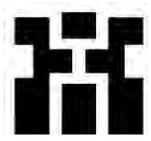
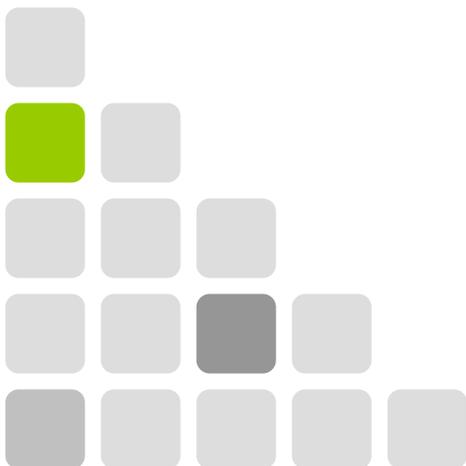
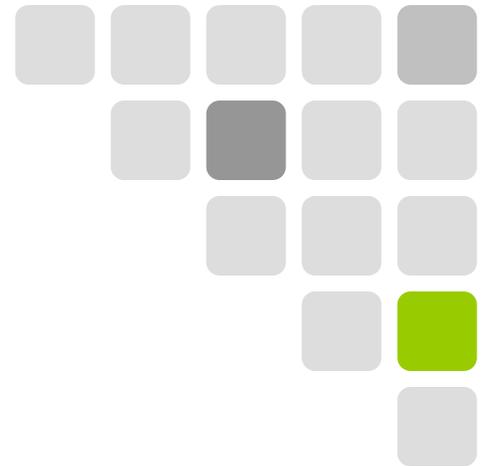


# RE-EVOLUCIÓN SUSTENTABLE

POR FRANCISCO VAZQUEZ LICEA

## PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

AÑO 2010





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**TITULO DE LA TESIS: RE-EVOLUCIÓN SUSTENTABLE**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN**

**ARQUITECTURA PRESENTA:**

**FRANCISCO RAMÓN VAZQUEZ LICEA**

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA**

**AÑO 2010**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. EN ARQ. ÁLVARO SÁNCHEZ GONZÁLEZ.**

**SINODALES:**

**DRA. EN ARQ. GEMMA VERDUZCO CHIRINO.**

**DRA. EN ARQ. MÓNICA CEJUDO COLLERA.**

**MTRO. EN ARQ. ALEJANDRO CABEZA PÉREZ.**

**MTRO. EN ARQ. FRANCISCO REYNA GÓMEZ.**

**Dedicatorias y agradecimientos:**

***Deseo agradecer a mi amada Universidad Nacional Autónoma de México por haberme permitido nuevamente alcanzar a su lado una meta más en mi vida y más aun hoy a sus cien años.***

***A mis padres Ana María Licea Medina y Ramón Vázquez Cruz, por haberme apoyado en todo el camino de verdad les debo todo lo que he alcanzado y les dedico este logro, y les doy las gracias por todo lo que han hecho y siguen haciendo por mi cada día.***

***A mis hermanos Alberto y Alexandro que están incondicionalmente siempre a mi lado como mis mejores amigos y verdaderos hermanos.***

***Quiero agradecer al Dr. Álvaro Sánchez que ha sido uno de los maestros que más me han marcado como arquitecto, sus enseñanzas desde mis estudios en la licenciatura me acompañan a diario, gracias por todo su apoyo maestro.***

***Al arquitecto José Picciotto quien además de jefe ha sido mi maestro en estos años, le agradezco por haberme permitido ser parte de su equipo de trabajo y por brindarme la posibilidad de emplear el material necesario para efectuar esta tesis, de verdad le agradezco por todo el apoyo.***

***Al arquitecto Enrique Anaya, quien además de jefe ha sido amigo y ha tenido la confianza en mí para desarrollar proyectos como el que compone esta tesis, mil gracias Enrique.***

***A mis compañeros y sobre todo amigos tanto de Picciotto Arquitectos de quienes he aprendido mucho y de quienes recibí colaboración en este proyecto de una u otra forma: Dante Laureano, Gabriela Rivera, Mauricio Sarabia, David Vargas, Guaipy Marroquín, y todos de los que no he podido mencionar por ser una lista muy larga.***

***Finalmente, dedico esta tesis a todos aquellos arquitectos que vendrán y que lucharán por hacer de nuestro mundo un mejor lugar, siempre diseñando y creando con una mente clara, sabiendo que darán lo mejor de si por la sociedad, que sus obras estarán forjadas con el corazón, libres de prejuicios y dogmas. Espero esta tesis les sea útil como punto de partida o comparación de su trabajo y así generen nuevas ideas que sean útiles para nuestra sociedad y nuestra Universidad en los siguientes cien años.***

**En esta tesis se presenta un análisis sobre la sustentabilidad en la arquitectura contemporánea, mediante la presentación del proyecto para el Centro Mexicano de Energía Renovables, diseñado por Picciotto arquitectos y en donde el arquitecto Francisco Vázquez colaboro como líder del proyecto. Aquí se presentan tanto imágenes como documentos que describen el proceso creativo y varios de los estudios que permitieron llevar a cabo el diseño de este centro.**

# ÍNDICE.

<b>A. OBJETIVOS</b>	<b>PÁG. 8</b>
01 INTRODUCCIÓN (Aportación al proyecto)	PÁG. 11
02 GENERALIDADES	PÁG. 14
<b>B. HIPÓTESIS</b>	<b>PÁG. 27</b>
<b>C. DISEÑO SUSTENTABLE</b>	<b>PÁG. 29</b>
<b>D. RE-EVOLUCIÓN SUSTENTABLE</b>	<b>PÁG. 38</b>
<b>E. CASO DE ESTUDIO: EL CEMER</b>	<b>PÁG. 43</b>
01 INVESTIGACIÓN	PÁG. 46
02 PLANTEAMIENTO TEÓRICO	PÁG. 73
03 ANÁLISIS DEL SITIO	PÁG. 86
04 INGENIERÍA BIOCLIMÁTICA	PÁG. 91
05 PARTIDO ARQUITECTÓNICO	PÁG. 131
06 INFORMACIÓN DE PROYECTO	PÁG. 136
07 PROYECTO ARQUITECTÓNICO	PÁG. 146
08 IMÁGENS POR COMPUTADORA	PÁG. 180
09 COMPROBACIÓN DE RESULTADOS	PÁG. 188
10 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO	PÁG. 189
11 TECNOLOGÍAS APLICADAS	PÁG. 207
12 HUELLA DE CARBONO	PÁG. 215
<b>F. CONFRNTACIÓN</b>	<b>PAG. 221</b>
<b>G. APORTACIÓN</b>	<b>PÁG. 222</b>
<b>H. CONCLUSIONES</b>	<b>PÁG. 228</b>
<b>I. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>PÁG. 230</b>
<b>J. BIOGRAFÍAS</b>	<b>PÁG. 232</b>
<b>K. ANEXOS</b>	<b>PÁG. 237</b>

## A. OBJETIVOS

La decisión de estudiar la maestría en Diseño Arquitectónico parte de una búsqueda personal por lograr una respuesta al proceso de diseño íntimo intentando que todo aquello que creara resultara fruto de un trabajo creativo bien fundamentado, y no sólo obra del azar y/o la casualidad; como resulta en muchos casos de la vida profesional.

Es así que se partió de elaborar un tema de investigación enfocado en procesos de pensamiento contemporáneo basados en filosofía europea de finales del siglo XX e inicios del siglo XXI aplicados al diseño; este trabajo inicial ya no forma parte este documento, sin embargo, fue parte fundamental en este proyecto, al permitir a largo plazo tener una visión más crítica de lo que se aspiraba a lograr. Fue necesario pasar por un receso de dicho trabajo de investigación, el cual duró cerca de cuatro años. Esto brindaría la oportunidad de experimentar con estos y otros de los conocimientos asimilados en la maestría, permitiendo confrontar y poner en práctica todas aquellas ideas y teorías, lo que resultaría en el hecho de poder madurar y demostrar los conocimientos adquiridos y así también abrirse y adquirir nuevas ideas y conocimientos.

Todo nuevo conocimiento es siempre enriquecedor en la experiencia de vida del ser humano y toda herramienta que resulte útil debe ser bien aprovechada, en este caso la herramienta de la que se ha hecho uso para la presente tesis es el "diseño sustentable".

Los temas relacionados con la sustentabilidad y el diseño bioclimático no son o al menos parecieran no ser de interés general, hace un corto periodo de tiempo esto empezó a cambiar de forma un poco más evidente. Al inicio del trabajo de tesis, cerca de cuatro años atrás los temas relacionados con el diseño sustentable tenían un mínimo o casi nulo interés, incluso para un servidor, al cual no le preocupaba ni interesaba saber más, fue a partir de la oportunidad de colaborar en la firma de arquitectura mexicana sustentable Picciotto Arquitectos, que cambiaría con el tiempo respecto a esta postura. Entre los requerimientos profesionales y la experimentada guía por parte del arquitecto José Picciotto fue posible tornar todos aquellos

conocimientos adquiridos durante la maestría, en la ejecución de los más diversos proyectos arquitectónicos que debían de demostrar un trabajo de fondo en torno al diseño sustentable.

Picciotto Arquitectos es una firma de arquitectura con sede en la ciudad de México, es su Director general el Arquitecto José Picciotto Cherem<sup>1</sup>, dicha firma tiene cerca de veinticinco años desarrollando edificios sustentables, y ha trabajado en colaboración con personalidades nacionales como internaciones de gran relevancia en el ramo de la sustentabilidad como el Dr. David Morillón de México, el arquitecto Kean Yeang de Malacia, el Ingeniero Guy Battle de Londres por mencionar algunos. Entre los logros de esta firma están:

- Premio Mario Pani, Universidad Anáhuac / 2002
- Tercer lugar en el Premio Nacional del Ahorro de Energía 1996<sup>1</sup>
- Premio Nacional del Ahorro de Energía 1994
- Premio FPAA



Edificio Eclipse, Picciotto Arquitectos.  
Foto : Paul Citrom

1. Remitirse a capítulo. J. Biografías

Durante el tiempo de colaboración dentro de Picciotto Arquitectos, el citado arquitecto José Picciotto ha hecho las veces de jefe pero también de maestro promoviendo la lectura de temas relacionados con el cambio climático, el diseño sustentable, la arquitectura bioclimática, el conocimiento de nuevas tecnologías, entre otros temas, suscitando el profundizar en el trabajo de arquitectos que trabajan dentro de esta línea como el arquitecto italiano Renzo Piano, los ingleses Norman Foster y Richard Rogers, o el malayo Kean Yeang, sólo por mencionar algunos de los nombres más reconocidos en general.



Es así que esta tesis tiene por objeto ser un reflejo de las habilidades y conocimientos adquiridos en el tiempo que estudie la maestría en arquitectura dentro del CIEP, bajo la tutela de profesores como el Dr. Álvaro Sánchez<sup>2</sup> y posteriormente del trabajo efectuado empleando lo aprendido así como nuevos conocimientos, fruto de la colaboración con el arquitecto José Picciotto, por lo que aquí se presenta la tesis para obtener el grado de maestro en arquitectura bajo el tema **“La Re-evolución sustentable”**, la cual sintetiza una postura ante el diseño sostenible o sustentable, basado en procesos analíticos y comprobables, presentando el caso de proceso mediante el cual se creó el proyecto y plan maestro para el **“Centro Mexicano de Energías Renovables”**, el cual es una síntesis de las teorías de diseño aquí expuestas y que se pretende sirva como una guía a todo aquel que desee aprender y experimentar la re-evolución sustentable.

2. Remitirse a capítulo. J. Biografías.

## 01. INTRODUCCIÓN.

La decisión de presentar el caso de estudio del proyecto del Centro Mexicano de Energías Renovables, responde al hecho de que su concepción es fruto del marco teórico de la "re-evolución sustentable" así como a la complejidad que representa un proyecto de este tipo, al trabajo de fondo, al beneficio que trae consigo la divulgación del proceso creativo de este proyecto, para todo aquél que desee adentrarse en estos temas.

Cuando surgió este proyecto se contempló que debería de estar a la altura de los centros de investigación en energías renovables más importantes del mundo. Por lo cual, se partió de mantener en todo momento una mente abierta a las ideas y aportaciones provenientes de cualquier lugar, esto, como resultado de la idea de mantener una filosofía incluyente. En todo momento el objetivo siempre fue buscar trabajar bajo los principios y métodos aprendidos durante los estudios de postgrado, implementando métodos de investigación y teorías del pensamiento arquitectónico, pero también de otras áreas del conocimiento humano, y procesos de pensamiento afines, como la ingeniería térmica, bioclimática, economía, etc.

En un proyecto de este tipo la investigación resultaba ser lo más importante, ya que mientras mayor profundidad se tuviera sobre el tema, mayor sería la posibilidad de lograr un proyecto que partiría de bases sólidas, en este caso la mayor parte del trabajo gira en torno a la importancia de la "eficiencia" en las construcciones.

En la eficiencia se encuentra el punto focal de la conceptualización del CEMER por un motivo, y es que mientras mas eficientes son las construcciones, menos recursos serán consumidos y como resultando se logran mejores resultados, esto desde el punto de vista, social, económico, y medio ambiente, lo que dará como resultado que logremos espacios que en verdad puedan llamarse sustentables.

Una vez habiendo definido que el punto base del proyecto sería eficiencia, era necesario definir como se lograría dicha eficiencia, es así, que a partir de una investigación más profunda sobre la eficiencia y la sustentabilidad, se pudo definir

cinco criterios básicos que debería de contemplar el diseño, a fin de alcanzar la eficiencia:

### **1. Optimizar los recursos materiales**

- 1.1. Utilización de materiales y recursos naturales.
- 1.2. Utilización de materiales y recursos duraderos
- 1.3. Utilización de materiales y recursos recuperados
- 1.4. Reutilización de materiales y recursos
- 1.5. Utilización de materiales y recursos reutilizables
- 1.6. Grado de reutilización de los materiales y recursos utilizados
- 1.7. Utilización de materiales y recursos reciclados
- 1.8. Utilización de materiales y recursos reciclables
- 1.9. Grado de reciclaje de los materiales y recursos utilizados
- 1.10. Grado de renovación y reparación de los recursos utilizados
- 1.11. Grado de aprovechamiento de los recursos

### **2. Optimizar el consumo energético y hacer uso de energías renovables.**

- 2.1. Energía utilizada en la obtención de materiales de construcción
- 2.2. Energía consumida en el transporte de los materiales
- 2.3. Energía consumida en el transporte de la mano de obra
- 2.4. Energía utilizada en el proceso de construcción del edificio
- 2.5. Consumo energético del edificio
- 2.6. Idoneidad de la tecnología utilizada respecto a parámetros intrínsecos humanos
- 2.7. Grado de utilización de fuentes de energía naturales mediante el diseño del propio edificio y su entorno. (Grado de Bioclimatismo).
- 2.8. Inercia térmica del edificio.
- 2.9. Grado de utilización de fuentes de energía naturales mediante dispositivos tecnológicos (Grado de integración arquitectónica de energías alternativas).
- 2.10. Consumo energético en la deconstrucción del edificio (desmontaje, demolición, tratamiento de residuos, etc.).

### **3. Minimizar los residuos y las emisiones del edificio.**

3. Disminución de residuos y emisiones.

- 3.1. Residuos y emisiones generados en la obtención de los materiales de construcción.
- 3.2. Residuos y emisiones generados en el proceso de construcción del edificio.
- 3.3. Residuos y emisiones generados durante la actividad del edificio.
- 3.4. Residuos y emisiones generados en la de-construcción del edificio.

#### ***4. Minimizar el mantenimiento del edificio.***

- 4.1. Adecuación de la durabilidad del material a su vida útil en el edificio.
- 4.2. Energía consumida cuando el edificio está en uso.
- 4.3. Energía consumida cuando el edificio no está en uso.
- 4.4. Consumo de recursos debido a la actividad en el edificio.
- 4.4. Emisiones debidas a la actividad en el edificio.
- 4.5. Energía consumida en la accesibilidad al edificio.
- 4.6. Grado de necesidad de mantenimiento del edificio.
- 4.7. Entorno socio-económico y costes de mantenimiento.
- 4.8. Coste del edificio.

#### ***5. Maximizar el confort de los usuarios.***

5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios.
- 5.1. Emisiones nocivas para el medio ambiente.
- 5.2. Emisiones nocivas para la salud humana.
- 5.3. Índice de malestares y enfermedades de los ocupantes del edificio.
- 5.4. Grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes.

A fin de lograr alcanzar las metas planteadas en todo momento se mantuvo una colaboración directa con cada una de las partes que componían al equipo del proyecto, de modo que se asumiera una comprensión general por parte del equipo sobre los resultados que se iban logrando entre las diversas partes, este intercambio eficiente de comunicación permitiría mejorar los resultados al brinda herramientas suficientes al resto del equipo y así lograr una operación de diseño "eficiente".

## 02 – GENERALIDADES.

Antes de entrar de lleno al proyecto, es necesario que establezcamos algunos conceptos que nos permitan entender mejor el trabajo aquí presentado, ya que estarán presentes a lo largo de toda la tesis, sin embargo, debemos aclarar que no nos remitiremos a hacer largos y complejos análisis de la historia y orígenes de la arquitectura bioclimática, la sustentabilidad o de sus clasificaciones, pues finalmente no es el objetivo que persigue esta tesis, pero como ya se mencionó antes, es necesario partir de un lenguaje común con conceptos referentes a la arquitectura bioclimática:

### **ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA**

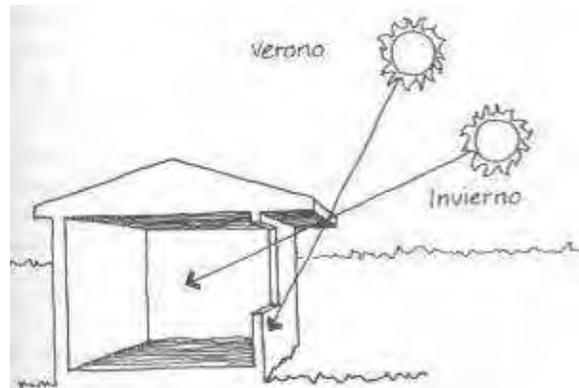
La arquitectura bioclimática no es un tema nuevo salvo por las eco-tecnologías aplicadas a esta arquitectura en tiempos recientes (celdas solares, generadores eólicos, cristales térmicos, etc.), gran parte de la arquitectura tradicional ya funcionaba según los principios bioclimáticos.

En México podemos encontremos soluciones bioclimáticas desde la arquitectura prehispánica como lo podemos apreciar en los vestigios de la arquitectura maya, teotihuacana, olmeca, etc. La arquitectura virreinal también es muestra de ello, en aquellos grandes conventos y haciendas con sus grandes muros y patios buscaban el confort de los habitantes mezclando las tradiciones constructivas españolas, árabes y prehispánicas y en la actualidad aún podemos encontrar la herencia de este conocimiento en la construcción tradicional.

El término bioclimático fue acuñado a inicios del siglo XX por el botánico y climatólogo alemán Köper<sup>3</sup>, pero su aplicación a la arquitectura proviene de los hermanos estadounidenses Olgyay<sup>4</sup>, quienes en los años 60 empleaban una metodología de acercamiento al paradigma del objeto arquitectónico, desde una perspectiva del análisis medio.

1. Remitirse a capítulo. J. Biografías.  
2. Vid. supra

La arquitectura bioclimática es una arquitectura adaptada al medio ambiente, la cual es sensible respecto al impacto que provoca sobre el medio ambiente, y que por consiguiente busca minimizar su consumo energético y material, mediante la eficiencia de sus procedimientos y con ellos, disminuir la contaminación ambiental, todo esto claro, sin dejar de lado el confort del usuario.



La arquitectura bioclimática juega con los elementos a fin de lograr espacios confortables.

Croquis: Autor desconocido

Para ello, la arquitectura bioclimática toma en cuenta diversas variantes como el clima y las condiciones del contexto a fin de conseguir el confort térmico interior. La bioclimática juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, minimizando o de ser factible prácticamente eliminando el uso de sistemas mecánicos, puesto que más bien se consideran como sistemas de apoyo.

La arquitectura bioclimática se puede medir en 3 escalas:

**En primer nivel**, se encontrarían aquellos edificios que sólo se preocupan de conseguir una alta eficiencia energética una vez construidos, sin incluir más variables bioclimáticas que las derivadas del ahorro energético a largo plazo producto de su operación.

**En un segundo nivel**, se situarían aquellos otros en donde el balance energético global incluiría no sólo la fase de vida útil del edificio, sino todo su proceso constructivo, partiendo desde la extracción de los materiales, su elaboración industrial, su puesta en obra, su uso, su reciclaje y su destrucción. En este caso, el balance energético global y su equivalencia en contaminación ambiental llevaría a un análisis pormenorizado de los materiales de construcción, y por tanto, a la utilización de aquellos menos costosos en términos energéticos (o en su equivalente, en contaminación ambiental), y al rechazo, o a la mejora del sistema productivo, de aquéllos otros con costos elevados, capaces de anular las posibles ganancias energéticas obtenidas durante el tiempo de usufructo del edificio. Según este principio,

se privilegiarían más, por ejemplo, aquellas técnicas capaces de introducir en la construcción materiales procedentes del reciclaje (actualmente se hace, en los países nórdicos, con el 40% del vidrio empleado en la edificación) y a su vez, se fomentaría aquellos otros materiales, que en su proceso de mantenimiento o sustitución, puedan ser introducidos, a su vez, en un nuevo ciclo.

**En un tercer nivel**, se situarían aquellas edificaciones que no sólo se preocupan de mantener buenos balances energéticos, sino también en adecuarse al medio en un sentido más extenso. Desde aquellas que se introducen en el paisaje, limitando el impacto visual de las construcciones, hasta aquellas otras que se preocupan por el mantenimiento de otros recursos naturales limitados, como la inclusión o el mantenimiento de la vegetación (fomentando la integración en la edificación de especies autóctonas) y el ahorro de agua (mediante la introducción de redes separativas de aguas grises y negras, la depuración selectiva por filtros verdes o la captación de agua de lluvia). Sistemas complementarios que utilizados en beneficio de la edificación, son perfectamente compatibles e incluso coadyuvantes en el ahorro energético del edificio y en la obtención de las condiciones de confort deseadas.

Tomando en cuenta los 5 criterios básicos de la arquitectura bioclimática y reflexionando el grado bioclimático que deseemos alcanzar, tendremos que observar que durante el proceso de diseño se cumplan una serie de medidas que nos permitirán alcanzar dicho objetivo:



### **Estudios del sitio:**

- Análisis de la topografía
- Análisis de la orientación
- Análisis de la trayectoria solar
- Análisis de la radiación directa
- Análisis de la radiación difusa
- Análisis de la radiación reflejada
- Análisis de la dirección de los vientos
- Análisis del clima (temperatura-humedad)
- Análisis de las redes de transporte
- Análisis de la comunidad inmediata
- Análisis de las vialidades
- Análisis del aprovisionamiento energético
- Análisis del aprovisionamiento de agua.
- Análisis del manejo de residuos líquidos y sólidos.

### **Estudios específicos del edificio:**

- Volumetría de la edificación
- Tratamiento de la piel del edificio
- Espacios tapón
- Uso de chimeneas térmicas

### **Diseño pasivo:**

- Uso de masa térmica
- Uso de iluminación natural
- Aprovechamiento climático del suelo
- Climatización natural
- Sistemas de aislamiento
- Sistemas de ventilación pasiva

- Uso de captadores de viento
- Captación pluvial
- Ahorro de agua
- Reciclaje de agua
- Uso de vegetación de la zona.

**Tecnologías sustentables:**

- Pre calentamiento de agua por medios solares
- Protección solar en verano
- Uso de sistemas evaporativos de refrigeración
- Uso de materiales ecológicos
- Uso de sistemas de ahorro energético
- Uso de sistemas de generación de energía renovables (solar, eólica, etc.)

Estos criterios serán variables y no son una receta de cocina, pues han de ajustarse al contexto y características de cada proyecto.



A continuación se describen algunas de las herramientas de medición y conceptos de trabajo que se encuentran presentes en el proyecto.

### Diagrama bioclimático

Es una representación tal que cada punto del mismo define unas determinadas condiciones atmosféricas dadas por la temperatura ambiente  $T$  y las condiciones de humedad  $H$ .

Hay dos formas diferentes de observar la humedad:

- **Humedad absoluta**, dada como la presión parcial de vapor de agua en mm de Hg. Se representa en el eje de ordenadas del diagrama.
- **Humedad relativa**, dada como el porcentaje de humedad respecto al máximo que admite la atmósfera a esa temperatura. En el diagrama se representa por un conjunto de curvas.

En cuanto a la temperatura, se puede observar de dos maneras diferentes:

- **Temperatura seca**, que es la temperatura tal como la conocemos habitualmente, medida por un bulbo termométrico seco. Se representa en el eje de abscisas del diagrama.
- **Temperatura húmeda**, que es la temperatura que tendría un bulbo termométrico permanentemente humedecido. Como la evaporación del agua provoca el enfriamiento del bulbo, la temperatura húmeda es siempre menor que la temperatura seca. En condiciones de atmósfera muy seca, la evaporación es más rápida, por lo que la temperatura húmeda es menor, mientras que en una atmósfera saturada de agua, no es posible la evaporación, y la temperatura húmeda iguala a la temperatura seca. La medida se realiza con viento en calma (pues este aceleraría la evaporación). En el diagrama se representa como un conjunto de curvas.

El **área de confort** es el conjunto de puntos (T, H) del diagrama en el cual un individuo de metabolismo medio, vestido con ropa ligera de verano, en reposo o realizando una actividad sedentaria, con el aire en reposo y sin recibir radiación solar, se encontraría en condiciones confortables. En el diagrama se puede observar que estas condiciones se dan para temperaturas comprendidas entre 20 y 27°C y humedades relativas entre 20 y 80%, exceptuando el triángulo de temperaturas y humedades más altas ( $H > 50\%$ ,  $T > 24^{\circ}\text{C}$ ).

El **área de confort con ventilación** se define de manera igual al área anterior, pero admitiendo que se puede utilizar ventilación. En este caso, como la ventilación provoca una evaporación más rápida del sudor, se pueden tolerar temperaturas y humedades mayores. En el diagrama se puede observar que para una humedad relativa menor al 50%, se pueden llegar hasta temperaturas de 32,5°C, y para temperaturas inferiores a 27°C, se pueden tolerar humedades de hasta casi el 100%.

Es fácil darse cuenta que las áreas de confort están pensadas para los casos de climas cálidos. Hacia la izquierda, y pensando en climas fríos, el área de confort se puede extender hasta los 11-13°C sin más que utilizar prendas de abrigo (ver más adelante el límite de la zona de calefacción).

**Línea climática:** Sobre el diagrama representamos las condiciones climáticas del lugar que queremos estudiar para un mes determinado. Necesitamos saber cuatro valores: la media de las temperaturas mínimas diarias ( $T_{\min}$ ), la media de las temperaturas máximas diarias ( $T_{\max}$ ), la media de la humedad relativa mínima diaria ( $H_{\min}$ ), y la media de la humedad relativa máxima diaria ( $H_{\max}$ ). Como la humedad relativa aumenta cuando disminuye la temperatura (puesto que el ambiente admite menos humedad absoluta), los pares a representar sobre el diagrama son ( $T_{\min}$ ,  $H_{\max}$ ) y ( $T_{\max}$ ,  $H_{\min}$ ), que uniremos por una línea. Definiremos tres puntos importantes en la línea climática: el mínimo (MIN) representado por la dupla ( $T_{\min}$ ,  $H_{\max}$ ), el máximo (MAX) representado por la dupla ( $T_{\max}$ ,  $H_{\min}$ ), y el medio (MED) representado por el promedio de los anteriores.

