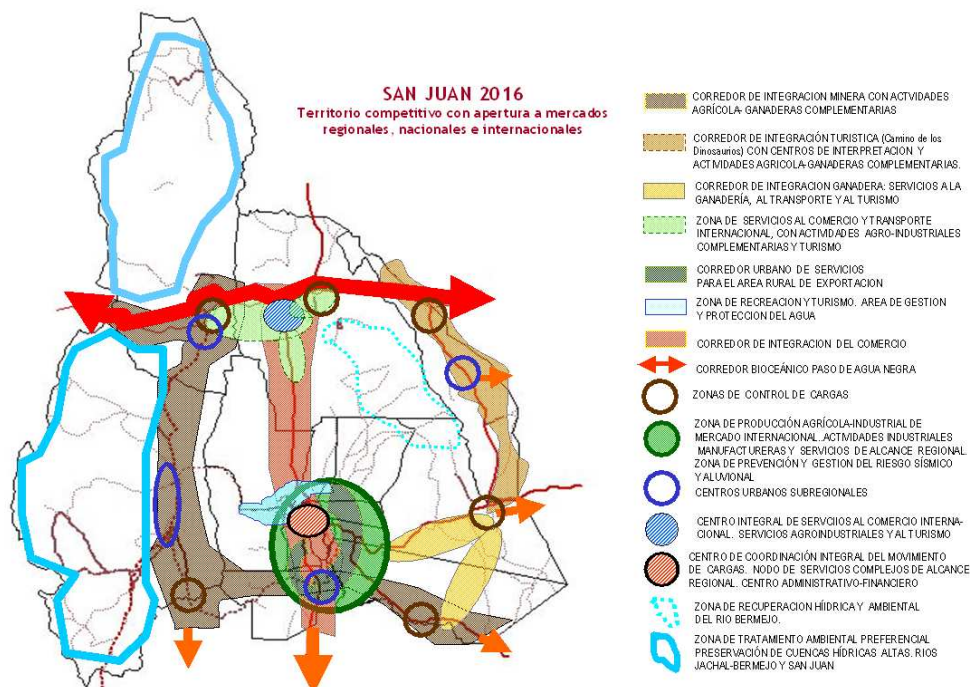


Figura 1: El CBC dentro del “Plan de Ordenamiento Territorial de la Prov. de San Juan 2016”

## ÁREA DE ESTUDIO

Dada la extensión del Depto. de Iglesia; su altura sobre el nivel del mar (entre 1500 y 5.800snmm); su muy baja densidad poblacional; y la concentración de sus habitantes en los oasis de sus valles, el área de estudio del presente trabajo, tomó en cuenta los siguientes parámetros: distancia del trazado de la RN N°150 en relación a los centros poblados y clasificación climática según su altura sobre el nivel del mar.

Las localidades de más de 100 habitantes se encuentran a una distancia máxima de 20km desde la RN N°150. Por otra parte, entre los 1.800 y 2.400msnm, el clima tiene las mismas características: “Desértico” (BW), Subtipo BWwkb (Poblete, G. 1999). Por tanto, el área de estudio quedó determinada por los siguientes límites: distancia desde la RN N°150 hacia ambos márgenes: 20km; y altura sobre el nivel del mar: hasta 2.400msnm. Los asentamientos comprendidos en dicha área resultaron 10, con alturas sobre el nivel del mar entre 1606m (Rodeo, Villa Central) y 1955m (Bella Vista). El Área abarcó una superficie de aproximadamente 1.950km<sup>2</sup> (Figura 2).

## MÉTODO DESARROLLADO

- Estudio ambiental del Área

El área fue estudiada ambientalmente a partir de una Estructura Conceptual de Referencia (Papparelli, *et al*, 2003), caracterizada según el Subsistema Natural y el Antropizado, a través de 10 Medios: *Componentes Estructurales; Procesos Estructurales; Social; Cultural; Económico; Tecnológico; Asentamientos Humanos; Bienes Patrimoniales y Contaminación Ambiental*. La información fue obtenida de fuentes bibliográficas, por relevamientos in situ y por una Encuesta a la Población, que abarcó los 10 Medios citados. Esto permitió la identificación de Condicionantes Ambientales de aplicación en el diseño urbano y arquitectónico, por cada uno de dichos Medios. Por razones de espacio, los Condicionantes no se incluyen en el presente texto.