El diseño bioclimático supone un conjunto de restricciones, pero siguen existiendo grados de libertad para el diseño según el gusto de cada cual.

## **Tablas de Mahoney**

Es un método planteado por Carl Mahoney<sup>1</sup> para el diseño del hábitat en países tropicales.

El principio de funcionamiento es sencillo: se comienza con una tabla que contiene los datos climáticos, mes a mes del lugar considerado y, a partir de ella, y siguiendo un conjunto de reglas, se generan otras tablas que proveen información para ayudar al diseño de la vivienda.

### **Datos**

Para cada mes es necesario introducir los siguientes datos:

- media mensual de las temperaturas diarias máxima y mínima
- media mensual de las humedades relativas máxima y mínima
- precipitación media en mm de Hg

### **Estrés térmico**

Se genera mes a mes, tanto para el día como para la noche, tres posibles indicaciones:

- Sensación térmica de calor
- Sensación térmica de frío
- Confort

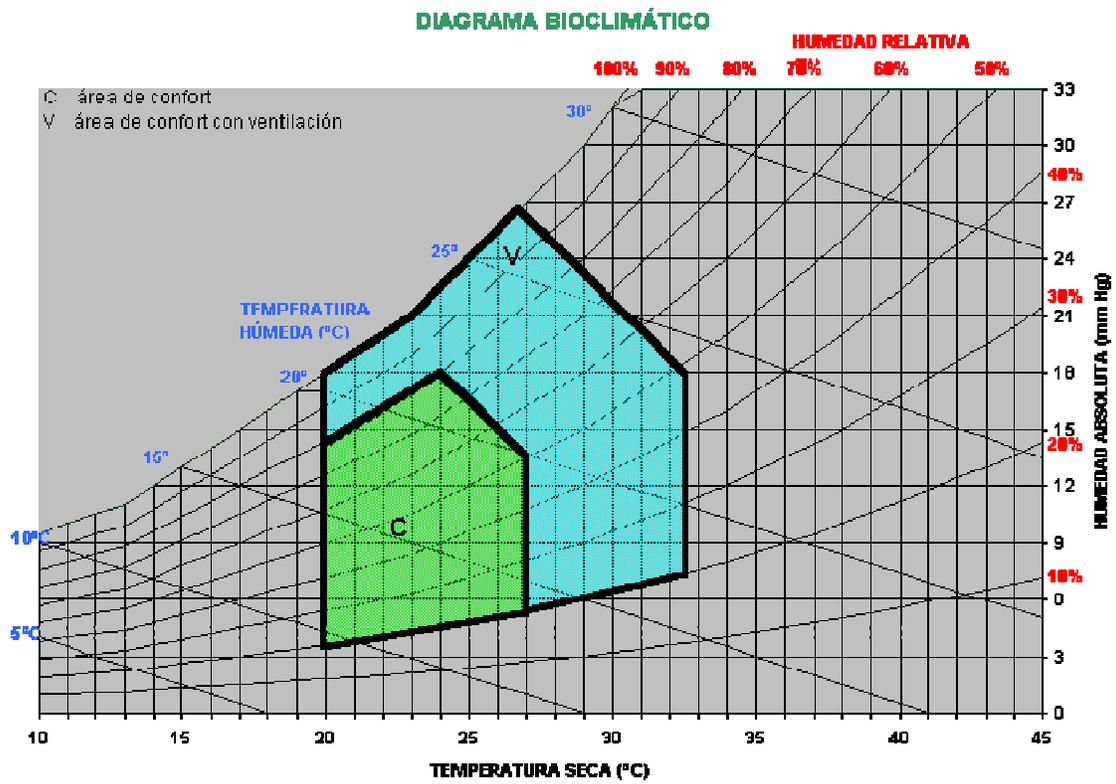
### **Indicadores**

Mes a mes se activan seis posibles indicadores que nos servirán en nuestro diseño bioclimático

- H1: Debido a la humedad y el calor es necesaria la ventilación
- H2: Debido a la humedad y el calor es recomendable la ventilación
- H3: Debido a la intensidad de las precipitaciones, es necesario prever protección para la lluvia
- A1: La utilización de la inercia térmica ayudará en el confort interior del edificio
- A2: Puede ser necesario dormir en el exterior

1. Remitirse a capítulo. J. Biografías.

- A3: Frío; es necesario disponer de mecanismos naturales o artificiales de climatización



Grafica de Mahoney  
[http://www.miliarium.com/monografias/Construccion\\_Verde/Herramientas\\_Disenio\\_Bioclimatico.asp](http://www.miliarium.com/monografias/Construccion_Verde/Herramientas_Disenio_Bioclimatico.asp)



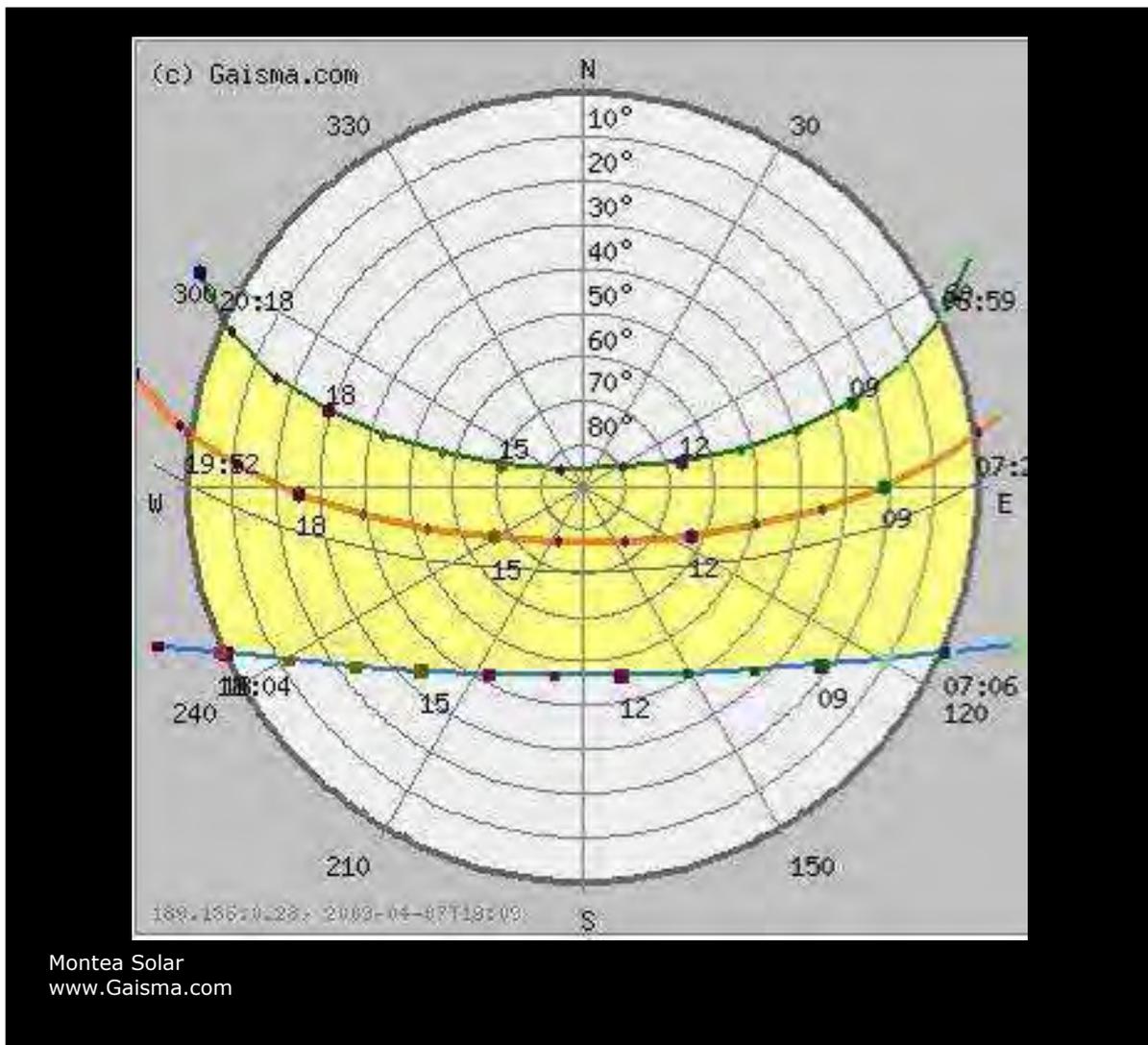
Un conjunto de reglas permiten deducir, a partir de los indicadores anteriores, un conjunto de recomendaciones arquitecturales clasificadas en 9 temas:

- **Plan masa.** Disposición de la casa, orientada este-oeste para disminuir la exposición al sol, o bien por método compacto con patio interior (indicadores A1, A3). El último plan se dará en los casos donde la inercia térmica es necesaria todo el año y los meses de frío no superen <sup>4</sup>.
- **Espacio entre edificios.** Básicamente se trata de decidir si se va a dejar espacios para la circulación del aire o no (indicador H1)
- **Circulación del aire.** Diseño del edificio para permitir la circulación interior del aire. Se trata básicamente de decidir si se requiere una circulación de aire permanente, intermitente o nula (indicadores H1, H2, A1). Es un compromiso entre el grado de humedad (que requiere la circulación del aire), y la inercia térmica (que requiere la conservación del clima interior).
- **Dimensiones de las aberturas.** Tamaño de las aberturas del edificio para la circulación interior del aire (indicadores A1, A3). De nuevo, la necesidad de conservar el clima interior determina el tamaño de estas aberturas.
- **Posición de las aberturas.** De nuevo se insiste sobre las aberturas (indicadores H1, H2, A1). La necesidad de ventilación y de inercia térmica vuelven a determinar este parámetro.
- **Protección de las aberturas.** Se indica si es necesaria la protección contra la radiación solar directa (cuando los meses de frío no superan los dos) y contra la lluvia (cuando los meses de fuertes lluvias superan los dos). Indicadores H3, A3.
- **Muros.** Se decide si es necesario construcciones ligeras o construcciones masivas, de fuerte inercia térmica (indicador A1).
- **Techo.** Tres posibilidades: construcción ligera y reflectante con cámara de aire, construcción ligera y aislada, y construcción masiva de fuerte inercia térmica (indicadores H1, A1).
- **Espacios exteriores.** Se indica si es necesario disponer de un emplazamiento exterior para dormir, si es necesario drenar apropiadamente el agua de lluvia, y si es necesario la protección contra las lluvias violentas.

Para cada tema se da una sola recomendación o ninguna, excepto en "Protección de las aberturas" y "Espacios exteriores", donde varias recomendaciones son posibles.

### Gráficas solares

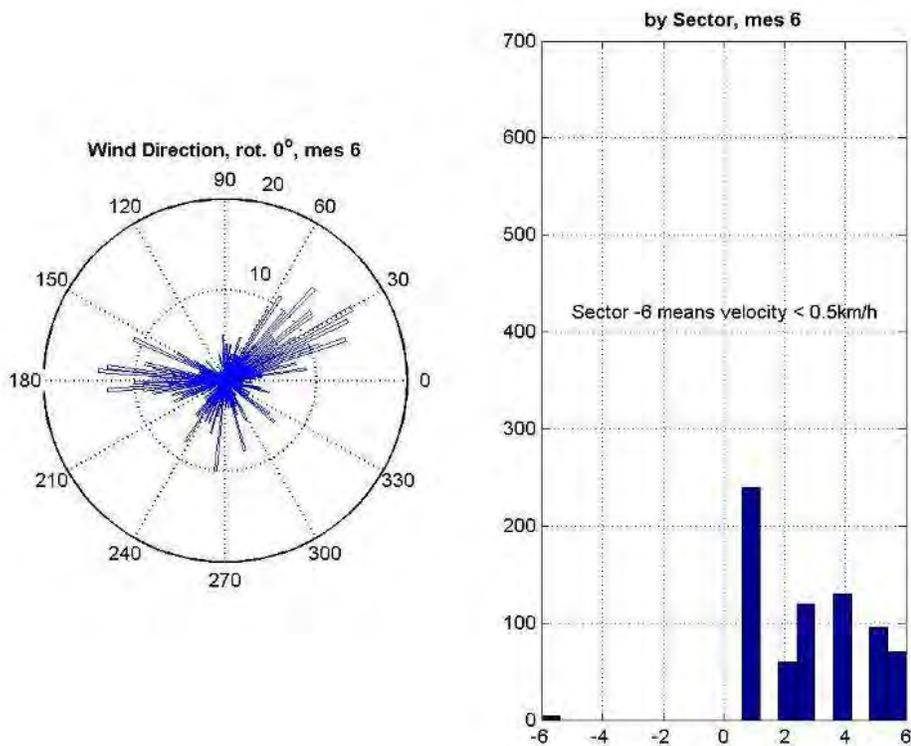
Es la proyección del camino del sol en forma grafica, la cual se aplica directamente sobre las coordenadas del proyecto a desarrollar, dándole al diseñador los ángulos y proyecciones del sol durante todo el año a fin de que calcule la incidencia solar sobre el edificio y se busquen posibles soluciones para minimizar el calor y aprovechar al máximo la iluminación. En la siguiente grafica se aprecia un ejemplo de estas gráficas, conteniendo los equinoccios y los solsticios, así como fechas específicas.



## Gráficas de viento

Son proyecciones de sobre la actividad del viento en el sitio, permiten saber la velocidad y dirección de los vientos a lo largo de una temporada, esto con el objetivo de determinar el uso de ciertas medidas de diseño como el uso de captadores de viento y generadores eólicos, así como el uso principalmente de ventilación pasiva.

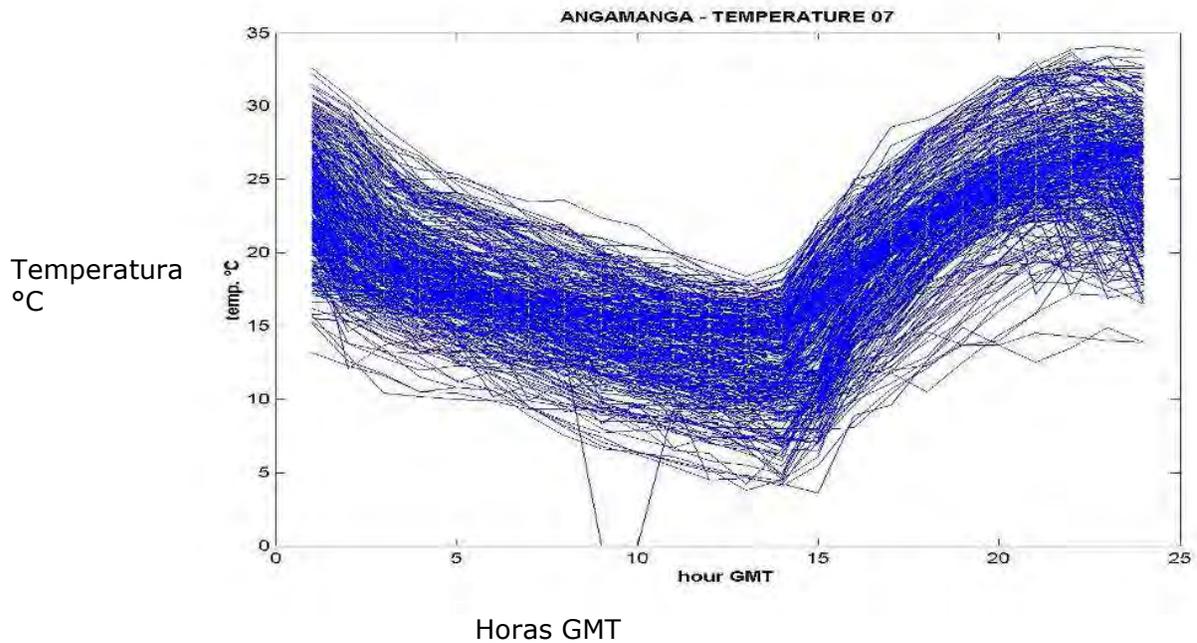
En la siguiente grafica se aprecian las mediciones para un mes sobre la intensidad de los vientos, en los sectores 30 y 180 principalmente, y casi nulos en los sectores 120 y 300.



Grafica de viento a partir de una estación meteorológica.  
Autor: Ing. Eric Hernández

## Gráficas de temperatura

Son graficas que permiten determinar las oscilaciones de temperatura a lo largo de un periodo de tiempo. Esto permitirá determinar los momentos más cálidos y más fríos, lo que facilitara el tomar medidas de diseño apropiadas para resolver dichas variantes de manera pasiva, pero en caso de no ser posible encontrar esta solución se podría seleccionar el sistema mecánico más apropiado a fin de tener un menor gasto energético.



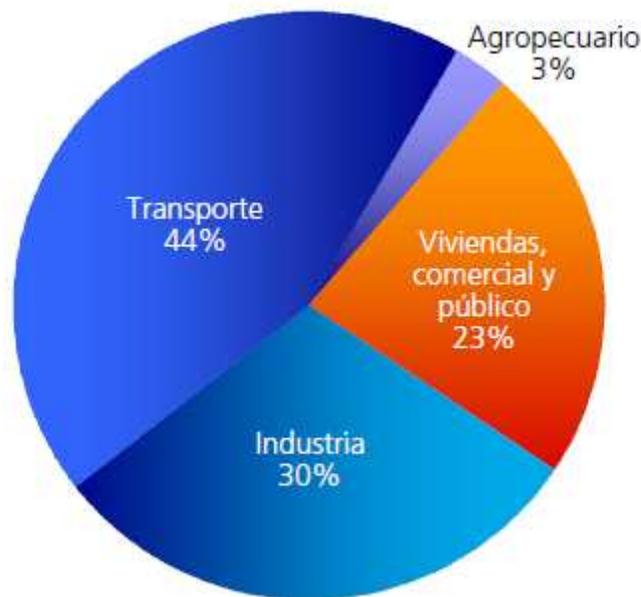
Grafica de viento a partir de una estación meteorológica.  
Autor: Ing. Eric Hernández

Todas estas son sólo algunas de las herramientas de las que se vale la arquitectura bioclimática para lograr diseños eficientes y acordes al entorno en que se emplazaran. Dentro del proyecto de CEMER se hizo uso de estos criterios y procedimientos, conjuntamente con otras más que encontraremos en los siguientes capítulos.

## B. HIPOTESIS

En los últimos años se ha hecho más evidente la grave crisis que atraviesa el mundo en temas fundamentales como lo son el energético y el climático. En este sentido, los edificios son uno de los principales consumidores de recursos como el agua o la energía. Es por ello que no podemos seguir con el actual ritmo de vida, nuestras edificaciones y sobre todo nuestras ciudades se han vuelto una carga de inoperatividad, esto lo podemos apreciar claramente en el **"Informe 2010 Planeta Vivo"** de la **WWF**, en donde se calcula que de seguir el actual ritmo de vida, para 2030 estaríamos requiriendo los recursos de 2 planetas para mantener el actual estilo de vida que tenemos.

México no es ajeno a todo esto:



Gráfica que muestra los consumos por sector en México.  
Fuente: Balance Nacional de Energía 2004 SENER, extraído de la Guía de Energía del CONAFOVI

Es por ello que considerando las condiciones actuales del mundo, las cuales nos obligan a dejar de lado las doctrinas reduccionistas del pensamiento clásico en el cual hemos crecido y en el cual hemos aprendido a diseñar nuestros espacios habitables. Es ineludible que los arquitectos cambiemos nuestra forma de pensamiento hacia un racionalismo abierto, incluyente, donde escuchemos lo que otros nos pueden aportar, trabajando en conjunto con científicos, ingenieros, investigadores, y demás especialistas, pues será trabajando de forma incluyente y no excluyente, como conseguiremos dentro del marco de un pensamiento complejo, el lograr resultados positivos al lograr que nuestros edificios sean espacios verdaderamente eficientes y favorables a las necesidades actuales de nuestro mundo, manifestando los 5 principios base para una sustentabilidad eficaz:

- Optimizar los recursos materiales.
- Optimizar el consumo energético y hacer uso de energías renovables.
- Minimizar los residuos y las emisiones del edificio.
- Minimizar el mantenimiento del edificio.
- Maximizar el confort de los usuarios.

Es por ello que la hipótesis a comprobar es la siguiente:

***El diseño arquitectónico actualmente está inmerso en un ensimismamiento que le ha llevado a una crisis en torno al aprovechamiento de los recursos materiales y energéticos y su operatividad al hacerla excesivamente costosa, en estos rubros. Es por ello que la "re-evolución sustentable" es una herramienta auxiliar en el proceso de diseño, que al integrarse a nuestros métodos creativos nos servirá como una guía, en la búsqueda por una mayor eficacia, así como una mayor interacción e integración con el medio y con otros expertos y sin dejar de lado la voz de los usuarios, lo cual permitirá a corto plazo que nuestros edificios sean eficientes operativamente, que a mediano plazo tengamos retornos sobre nuestras inversiones, y que a largo plazo frenemos el daño hacia nuestro planeta.***

## C. DISEÑO SUSTENTABLE

Debemos partir de hacer una aclaración sobre el diseño sustentable, señalando que la sustentabilidad no es ni debe ser una moda o menos aún una corriente arquitectónica. Por el contrario, la sustentabilidad es una de las múltiples partes que conforman las estrategias de los proceso del diseño. Es por ello que tenemos que hacer uso de la sustentabilidad, como una herramienta que nos permita alcanzar una óptima calidad de vida sin detrimento del medio ambiente.

Es necesario que trabajemos en la enseñanza de una cultura de la sustentabilidad en el diseño, pues será a partir del entendimiento de que el conocimiento es la sustancia dentro de la que se sumerge el espíritu humano en un proceso evolutivo, que intenta desarrollar el entendimiento del mudo material y espiritual, pero para que el conocimiento sea reflexionado y asimilado, primero debe ser enseñado, pues de esta manera las ideas se diseminan y comienzan a germinar en la mente de quienes reciben el conocimiento, produciendo cambios que tienden a buscar mejorar las condiciones de vida actual.

Razón por la cual cada vez se hace más necesaria la enseñanza de una mentalidad que tienda a alejarse de los patrones y errores del reduccionismo de un pensamiento mutilante y unidimensional, en el que todos nosotros nos hemos desarrollado. El mundo se ha vuelto un lugar extremadamente complejo, o mejor dicho hemos descubierto que es un lugar demasiado complejo y a cada nuevo paso que damos encontramos que se vuelve a trastornar nuestra realidad, para ingresar a una hipercomplejidad, en la que vivimos inmersos<sup>1</sup>.

Es dentro de este marco en que una nueva conciencia en torno al diseño surge debido a la necesidad de dirigir nuestro pensamiento hacia el entendimiento de las múltiples relaciones que se gestan a nuestro alrededor, entre ellas las que establecemos con el medio y con nuestros objetos artificiales. Pero a diferencia del pasado en esta ocasión el medio ambiente, no es aquel elemento que debe ponerse a disposición de la humanidad para la plena satisfacción de nuestras necesidades creadas, por el

---

<sup>1</sup> Vid. Morín Edgar. *Introducción al pensamiento complejo*. México Edit. Gedisa 1998.

contrario, es un elemento que forma parte de un todo y por tal debe ser respetado y considerado en todo proceso que implique violentar a sus delicadas estructuras.

Hoy pareciera que las teorías de la sustentabilidad aún no terminan de pernear en nosotros, pero debemos de entender que el concepto de la sustentabilidad es en cierta medida una idea relativamente nueva, y si bien podemos notar que a lo largo de la historia han existido múltiples documentos y ejemplos de arquitectura y urbanismo en los que podemos apreciar que las diferentes culturas del mundo se han preocupado por la relación entre el entorno natural y el espacio artificial, hasta hoy aún no ha existido un asentamiento urbano que realmente sea ejemplo de la plena acción de una sustentabilidad en su máxima expresión, puesto que en algún grado seguimos siendo agresivos al medio, ya sea con el manejo de nuestros desperdicios, la forma en que extraemos los recursos de la naturaleza, etc..

Estamos en un punto en el cual aún no lo hemos alcanzamos a vislumbrar de forma materializada, un asentamiento humano que realmente sea sustentable y si bien podemos ver que aunque a lo largo de la historia han existido numerosos ejemplos de espacios urbano-arquitectónicos en los que aparentemente existía un delicado equilibrio con el entorno, vemos que la sustentabilidad era aparente, pues la obtención de recursos y manejo de desperdicios nos habla de que en la mayoría de las ocasiones, era sin la apropiada comprensión del medio, resultando pues que para nosotros quizás la mayoría de estas ideas de pueblos del pasado que viven en armonía con la naturaleza son meras ilusiones, producto de factores como las escalas de los asentamientos, pues en el pasado igual que hoy se tomaba de la naturaleza todo lo necesario para satisfacer las necesidades humanas sin tener un apropiado tratamiento hacia los desechos, o sin una plena conciencia sobre el equilibrio a conservar sobre los recursos explotados, además de que las escalas de los asentamientos no parecían ser tan avasalladoras sobre el medio como resultan ser actualmente.

Por todo el mundo existen cientos de ejemplos sobre lo que ocurre cuando no se toma en cuenta el delicado equilibrio del medio ambiente, el cual puede ser roto con la inserción de nuestros objetos. Uno de estos ejemplos esta muy próximo a nosotros, es legado de nuestra herencia cultural prehispánica... la antigua ciudad de Teotihuacan.

Hoy sólo queden ruinas de la maravillosa ciudad que alguna vez se viera rebosante de actividad y que dominara la región central de México. Teotihuacan es una ciudad en verdad misteriosa y mágica, y pese a que hoy sabemos aún muy pocas cosas sobre ella, sí conocemos algunas de las múltiples causas que llevaron a su caída. Por ejemplo, sabemos que una de las causas de la caída fue el abuso de las esferas de poder, pero también que esta región que hoy vive dificultades para tener agua, en algún momento estuvo rodeada de bosques, pero la sobre explotación de los recursos naturales en pos de la construcción y mantenimiento de una arquitectura que demandaba más de lo que el medioambiente le podía dar, llevó al desgaste de los recursos naturales modificando el medio ambiente y por consiguiente colapsando la sociedad teotihuacana. Sin duda es maravilloso y misterioso el legado que queda de esta ciudad, pero también es un recordatorio de lo que puede sobrellevar la falta de una visión incluyente de todos los factores que componen nuestro mundo<sup>2</sup>.

Pero ¿qué es la sustentabilidad?...

La visión global de la sustentabilidad.

Por sustentabilidad debemos entender que se trata de mantener una buena calidad de vida sin que esto implique el detrimento de los recursos naturales y por ende del entorno que nos rodea, preservando de esta forma el medio para las generaciones futuras<sup>3</sup>.

En los últimos años ha venido crecido a nivel mundial la preocupación con respecto al medio ambiente, y poco a poco hemos adquirido una mayor conciencia en relación a los efectos causados por nuestras actividades sobre el medio ambiente.

Hoy enfrentamos el hecho de que gran parte de estos daños son producto de las deficientes planeaciones urbanas y los malos diseños arquitectónicos, pues evidentemente la falta de una conciencia integradora dentro de nuestras estrategias de diseño nos ha llevado a que resolvamos las deficiencias de nuestros diseños, razón por la cual terminamos abusando de la tecnología y dando soluciones a medias. Estamos

---

<sup>2</sup> Vid. Mooser, F (1968) " Geología, naturaleza y desarrollo del Valle de Teotihuacan". JL Lorenzo (edit) Materiales para la arqueología de Teotihuacan: : 29-37. Serie investigaciones 17, INAH, México

<sup>3</sup> Vid. Ruano, Miguel. Eco Urbanismo. Barcelona: Edit. Gustavo Pili. 1998

cayendo en la aplicación indiscriminada de sistemas que degradan el ambiente, ya sea por su fabricación, su transporte, su operación, o incluso por su desecho.