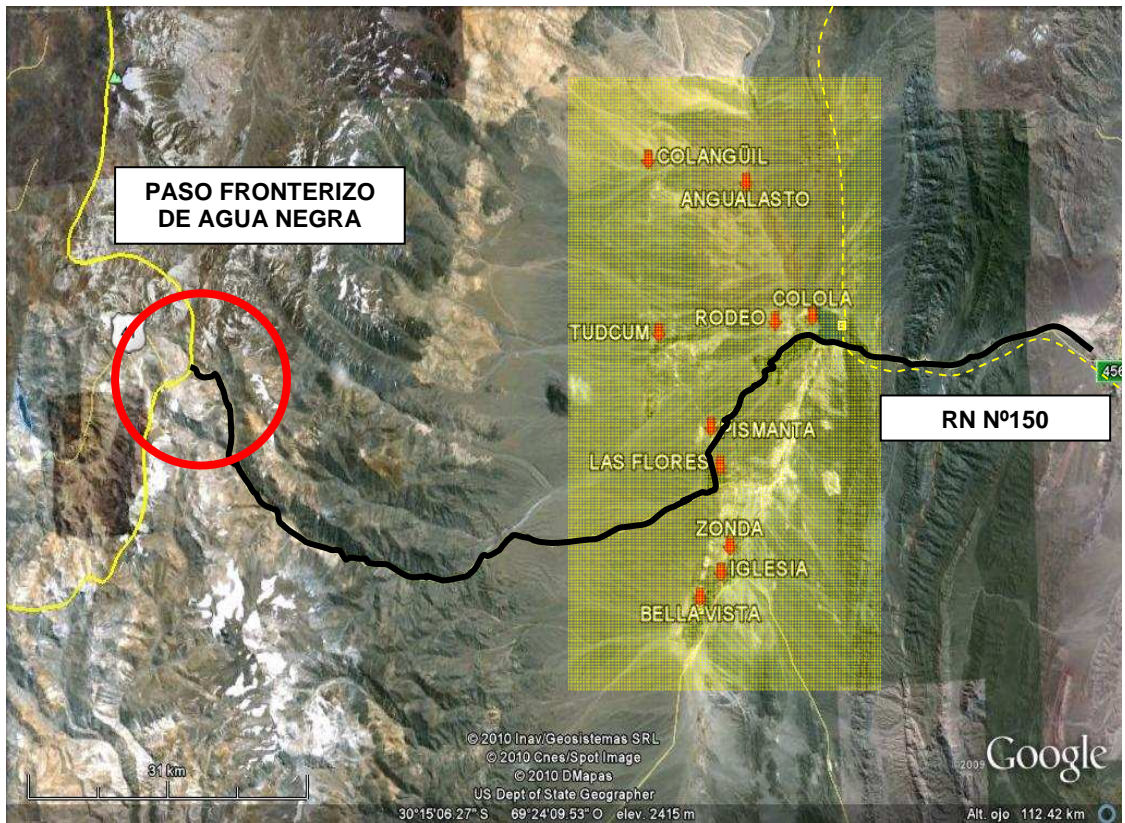


Figura 2: Delimitación del Área de Estudio y asentamientos poblacionales comprendidos en la misma.

- **Obtención y procesamiento de datos climáticos**

Ante la falta de estadística climática de la zona, se instaló una Estación Meteorológica, en el Campamento de Vialidad Nacional (que contaba con seguridad, protección y control las 24 horas de los 365 días del año). El mismo se ubica en la localidad de Pismanta sobre la Ruta Nacional N°150, Km 290,91; coordenadas 30° 16' 53" Lat. Sur y 69° 13' 40" Long. Oeste, a 1.890msnm.

En ese marco se firmó un *ACTA COMPLEMENTARIA DE COOPERACIÓN CON FINES DE INVESTIGACIÓN ENTRE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN – “FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO”*. Por medio de la misma y “como compensación por el uso de las instalaciones”, el INEAA se comprometió a “suministrar trimestralmente los datos meteorológicos obtenidos, a “VIALIDAD NACIONAL”. Esta cláusula se cumplimentó enviando la información climática registrada desde septiembre de 2009 a agosto de 2011.

El equipo de adquisición de datos consistió en una Estación Meteorológica Digital marca DAVIS Vantage Pro2 Plus™, con alimentación fotovoltaica, software WeatherLink y consola de registros. A efectos de comprobar la precisión y confiabilidad de los registros de temperatura y humedad relativa requeridos para el cálculo de las Estrategias Bioclimáticas, los datos de la Estación Meteorológica se contrastaron con los de un psicrómetro instalado en paralelo y dentro de un Abrigo Meteorológico Portátil, diseñado y construido en el INEAA. (Figura 3), confeccionándose una tabla psicrométrica para la altitud del sitio.



Figura 3: Abrigo meteorológico portátil diseñado y construido en el INEAA para contrastación con datos digitales

Luego de las verificaciones citadas, la estadística definitiva se obtuvo con los datos registrados a partir de septiembre de 2009, hasta agosto de 2011. La Estación Meteorológica se desinstaló la primera semana de septiembre de 2011. Con los valores, se ejecutó un archivo de datos climáticos para su procesamiento. Se muestran como ejemplo los valores promedio estacionales de los principales parámetros registrados (Tabla 1).

VARIABLES MESES	Temperatura Bulbo Seco (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)	Presión Atmosférica (hPa)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )	Evapotranspiración
PRIM 2009-10	16,33	35,54	5,3	1023,68	511,97	0,27
VER 2010-11	22,21	38,91	25,9	1018,13	560,70	0,33
OTO 2010-11	15,41	50,72	5,8	1026,90	426,92	0,19
INV 2010-11	9,20	36,09	3,4	1031,39	350,27	0,19
SEP 2009 - AGO 2011	15,79	39,63	40,4	1024,95	466,92	0,25

Tabla 1: Promedios climáticos estacionales y anuales. Período 2009-2011 Estación Meteorológica de Pismanta.

Los datos de vientos, se procesaron para ejecutar las Rosas de los Vientos Anuales y Estacionales por Dirección cardinal, de las cuales se presentan en la Figura 4 las Rosas Anuales de Velocidad y Frecuencia.