Los seres humanos nos hemos habituado a modificar el entorno según nuestras necesidades y esto ha llevado a que vivamos en ambientes artificiales, creados principalmente a partir de medios mecánicos, con el fin de obtener el confort necesario para desarrollar nuestras actividades. Los sistemas mecánicos tienden a gastar enormes cantidades de energía, la iluminación artificial también es un problema, pues ahora incluso durante el día también consumimos energía con el fin de iluminar muchos espacios, que no tendrían que caer en estos errores de diseño.

En gran medida el problema es producto del abuso de las ventajas que brinda el uso de procesos como el de la climatización los cuales son relativamente modernos. Los primeros equipos de climatización se produjeron en las primeras décadas del siglo XX y trajeron consigo una revolución en la forma de pensar y construir la ciudad. Como producto de estos sistemas pudimos trabajar por más tiempo en condiciones más cómodas, dentro de construcciones cada vez más altas y ligeras y todo gracias a las nuevas tecnologías que también nos ofrecían nuevos retos. Sin embargo, tenemos que mencionar que caímos en el descuido de no ver las repercusiones que tendría el uso irracional de lo que eran sistemas aparentemente racionales y nos vimos inmersos en la apatía de dejar de lado la solución con elementos de arquitectura, para dar paso al sobre uso de sistemas mecánicos, en pos de lograr traer a la realidad las imágenes idílicas de nuestras más profundas fantasías. De este modo fue que durante el siglo pasado y aún hoy en la ciudad se dedicaron a crecer y junto con ellas sus enormes demandas energéticas<sup>4</sup>.

Por otro lado la falta de concientización, para evitar el uso y el abuso de otras tecnologías como los cristales reflejantes, están llevando también a problemas ambientales.

---

<sup>4</sup> Vid. <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/medios/carpeta/energia.htm>



Edificio de vidrio espejo en la glorieta del Caballito.

Fuente: <http://ciudadmexico.com.mx>

El diseño de estas grandes torres de vidrio espejo resulta ser perjudicial para el medio ambiente, debido a que tienden a irradiar indiscriminadamente el calor que reciben del sol hacia sus alrededores, violentando al medio, al provocar que se incremente notablemente la temperatura del entorno en el llamado efecto "isla de calor", en el que las ondas de calor son disparadas en todas direcciones, pero principalmente hacia el pavimento y los edificios circundantes; provocando un cambio sustancial en la temperatura del entorno, y por consiguiente, generando daños al medio ambiente.

Además, este tipo de fachadas llevan a la necesidad de emplear con mayor intensidad los sistemas de climatización, con el fin de regular las temperaturas internas, debido a que con este tipo de fachadas se tienden a conservar en el interior el calor, generando entonces un gasto energético elevado.

Actualmente un 40% del consumo de la energía mundial se destina al uso de las construcciones. Sin embargo solo el 17% de esta energía proviene de fuentes no contaminantes, el resto es producto de carbón y combustibles fósiles. Es por ello que no debemos hacer un uso irracional de los medios, dado que el abuso en el uso de estos sistemas generalmente se da por la falta de una conciencia integradora en la

forma del diseño y por un desconocimiento de las técnicas y medios que permiten lograr óptimas soluciones sin abusar del medio mecánico<sup>5</sup>.

Hay que ser claros, no se trata de enfrentarse con la tecnología, por el contrario, se trata de que hagamos el mejor uso posible de ella, empleándola de forma planeada y recordando que es una herramienta más y no caer en abusar de ella como si fuera una solución aplicada a todo tipo de problemas, que en más de una ocasión se puede resolver por medios arquitectónicos, como parasoles, orientaciones, chimeneas térmicas, etc. Es por ello que tenemos que trabajar para que nuestras soluciones optimicen los recursos y no caigan en abusos del medio.

Es necesario que se busque el que la sustentabilidad forme parte importante dentro de los planes de estudio de arquitectura, promoviendo el que se enseñe los nuevos materiales y tecnologías que permiten diseñar espacios que no violenten al medio, pero también enseñar las técnicas tradicionales de diseño que permiten alcanzar el confort con el mero uso de elementos arquitectónicos, pues es en esta unión en donde encontraremos los medios que nos llevaran a mejorar nuestra calidad de vida y nuestra relación con el ambiente.

Tenemos que abrir nuestra visión del mundo, pues a principios de este siglo la ciudad concentraba a cerca del 50% de la población humana y se estima que para el año 2025 en las ciudades se concentrara el 75% de la población mundial, esto significa un enorme aumento en el gasto energético mundial, lo que llevará consigo un incremento en la actividad de la generación de energía y por ende un incremento en la contaminación, si es que no hacemos algo por buscar nuevas fuentes no contaminantes de energía<sup>6</sup>.

### **Del movimiento de mercados.**

Desde hace mucho asociamos al Silicón Valley con la tecnología de redes, Internet, computadoras y demás implementos que representan un negocio multimillonario. Sin embargo se ha venido dando una desaceleración de dichos mercados y como es lógico,

---

<sup>5</sup> Morin Edgar. Op.cit.

<sup>6</sup> Ruano, Miguel. Op.cit.

los capitales de riesgo han buscado nuevas fuentes de generación de recursos, razón por la cual estos capitales de riesgo han comenzado a inyectar miles de millones de dólares a nuevas empresas surgidas en este Silicón Valley y que han enfilado sus estrategias al campo de las energías renovables. De forma que pareciera que las nuevas tecnologías limpias o "clean tech" han comenzado a surgir como lo hicieran hace tiempo las empresas dedicadas al Internet. Alrededor de este nuevo movimiento se está fundando una naciente industria. Nuevos capitales ven en esta oportunidad un campo fértil en el cual el silicio que se usa para crear chips de computadora se transformara en las celdas que convierten la energía solar en electricidad por medio de los paneles solares, mientras que la biociencia usada para crear nuevos farmacéuticos puede usarse para desarrollar mejores procesos para manejar etanol.

En los últimos años, los paneles solares han incrementado su capacidad de generación de energía.

Si consideramos el tamaño y la amplitud del mercado de energía, veremos que la idea de los inversionistas es cambiar el mundo y a la vez generar grandes recursos económicos. Si observamos detenidamente las tendencias del mercado veremos que en los primeros tres trimestres del 2006, las empresas de capital de riesgo invirtieron 474 millones de dólares en un amplio rango de empresas dedicadas al almacenamiento, generación y eficiencia de energía. El crecimiento de esta área es similar al que experimentan rubros como el de las telecomunicaciones<sup>7</sup>.

En sus inicios Internet, prometía descentralizar el cómputo y poner el control en las manos de los usuarios, hoy la innovación energética promete descentralizar la industria al hacer la generación de energía más local, como los paneles solares en el techo.

Actualmente existe una gran confianza gracias a las condiciones políticas y económicas para las nuevas empresas de energía. Las compañías establecidas del petróleo, carbón y gas no pueden competir a largo plazo con los conceptos eficientes y ecológicos.

---

<sup>7</sup> Vid. <http://www.lageneraciondelsol.com/secciones/lomasinformativo/noticias/noticia.asp?noticia=58>

## HACIA UN FUTURO SUSTENTABLE

Puntos para lograr un conocimiento de la sustentabilidad.

Como es lógico, tales fluctuaciones de mercado llevarán al abaratamiento de muchas tecnologías, lo que las hará más accesibles, pero por otro lado, puede llevar a que se tome al diseño sustentable, como una moda o una tendencia y es algo que debemos evitar, por medio de una eficiente y bien estudiada aplicación de estos conceptos, sin quedarnos en la superficialidad de las ideas y entendiendo bien la sustentabilidad, y para ello tenemos forzosamente que promover la enseñanza de la sustentabilidad como parte integral del diseño, en el que se enseñe sobre:

Ahorro energético en la edificación, cálculo horario de necesidades energéticas de los edificios y urbanismo bioclimático.

Sistemas y soluciones constructivas bioclimáticas, como: paneles solares térmicos, refrescamiento por sondeo, suelo y zócalo radiante, depósito gran acumulador, invernadero, muro trombe, shunt termosolar, paneles fotovoltaicos, cerramiento con alta inercia térmica o chimeneas térmicas, solo por mencionara algunos ejemplos.

Materiales energéticamente eficientes.

- Integración de sistemas renovables en la edificación.
- Optimización de equipos y sistemas de climatización e iluminación natural.

Los muros trombe, son elementos arquitectónicos que permiten regular las temperaturas sin necesidad de medios mecánicos.

Pero también debemos buscar recuperar destrezas perdidas u olvidadas, como el manejo de montañas solares, que se han visto relegadas, por las facilidades ofrecidas por los programas de computadora, los cuales lejos de emplearse para el cálculo de la iluminación natural de los edificios, caen en ser empleadas como meras recreaciones virtuales de los espacios, en días y horas específicos, como parte de una presentación.

Es necesario que tomemos conciencia, que nuestras acciones, siempre tienen efectos con nuestro entorno, y que por lo tanto, debemos dirigir nuestros esfuerzos hacia la enseñanza de una cultura de la sustentabilidad, que nos brinde las herramientas necesarias para la concreción de proyectos que lleven a la sustentabilidad de nuestros objetos urbano-arquitectónicos y a una preservación de nuestro medio en pos de las generaciones futuras.

Por todo el mundo surgen ejemplos de arquitectura bioclimática, que responde a las necesidades de cada lugar y de cada momento, desde grandes urbanizaciones, hasta rascacielos o incluso proyectos de menor magnitud pero de gran repercusión, por su aprovechamiento de las energías renovables.

El camino está ahí, sólo resta tomar las decisiones que nos lleven por nuevos territorios en pos de lo que hoy son sueños pero mañana pueden ser realidades que marquen el rumbo de la humanidad.

Por todo el mundo surgen ejemplos de arquitectura sostenible, que además de ayudar al medio ambiente, son ejemplos de economía operativa. Edificio de oficinas ENDESA Madrid España, Proyecto Battle Mc Carthy.

Finalmente, me gustaría retomar dos frases del filósofo francés Edgar Morín que en su libro "Los 7 saberes para la educación del futuro" nos dice:

"La educación del futuro deberá ser una enseñanza primera y universal centrada en la condición humana. Estamos en la era planetaria; una aventura común se apodera de los humanos donde quiera que estén. Estos deben reconocerse en su humanidad común y, al mismo tiempo, reconocer la diversidad cultural inherente a todo cuanto es humano."...<sup>8</sup>

"Debemos, por consiguiente, trabajar para construir un futuro viable. La democracia, la equidad y la justicia social, la paz y la armonía con nuestro entorno natural deben ser las palabras claves de este mundo en devenir."<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Vid. Morín Edgar. "Los 7 saberes para la educación del futuro", Paris, Edit. UNSECO, 1999.

<sup>9</sup> Supra op cit..

## D. RE-EVOLUCION SUSTENTABLE.

Hemos llegado al punto en que es ineludible el hecho de adquirir una auténtica conciencia sobre nuestras acciones en torno al planeta. El diseño en todas sus esferas no puede seguir dejando de lado o menospreciando su incidencia sobre el medio ambiente; tanto en el proceso que conlleva la creación, como en la fabricación, operación y deshecho de todos aquellos objetos que producimos, llámense edificios o ciudades (esto en nuestro caso como arquitectos).



**Nuestras acciones afectan a todo el planeta.  
Imagen: Autor desconocido.**

La complejidad de nuestro mundo nos han llevado a ser víctimas y victimarios de la mala planeación que hemos hecho de nuestras ciudades y de nuestros edificios; es por ello que resulta necesario que desde la academia se brinden los principios básicos y conceptos necesarios para lograr una transformación en torno a la conciencia de los futuros profesionistas respecto al diseño responsable con el medio ambiente. Esto no debe ser una imposición o un escueto añadido a los planes de estudio, por el contrario, debe formar parte indiscutible de la estructura de la enseñanza de la arquitectura y todas las ramas del diseño a nivel mundial.

Es necesario que actuemos conscientemente, que recapacitemos que nuestras acciones, siempre tienen efectos sobre nuestro entorno; y que por lo tanto debemos dirigir nuestros esfuerzos hacia la asimilación y adopción de una cultura de la sustentabilidad. Una cultura que nos brinde las herramientas necesarias para la concreción de proyectos que lleven a una adecuada integración de nuestros objetos urbano-

arquitectónicos con el entorno, y por consiguiente lograremos la preservación de nuestro medioambiente en favor de las generaciones futuras.

Es tiempo de una **“RE-Evolución Sustentable”** en la que todos los que estamos inmersos en el tema del diseño, llámense arquitectos, urbanistas, ingenieros, diseñadores industriales, etc. demos los pasos necesarios hacia una nueva forma de pensamiento. Que en nuestro caso demos vuelta y retomemos los conocimientos perdidos de nuestro pasado arquitectónico; rescatando el uso de técnicas de construcción local o el diseño empleando elementos tan básicos como las orientaciones, y que no perdamos de vista el incorporar los nuevos conocimientos y tecnologías sustentables que harán de nuestros diseños, edificios más eficiente y amigables con el medio ambiente.



Así mismo tenemos que entender que este cambio tiene que ser de fondo y no de forma, no se trata de forrar edificios con plantas o poner jardines en todos lados; llenar fachadas de “artefactos tecnológicos” pues entonces nos perderemos en la ilusión de un producto concebido en una falsa sustentabilidad que sólo busca posicionar mercancías revestidas de conceptos como verde, ahorrador, ecológico, sustentable, sostenible, etc.

El mercado sustentable experimenta un potencial crecimiento, pero este mismo boom hace que el mismo mercado tienda a estar saturado de falsas ofertas sustentables ya que la falta de información entre consumidores conlleva el que muchos desarrolladores abusen de manera indiscriminada de estos conceptos corriendo el riesgo de

desgastarlos, esto nos lleva a pensar que ***“El color de esta temporada es el verde”***.

El mundo esta pasando por constantes cambio sociales, y la arquitectura se mantiene en constante evolución, a cada momento nos topamos con un aparentemente caótico desarrollo de nuevas corrientes del pensamiento urbano y arquitectónico, sin embargo, encontramos que dentro de todo este ir y venir de ideas persiste una constata, el buscar ser verde.

Actualmente estamos cruzando por un periodo de gran auge en lo que a los temas concernientes al medio ambiente se refiere; y esto es producto de que en los últimos años ha sido mayor la penetración que han tenido estos temas en las diferentes capas de la sociedad. Los conceptos coloquialmente llamados “verdes” han abierto todo un nuevo mercado, razón por la cual resulta cada vez más común toparse con la publicidad de muchas compañías que dicen ponen a nuestro alcance productos y servicios “amigables con el medio ambiente”, esta publicidad ha llevado a que nos encontremos inmersos en un aparente “green-boom” el cual recorre todo el mundo, así vemos como se ha incrementando la demanda por productos y soluciones que sean amistosas con el medio ambiente.

El camino esta en curso pero tenemos que evitar perdernos a causa de los espejismos, pues cada vez más común el escuchar como arquitectura sustentable, bioclimática e incluso arquitectura verde, pero a fuerza de repetirlo tantas veces y de manera tan gratuita, arbitraria e injustificada hemos comenzado a desgastarlos, corriendo el peligro de convertir esta re-evolución verde en una mera moda de temporada.

Tenemos que ser muy cautelosos en como calificamos y nos referimos a este tipo de temas, pues estamos rodeados de una inmensa cantidad de espejismos verdes, por ello ante todo tenemos que ser extremadamente críticos ante todo lo que se nos vende como la “panacea verde”.

Es aquí donde radica problema, pues el termino sustentable se está transfigurando de tratar sobre la relación del hombre con la naturaleza, a una marca de venta “a la moda”, que lejos de tratar de enfocarse en la idea de ofrecer productos, tecnologías,

legislaciones, y demás mecanismos ambientalmente responsables, a ser un slogan que reviste publicidades y etiqueta productos que lo hacen con el único fin de venderse en el nuevo mercado. La ilusión sustentable radica en la atracción que estos productos emplean con artefactos llamativos, o que de primera vista generan esta ilusión de sustentabilidad.

### La cuestión es... ¿en verdad comprendemos qué es la sustentabilidad?

Pareciera que no hemos terminado de comprender aún el concepto, o es más, de ponernos de acuerdo en el grado de sustentabilidad de un objeto, y de ahí que se esté sobre explotando el termino, etiquetando de verdes de una manera indiscriminada objetos tan variados que van desde un papel hasta la escala de una ciudad. Ser verde no se trata de recurrir a artefactos llamativos o incluso que son verdes literalmente, como es el caso de las azoteas verdes, cortinas verdes, estos elementos si bien son una herramienta, dependen de estudios detallados sobre el tipo de vegetación y las características del espacio en que se emplearán, de lo contrario caen en el rango de ser adornos con un alto costo de mantenimiento.



La etiqueta verde se expande cada vez más.  
Autor: desconocido

En resumen la **“RE-Evolución Sustentable”** es una nueva forma de afrontar el proceso de diseño, en donde la colaboración entre diferentes especialistas es vital, y donde ya no se trata de arquitectos y urbanistas trabajando de forma aislada como se nos ha enseñado en el proceso clásico de diseño racionalista, en donde los especialistas se iban incorporando a los proyectos en fases avanzadas del diseño y donde se limitaba su colaboración a resolver lo impuesto por el arquitecto.

Ser parte de la **“RE-Evolución Sustentable”** significa:

- Diseñar con plena comprensión de nuestro entorno.
- Buscando la eficiencia energética y de recursos.
- Integrando las voces de especialistas y usuarios, desde un inicio del proyecto.
- Buscar el confort sin poner de lado el medio ambiente.
- Desarrollar proyectos demostrables en el punto de vida de su sustentabilidad.
- Enseñar a otros como ser sustentables.
- Escuchar y aprender de otros.
- Actuar sin prejuicios ni absolutismos.
- Ser adaptable al contexto y no a la inversa.

La **“RE-Evolución Sustentable”** no es ni una regla ni un método inequívoco, es un proceso libre que debe ir adaptándose y ajustándose a las necesidades que confrontemos en diferentes momentos y circunstancias. Se trata de dar lo mejor de nosotros por el beneficio de nuestra profesión, nuestras ciudades, la humanidad y nuestro planeta.

## E. CASO DE ESTUDIO

La historia del CEMER inicia a mediados del año 2007, cuando se me encomendó la responsabilidad de hacerme cargo del concurso al que convocaba el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato, quien mediante una convocatoria llamada FOMIX<sup>10</sup> (Fondos Mixtos) invitaba a participar de manera abierta al concurso de ideas para el desarrollo del Centro Regional de Energías Renovables "CRER" (como se llamaba en aquel tiempo); con la única condición de pertenecer al Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnologías "RENIECyT".

Después de que analizamos detenidamente la complejidad que representaba un proyecto de esta índole, se tomó la decisión de acercarnos a especialistas de los más diversos temas en el campo de la sustentabilidad, con el fin de contar con la mejor propuesta posible, así se conformó un equipo integrado por expertos de amplio reconocimiento internacional, para ello se recurrió en primer instancia al Doctor David Morillón investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM, considerado una de las mayores autoridades en bioclimática en México, Guy Battle<sup>11</sup> de Battle & McCarthy, expertos en ingeniería bioclimática, consultores de las firmas de arquitectura sustentable más reconocidas en el mundo y que cuentan con tecnología de punta en el campo de la ingeniería sustentable, el Ingeniero Eric Hernández experto en térmica, y asesor externo de Picciotto Arquitectos, Aranda y Cuellar abogados, expertos en legislación sustentable en la región del bajío, y Picciotto Arquitectos como Coordinador General del equipo. Así fue que se presentó la convocatoria 2007-01 la cual resultó ser declarada desierta por el CONCyTEG, y sería hasta la siguiente convocatoria 2007-03 en que el equipo coordinado por Picciotto Arquitectos ganaría, teniendo ya integrada en esta etapa al Ingeniero Manfred Rucker, experto en negocios sustentables y profesor de la UNAM. En aquella propuesta se establecían las bases de lo que posteriormente dejaría de llamarse Centro Regional de Energías Renovables CRER, para transformarse en el Centro Mexicano de Energías Renovables "CEMER"<sup>11</sup>,

---

10. Los Fondos Mixtos son un instrumento que apoya el desarrollo científico y tecnológico estatal y municipal, a través de un Fideicomiso constituido con aportaciones del Gobierno del Estado o Municipio, y el Gobierno Federal, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

11. Remitirse a capítulo. J. Biografías.

A continuación se presenta un extracto del documento que formaba parte de la propuesta presentada por Picciotto arquitectos, para el concurso FOMIX 2007-03 pues se trata de un documento muy extenso por tanto he decidido enfocarme en un fragmento que me parece de importancia para la presente tesis<sup>3</sup>:

***"Nos encontramos en el umbral de una gran oportunidad en la historia de la humanidad, para incrementar significativamente la calidad de vida de los ciudadanos de México, así como la vitalidad, de nuestros sistemas económicos, sociales y ambientales.***

***En el mundo afrontamos nuevos retos. El cambio climático, las preocupaciones con respecto a la seguridad de las fuentes de energía, el agotamiento del agua y de los recursos naturales plantean consecuencias potencialmente catastróficas para la economía, el medio ambiente e industria de México.***

***Afortunadamente estos retos no resultan ser insuperables, pues México posee los recursos, la abundancia y el ingenio para superar estos retos y crear un más saludable y productivo país.***

***Sin embargo, para alcanzar el éxito necesitamos fundamentalmente cambiar la forma en que pensamos sobre el medio ambiente. Es aquí donde yace el corazón de esta nueva forma de pensar, la cual debe partir de un plan para hacer de los edificios verdes el canal para el cambio de México.***

***Es por ello que el enfoque para el "Centro Regional de Energías Renovables" debe ser el de un edificio que impacte profundamente en la productividad económica, la salud de las personas y obre todo en nuestro entorno natural.***

***De ahí que la necesidad de construir edificios verdes radique en su bajo consumo de energía, la preservación del agua, así como el aprovechamiento de la luz y la ventilación natural. Además el hacer uso de materiales***

---

<sup>12</sup> El cambio de nombre de Centro Regional a centro Mexicano surgiría a raíz del esquema que propondría el Dr. Morillón al buscar que este Centro tuviera un impacto a nivel nacional y no quedara delimitado a la región del Bajío.

***reciclados, que minimizan los desperdicios y elevan la salud y la productividad del ambiente.”<sup>12</sup>***

Como podremos apreciar a lo largo de esta tesis, el proyecto para el CEMER es el producto de un trabajo interdisciplinario y transdisciplinario en el que un equipo conformado por especialistas de diferentes áreas y provenientes de diversas partes del mundo y que se han reunido para lograr óptimos resultados en la creación de un centro de este tipo.

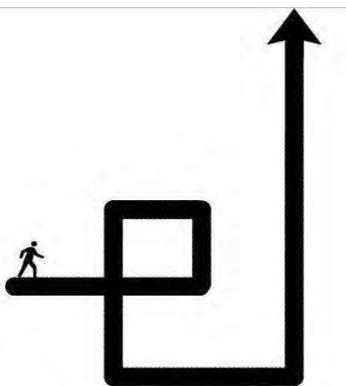
Es así que presento a continuación el trabajo desarrollado a lo largo de dos años, y el cual está enfocado concretamente en la parte arquitectónica; la cual es la que nos concierne para efectos de nuestro campo de conocimiento y que no está por demás aclarar es sólo un fragmento de todo el trabajo que se encuentra detrás de un proyecto de la magnitud que representa el Centro Mexicano de Energías Renovables. Espero que el siguiente documento resulte ser útil para aquellos que desean conocer más sobre el diseño sustentable, de la forma en que fue creado el Centro Mexicano de Energías Renovables y sobre todo del trabajo que lleva acabo en la firma de arquitectura sustentable de Picciotto Arquitectos, donde tengo el privilegio de colaborar como arquitecto.

---

<sup>12</sup> Proyecto del Plan Maestro para el establecimiento del “Centro Regional de Energías Renovables” / Picciotto Arquitectos S.C. / 2007

## 01. INVESTIGACIÓN.

Ahora que ya hemos precisado un poco de lo que se trata la arquitectura bioclimática y algunos elementos que componen este proyecto, entremos de lleno a abordar el tema sobre cómo se desarrolló el proyecto CEMER, el cual sería el primer proyecto de este tipo, no solo en México sino en América Latina, de ahí que el reto fuera grande pues sólo existen un grupo muy pequeño de referentes al rededor del mundo.



Dentro de los diferentes géneros de edificaciones que existen, el sector de los edificios de investigación es uno de los más complejos que existe, y si a esto sumamos que el CEMER se trata de un subgénero tan escaso y novedoso como resulta ser el de los edificios de investigación de tecnologías sustentables y eficiencia energética, nos encontramos en terreno fresco pero a la vez fértil para la exploración y experimentación.

Como parte del enfoque multidisciplinar de este proyecto, se partió de la configuración de un equipo muy completo de especialistas que colaborarían durante todo el proceso de diseño del CEMER, llevando a Picciotto arquitectos como empresa encargada de coordinar y dirigir los trabajos del equipo; aquí es donde mi participación en el proyecto es considerada por el arquitecto José Picciotto para ser el arquitecto a cargo del desarrollo de proyecto; dados mis estudios de maestría, ya que al tratarse de una tipología de edificios muy raros, era difícil tener referencias sobre como se desarrollaron los ejemplos existentes en el mundo; lo que demandaba un proceso de investigación minucioso en la búsqueda de que al desarrollar el proyecto nada quedara al azar.

A continuación se enlistan a todos los participantes del proyecto CEMER a fin de otorgar el crédito a este equipo que trabajo de manera muy unida para lograr el mejor resultado:

- Picciotto arquitectos (coordinación general)

- Ambiente Arquitectos (arquitectura de paisaje)
- Battle-McCarthy (consultor sustentable de Londres)
- David Morillón IINGEN UNAM (consultor bioclimático)
- Erich Soluciones (consultor Aire Acondicionado y térmica)
- Arco Radial (consultor estructural)
- Rubén Escalona (consultor instalaciones y tercerías)
- Bovis Lend Lease (consultor ingeniería de costos)
- Asintelix (ingeniería de iluminación y edificios inteligentes)
- MR Servicios Fomento Industrial (consultor ingeniería negocios)
- Aranda & Cuellar Abogados (consultor legal)
- DCarbon8 (consultor bonos de carbono de Londres)

Es necesario señalar que se dio la participación de otras instituciones que si bien no colaboraron directamente con Picciotto Arquitectos; sí formaron parte del proyecto participando directamente con algunos de los colaboradores, como es el caso de Dr. David Morillón<sup>1</sup> y su colaborador el Dr. Alejandro Mesa en Argentina.

Ahora bien, dentro del proceso de diseño del proyecto CEMER y como parte del proceso integral de diseño, se llevaron a cabo numerosas tormentas de ideas y jornadas de trabajo en las que participamos por Picciotto Arquitectos:

- Arq. José Picciotto - Director de proyectos.
- Arq. Enrique Anaya – Gerente de proyectos
- Arq. Francisco Vázquez - Líder del proyecto.