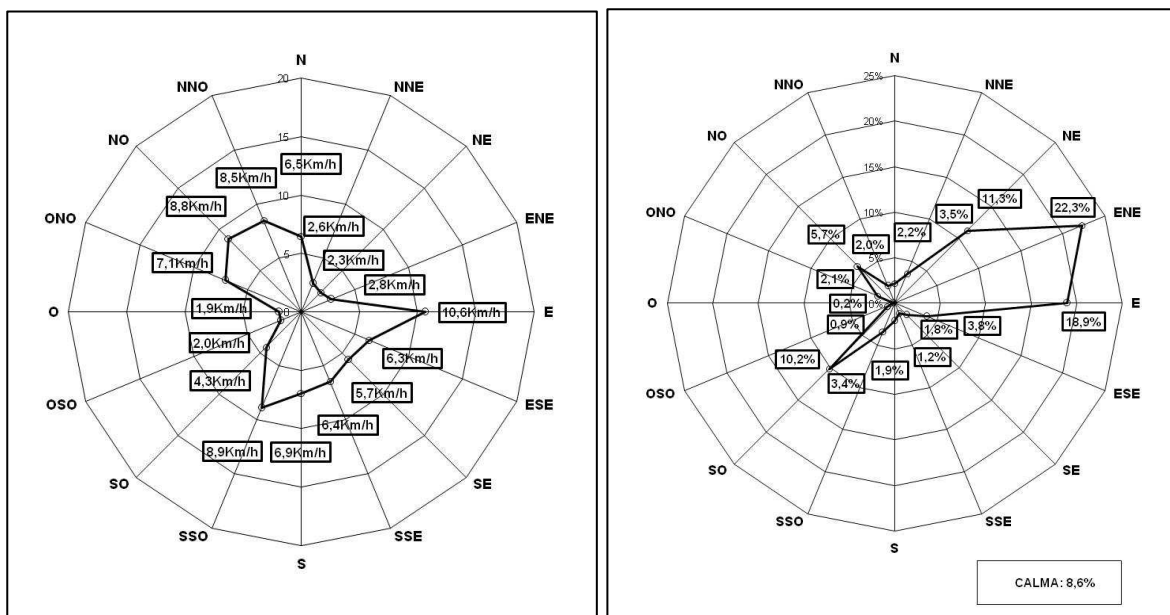


Figura 4: Rosas de Viento Anuales. Velocidad y Frecuencia por Dirección Cardinal.

•

### Hídrico

### Balance

El balance hídrico permite definir el tipo climático de la localidad en estudio y toma en cuenta el balance existente entre la incorporación de agua proveniente de las precipitaciones y la pérdida de la misma como consecuencia de la evapotranspiración. En función de los datos disponibles, se calculó el Balance Hídrico de Pismanta según el método de Thornthwaite, el que relaciona los datos de temperatura media mensual con las precipitaciones mensuales, para definir la regionalización hídrica del lugar considerado. Algunos de los resultados del Balance constituyen los siguientes valores: ETP anual = 789,9; Índice calórico = 71,7; P/ETP = 749,5; Exceso de agua = 0; Índice de Aridez de 0,051; Índice Hídrico de -0,57; Índice de Continentalidad: K = 30,33. El gráfico correspondiente al Balance Hídrico se presenta en la Figura 5.

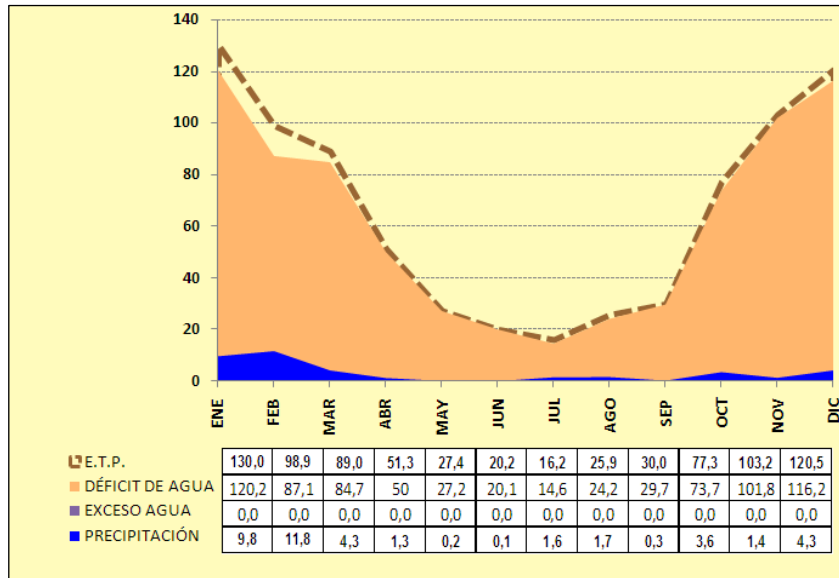


Figura 5: Balance Hídrico de Iglesia – Provincia de San Juan.

### Higrotérmico

### Análisis

Procesados los valores medios de temperatura y humedad relativa se elaboró el gráfico de la Figura 6.

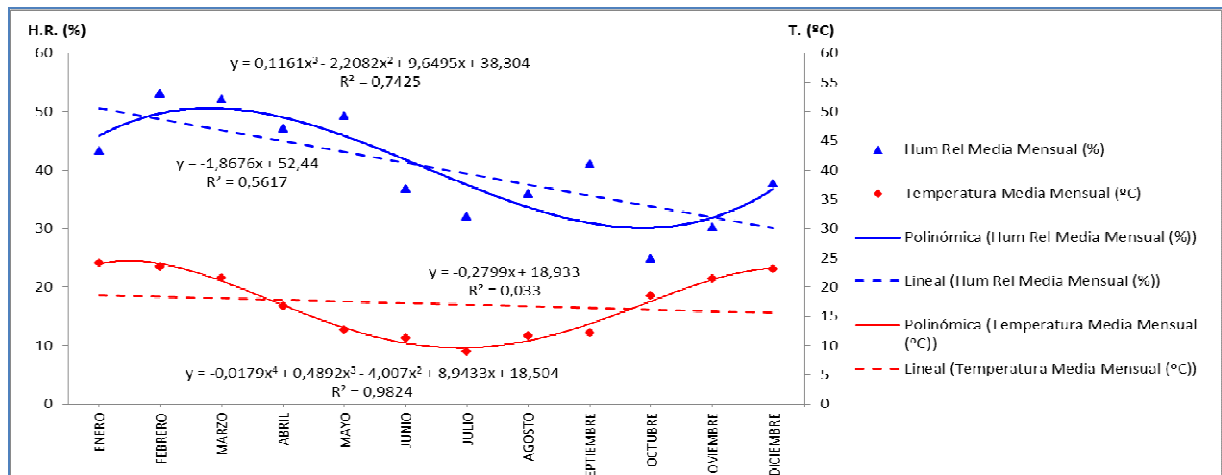


Figura 6: Análisis Higrotérmico Iglesia – Provincia de San Juan

### Caracterización Climática de Pismanta

### Caracte

En función del procesamiento estadístico efectuado, el clima de Iglesia podría caracterizarse como: Clima Árido, Mesotermal, Continental extremo, con temperaturas estivales medias e inviernos fríos. Aire deshidratado a lo largo del año con humedades relativas mayores en otoño e invierno. Alta radiación solar durante todo el año con máximas en verano y primavera. Vientos prevalentes de los sectores Este y Oeste con velocidades mayores en la dirección Este. En verano la mayor frecuencia es del Este (ENE) con una velocidad mayor también en ese sector. En invierno la mayor frecuencia es del sector Oeste (NO y SO) con mayor velocidad del viento Norte (NNO y NO), seguida por la del sector Sur (SSO y SSE).

## RESULTADOS

### Estrategias de Diseño bioclimático

Para la determinación de la cantidad de horas anuales de aplicación de cada Estrategia de Diseño Bioclimático, se utilizó la Carta Bioclimática Edilicia de Donald Watson (1983), la cual subdivide el diagrama psicrométrico en 17 zonas individualizadas por valores promedio de temperatura y humedad relativa. Estas estrategias relacionan los componentes del clima con las respuestas constructivas de un determinado edificio, para obtener una envolvente higrotérmicamente

satisfactoria. En la Figura 10 se presenta como ejemplo la Carta Bioclimática correspondiente a Junio y Diciembre de la estadística 2009/2011