El CEMER fue concebido como institución con participación de la iniciativa privada y el gobierno federal y estatal; la cual se enfocaría en ser un centro de investigación, desarrollo y difusión de las energías renovables, así como de la eficiencia energética, y para la certificación de productos, razón por la cual al ser esta la base de dicha institución, evidentemente se requiere que el edificio que albergue estas instalaciones, sea en la praxis ejemplo de toda la ideología y tecnología que promueve en los ideales bajo los cuales fue creada dicha institución.

1. Remitirse a capítulo. J. Biografías.

La misión y visión del CEMER son:

**Visión:**



*Ser el organismo de mayor impacto científico especializado en materia de energías renovables y eficiencia energética a nivel nacional, consolidando proyectos innovadores de investigación y desarrollo tecnológico para el sector público, privado, y social que permitan elevar la competitividad y sustentabilidad en el país.*

**Misión:**



*Realizar investigación científica, tecnológica y social, a través de recursos humanos especializados de alta calidad, que desarrollen proyectos que se vinculen con los sectores públicos y privado, y que coadyuven en la elaboración de políticas y proyectos normativos para fomentar el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y eficiencia energética del país.*

Ahora bien, debido a la complejidad y el reto que significaría este edificio, el primer paso fue el tener una visión panorámica sobre cómo se están resolviendo este tipo de proyectos en otras partes del mundo. Esta investigación resulto complicada pues como ya lo mencione antes, esta tipología de edificios es muy poco común ya que apenas tiene un par de décadas que comenzaron a desarrollarse esta clase de centros en el mundo, sin embargo, los primeros de estos se encuentran ubicados en edificios adaptados para este fin, razón por la cual, muchas veces sus instalaciones no son las óptimas para esta actividad.

Es por ello que como primer paso establecimos que se realizaría un análisis de edificios de investigación con programas arquitectónicos similares, y que como requisito hubieran sido construidos específicamente para cumplir con la función de ser Centros de Investigación en temas sustentables, o bien, que se encontraran en proceso de construcción.

Después de una muy ardua investigación, se llegó a la selección de un grupo de edificios que dadas sus características de diseño y operación, su escala, o bien por su contribución al diseño sustentable, resultaban ideales. Aquí se exponen las cinco analogías más distintivas, aunque para este estudio nos enfocaremos principalmente en uno, el Centro Nacional de Energía (CENER) ubicado en Pamplona en España; el cual actuó como la principal fuente de información analógica al tratarse de un centro cuyas características eran las más próximas a lo que se deseaba alcanzar con el CEMER.



CENER



Imágenes: Acceso y vista aérea del CENER.  
Fuente: [www.cener.com](http://www.cener.com)

**Nombre:**

Centro Nacional de Energías Renovables.

**Ubicación:**

Ciudad de la Innovación, Pamplona España.

**Año:**

2005

**Proyecto:**

Cesar Ruiz Larrea.

**Uso:**

Investigación y desarrollo.



Imágenes: Fachada administración  
Fuente: [www.cener.com](http://www.cener.com)

**Programa arquitectónico:**

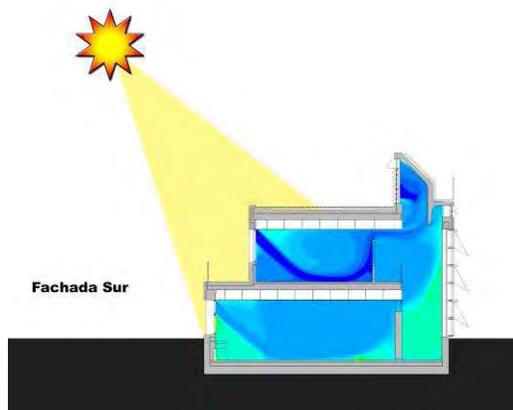
- Laboratorio de Ensayo de Módulos Fotovoltaicos (acreditado por ENAC)
- Laboratorio de Caracterización de Células y Materiales Fotovoltaicos
- Laboratorio de Procesos de Producción de Células Fotovoltaicos
- Laboratorio de Certificación de Aerogeneradores

- Laboratorio de Caracterización, pre tratamiento, fermentación y procesos de transformación de biomasa
- Laboratorio de Electrónica y Acumulación de Energía (LEYAC)
- Centro de Negocios.
- Área administrativa
- Área de enseñanza.

**Área construida:**

5000 m2 aprox.

El CENER es un edificio dedicado a la Investigación, desarrollo y divulgación de las energías renovables, debido a las características de su programa arquitectónico es el edificio análogo más similar que se tiene al proyecto de Guanajuato.



Imágenes: Corte por los laboratorios del CENER.  
Fuente: [www.cener.com](http://www.cener.com)



Imágenes: Laboratorios del CENER.  
Fuente: [www.cener.com](http://www.cener.com)



El conjunto presenta una rotación de 7° con respecto al Norte

### Forma-Materia-Energía

La principal prioridad en la concepción del CENER, fue el viento. Tanto el diseño como el flujo energético del edificio, pues por este medio se resuelven varios elementos de confort climático.

Cualquier volumen compacto con un coeficiente de forma reducido, optimiza su comportamiento de energético. Dada la complejidad y tamaño del programa se debía subir la altura, pero al equipo esta idea le resultó errónea dadas las características del paisaje. Se dio preferencia a obtener áreas de trabajo y estudio relacionadas directamente a un jardín.

El edificio es un espacio modulado en piezas pequeñas de dos niveles, entorno a un jardín en donde cada pieza alberga un programa de cada área de investigación.



Imágenes: Detalle de patio y corredor de los laboratorios del CENER.  
Fuente: [www.cener.com](http://www.cener.com)

El edificio fue proyectado empleando sistemas constructivos industrializados y modulares, de bajo contenido energético, materiales reciclables como la madera, todos ellos con sellos ecológicos. También se emplearon ventilaciones cruzadas, orientaciones sur, máximos criterios de aislamiento, y garantía de renovaciones, aprovechamientos geotérmicos, incorporación de sistemas pasivos de energías renovables, sustitución de la huella ecológica negativa, al usar aire acondicionado, por su elevado consumo de no renovables etc.

El conjunto, se articula desde una calle peatonal que va de norte a sur y sobre la que ensamblan los espacios comunes, de servicios, de trabajo el estacionamiento subterráneo, el campo fotovoltaico, y permite el crecimiento de las actividades futuras. El único punto negativo de es el exceso de área que ocupan las Circulaciones.

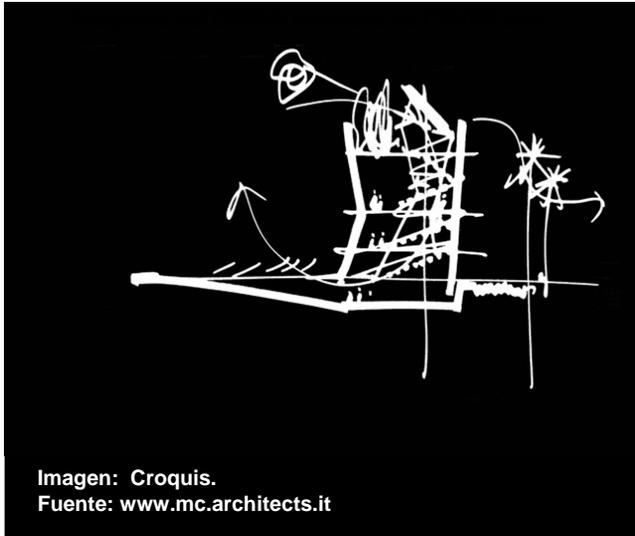


Imágenes: Imágenes exteriores del CENER.  
Fuente: [www.cener.com](http://www.cener.com)



### **Conclusión:**

En términos generales el CENER es un excelente proyecto, a lo largo de este tiempo ha cumplido con las expectativas para las que fue creado. El manejo de las orientaciones, la selección de materiales, así como el esquema de funcionamiento, pareciera son los idóneos para el proyecto del CEMER. Si bien las condiciones climáticas no son exactamente iguales, sí hay muchas coincidencias. En virtud de todo esto la análoga base para el CEMER es este edificio.



**Nombre:**

The Ko Lee Institute for Sustainable Technologies.

**Ubicación:**

Ningbo, China.

**Año:**

2006.

**Proyecto:**

Mario Cucinella

**Uso:**

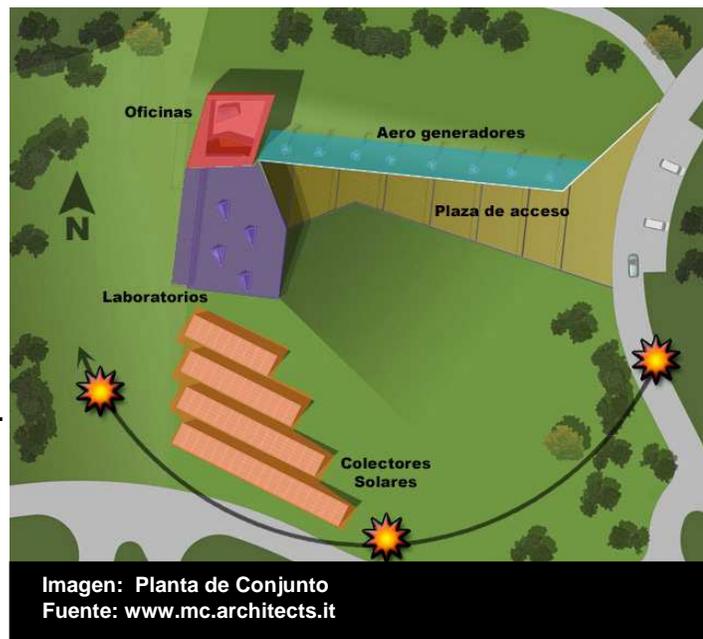
Investigación y divulgación.

**Programa arquitectónico:**

- Laboratorio de Energía Solar.
- Laboratorio de Fotovoltaica.
- Laboratorio de Aero generadores.
- Área de enseñanza.
- Centro de visitantes.
- Área administrativa.

**Área construida:**

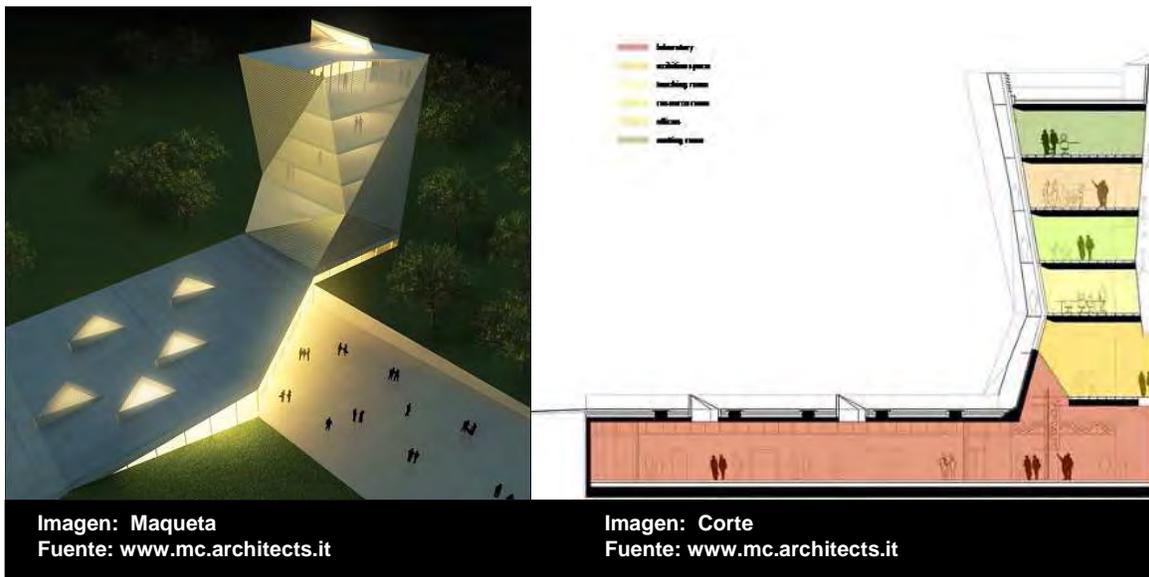
1,150 m2 aprox.



El instituto Ko Lee, lleva el nombre de su benefactor. El edificio se ubica en el primer campus universitario independiente de China, creado por la Universidad de Nottingham de Gran Bretaña y se centra concretamente en la difusión de tecnologías sustentables, energía solar, energía fotovoltaica, energía eólica, etc. Dicho campus esta en el corazón del distrito de Zhijiang, una de las zonas de China que esta experimentando en la actualidad el más rápido crecimiento económico, por lo que el instituto dará cabida a un centro de visitantes, laboratorios de investigación, y aulas para cursos de maestría.

El edificio está diseñado como una pequeña linterna de pie ubicada en un gran prado junto a un arroyo que atraviesa la zona del campus.

El edificio esta compuesto por una volumetría, que es parcialmente opaca, la cual es disectada lateralmente por una tapa transparente, que se convierte en la fachada acristalada. Todo el edificio está vestido de una doble piel de vidrio, haciendo a la superficie uniforme y diversificando su apariencia del día a la noche. La serigrafía de dibujo en el cristal se inspira en el tradicional diseño de la matriz de las formas de madera que caracterizan a los edificios históricos de la zona.



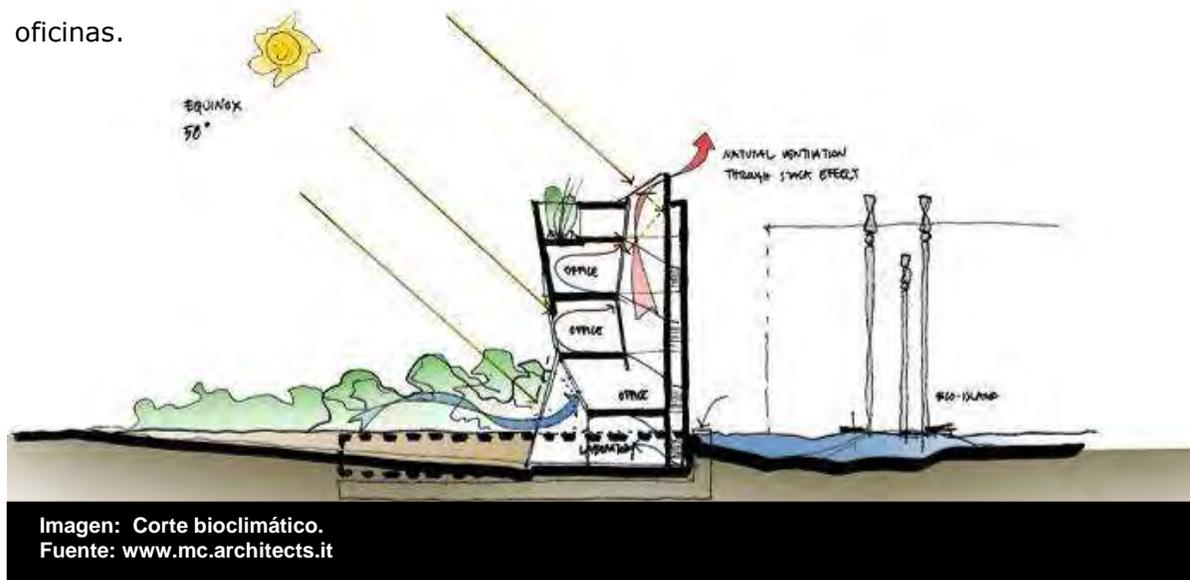
Una gran apertura en la azotea trae la luz natural a todas las plantas del edificio, al mismo tiempo que provoca la creación de un efecto de chimenea al promover el funcionamiento eficiente de la ventilación natural.

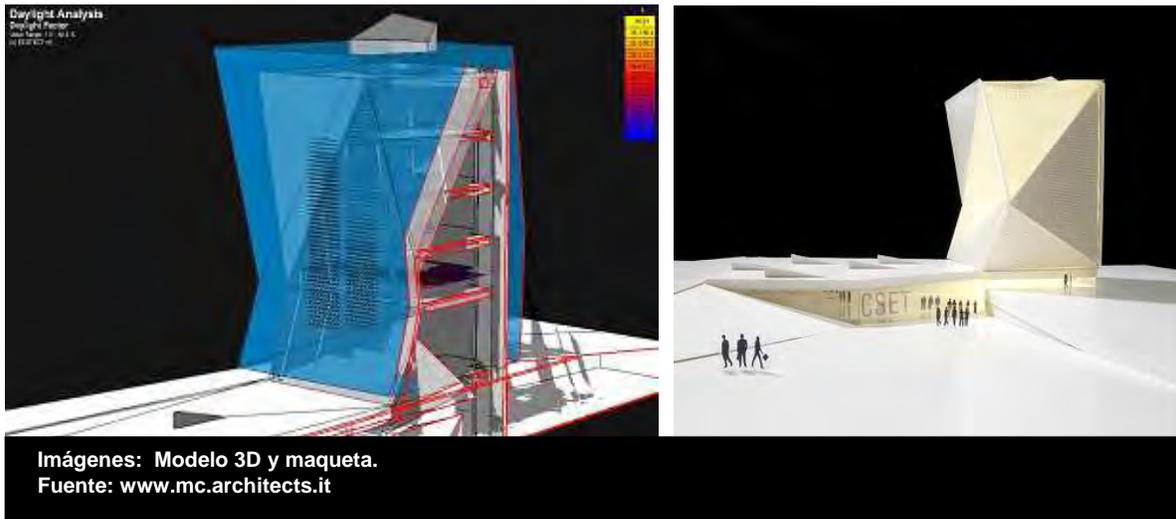
El pabellón hace uso de la energía geotérmica para enfriar y calentar el piso de lozas radiantes según sea el caso en verano o en invierno.

El sistema de las ventanas está diseñado para optimizar la llegada de la luz solar y reducir al mínimo la necesidad de iluminación artificial.



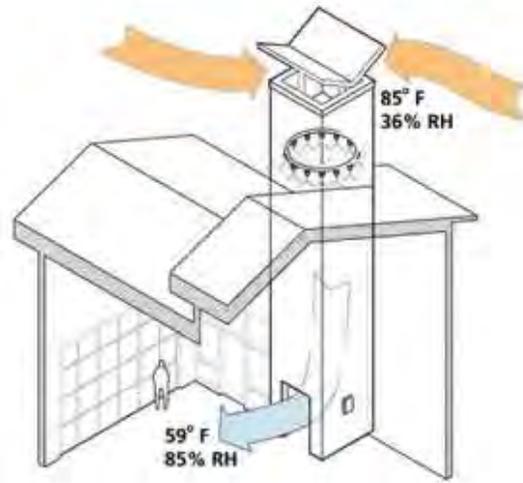
En este conjunto se han ubicado los laboratorios bajo el nivel de piso, obteniendo la ventaja del aislamiento, por otra parte, en la torre se ubican las áreas de enseñanza y oficinas.





### **Conclusión:**

Este proyecto es vistoso y muy interesante en su esquema de concepción, sin embargo, las características del sitio en que se ubica, no son similares a las del CEMER, razón por la cual no resulta ser totalmente aplicable al proyecto CEMER, sin embargo el estudio sobre las técnicas de ventilación pasiva y control de asoleamiento resultaron aplicables al CEMER.



Imágenes: Superior izq. Imagen de conjunto, superior der. isométrico de la chimenea de enfriamiento, inferior torre de enfriamiento  
 Fuente: [www.dge.stanford.edu](http://www.dge.stanford.edu)

**Nombre:**

The Carnegie Institute for Global Ecology

**Ubicación:**

Stanford, Ca. U.S.A.

**Año:**

2004

**Proyecto:**

Esherick, Homsey, Dodge, and Davis

**Uso:**

Investigación

**Programa arquitectónico:**

- Laboratorio 400 m2.
- Oficinas 300 m2.
- Vestibulo 80 m2.
- Sala conferencias 70 m2
- Área de descanso 70 m2
- Procesamiento de datos 50 m2
- Sistemas mecánicos 30 m2

**Área construida:**

1,010 m2 aprox.

Looking up inside the cool tower.

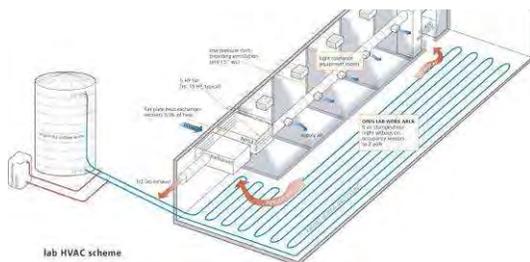
El proyecto responde a una participación directa entre los usuarios, los arquitectos y los especialistas en instalaciones. Para este proyecto se identificaron los diferentes tipos de laboratorios y oficinas; así como el espacio necesario para llevar a cabo las diversas actividades, también se examinaron las opciones para la ubicación del edificio.

Uno de los objetivos de este edificio es que para ser sostenible, presenta una mínima emisión de carbono al medio ambiente; tanto en su construcción, como en su operación.

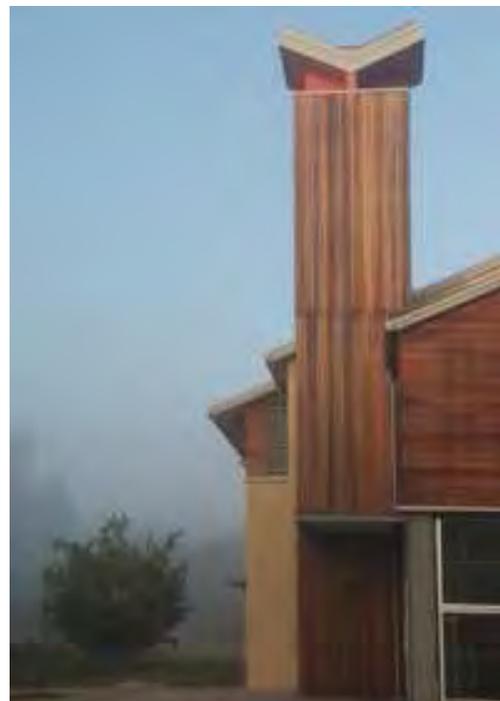
Algunas de las ideas planteadas para este proyecto, fueron las de manejar un patio interior, que brindara un espacio protegido, otra propuesta contemplaba el renunciar a una orientación norte sur, a cambio de tener una conexión visual con los edificios vecinos; pero esta idea se desechó con el fin de lograr una óptima solución. De manera que se ubicaron los laboratorios al sur y las áreas de trabajo administrativo al norte, en la esquina nor-este e ubico un vestíbulo, que con dos muros de cristal abatible que son abiertos cuando el clima lo permite, generando un espacio fresco.



sustainable strategies section



lab HVAC scheme



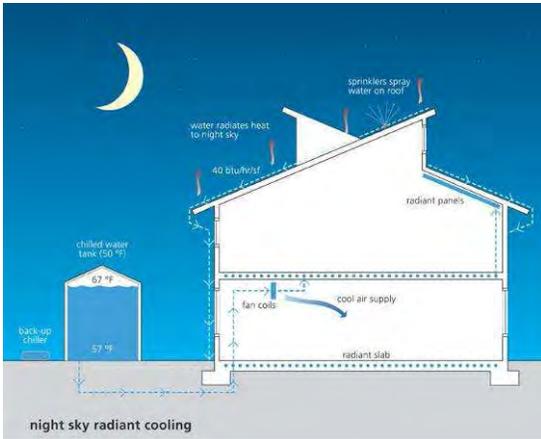
Imágenes: Sistema de enfriamiento y detalle de la torre de enfriamiento.  
Fuente: [www.dge.stanford.edu](http://www.dge.stanford.edu)

En cuanto a los sistemas de climatización del edificio, se hace por medio de un sistema de radiación de agua en lugar del tradicional sistema de aire. Sin embargo, también se cuenta con un sistema de enfriamiento por ventilación, por medio de unas ventanas automáticas, que se encuentran en la parte superior del edificio. El único sitio en que la ventilación es por medios mecánicos es en los laboratorios, los cuales presentan condiciones muy específicas de control para los experimentos.

La diversificación en los sistemas de climatización del edificio permite que los usuarios estén más confortables y que se tenga un gasto muy bajo de aire acondicionado.



Un sistema que resulta innovador en este edificio, es el llamado “night-sky cooling system”, el cual consiste en que una serie de aspersores que lanzan por la noche un rocío al aire, el cual cubre el techo; este rocío se enfría debido a la baja temperatura de la noche, posteriormente esta agua es recolectada y almacenada en un tanque aislado, al día siguiente esta agua es usada para enfriar las áreas ocupadas del edificio, circulándola por una serie de tuberías que absorben el calor y el agua regresa al tanque para reiniciar el ciclo.



**Imágenes: Detalles del sistema de enfriamiento nocturno.**  
**Fuente: [www.dge.stanford.edu](http://www.dge.stanford.edu)**

Así mismo el edificio cuenta con una torre de enfriamiento de aire, por la que circula el aire del exterior, para posteriormente ser enfriado, mediante una serie de aspersores ubicados en lo alto de la torre, al salir por debajo de la torre el aire, su temperatura es menor y su humedad es mayor.

Detalle de los parasoles que protegen la insolación de los laboratorios que se ubican en la fachada sur.



**Imágenes: Detalles del sistema de protección de ventanas**  
**Fuente: [www.dge.stanford.edu](http://www.dge.stanford.edu)**

Planta de conjunto en la que se distingue una gran zona arbolada al sur, la cual protege de la insolación intensa a esta fachada.



Entre las características de este edificio están:

- La estructura y el mobiliario están diseñados con la flexibilidad en mente a aceptar cambios en el tiempo.
- Un laboratorio esta abierto para reorganizar el espacio incluyendo el espacio del segundo piso de ser necesario.
- Las modificaciones pueden proceder con un mínimo de residuos y demolición.
- Casi todos los concretos utilizados en la construcción y contienen 50% de cenizas para la sustitución de cemento.
- Se han salvado varios materiales y elementos que se utilizan para reducir el flujo de residuos destinados a vertederos.
- Se reciclaron unas puertas de madera maciza, transformándose en pupitres y mesas de trabajo para el vestíbulo y las oficinas.
- Algunos árboles de la ciudad que cayeron fueron reutilizados al ser molidos y fabricar con ellos muebles para la sala de conferencias y el vestíbulo.
- Dos de los principales usos de la energía para el edificio son la luz eléctrica y la refrigeración.
- El agua calentada o refrigerada es utilizada para acondicionar el edificio, para ello es bombeada a través de tuberías de polietileno en las losas del piso de forma radiante y por paneles de techo, así como por el sistema de aire forzado en el laboratorio.

### **Conclusión:**

Este proyecto maneja procedimientos muy interesantes de control térmico y de diseño, nuevamente las diferencias climáticas resultan importantes, sin embargo, la conceptualización de este proyecto y el uso de tecnologías resultaron de interés en su posible aplicación en el CEMER.

## NELHA



Imagen: Exterior del edificio del NELHA  
Fuente: [www.nelha.org](http://www.nelha.org)



**Nombre:**

Hawaii Gateway Energy Center

**Ubicación:**

Kailua-Kona Hawaii.

**Año:**

2004.

**Uso:**

Investigación.

**Proyecto:**

Ferraro Choi and Associates

**Programa arquitectónico:**

- Oficinas
- Sala de conferencias
- Laboratorios
- Centro de visitantes

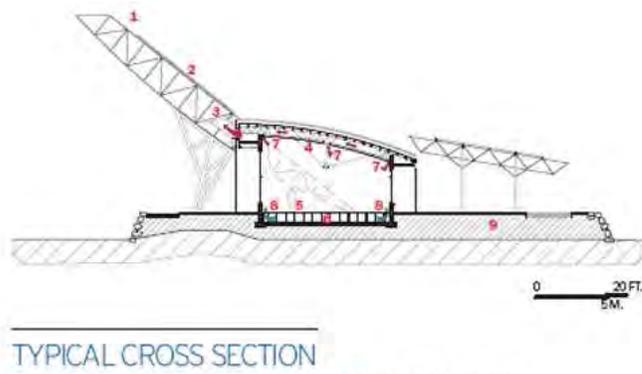
**Área construida:**

335 m2 aprox.