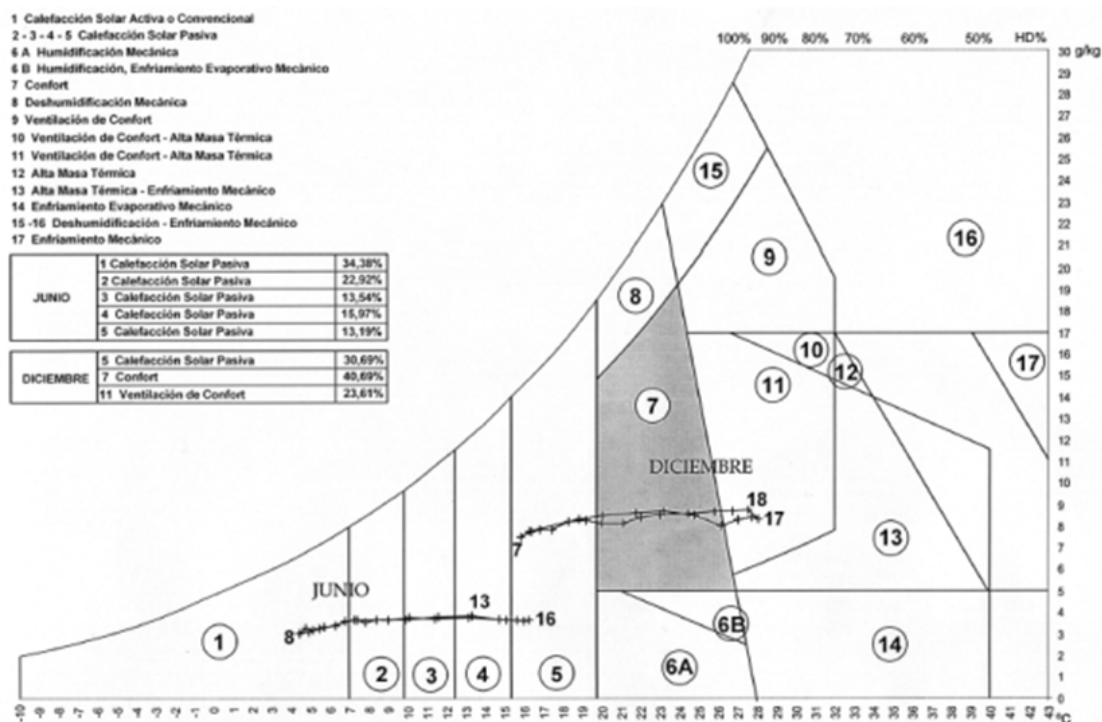


Figura 10: Carta Bioclimática Iglesia DICIEMBRE - JUNIO 2009/11

MESES	1. Calefacción Solar Activa o Convencional	2. Calefacción Solar Pasiva	3. Calefacción Solar Pasiva	4. Calefacción Solar Pasiva	5. Calefacción Solar Pasiva	6.A Humidificación	6.B Humidificación	7. Confort	11. Ventilación de Confort
ENERO					6:24:00			10:36:00	7:00:00
FEBRERO					8:55:00			10:10:00	4:55:00
MARZO				3:40:00	8:35:00			10:18:00	1:27:00
ABRIL			3:27:00	5:00:00	5:48:00	3:42:00	6:03:00		
MAYO	5:45:00	5:52:00	3:26:00	3:50:00	5:07:00				
JUNIO	8:15:00	5:30:00	3:15:00	3:50:00	3:10:00				
JULIO	12:03:00	4:22:00	3:18:00	4:17:00					
AGOSTO	6:06:00	6:07:00	3:35:00	3:12:00	5:00:00				
SEPTIEMBRE	6:16:00	5:34:00	3:56:00	3:38:00	4:36:00				
OCTUBRE		2:07:00	5:58:00	5:01:00	5:33:00			5:21:00	
NOVIEMBRE				3:53:00	7:26:00			9:01:00	3:40:00
DICIEMBRE					8:34:00			9:46:00	5:40:00
<b>TOTAL HORAS (hs)</b>	<b>38:25:00</b>	<b>29:32:00</b>	<b>26:55:00</b>	<b>36:21:00</b>	<b>69:08:00</b>	<b>3:42:00</b>	<b>6:03:00</b>	<b>55:12:00</b>	<b>22:42:00</b>
<b>PORCENTAJE PARCIAL (%)</b>	<b>13,34</b>	<b>10,25</b>	<b>9,35</b>	<b>12,62</b>	<b>24,00</b>	<b>1,28</b>	<b>2,10</b>	<b>19,17</b>	<b>7,88</b>
<b>PORCENTAJE TOTAL (%)</b>		<b>69,57</b>				<b>3,36</b>			

Tabla 2: Estrategias de Diseño Bioclimáticas Mensuales – estadística 2009-2011s

• Pautas de diseño Urbano-Arquitectónico Ambiental

En función de los Condicionantes Ambientales y de las Estrategias de Diseño Bioclimático, se adoptaron Pautas de Diseño Urbano-Arquitectónico Ambientales y Bioclimáticas, agrupadas según las siguientes categorías:

- ✓ Usos del Suelo
  - Consolidar la implantación del arbolado de alineación, con especies de hojas caducas y resistentes a los frecuentes vientos.