Imagen: Sistema estructural para los paneles solares del NELHA  
Fuente: [www.nelha.org](http://www.nelha.org)

El Centro Laboratorio de Energía Natural de Hawai tiene una vista de todo el Océano Pacífico de Hawai. El centro consta de aproximadamente 3.600 pies cuadrados y consta de dos edificios uno al lado del otro, una sala de conferencias y un centro de educación, así como un pequeño espacio administrativo. La principal característica del centro es su sistema de vigas de acero blanco que sirven de apoyo a varios conjuntos de paneles fotovoltaicos, algunos de ellos apuntando al cielo. De modo que actualmente el centro produce un excedente de 10% en la energía que produce.



TYPICAL CROSS SECTION

Imagen: Corte  
Fuente: [www.nelha.org](http://www.nelha.org)



Imagen: Salón de usos múltiples del NELHA  
Fuente: [www.nelha.org](http://www.nelha.org)

En una inversión del típico esfuerzo para reflejar el calor fuera de los techos, el edificio del posee un techo curvo de cobre que está diseñado como un colector de calor. El sol calienta el aire en el marco del techo. El aire caliente se eleva a partir de una serie de chimeneas termales, que producen el efecto de sifón de aire fresco en el edificio, a razón de 12 a 15 cambios de aire por hora a través del plafón. El aire entra en el edificio a través de una pequeña estructura que alberga una serie de bobinas exteriores que bombean agua de mar a 45° F desde 3.000 pies por debajo de la superficie del océano. Las bobinas refrescan y humidifican el aire. El agua que se condensa sobre las bobinas es recogida por un sistema de goteo y se utiliza para los inodoros y para regar las plantas. A pesar de que en Hawai existe un clima caliente y húmedo, "el edificio es agradable, casi demasiado frío para algunas personas".

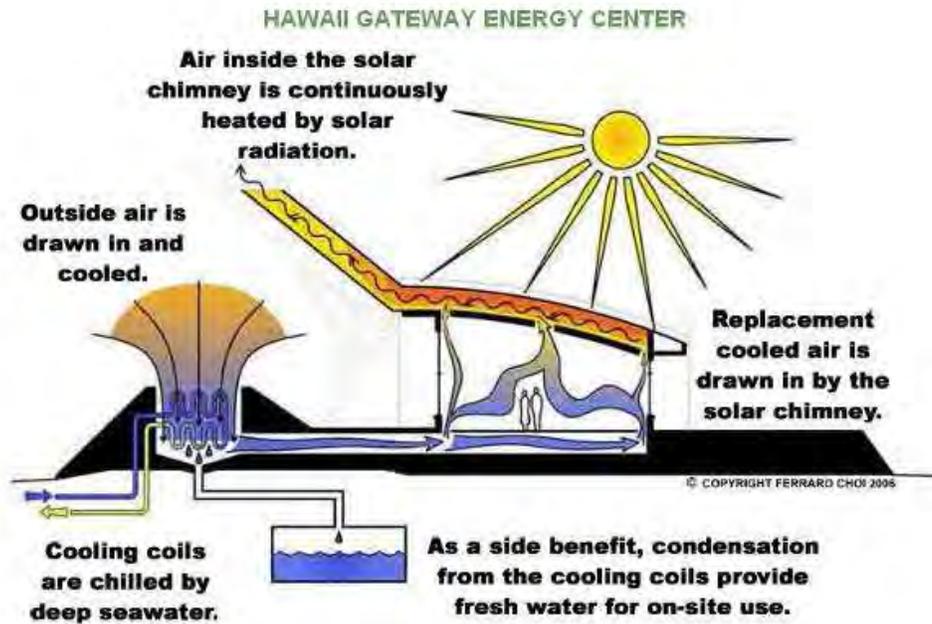


Imagen: Diagrama del sistema de enfriamiento  
Fuente: [www.nelha.org](http://www.nelha.org)

Este es un edificio cuadrado de 64 pies de alto con chimeneas termales que salen de la parte superior.

El sistema de acondicionamiento de aire fue posible gracias a la disponibilidad de agua de mar fría, que ofrece las condiciones para la generación de energía renovable y el campus adyacente instalaciones de acuicultura por \$ 0,32 por mil galones. Una bomba hace circular el agua de mar, según sea necesario a través de las bobinas de enfriamiento, lo que representa la única pieza en movimiento, y sólo el uso de la electricidad en el espacio acondicionado.

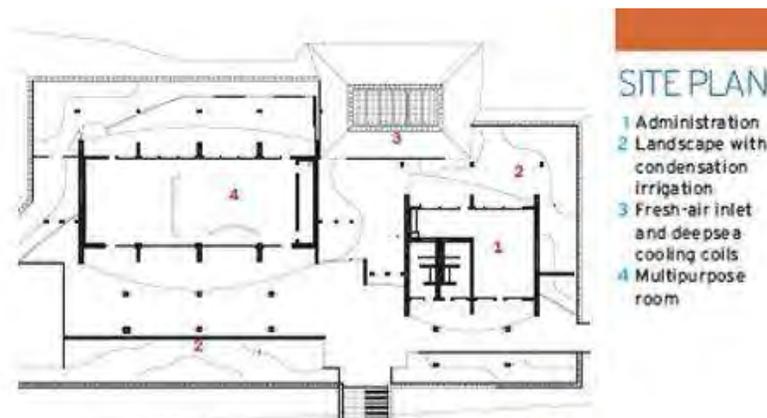


Imagen: Planta arquitectónica  
Fuente: [www.nelha.org](http://www.nelha.org)



Imagen: Panorámica del NELHA  
Fuente: [www.nelha.org](http://www.nelha.org)

#### Conclusión:

El centro Nelha, tiene un enfoque muy diferente al del CEMER, además de que se ubica en cerca del mar, pero la idea del uso de una cubierta con sistemas fotovoltaicos que además de generar energía protege a los visitantes de las altas temperaturas que se registran en el sitio. Este elemento resulto ser un factor de interés en su aplicación en el CEMER.

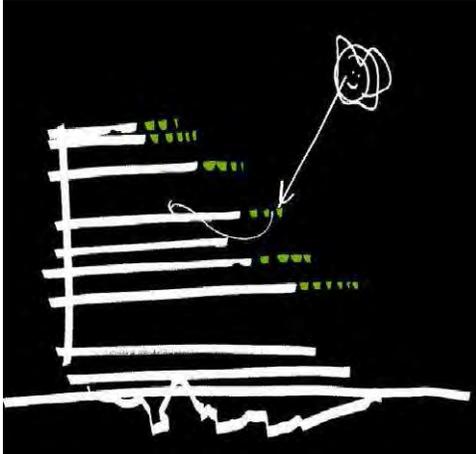


Imagen: Croquis.  
Fuente: [www.mc.architects.it](http://www.mc.architects.it)



Imagen: Vista general  
Fuente: [www.mc.architects.it](http://www.mc.architects.it)

**Nombre:**  
Ecological and Energy Efficient Building

**Ubicación:**  
Beijín China.

**Año:**  
2006.

**Uso:**  
Investigación, desarrollo y divulgación.

**Proyecto:**  
Mario Cucinella

- Programa arquitectónico:**
- Oficinas
  - Hall
  - Laboratorios
  - Salones de clases
  - Área de exhibiciones de tecnologías.
  - Auditorio 200 personas.

**Área construida:**  
20,000 m<sup>2</sup> aprox.

Imagen: Detalle de fachada.  
Fuente: [www.mc.architects.it](http://www.mc.architects.it)

El SIEEB es el resultado de la cooperación entre el Ministerio de Medio Ambiente de Italia, así como el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República Popular de China, dicho proyecto se considera como una plataforma para desarrollar las relaciones bilaterales de cooperación a largo plazo entre estas naciones.

Se trata de una área de 20,000 m<sup>2</sup> de construcción, 40 m. de altura y que será sede de Sino Italia. El SIEEB es el resultado de una experiencia de colaboración entre los consultores, investigadores y arquitectos. El edificio fue generado a través de una serie de pruebas y simulaciones de computadora en donde se estudió su desempeño en relación a su posible forma, la orientación, la dotación, los sistemas tecnológicos y demás.

El edificio está diseñado para encontrar un equilibrio entre los objetivos de eficiencia energética, generar el mínimo de emisiones de CO<sub>2</sub>, ser un diseño funcional y presentar la imagen de un edificio contemporáneo.

La dotación de los componentes, así como los sistemas de control y de las otras tecnologías son la expresión de los más actualizados producción italiana, en el marco de una filosofía de diseño en el que componentes están integrados en sistemas innovadores.



Imagen: Izquierda, detalle de terrazas. Derecha, conjunto.  
Fuente: [www.mc.architects.it](http://www.mc.architects.it)

- Ahorro de recursos materiales de construcción y de agua.
- La reducción al mínimo del impacto ambiental tanto en la construcción y como en el uso.
- Sistemas inteligentes de control durante la operación y mantenimiento.
- Eficiencia del aire en interiores.
- Uso de sistemas ecológicamente racionales y materiales duraderos.
- Reciclaje de agua y su posterior reutilización.

El edificio es producto del análisis del sitio y de las condiciones climáticas específicas la región. Se encuentra ubicado en un denso contexto urbano, rodeada por algunos edificios altos; es por ello que el edificio optimiza y aprovecha la energía solar en invierno y se protege del sol en verano.



Imagen: Detalle Fachada.  
Fuente: [www.mc.architects.it](http://www.mc.architects.it)

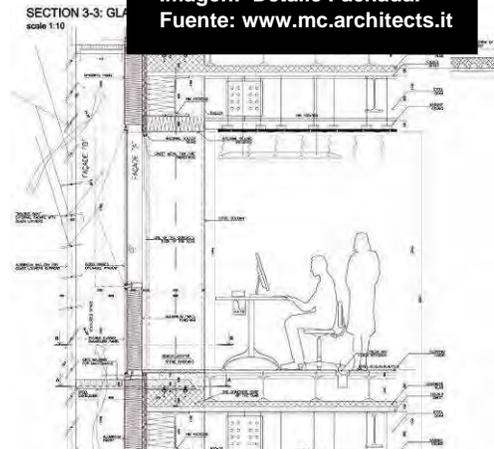


Imagen: Corte por fachada.  
Fuente: [www.mc.architects.it](http://www.mc.architects.it)

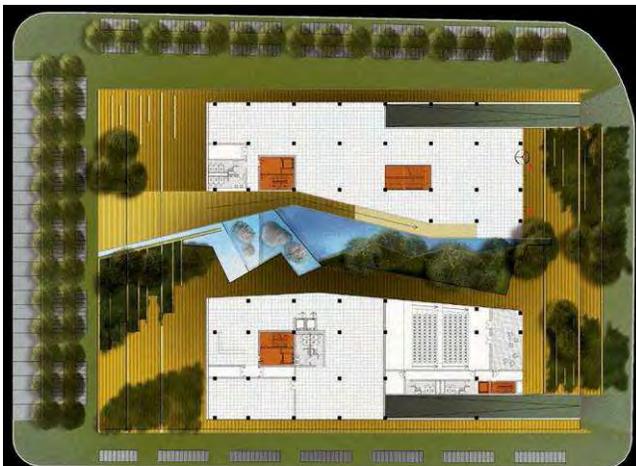


Imagen: Izquierda, planta de conjunto. Derecha, fachada posterior.  
Fuente: [www.mc.architects.it](http://www.mc.architects.it)



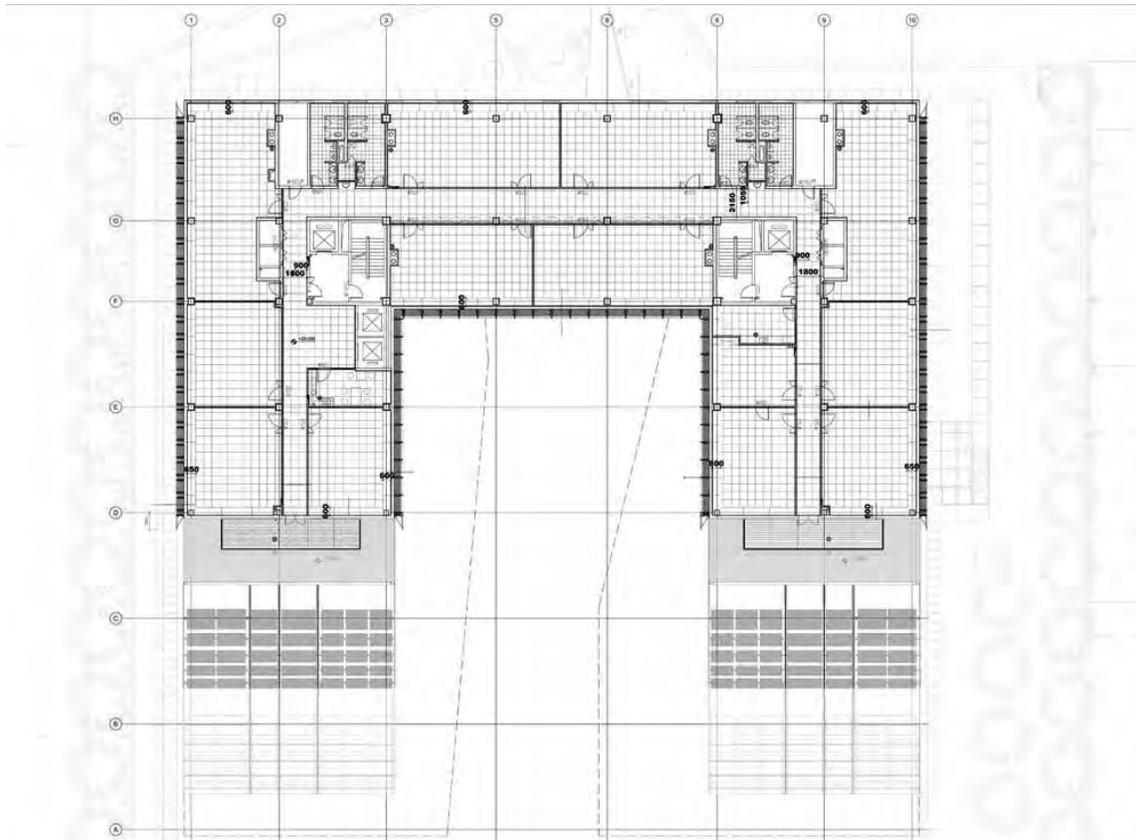


Imagen: Planta tipo  
Fuente: [www.mc.architects.it](http://www.mc.architects.it)

### **Conclusión:**

La magnitud de este centro es abrumadora y muy lejana de la del CEMER, en este caso el factor determinante resulto el entendimiento del elemento protección solar en fachadas en un edificio enteramente de cristal, ya que en el CEMER, se quería contar con un edificio que tuviera grandes cristaleras, pero que a la vez este elemento no hiciera del CEMER un edificio demasiado cálido.

## 02. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

Después de realizar estudios comparativos de los proyectos análogos había que seguir al siguiente paso; el cual consistía en conocer los requerimientos de los científicos mexicanos que están trabajando en el desarrollo y estudio de tecnologías sustentables, es así que se reunió bajo el llamado del Concejo de Ciencia y Tecnología de Guanajuato, la UNAM y Picciotto Arquitectos a un equipo multidisciplinar de científicos procedentes de diversas instituciones nacionales que participaron en una mesa redonda integrada por especialistas en las diferentes áreas de las energías renovables. Esta reunión de trabajo se llevo acabo en la Ciudad de México el 14 de mayo de 2008, en el salón de conferencias del Hotel Fiesta INN de Insurgentes y Viaducto, en dicha mesa de trabajo participaron numerosos especialistas con reconocimiento nacional e internacional, quienes discutieron y dieron sus puntos de vista sobre las posibles estrategias a seguir en el desarrollo del proyecto para el CEMER, entre los asistentes se encontraron:

- Mtro. Eduardo Rincón M
- Ing. Rodolfo Martínez S.
- Mtro. Rafael Almanza
- Mtro. Felipe Muñoz
- Dr. Ivan Martínez
- Dr. Yasuhiro Matsumoto
- Dr. Javier Aguillón
- Ing. Ricardo Saldaña
- Dr. Diego Morales R.



Imagen: Imagen del evento  
Fotografía: Francisco Vázquez



Imagen: Mesa de trabajo.  
Fotografía: Francisco Vázquez



Como resultado de esta reunión se determinó que el proyecto a desarrollar, debería partir esencialmente de 4 actividades primordiales a desarrollarse en el centro. Estas actividades serían:

- Administración (dirección y operación del centro).
- Educación (capacitación del personal y difusión del conocimiento generado).
- Investigación (desarrollo de los productos y servicios que ofrece el centro).
- Negocios (venta y promoción de los productos y servicios generados).

Además se pudieron determinar cuáles habrían de ser los laboratorios que compondrían al CEMER:

- Energía Solar
- Energía Eólica
- Energía biomasa
- Eficiencia Energética
- Arquitectura sustentable

Con esto también se determinó que para las etapas subsecuentes del proyecto, se podrían incluir laboratorios de energía mareomotriz y geotérmica.

La importancia de trabajar con los usuarios directos del proyecto resulto vital, pues gracias a esto, se pudo determinar un aproximado de las áreas en metros cuadrados necesarias, además, esto permitió el poder configurar un programa arquitectónico lo más real posible con las necesidades de los usuarios principales, en este caso los científicos y algo muy importante pues se estableció que de cada uno de estos espacios se desprenden una serie de requerimientos específicos de diseño, que sería indispensable se tomaran en cuenta en el momento de iniciar con el diseño.

## ÁREAS DE PAUTA.



Como parte del proceso de diseño se prosiguió a determinar las áreas de pauta principal y las secundarias dentro del diseño, esto nos permitirá definir cual es punto determinante para incidir directamente en el objeto e innovar. De forma que toda esta información servirá como punto de partida para la generación del concepto y del partido arquitectónico.

Antes retomemos cuales son las áreas sobre las que estamos trabajando:

- Administración.
- Educación.
- Investigación.
- Negocios.

Iniciaremos estableciendo nuestra área de pauta principal es decir la más determinante para el desarrollo del sistema. Por ello, dicha área tendrá como característica: Ejercer una gran influencia sobre las otras áreas debido a sus características, además de ser un elemento indispensable para la operación del resto del conjunto.

En este caso, el área de pauta principal que influye de una forma expresa sobre las otras áreas, es la investigación, es en este sitio se ubican los laboratorios, los cuales

actúan como eje principal de las actividades a desarrollar en el centro. Los laboratorios tienen tal importancia debido a múltiples factores tales como los equipos y/o las dimensiones para ubicarlos dentro de estos espacios; además de que varios de ellos poseen condiciones muy específicas y controladas, para el desarrollo de las pruebas y experimentos. Algo que no ocurre con los otros espacios, pero que si termina por afectarle al resto del conjunto.

Es importante aclarar también que de las actividades llevadas a cabo en el área de investigación; se desprenden muchas de las otras actividades que componen el programa de las demás áreas.

En conclusión, los laboratorios son el espacio que más influye en la organización del partido arquitectónico para este proyecto. Lo que da como resultado que el área de pauta secundaria se encuentre conformada por las áreas de:

- Educación
- Administración
- Negocios.

Es por ello que podemos decir que estos espacios resultan ser elementos de apoyo para el área de investigaciones.



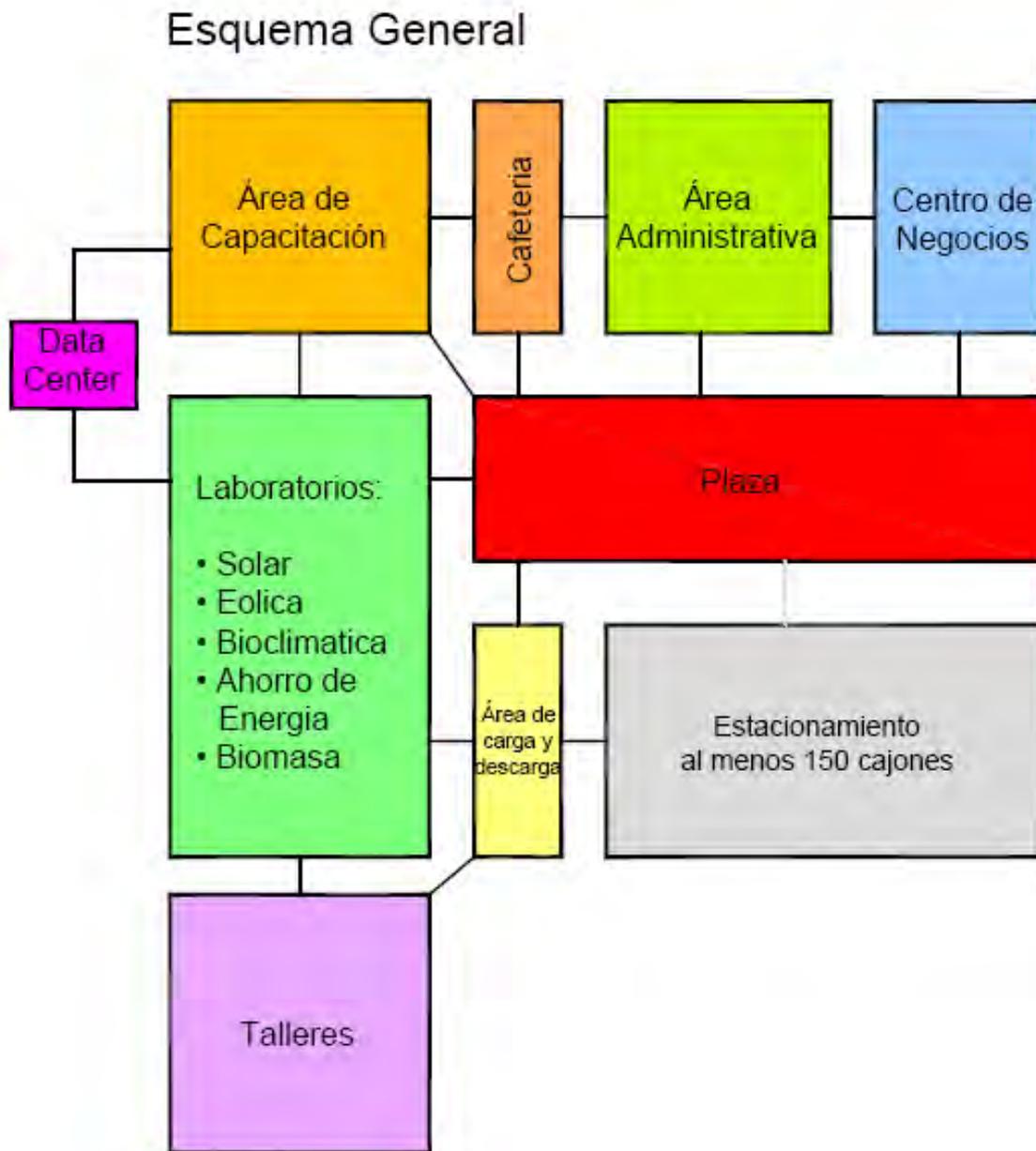
A partir de toda la información anterior se pudo definir un programa arquitectónico conteniendo los siguientes espacios y áreas.

<b>PROGRAMA ARQUITECTÓNICO:</b>	
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA M2</b>
<b>VESTÍBULO EXTERIOR</b>	<b>TOTAL 153.40</b>
<b>EDIFICIO ADMINISTRATIVO</b>	<b>TOTAL 6,937.78</b>
ÁREA BUSINESS CENTER	
BIBLIOTECA	
SALÓN DE USOS MÚLTIPLES	
ÁREA DE CAFETERÍA	
SERVICIOS	
ÁREA DE INVESTIGADORES	
ÁREA EDUCATIVA	
VESTIBULO, CIRCULACIONES Y TERRAZAS	
ÁREA ADMINISTRATIVA	
ÁREA DE GOBIERNO	
ESTACIONAMIENTO	
<b>LABORATORIOS (5)</b>	<b>754.60</b>
Laboratorio de Ahorro de Energía	
Laboratorio de Arquitectura	
Laboratorio de Biomasa	
Laboratorio de Energía Eólica	
Laboratorio de Energía Solar	
	<b>TOTAL: 3,773.00</b>
<b>ÁREA TOTAL CONSTRUIDA:</b>	<b>10,864.18</b>





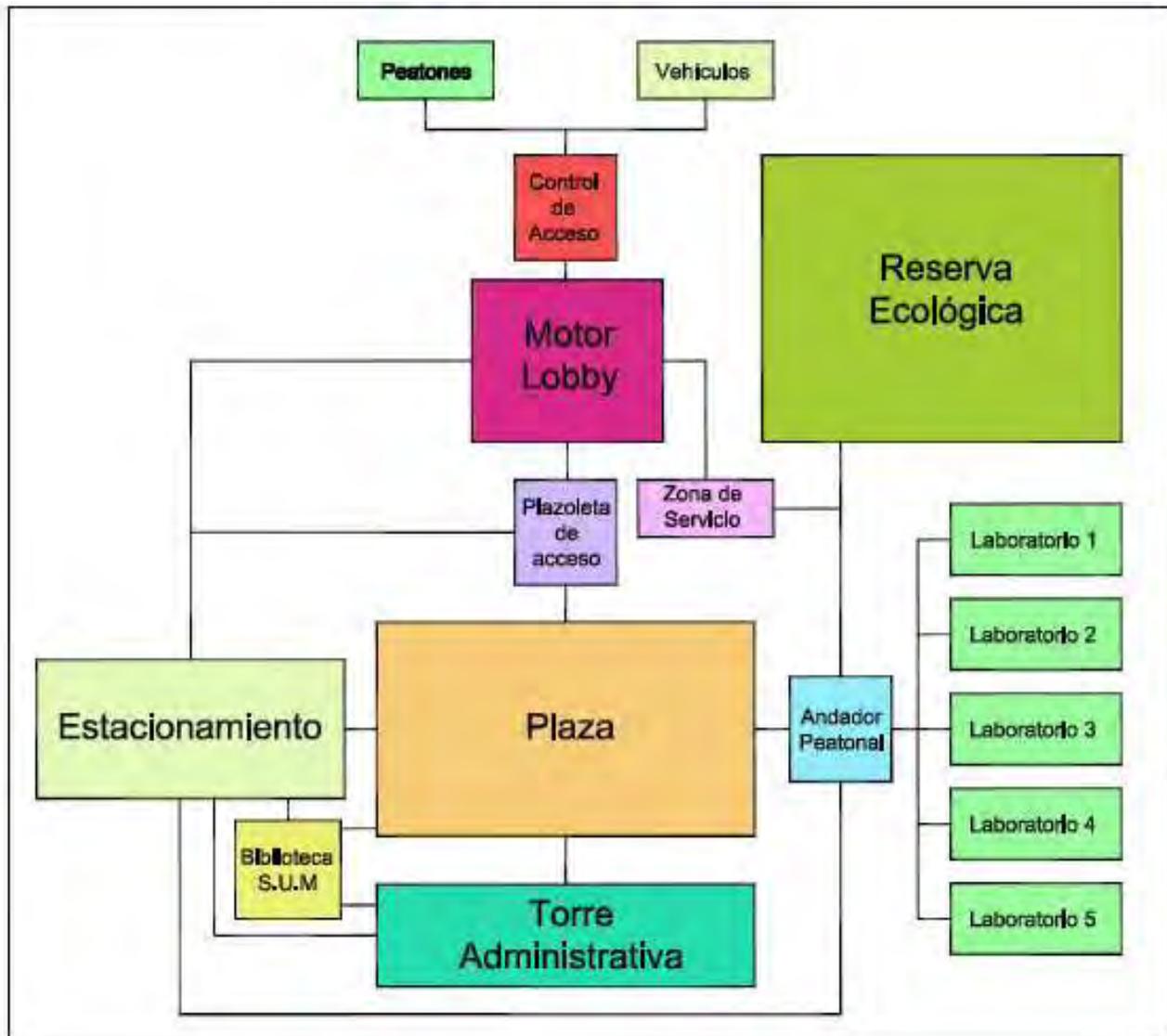
En este esquema se puede apreciar una organización por sistemas de áreas de pauta, en los que resulta evidente la convergencia de espacios en torno a los laboratorios y la posible necesidad de un área de transición entre espacios, es decir un gran vestíbulo, lo que se traduce en una plaza.



## Diagrama de Distribución General



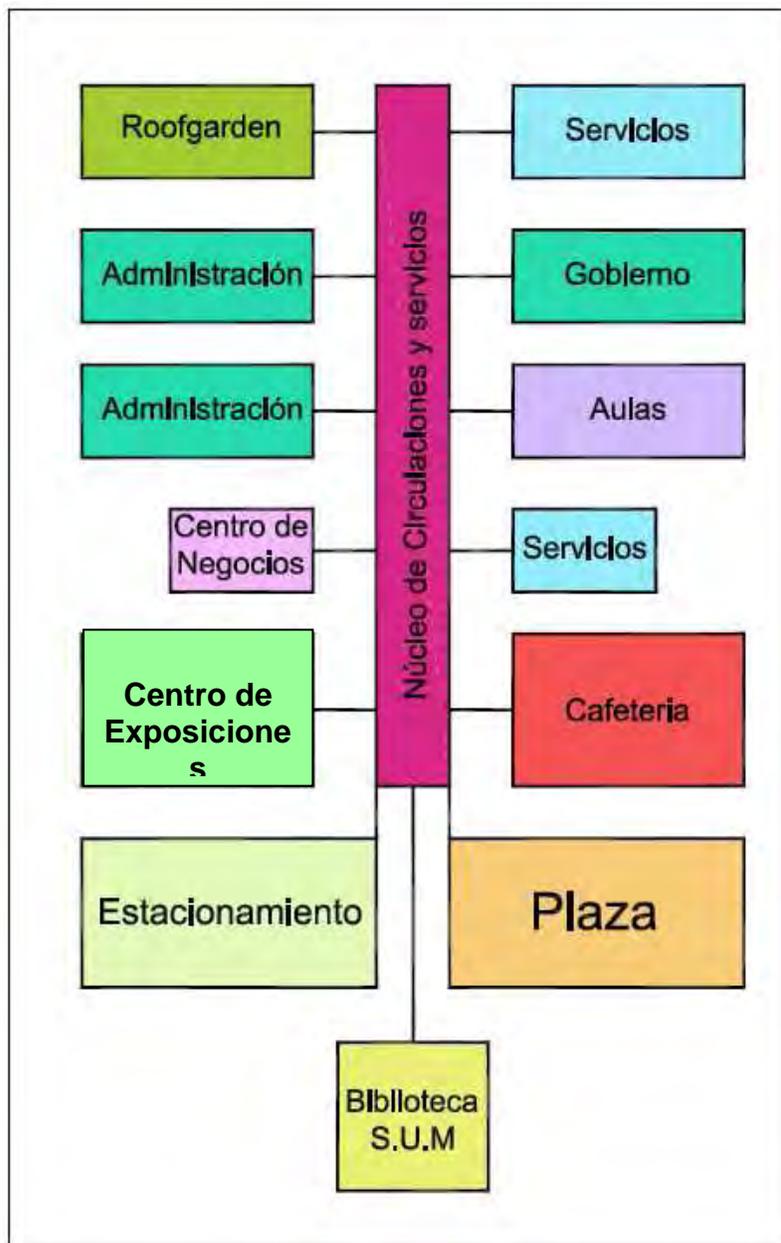
En el siguiente esquema nuevamente se aprecian las área de pauta, pero en esta ocasión se agrega una zona de reserva ecológica, dado que resultaría de vital importancia el contar con una zona para la recarga de mantos acuíferos y protección de la flora y la fauna local.



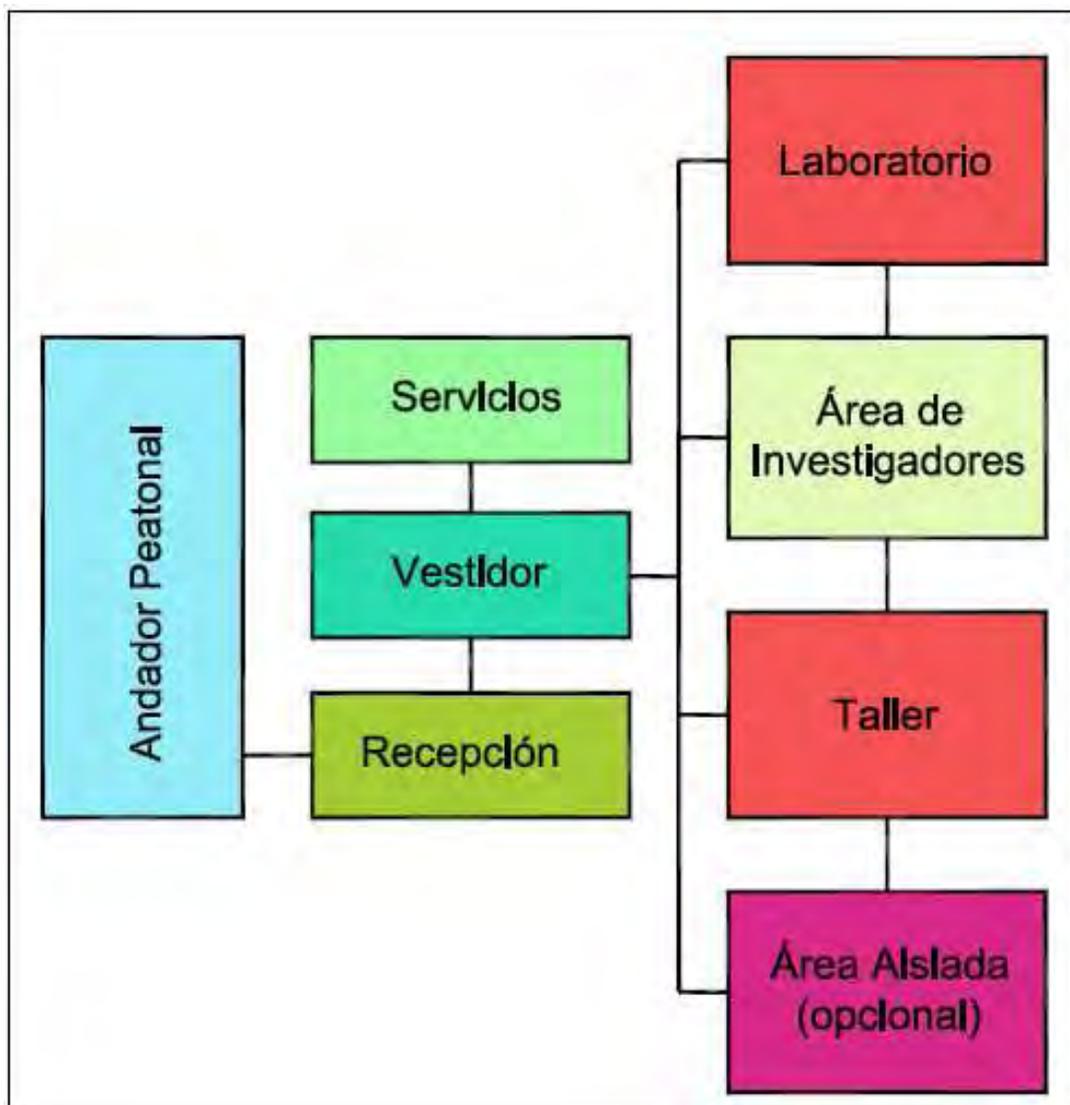


En este caso observamos un diagrama de funcionamiento solo para la parte administrativa, a fin de determinar la relación de espacios.

### Torre Administrativa



Después de la reunión que se había tenido con los investigadores había surgido como producto de dicha reunión, el que los laboratorios debían de ser espacios muy flexibles, que debían de integrar dos zonas básicas una destinada a servir de laboratorio para experimentación controlada y otra área de talleres, para el trabajo con maquinaria que en algunos casos provocaría cierta contaminación tanto por gases y polvo residual, como también auditiva, pero que resultaría obligado mantener un contacto visual entre ambas áreas.





¿Cómo concebir un edificio de esta índole? La verdad no resulto fácil, además de que uno de los objetivos era no caer en el famoso "concepto arquitectónico", que hace las veces de analogía formal y teórica, nosotros queríamos llegar más allá, lograr desprendernos de herencias creativas que moran en lo profundo de la forma de hacer arquitectura. Así que la forma que encontramos para conceptualizar este proyecto fue a partir de una introspección en los fundamentos teóricos que darían vida al CEMER, y es que resulta determinante el hecho de que éste sea un centro de desarrollo y difusión de energías renovables, así que a causa de que en este caso resultaba imprescindible que el centro fuera ejemplo de la aplicación tanto de las tecnologías como de la ideología que habrá de promover; por lo tanto el edificio en su concepción debía ser un espacio ejemplo de la arquitectura bioclimática.

Así resultó que el concepto ahí estaba, simple y sencillamente se resumía en lograr un **"EDIFICIO EFICIENTE"**.

Por lo tanto nuestro edificio sustentable partiría de 5 conceptos básicos:

- 1. Optimizar los recursos materiales**
- 2. Optimizar el consumo energético y hacer uso de energías renovables.**
- 3. Minimizar los residuos y las emisiones del edificio.**
- 4. Minimizar el mantenimiento del edificio.**
- 5. Maximizar el confort de los usuarios.**

De esta manera se conseguirá tener un edificio de bajo impacto energético, lo que incidirá directamente en la eficiencia del edificio.



Como parte inseparable de este proceso creativo, el siguiente punto era determinar el mejor sistema constructivo, ya que su selección sería fundamental, en espera de lograr un diseño de alta eficiencia. Existen tres factores principales a considerar en todo proceso estructural, estos son tiempo de ejecución, costo del sistema estructural y la eficiencia del sistema. De manera que la integración y balance de los tres factores, debe ser el ideal a conseguir.

Sin embargo para el desarrollo del presente concepto estructural debemos considerar primeramente que la estructura dependerá del tipo de terreno, en el caso del terreno seleccionado para el CEMER se contaba con pronunciados desniveles, en la ladera de un cerro, esto nos llevó a plantearnos la necesidad de posiblemente generar un sistema de terrazas en las que se asentaran las diferentes estructuras a considerar, es por ello que se haría necesario el elaborar un estudio de mecánica de suelos para determinar la ubicación de los substratos resistentes.

Ahora bien, el diseño arquitectónico, debía contemplar hacer uso de sistemas estructurales y constructivos, principalmente modulares e industrializados, que permitan un mayor ahorro de materiales, de mano de obra y tiempo de ejecución, debido a que esto facilitaría el que la edificación cumpliera de manera más eficiente con los criterios de sustentabilidad planteados en la conceptualización. Dichos sistemas deberán dirigirse al uso de trabes y/o columnas de acero estructural, ya que es un material reciclable, maleable, durable, el edificio es desmontable, no consume agua en su construcción, sin embargo el consumo de grandes cantidades de energía en su fabricación resultaban un punto negativo, ahora bien, el uso de sistemas de concreto resultaba una mejor opción, después de un arduo análisis se tomó la decisión de usar una mezcla de sistemas constructivos en donde los prefabricados de concreto tendrían mayor relevancia, dadas las ventajas térmicas y constructivas que brindarían a la construcción.

En los sótanos se propuso emplear muros de concreto para contener los empujes del terreno que garantizarían el empotramiento de la estructura, además de que distribuirían adecuadamente las cargas a la cimentación.

Para el diseño de la estructura se propuso hacer uso de los criterios de diseño establecidos en el artículo 147 del Reglamento de construcciones del D. F., el cual establece que:

“Toda la estructura y cada una de sus partes deberán diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:

I Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada, y

II No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.”

Asimismo se propuso hacer uso de la siguiente bibliografía para el cálculo estructural:

Reglamento de Construcciones para Distrito Federal (RDF-2004 publicado el 29 de enero de 2004), y sus Normas Técnicas Complementarias.

Reglamento: al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de fecha 2 de agosto de 2004.

NTCC: a las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto-2004

NTCDS: a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo-2004.

NTCDCM: a las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Estructuras de Mampostería 2004.

NTCDCC: a las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcciones de Cimentaciones2004.

### 03. ANALISIS DEL SITIO.

A partir de la decisión hecha por el Gobierno del Estado se determinó que el emplazamiento del CEMER se encontraría en el municipio de Salamanca Guanajuato, aprovechando las ventajas que se tendrían al ubicar al CEMER en esta zona, como el aprovechar el desarrollo de un nuevo fraccionamiento comercial e industrial sustentable en la zona, la cercanía con una zona industrial como Querétaro, la cercanía a Michoacán mediante la nueva autopista, y principalmente dos factores muy relevantes, como resultan ser la vocación energética de Salamanca con la refinería de PEMEX, una planta de generación de energía geotérmica de CFE, y en segundo lugar el factor de polución que enfrenta la comunidad de Salamanca y que hacen necesario el tomar medidas para mejorar la salud pública de la región.

#### Ubicación:

Latitud: 20°34'09"

Longitud: 101°40'51"

Altitud: 1720 m

Salamanca se localiza en el suroeste de la Entidad. Limita al Norte con los municipios de Irapuato y Guanajuato, al Noreste con San Miguel de Allende, al Este con Santa Cruz de Juventino Rosas y Villagrán, al Sureste con Cortazar y al Sur con Jaral del Progreso y Valle de Santiago, al Oeste con los municipios de Irapuato y Pueblo Nuevo.

**Población: 233,623 habitantes.**



Mapa de Salamanca, Guía Roji 2009

### **Clima:**

El clima en el municipio se compone de semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad baja en un 92.3% del territorio del municipio y el resto de la superficie, es templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media. Éste último se encuentra localizado en la parte norte del municipio.

### **Flora:**

El territorio municipal cuenta con bosques de encino, mezquite y selva baja caducifolia. Entre las especies forrajeras, se encuentra el zacatón, triguillo, lobero, navajita, liendrilla, mezquite, pata de gallo, de zorra, banderita y colorado. Otras especies son pingüica, sotol, nopal, huisache, gatuño, largoncillo, cuijote, tepehuaje, palo blanco, pochote, órgano, garambullo, tepame, vara dulce, casahuate y mezquite.

### **Fauna:**

La fauna está formada por conejo, tlacuache, coyote, ardilla, coralillo, alicante, zorrillo, lagartija, peces de río; entre las aves hay zopilotes, gavilanes y palomas.

### **Actividades Económicas:**

#### **Sector:**

Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca) 9,401 habitantes, 14.06% de la población económicamente activa.

**Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad) 23,608 habitantes, 35.33% de la población económicamente activa.**

Terciario (Comercio, turismo y servicios) 31,501, habitantes, 47.14% de la población económicamente activa.

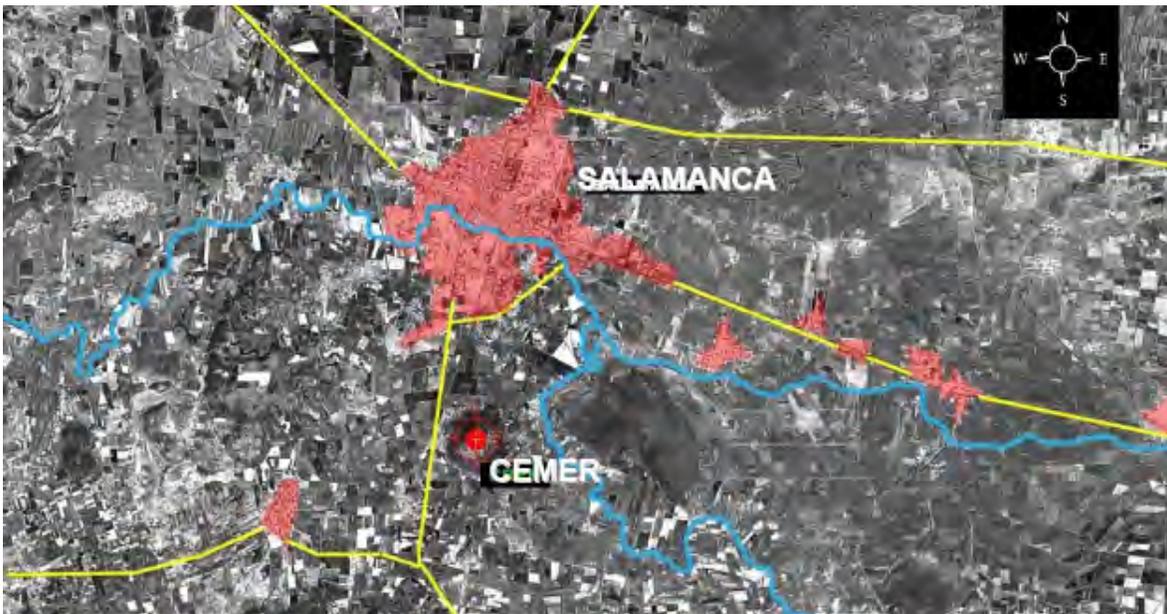


**Acceso Principal a la Refinería de PEMEX**  
Foto: Francisco Vázquez.

## TERRENO.



El Terreno propuesto por el gobierno de Salamanca consta de una superficie de aproximadamente 25,217.00 m<sup>2</sup>, y se encuentra ubicado en una fracción de terreno de lo que será un fraccionamiento sustentable en el Poblado de Palo Alto, del Municipio de Salamanca, cercano al campus FIMEE, perteneciente a la Universidad de Guanajuato.



**Mapa de ubicación con respecto a la ciudad de Salamanca**  
Imagen: Francisco Vázquez

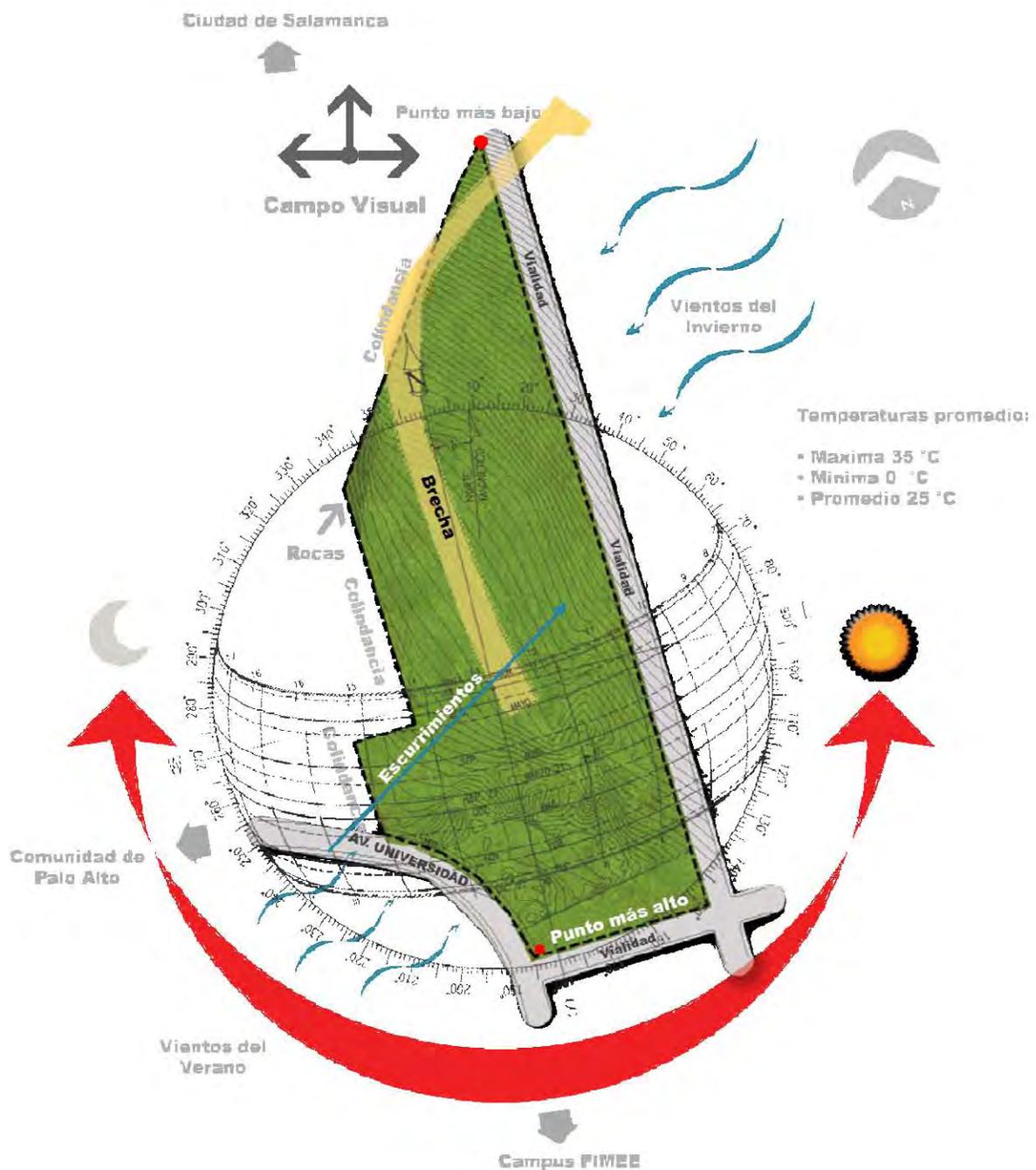


**Imágenes del sitio visto desde el frente sur, hacia el norte**  
**Foto: Francisco Vázquez**



**Imagen Panorámica del sitio visto desde el frente sur, hacia el norte**  
**Foto: Francisco Vázquez**

A continuación se muestra un análisis del sitio, en el que se pueden apreciar la topografía, la dirección de los vientos, la orientación, los escurrimientos el asoleamiento y las vistas del lugar.



Análisis bioclimático del terreno  
Imagen: Francisco Vázquez

## 04. INGENIERÍA BIOCLIMÁTICA

En primer lugar se hizo necesario elaborar un estudio de Impacto ambiental, para ello el Municipio de Salamanca proporcionó un estudio existente que había sido elaborado en 2003 para la construcción de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, de la Universidad de Guanajuato. La ventaja resultaba ser que el estudio tenía menos de 4 años de haberse efectuado y el sitio estaba a menos de 200 metros sin embargo dicho estudio abarcaba el terreno destinado al CEMER. Por lo cual después de discutirlo con los expertos se consideró que era factible la aplicación de dicho estudio y se integró a la investigación, el estudio se encuentra en la sección de Anexos.

En dicho estudio se desprendió que era vital fomentar las especies vegetales endémicas en peligro de extinción, así como dar libre tránsito a la fauna a través y entre áreas verdes y promover la integración de la comunidad al CEMER.

A fin de lograr un diseño con el mejor desempeño posible se hizo necesario un exhaustivo estudio de las condiciones climáticas de Salamanca, lo que llevo a realizar una lectura de diferentes estaciones meteorológicas ubicadas en la región; el problema es que dada la lejanía de estas estaciones con respecto al sitio destinado para el CEMER, se llegó a la conclusión de que era necesario instalar una estación meteorológica en un lugar seguro a fin de obtener lecturas más fidedignas posibles, es por ello que se llevó a la azotea del campus de la FIMEE, la cual se ubica a menos de 200 metros del terreno destinado al CEMER.



Dicha estación permaneció por cerca de 2 años en este sitio, prácticamente desde el arranque del proyecto y hasta el final del mismo, de modo que se pudo tener una fuente de datos fidedigna.

A continuación se presenta un fragmento del reporte elaborado por el Ing. Eric Hernández experto en térmica a partir de los datos obtenidos como producto de la información obtenida de estaciones meteorológicas cercanas.

### Compendio de datos climáticos de Salamanca



Ing. Eric Hernández<sup>1</sup>:

El siguiente informe de las variables climáticas fue obtenido a partir de varias fuentes disponibles a fin de analizar las condiciones térmicas en el CEMER en Guanajuato, México.

Ubicación,

Dada la intención de construir el complejo de edificios en el Estado de Guanajuato encontramos en las proximidades de Silao Guanajuato, una estación perteneciente al aeropuerto internacional de León México, pero no hay datos públicos disponibles.

(<http://guanajuato.aeropuertosgap.com.mx/index.php?tpl=weather&section=WEATHER>).

Sin embargo la Comisión del Agua posee dos estaciones cerca de la zona. Uno en el estado de Michoacán (Angamacutiro 20 ° 07'31 ", 101 ° 43'21", 1730 m) y otra en el Estado de Guanajuato (Presa Allende 20 ° 50'54 ", 100 ° 49'29", 1915).

1. Remitirse a capítulo. J. Biografías.



También hay una estación independiente, cerca de Irapuato.  
Estación meteorológica en la FIMEE.

Hemos instalado una estación meteorológica en la azotea de la Universidad. Aproximadamente a 2,5 m por encima del techo en el borde norte, la estación ha leído a partir de marzo hasta hoy. Las lecturas son oficiales en comparación con las estaciones, a fin de hacer una correlación estocástica con el fin de obtener datos para el clima local.

Resumen de las Estaciones Oficiales de datos, El siguiente resumen es el análisis de datos:

### **Angamacutiro (Michoacán).**

Se analizó la temperatura Diaria perfil (GMT) desde 2001.

Rosa de los vientos y la dirección del viento Histograma por sectores (sectores de 60 °) se resumen por mes (un sector -6 se creó por la eliminación de todas las lecturas donde la velocidad del viento es inferior a 0,5 km /hr.):

Con el fin de analizar la dirección del viento y la dependencia de temperatura, se realizó un análisis de la dirección del viento vs temperatura. Creamos tres sectores de la temperatura por mes (es decir, sector 1 es el cuartil inferior de temperatura, y el 3 es la temperatura más alta). Una probabilidad se calcula para cada mes, eliminando los datos de la velocidad del viento, a menos que sea inferior al umbral (0,5 km / hr.).

Haciendo uso de estas lecturas, podemos concluir que el viento proveniente del cuartil 1 (0 a 60 °) tiende a presentar una mayor probabilidad a altas temperaturas. Pero también es uno de los sectores más bajos de temperatura. Por ello requerimos de un sistema dinámico que proteja al edificio durante el día y aproveche las ventajas del aire (abrirse) cuando hace frío.

El viento de cuartil 3 (120 ° a 180) tiene una alta probabilidad de alcanzar bajas temperaturas media cuartiles. Se aconseja a los diseñadores para aprovechar el viento de este sector con el fin de enfriar el edificio.