- Promover y generar áreas de bosque (nativo o implantado), localizadas en las direcciones de los vientos predominantes (E y NO), como barreras de protección.
- Restringir el uso del suelo industrial a localizaciones que no generen contaminación perceptual: auditiva, visual, olfativa.
- ✓ Distribución Espacial
  - Definir índices urbanísticos que garanticen:
    - El asoleamiento completo de las edificaciones, particularmente desde febrero a octubre.
    - La edificación baja que controle el asoleamiento de los espacios exteriores.
- ✓ Morfología Urbana
  - Utilizar morfologías compactas y de baja altura conformando perfiles urbanos discontinuos, que permitan el completo asoleamiento de calles, veredas y espacios exteriores en general.
- ✓ Infraestructura
  - Procurar la instalación de los servicios eléctricos subterráneos en prevención de los agentes climáticos: bajas temperaturas y constantes y fuertes vientos.
- **Pautas de Diseño Arquitectónico Bioclimático**
  - ✓ Espacio-funcionales
    - Utilizar tipologías edilicias en I, L, cuadradas o en U, con patio central.
    - Orientar los locales destinados a estar y dormir, preferentemente hacia el norte.
    - Orientar los locales de servicio, preferentemente hacia el cuadrante sur (S, SO, SE).
    - Incorporar galerías a los espacios de estar y orientarlas hacia el norte.
    - Disminuir el perímetro expuesto a los cuadrantes este (E, SE, NE) y oeste (O, SO, NO).
    - Diseñar las aberturas con elementos de control y protección solar y eólica.
  - ✓ Morfológico-espaciales
    - Proponer tipologías compactas para controlar el intercambio de calor entre el interior y el exterior edilicio.
    - Crear zonas semicubiertas que amortigüen la diferencia de temperatura entre el exterior y los interiores edilicios.
  - ✓ Bioclimáticas: para cada estrategia de diseño, adoptar las siguientes decisiones/sistemas :
    - Uso de Energías Naturales: asoleamiento desde febrero a octubre; protecciones solares.
    - Conservación de la Energía: aislaciones en paredes, pisos y techos; doble contacto en carpinterías; doble vidriado hermético.
    - Estrategia de Calefacción Pasiva: Invernadero Adosado, Muro Trombe y Ático Colector
    - Estrategia de Ventilación de Confort: Ventilación cruzada para todos los locales habitables
    - Calefacción Activa: instalación de calefactores a gas, complementaria de la calefacción pasiva.
- **Pautas de Diseño Tecnológico Bioclimático**
  - ✓ Sistemas constructivos
    - Utilizar elementos constructivos de alta capacidad térmica, para ser usados como acumuladores de calor.
    - Utilizar elementos constructivos simples de alta resistencia y baja conductancia.
    - Utilizar elementos constructivos compuestos de baja transmitancia y alta resistencia total.
    - Incorporar cámaras de aire en muros y cerramientos, con materiales reflectantes que disminuyan la conductancia térmica.
  - ✓ Infraestructura de servicios
    - Usar calefones solares para calentamiento de agua.
    - Usar paneles solares, para provisión de energía eléctrica.
    - Usar artefactos y lámparas de bajo consumo.
- **Prácticas Constructivas**

La tecnología de las prácticas constructivas se seleccionó de acuerdo con las mejores y más eficientes posibilidades de disponibilidad, adecuación a la mano de obra local y costos económicos. Por las restricciones de espacio disponible, se cita solo la cantidad de prácticas propuestas.

- ✓ Estación de Invierno
  - Estrategia: Minimizar pérdidas por conducción (11 prácticas constructivas)

- Estrategia: Minimizar pérdidas por convección (6 prácticas constructivas)
- Estrategia: Maximizar ganancias de fuentes de calor exterior: Radiación solar (8 prácticas constructivas)
- ✓ Estación de Verano
  - Estrategia: Minimizar ganancias de calor por conducción (4 prácticas constructivas)
  - Estrategia: Minimizar ganancias por convección (2 prácticas constructivas)
  - Estrategia: Minimizar ganancias por radiación (4 prácticas constructivas)
  - Estrategia: Maximizar pérdidas de calor hacia el exterior del edificio (1 prácticas constructivas)
  - Estrategia: Maximizar las pérdidas por convección al exterior (8 prácticas constructivas)
  - Estrategia: Maximizar pérdidas por radiación (2 prácticas constructivas)
  - Estrategia: Favorecer el enfriamiento evaporativo (2 prácticas constructivas)

Dado que algunas prácticas constructivas para invierno pueden considerarse contrapuestas a las necesarias para verano, se definieron algunas posiciones a adoptar para evitar efectos no deseados y permitir una complementación entre ellas. Los casos fueron:

- Maximizar ≠ Minimizar la Exposición a los Rayos Solares
- Ventilar ≠ No Ventilar las Fuentes de Calor Internas
- Disminuir ≠ Aumentar la Exposición a los Vientos Dominantes
- Maximizar ≠ Minimizar la Reflectividad del Entorno Edificio

## CONCLUSIONES

La inminente concreción de la infraestructura vial del Corredor Bioceánico Central que unirá Porto Alegre en Brasil, con el puerto de Coquimbo en Chile, pasando por Argentina, busca generar una dinamización de la economía que incremente el comercio regional y reactive los departamentos del norte sanjuanino, entre ellos el de Iglesia.

Este departamento de frontera, rural, localizado en una zona árida y sísmica, con importantes procesos de desertificación y por tanto con un alto grado de fragilidad ecosistémica y un escaso desarrollo de su infraestructura de servicios, requiere una atenta visión del uso de sus recursos naturales renovables, orientada al desarrollo de su comunidad y a la preservación de su ambiente natural.

Se analizó la oferta ambiental del departamento identificando condicionantes posibles de ser utilizados en el diseño urbano y arquitectónico. Entre ellos se estudió el clima de la región, definiendo estrategias y prácticas constructivas de diseño a fin de utilizar dicho clima como recurso de flujo para ser aplicado al hábitat y mejorar las condiciones de confort higrotérmico de la población, al tiempo que permita el ahorro de energías convencionales utilizadas en el acondicionamiento edilicio.

En conclusión: se conformó un completo documento que aporta al nuevo conocimiento del uso del clima en el hábitat de zonas áridas, imprescindible para intervenir en la planificación urbana y el diseño arquitectónico bioclimáticos del departamento.

## REFERENCIAS

- 1er. Congreso Internacional de Ciudades de Frontera (2009) Conclusiones del Congreso. Organizado por el Colegio de Arquitectos de San Juan.
- INDEC (2010) Censo Nacional de Población y Vivienda 2010
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo (2003) Diagnóstico Ambiental de Ecosistemas Humanos. Editorial Nobuko. ISBN 987-1135-47-5
- PLOTUR (2006) Plan de Ordenamiento Territorial Urbano Rural 2006-2016. (Documento que integra el Plan Estratégico Territorial Argentina 2016 – PET 2016). San Juan Ministerio de Infraestructura y Tecnología. Gob. de San Juan. Dra. Nelly Gray de Cerdán
- PET 2016 (2006). Plan Estratégico Territorial Argentina 2016. Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Ministerio de Planificación Inversión Pública y Servicios
- Poblete, G., Minetti, J. L. (1999) "Configuración espacial del Clima de San Juan" Actas de las Jornadas de Campo del Cuaternario. Editado en CD. Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales - UNSJ.
- Thornthwaite y Mather (1967) Instrucciones y Tablas para el Cómputo de la ETP y el Balance Hídrico. Instituto de Suelos y Agrotécnica INTA. Bs. As.

**ABSTRACT:** Results of studies in the Department of Iglesia, San Juan province, are presented. After the environmental characterization of 10 settlements in the influence area of the Central Bi-oceanic corridor, their conditionings were detected and then the architectural design strategies were calculated. Once defined the design guidelines, bioclimatic construction practices and appropriate technologies for the area are identified. The results collect climate and environmental information to apply to the urban and architectural design in rural areas of arid ecosystems.

**Keywords:** Arid zones – Environmental supply - Bioclimatic architecture