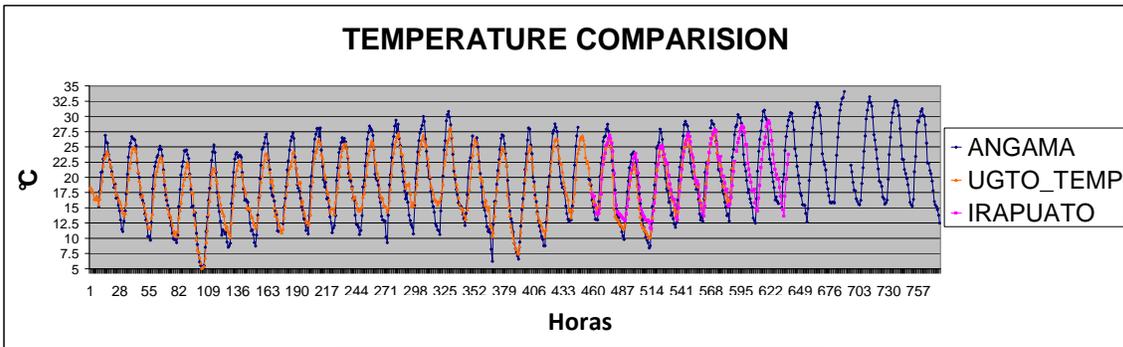
Viento de cuartil 4 (180 ° a 240 °) tienen una mayor probabilidad de temperatura en todos los sectores. Un sistema dinámico que protege el edificio (sello) durante el día y aprovechar las ventajas del aire (abrir) cuando es fresco se necesita.

Viento de cuartil 5 (240 ° a 300 °) tienen una mayor probabilidad a alta temperatura del sector durante los meses de primavera. El edificio debe sellarse en contra de esta dirección del viento.

### **Presa San Miguel de Allende (Guanajuato).**

La estación de San Miguel de Allende, se comparó pero la dirección del viento y la velocidad no se correlacionaron con las lecturas en la estación local

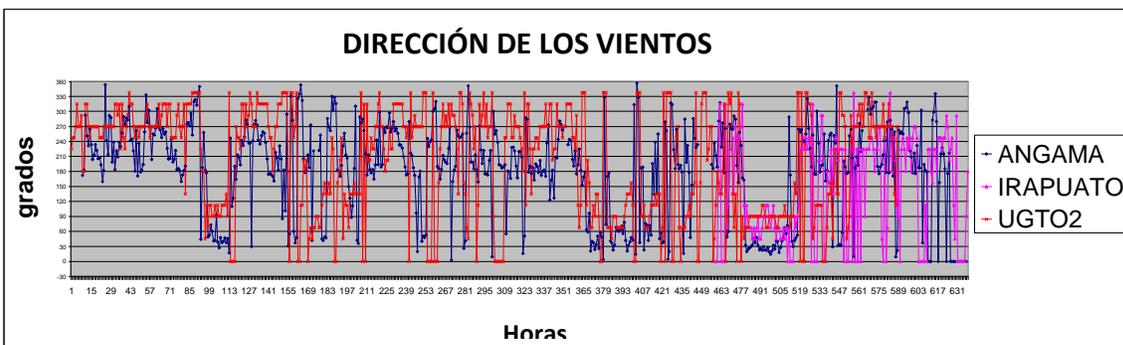
Comparación con las estaciones oficiales. La temperatura se correlaciona muy bien para las estaciones de Irapuato y ANGA y hay 2 ° C (temperatura más alta) en comparación con la estación en sitio.



Grafica de Temperaturas

Elaboró: Eric Hernández

La dirección del viento. Podemos asumir que la dirección del viento se adapta bien para las dos estaciones en comparación con la estación en el sitio. En particular, la estación de ANGA encaja mejor que Irapuato, también porque coinciden mejor las lecturas, además de que los datos son muy limitados para la estación de IRAP.



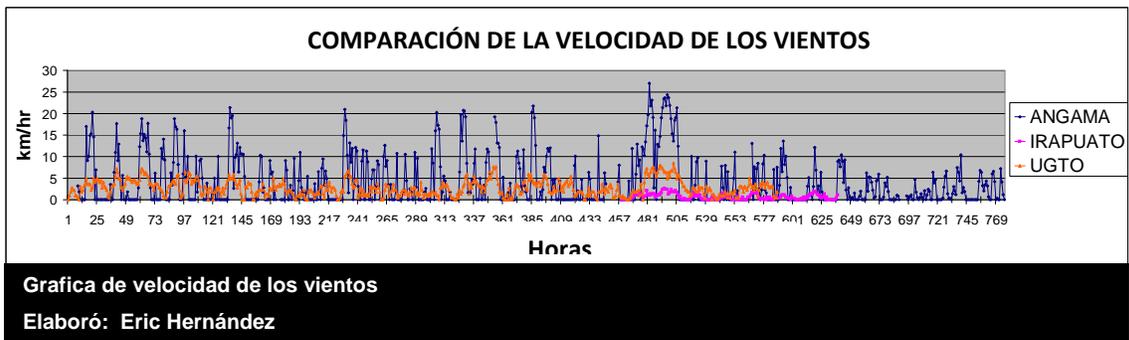
Grafica de vientos

Elaboró: Eric Hernández

Velocidad del viento.

Las lecturas para la estación ANGA son casi el doble (1,48 factor) que la estación local.

Dado que las lecturas de la estación de Irapuato son mucho más bajas que las lecturas locales, esto indica que la estación de Irapuato se ve afectado por algún tipo de sombra del viento, disminuyendo la velocidad del viento. La recomendación es utilizar una correlación lineal entre la estación de ANGA velocidades para estimar la velocidad del viento in situ.



## Conclusión.

Las temperaturas de las dos estaciones es bastante similar, la temperatura, ya sea para las estaciones (ANGA y IRAP) puede utilizarse. Si usamos el ANGA datos a  $2^{\circ}\text{C}$  de diferencia para el cuartil superior de temperatura y hasta el cuartil inferior, tienen que ser instalados en medidas reales.

Para la dirección del viento la estación de ANGA se adapta mejor a la ubicación del sitio. La recomendación es utilizar ANGA, hasta que se tengan datos más completos de la estación local.

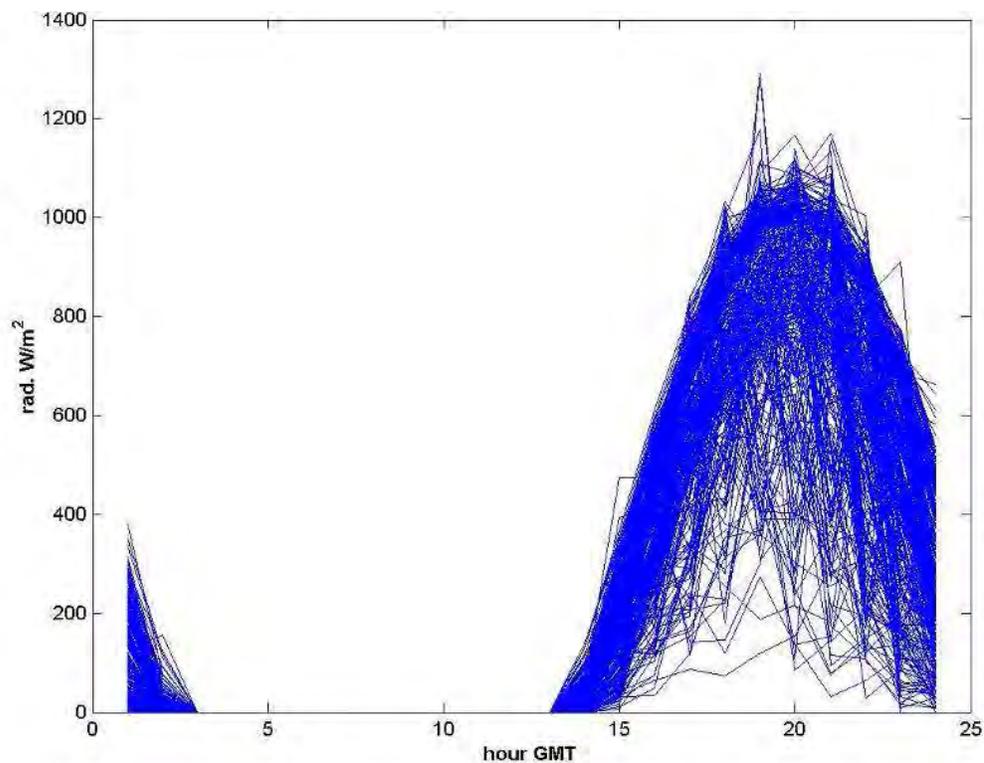
En cuanto a la dirección del viento de la estación de IRAP puede ser utilizado con precaución. Se adjunta el resumen de la NOAA IRAP estación de lecturas para el año 2007 año:

Para la velocidad del viento es preciso hacer una correlación. Un factor de 0,67 se puede utilizar directamente hasta tener más lecturas disponibles.

Como hemos visto, las variaciones principalmente en la velocidad del viento son muy drásticas de una estación meteorológica a otra, es por ello que el tener una estación meteorológica en el sitio se vuelve vital, pues los microclimas y sobre todo la corriente del viento y sus cambios de dirección dependen de elementos como la topografía y el clima, y si no tomamos debidas precauciones corremos el riesgo de sufrir errores de diseño a causa de las suposiciones que pudiéramos hacer por la información escasa o incompleta de las estaciones de la región.

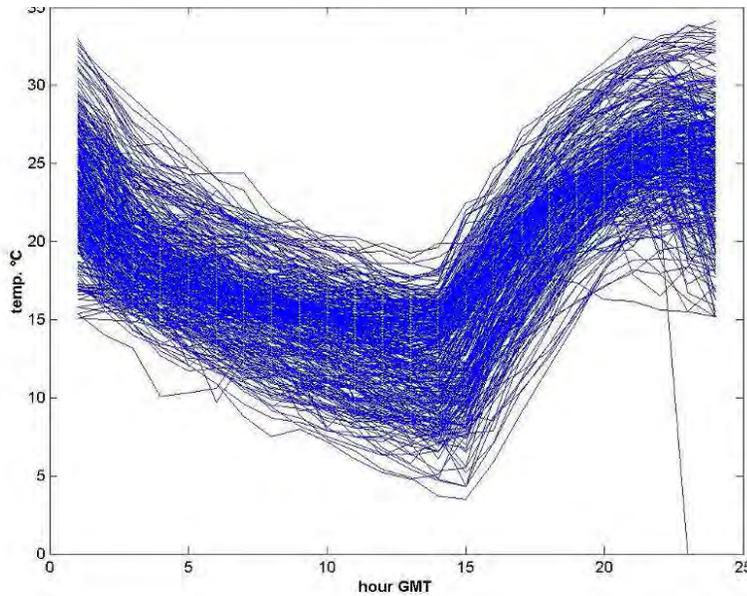
A continuación se presentan algunas de las graficas obtenidas con la estación meteorológica en sitio.

Diagrama de radiación en sitio, para Marzo 2008. Es visible cerca de las 2 pm una excelente radiación solar, que se encuentra en un nivel alto para México considerando que la radiación que reciben estados del norte como Chihuahua es muy superior, pero también teniendo en cuenta que esta radiación es superior a zonas como la Ciudad de México, esto nos habla de un campo propicio para el uso de sistemas fotovoltaicos.



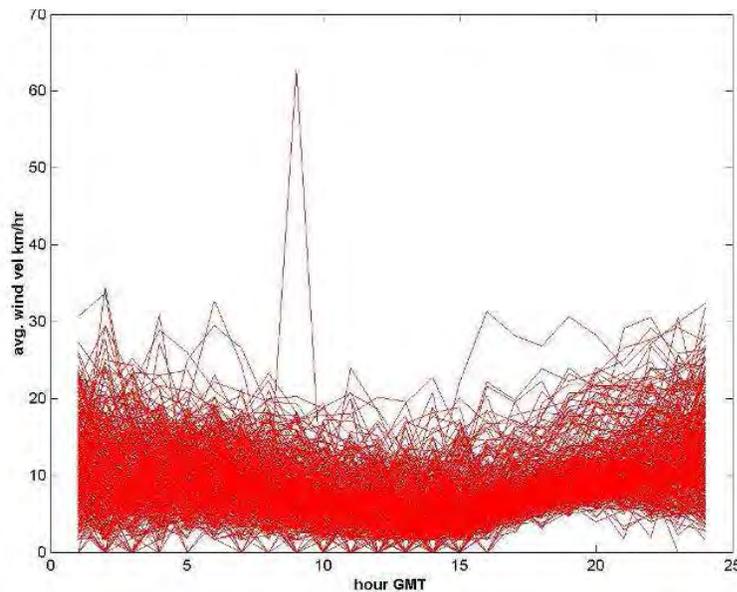
Grafica de radiación solar watt / m2  
Elaboró: Eric Hernández

Diagrama de temperaturas en sitio, para Marzo 2008. Se aprecia las altas temperaturas que alcanza el sitio rebasando incluso el espectro de los 30° C al atardecer y con caídas de temperatura por debajo de los 5° en las noches.



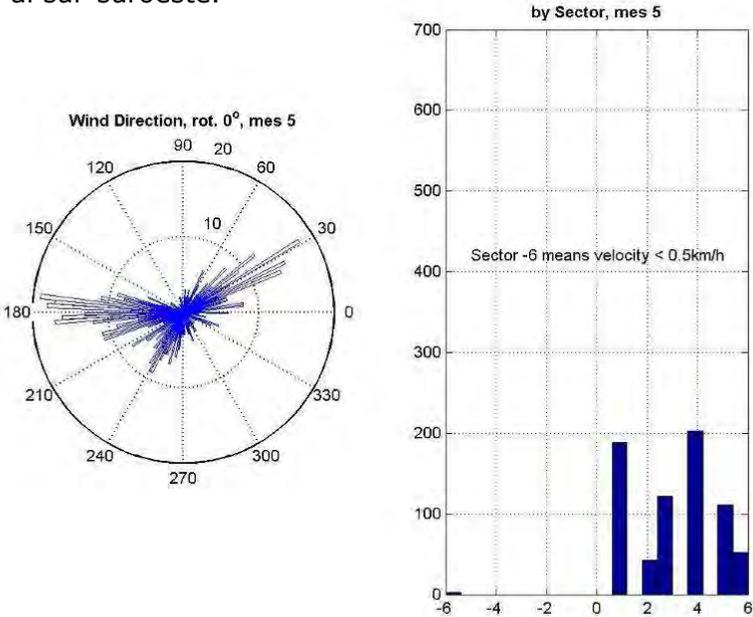
**Grafica de temperaturas**  
Elaboró: Eric Hernández

Diagrama de velocidad del viento en sitio, para Marzo 2008. Podemos apreciar como tenemos prácticamente una velocidad de viento superior a los 20 km/hr. durante todo el día, esto nos habla de que un sistema de ventilación natural es ideal para este sitio, además de que si bien las velocidades no son idóneas para una turbina eólica, si lo son para micro turbinas o también llamados colibríes eólicos.



**Grafica de velocidad del viento**  
Elaboró: Eric Hernández

Diagrama de velocidad y dirección del viento en sitio, para Mayo 2008. En la siguiente grafica se aprecia la dirección de los vientos en el mes de mayo cuando se da la mayor fuerza en los vientos. Es visible la entrada de vientos desde el grado 30 correspondiente al noreste y por el sector que va de el grado 180al 270 que corresponderían al sur-suroeste.



**Grafica de dirección del viento**  
**Elaboró: Eric Hernández**

Como podemos apreciar toda esta serie de mediciones nos permiten ir vislumbrando las características climatológicas en torno al sitio del CEMER, sin embargo necesitamos que esta información nos lleve a algún lado, es por ello que a continuación se anexan las recomendaciones para alcanzar el confort higro-térmico del CEMER, dicho reporte fue elaborado por el Ing. Eric Hernández a partir de los datos obtenidos por la estación meteorológica del sitio y con las gráficas que apreciamos anteriormente.

## RECOMENDACIONES PARA ESTABLECER CONDICIONES DE CONFORT EN EL PROYECTO CEMER, Guanajuato.

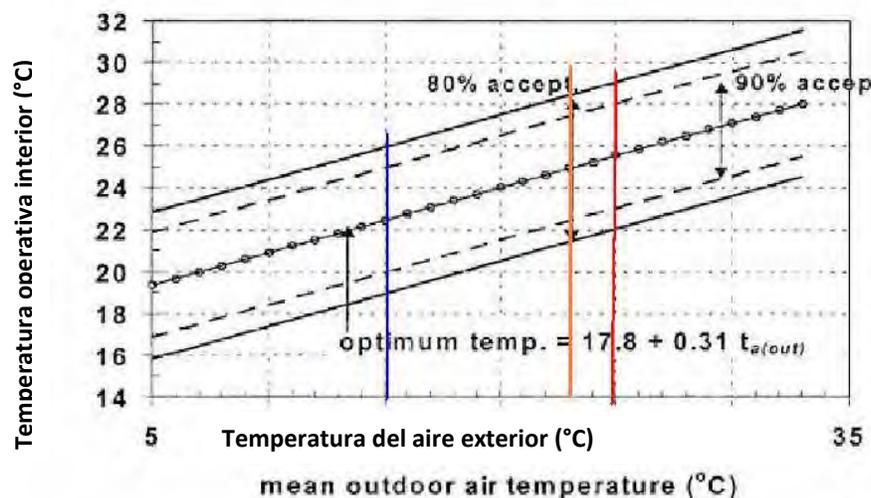
4 de agosto 2008

Confort adaptable.

Dado que la meta del diseño del proyecto es ser un edificio de bajo impacto energético utilizando medidas naturales y pasivas. El modelo propuesto para fijar las condiciones interiores de confort se basó en el modelo de adaptación propuesto por R. de Dear y aceptado por el estándar ASHRAE 55.

La media mensual de la temperatura exterior oscila entre los 15 ° C durante los meses de invierno y hasta 25 ° C en verano.

Usando el modelo de Dier, las condiciones interiores de confort se establecen a partir de 20 ° C hasta 28 ° C. Puesto que la temperatura media de 25 ° C rara vez es alcanzada. Se propone reducir el rango superior de temperatura a 27,5 ° C (equivalente a 23 ° C de temperatura media).



Grafica de Temperaturas interiores y exteriores

Elaboró: Eric Hernández

Utilizando estas temperaturas, se espera tener un 90% de aceptación.

Por: Eric Hernández

1 Richard de Dier y Gail Schiller Brager. Desarrollo de un modelo de adaptación de confort térmico y Preferencia. ASHRAE Transactions 4106 (RP-884).

---

Como parte de los trabajos que componen el CEMER también se desarrollaron diferentes análisis por parte del Dr. David Morillón, del Instituto de Ingeniería de la UNAM, quien realizó otros estudios sobre la bioclimática del sitio. En el siguiente texto se presenta un fragmento del estudio bioclimático elaborado por el Dr. David Morillón para este proyecto.

---

El apoyo presentado para el diseño conceptual se basa en el estudio de clima y los requerimientos de confort: estudio del bioclima, donde el resultado es un diagrama de requerimientos de climatización con base en el mismo se emiten las estrategias de diseño bioclimático, además de la investigación de los requerimientos de espacio para cada área de los requerimientos del proyecto.

#### Estudio de bioclima

La carta bioclimática de Víctor Olgyay (1963) fue la primera herramienta que nos ayuda a determinar los requerimientos de climatización y fue construida con la temperatura de bulbo seco como la ordenada y la humedad relativa como la abscisa. Cualquier condición climática determinada por su temperatura de bulbo seco y su humedad relativa puede ser graficada en la carta. Si el punto graficado cae dentro de la zona de confort, nosotros sentimos confort a la sombra. Si cae fuera, se necesitan métodos correctivos.

Como se indica se requieren datos del clima de Salamanca, con base en las normales climatológicas, se realizan los cálculos para obtener los datos necesarios para realizar el estudio del bioclima.

**Fuente de los datos del clima:**

UNIDAD DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

NORMALES CLIMATOLOGICAS 1961-1990

ESTADO DE: GUANAJUATO

ESTACION: 00011096 SALAMANCA, SALAMANCA      LATITUD: 20° 34' N

LONGITUD: 101° 11' W      ELEVACION: 1722.0 msnm

---

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
	OCT	NOV	DIC	ANUAL						
-----										
-----										
TEMPERATURA MAXIMA										
NORMAL ESTANDAR	24.1	25.4	28.2	30.8	32.0	29.6	27.5	27.4	27.2	
	26.7	26.1	24.3	27.4						
MAXIMA MENSUAL	27.5	28.4	31.0	32.9	34.7	33.1	31.0	29.3	30.1	
	29.3	27.9	26.4	34.7						
AÑO DE MAXIMA	1989	1962	1973	1963	1983	1983	1979	1982		
	1987	1979	1989	1987	1983					
MINIMA MENSUAL	21.5	22.2	25.0	26.9	30.1	27.8	25.2	25.9	25.1	
	24.3	21.6	22.7	21.5						
AÑO DE MINIMA	1967	1978	1968	1977	1975	1986	1976	1975		
	1975	1967	1976	1976	1967					
AÑOS CON DATOS	28	28	27	27	26	28	27	27	27	26
			25	27						
-----										
TEMPERATURA MINIMA										
NORMAL ESTANDAR	6.0	6.5	8.6	11.7	14.2	15.4	14.6	14.3	13.8	
	11.2	8.2	6.7	10.9						
MINIMA MENSUAL	4.0	3.1	5.8	9.4	12.4	14.3	13.3	13.0	12.0	
	8.6	6.6	4.2	3.1						

---

AÑO DE MINIMA	1986	1983	1983	1983	1987	1984	1984	1986	
	1988	1987	1987	1973	1983				
MAXIMA MENSUAL	7.9	8.6	10.4	13.4	15.4	16.9	15.9	15.6	15.4
	13.7	12.0	8.9	16.9					
AÑO DE MAXIMA	1972	1969	1963	1963	1990	1969	1979	1969	
	1971	1971	1972	1976	1969				
AÑOS CON DATOS	28	28	27	27	26	28	27	27	26
			25	27					

	TEMPERATURA MEDIA									
NORMAL ESTANDAR	15.1	16.0	18.4	21.2	23.1	22.5	21.0	20.8	20.5	
	18.9	17.1	15.5	19.2						
PER/QUINTIL 1	14.0	14.7	16.9	19.8	22.0	21.4	19.9	20.1	19.3	
	17.7	15.7	14.3							
PER/QUINTIL 2	14.3	15.2	17.5	20.3	22.5	22.0	20.5	20.4	20.0	
	18.1	16.5	15.1							
PER/QUINTIL 3	15.0	16.0	18.7	21.5	23.2	22.4	21.1	20.9	20.6	
	19.0	17.0	15.7							
PER/QUINTIL 4	15.7	16.6	19.1	21.8	23.5	22.9	21.5	21.3	21.0	
	19.6	17.6	16.0							
PER/QUINTIL 5	16.2	17.6	19.6	22.5	23.9	23.8	22.0	21.5	21.6	
	20.3	18.3	16.6							
AÑOS CON DATOS	28	28	27	27	26	28	27	27	27	26
			25	27						

	PRECIPITACION TOTAL									
NORMAL ESTANDAR	13.0	3.9	5.9	11.7	28.4	126.7	176.6	152.2	121.9	
	44.0	6.4	7.2	698.0						
MAXIMA MENSUAL	75.8	12.9	43.5	58.6	66.7	318.0	381.5	290.7	270.4	
	122.6	40.5	37.9	381.5						
AÑO DE MAXIMA	1980	1979	1988	1973	1972	1986	1976	1990		
	1971	1978	1976	1979	1976					

PER/QUINTIL 1	.0	.0	.0	.0	7.4	54.7	126.0	94.7	49.9	4.4
			.0	.0						
PER/QUINTIL 2	1.7	.3	.1	2.5	21.2	84.1	144.8	121.3	100.2	32.2
			.0	1.6						
PER/QUINTIL 3	9.1	4.0	3.6	9.3	33.1	128.1	172.2	149.7	140.0	
		48.4	1.6	6.2						
PER/QUINTIL 4	24.0	8.9	8.3	26.1	50.0	202.4	240.7	230.2	174.6	
		65.2	10.6	12.0						
PER/QUINTIL 5	75.8	12.9	43.5	58.6	66.7	318.0	381.5	290.7	270.4	
		122.6	40.5	37.9						
AÑOS CON DATOS	28	21	27	27	26	28	27	27	27	26
			25	27						

#### DIAS PRECIPITACION APRECIABLE

NORMAL ESTANDAR	1.6	1.0	1.1	2.0	3.9	10.8	15.1	14.1	9.5	
	4.3	1.0	1.4	65.7						
AÑOS CON DATOS	28	21	27	27	26	28	27	27	27	26
			25	27						

#### EVAPORACION TOTAL

NORMAL PROVISIONAL	4.3	5.5	6.9	7.8	7.9	7.1	5.9	5.7	5.6	
	5.3	4.8	4.0	5.9						
AÑOS CON DATOS	28	28	27	27	26	28	27	27	27	26
			25	27						

#### DIAS CON TORMENTA ELECTRICA

NORMAL PROVISIONAL	.61	.67	.96	2.30	2.65	6.75	7.78	9.04	5.89	
	3.73	1.28	1.00	42.65						
AÑOS CON DATOS	28	21	27	27	26	28	27	27	27	26
			25	27						

#### DIAS CON GRANIZO

NORMAL PROVISIONAL	.32	.57	.70	1.22	1.23	2.79	4.37	3.78	2.22	
	1.50	.52	.41	19.63						
AÑOS CON DATOS	28	21	27	27	26	28	27	27	27	26
		25	27							

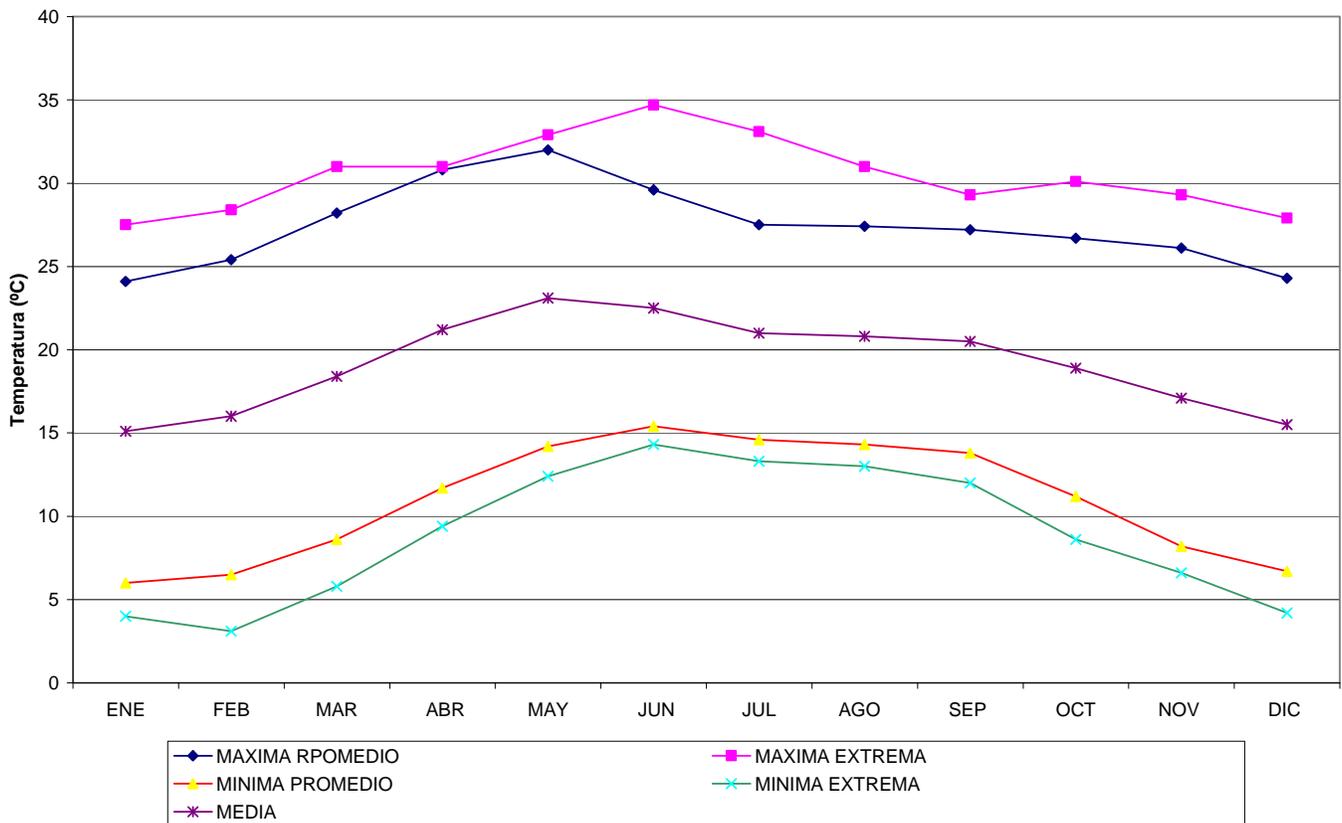
#### DIAS CON NIEBLA

NORMAL PROVISIONAL	.57	.71	.96	1.11	1.69	3.61	5.19	4.78	3.11	
	2.04	.72	1.04	25.53						
AÑOS CON DATOS	28	21	27	27	26	28	27	27	27	26
	25	27								

### **El clima**

Aparte de las normales se grafica la temperatura y los datos de la precipitación, a partir de las temperaturas máximas y mínimas promedias se calcularon las temperaturas horarias y se obtuvieron las humedades horarias, con el objeto de poder realizar el estudio del bioclima.

## Temperaturas promedio



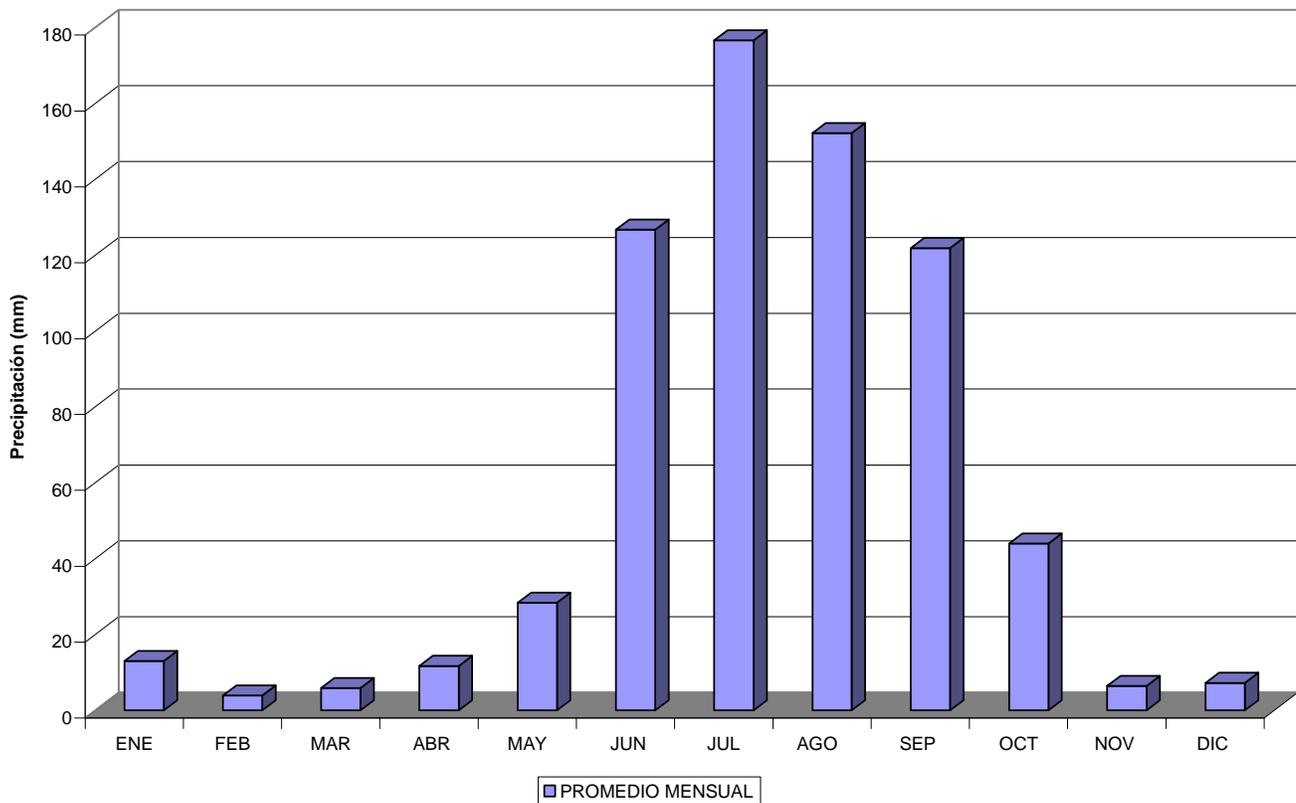
Grafica de temperaturas anuales

Elaboró: David Morillón.

Como resultado del análisis de esta gráfica, podemos apreciar que las temperaturas más altas se darán durante los meses de mayo a julio, alcanzando hasta 35° C.

Mientras que en el invierno las temperaturas podrían caer a 4° o 5° C en los meses de diciembre y enero. Con un promedio anual de 20°C, lo cual nos habla de un clima más bien caluroso y que en los meses fríos si bien defiende la temperatura, no se enfrentaran temperaturas extremas.

## Precipitación



Grafica de precipitación anual

Elaboró: David Morillón.

En cuanto a las lluvias encontramos un clima seco la mayor parte del año, con muy fuertes precipitaciones en los meses que van de mayo a octubre teniendo sus máximas precipitaciones en julio. Esto nos habla de una necesidad de estiaje de agua los últimos y los primeros meses del año. Lo que se reflejara en la necesidad de lograr una óptima captación y recarga de mantos acuíferos a mediados de año, gracias al uso de pozos de absorción, represas y cisternas pluviales.

## Temperaturas horarias estimadas

ESTIMACION DE TEMPERATURAS HORARIAS MEDIAS MENSUALES, A PARTIR DE MEDIAS EXTREMAS.												
Localidad	Salamanca	Lat. (xx.x)	20.5	Long.(xxx.x)	101.195	Altitud (m)	1722					
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	24.1	25.4	28.2	30.8	32	29.6	27.5	27.4	27.2	26.7	26.1	24.3
Temp min	6	6.5	8.6	11.7	14.2	15.4	14.6	14.3	13.8	11.2	8.2	6.7
Temp med	15.1	16.0	18.4	21.3	23.1	22.5	21.1	20.9	20.5	19.0	17.2	15.5
Hora min	6.558	6.339	6.071	5.764	5.514	5.382	5.434	5.648	5.943	6.240	6.496	6.619
Hora max	13.968	13.839	12.901	13.434	13.104	13.292	12.684	13.148	13.533	13.410	13.996	13.869
Hora (TSV)												
00:00	10.8	11.3	13.3	16.0	18.0	18.3	17.3	17.2	16.9	15.0	12.9	11.4
01:00	9.9	10.4	12.4	15.2	17.3	17.8	16.8	16.6	16.3	14.3	12.0	10.5
02:00	9.2	9.6	11.7	14.5	16.7	17.3	16.4	16.2	15.8	13.7	11.3	9.8
03:00	8.5	9.0	11.1	13.9	16.2	16.9	16.0	15.8	15.4	13.2	10.7	9.2
04:00	8.0	8.5	10.6	13.5	15.8	16.6	15.7	15.5	15.1	12.8	10.2	8.7
05:00	7.6	8.1	10.2	13.1	15.4	16.4	15.5	15.2	14.8	12.5	9.8	8.3
06:00	7.3	7.8	9.8	11.8	14.5	15.7	14.9	14.4	13.8	12.2	9.4	8.0
07:00	6.2	7.0	9.7	13.7	16.9	17.9	16.8	16.0	14.8	11.8	8.5	6.8
08:00	8.6	10.0	13.4	17.7	20.9	21.2	19.7	18.8	17.5	14.4	11.0	9.0
09:00	12.6	14.4	18.0	22.2	25.0	24.4	22.6	21.9	20.6	18.0	15.0	12.9
10:00	16.8	18.7	22.3	26.1	28.4	27.0	25.0	24.4	23.5	21.5	19.1	17.0
11:00	20.3	22.0	25.5	28.8	30.6	28.7	26.6	26.2	25.5	24.2	22.5	20.4
12:00	22.6	24.2	27.4	30.3	31.8	29.5	27.4	27.2	26.7	25.9	24.7	22.8
13:00	23.8	25.2	28.1	30.7	31.9	29.5	27.4	27.3	27.2	26.6	25.9	24.0
14:00	24.0	25.2	27.9	30.3	31.3	28.9	26.9	27.0	26.9	26.5	26.0	24.2
15:00	23.4	24.5	26.9	29.2	30.1	28.0	26.1	26.2	26.2	25.8	25.4	23.7
16:00	22.3	23.2	25.5	27.7	28.7	26.8	25.0	25.1	25.2	24.8	24.2	22.6
17:00	20.8	21.6	23.8	25.9	27.1	25.5	23.8	23.9	24.0	23.4	22.7	21.2
18:00	19.2	19.9	22.0	24.2	25.4	24.2	22.6	22.7	22.8	22.0	21.1	19.6
19:00	17.5	18.1	20.2	22.5	23.8	22.9	21.5	21.5	21.6	20.6	19.5	18.0
20:00	15.9	16.4	18.5	20.8	22.4	21.8	20.4	20.4	20.4	19.2	17.9	16.4
21:00	14.4	14.9	16.9	19.4	21.0	20.7	19.5	19.5	19.4	18.0	16.4	14.9
22:00	13.0	13.5	15.5	18.1	19.9	19.8	18.6	18.6	18.4	16.9	15.1	13.6
23:00	11.8	12.3	14.3	17.0	18.9	19.0	17.9	17.8	17.6	15.9	13.9	12.4

Grafica de temperaturas horaria.

Elaboró: David Morillón.

Mediante el análisis de esta gráfica podemos determinar que las temperaturas más altas son las que se dan al medio día, sin embargo esta lectura nos habla de una temperatura general, pero recordemos que todo este calor es absorbido por el terreno el cual está compuesto principalmente de rocas, y también está el asfalto de las calles, por lo cual tenemos que cuidar las temperaturas que se darán en la tarde como consecuencia de la radiación del suelo y el cual es un fenómeno que es muy evidente en el campus de la FIMEE, esto es muy importante pues necesitamos tomar medidas para controlar esta temperatura ambiental.

## Humedades horarias estimadas

ESTIMACION DE HUMEDADES RELATIVAS HORARIAS MEDIAS MENSUALES, A PARTIR DE MEDIAS EXTREMAS.												
Localidad	Salamanca	Lat. (xx.x)	20.5	Long. (xxx.x)	101.195	Altitud (m)	1722					
Esta hoja de cálculo estima la H R media horaria mensual a partir de los valores promedio de máxima y de mínima.												
Los valores de H R max y H R min pueden ser calculados a partir de la media en el caso de no contar con los valores observados.												
¿Desea utilizar valores observados? (Sí / No): <b>No</b>												
Si no cuenta con los valores de la H R media, éstos pueden ser estimados a partir de la temp. mínima.												
¿Cuenta con los valores observados? (Sí / No): <b>No</b>												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	24.1	25.4	28.2	30.8	32	29.6	27.5	27.4	27.2	26.7	26.1	24.3
Temp med	15.1	16.0	18.4	21.3	23.1	22.5	21.1	20.9	20.5	19.0	17.2	15.5
Temp min	6	6.5	8.6	11.7	14.2	15.4	14.6	14.3	13.8	11.2	8.2	6.7
H R med observ												
H R max observ												
H R min observ												
H R med calc	54	52	51	53	57	65	67	66	65	59	54	55
H R max calc	78	76	74	76	81	88	89	88	87	81	76	78
H R min calc	31	29	28	30	34	43	45	45	43	37	31	31
Hora max	6.558	6.339	6.071	5.764	5.514	5.382	5.434	5.648	5.943	6.240	6.496	6.619
Hora min	13.968	13.839	12.901	13.434	13.104	13.292	12.684	13.148	13.533	13.410	13.996	13.869
Hora (TSV)												
00:00	65	64	63	65	71	78	80	78	77	70	65	65
01:00	68	66	65	67	72	80	81	80	79	72	67	68
02:00	69	68	66	69	74	82	83	82	80	74	69	70
03:00	71	70	68	70	75	83	84	83	82	75	70	71
04:00	72	71	69	71	76	84	85	84	83	76	71	72
05:00	73	72	70	72	77	85	86	85	84	77	72	74
06:00	74	73	71	76	80	87	88	88	87	78	73	74
07:00	77	74	71	71	73	80	81	82	84	79	76	77
08:00	71	67	62	61	63	69	72	73	75	72	69	72
09:00	61	56	52	50	52	59	62	63	65	61	59	62
10:00	50	46	42	41	43	51	54	54	55	52	49	51
11:00	41	37	34	35	37	46	48	48	49	44	40	42
12:00	34	32	30	31	35	43	46	45	45	39	34	35
13:00	31	29	28	30	34	43	46	45	43	37	31	32
14:00	31	29	29	31	36	45	47	46	44	37	31	32
15:00	32	31	31	34	39	48	50	49	47	39	33	33
16:00	35	35	34	37	43	52	54	52	50	42	36	36
17:00	39	39	38	42	47	56	58	56	54	46	39	40
18:00	43	43	42	46	51	60	62	60	58	50	44	44
19:00	48	47	47	50	55	64	66	64	62	54	48	48
20:00	52	51	51	54	59	68	69	68	65	58	52	52
21:00	56	55	54	57	63	71	72	71	69	62	56	56
22:00	59	58	57	60	66	74	75	74	72	65	59	60
23:00	63	61	60	63	68	76	78	76	74	68	62	63

Grafica de humedad horaria.

Elaboró: David Morillón.

Esta gráfica tiene una gran trascendencia ya que nos habla de una gran fluctuación de la humedad en el medio ambiente, en donde la madrugada y las mañanas tienden a ser muy húmedas y cálidas y al medio día, y por la tarde tendremos calor y poca humedad, además de que como es lógico la cantidad de humedad en el ambiente está directamente relacionada a la temporada de lluvias que como vimos anteriormente va de mayo a octubre.



El uso de la carta es aplicable solamente a los habitantes de la zona templada de E.U. usando la ropa acostumbrada, realizando un trabajo sedentario o ligero, a no más de 1000 ft. s.n.m. Si aplicamos la carta a otras regiones de aproximadamente 40° de latitud, el perímetro más bajo de la zona de confort debe ser elevado  $\frac{3}{4}$  de °F por cada 5° de latitud más baja. El perímetro superior debe ser elevado proporcionalmente, pero no sobre 29.5°C.

De esta carta fueron hechas posteriormente multitud de variantes (Olgay 1967, Arens 1980, Szokolay 1984) y se incorporó el llamado Termopreferéndum (concepto acuñado por Humphreys y Auliciems y que varía según el lugar y la época del año en función de la temperatura media mensual).

Este concepto se expresa así:

$$T_n = 17.6 + 0.31 (T_{amb}) \text{ en } ^\circ\text{C}$$

Donde:

$T_n$  es la temperatura de neutralidad

$T_{amb}$  es la temperatura media mensual ambiente

Los límites de su aplicabilidad práctica (por efectos de la presión de vapor de agua) se fijan entre los 18.3°C y los 29.5°C de la temperatura de neutralidad, mientras que la zona de confort puede tomarse como  $\pm 2.5$  de esa misma temperatura.

# HUMEDAD RELATIVA

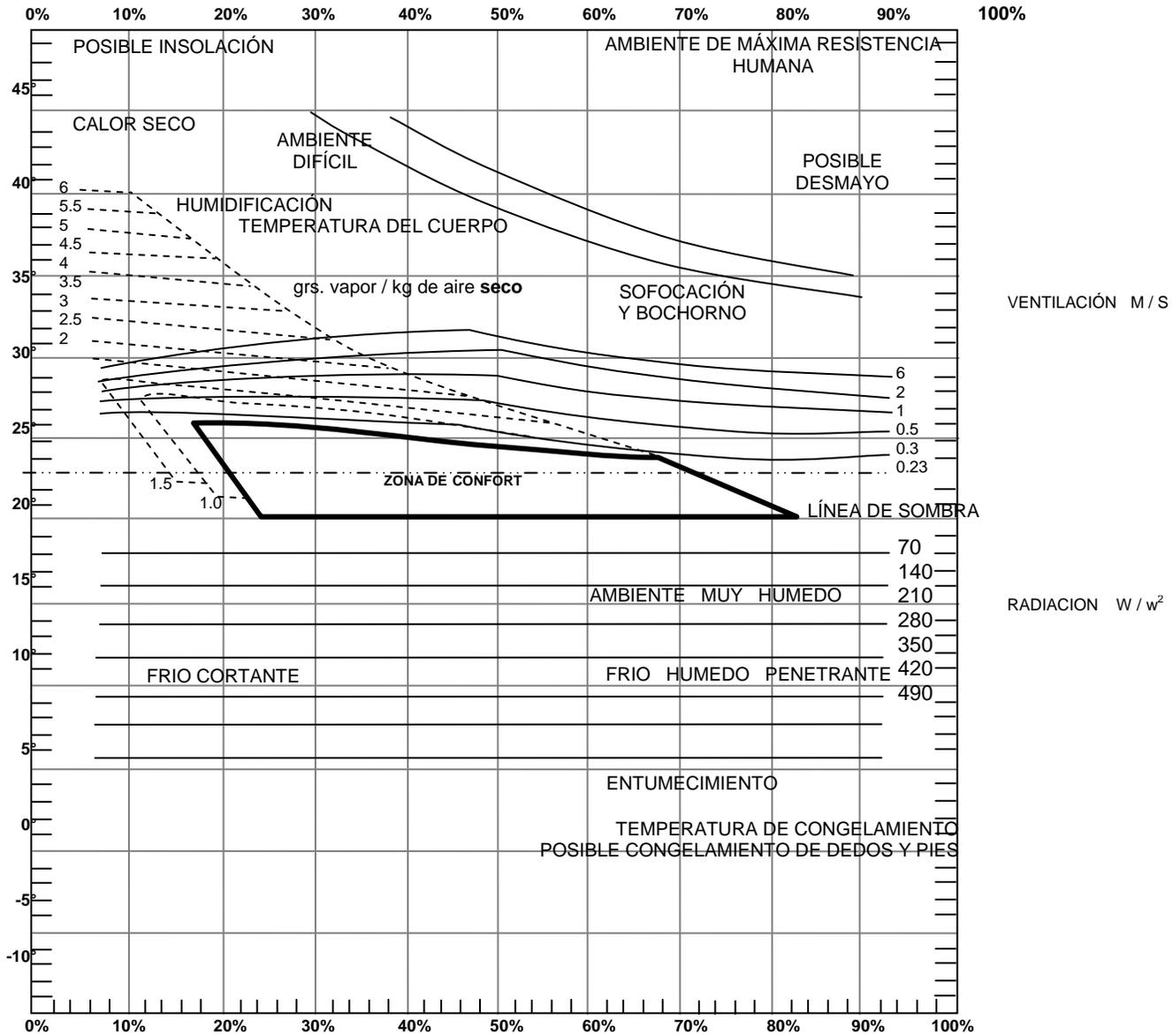


Diagrama bioclimático de Olgay, modificado por Szokolay y adaptado para Salamanca por Morillón  
Elaboró: David Morillón.c

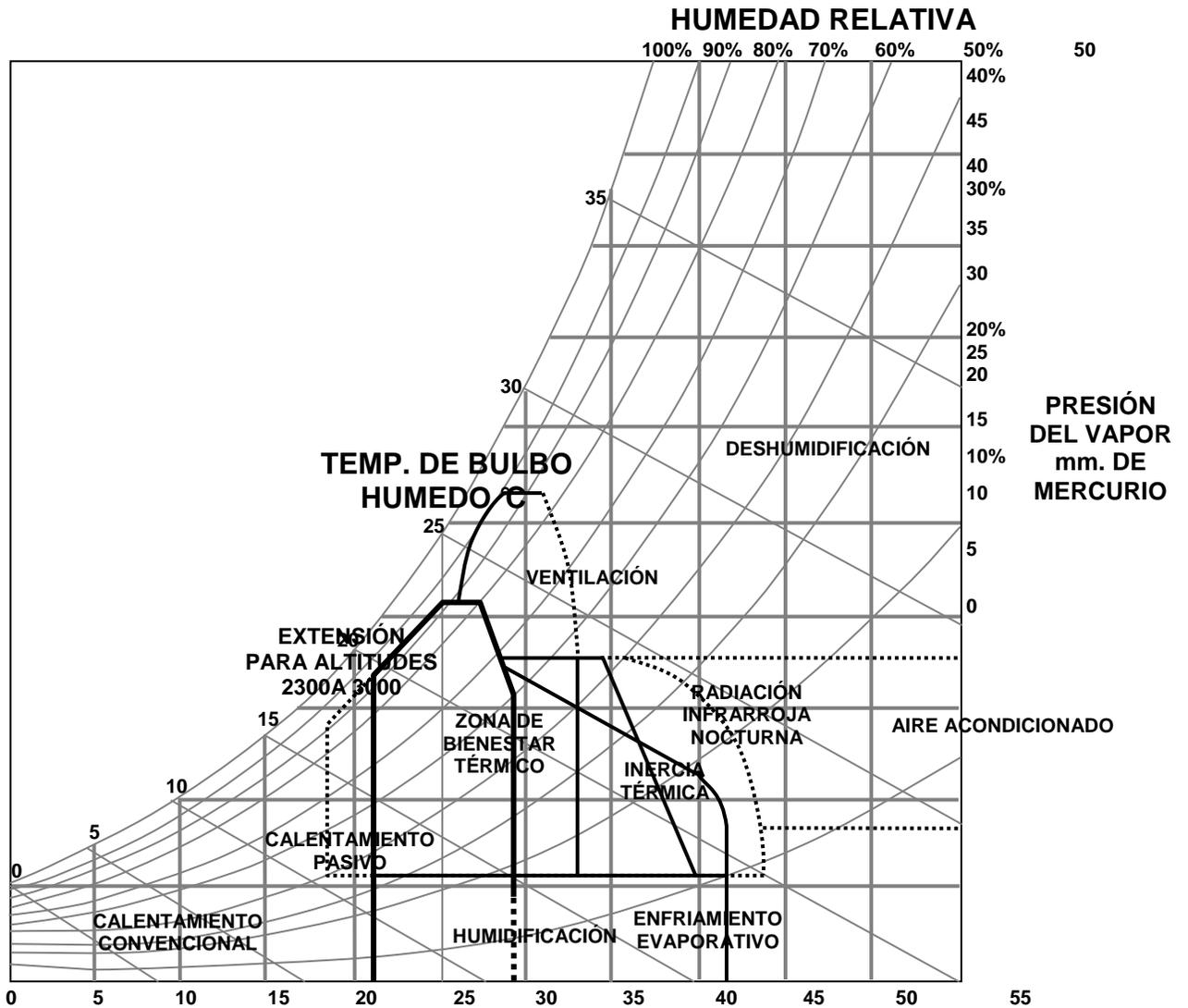


Diagrama bioclimático de Givoni, adaptado para Salamanca por Morillón  
 Elaboró: David Morillón.c

**Diagrama de isorequerimientos:**

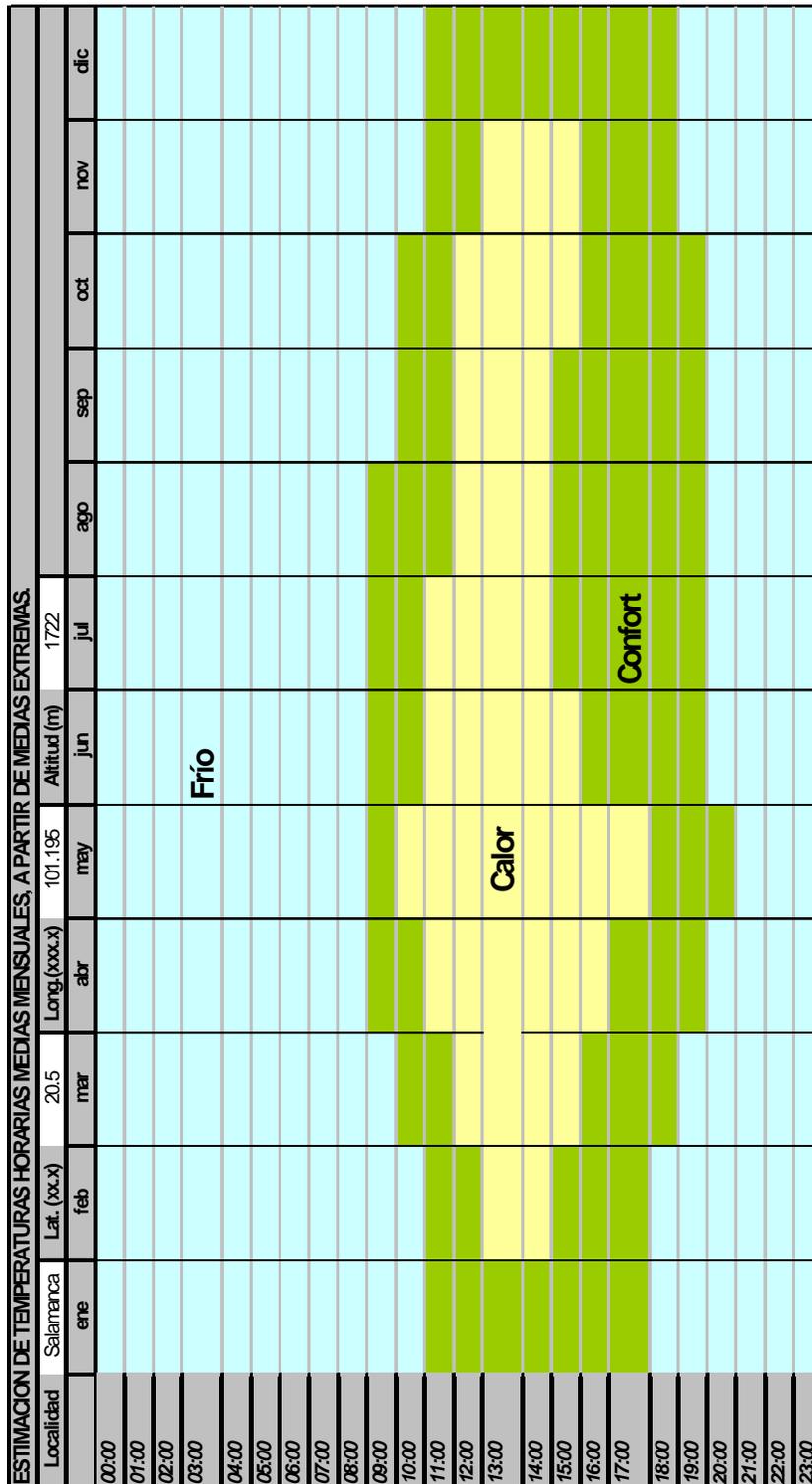


Diagrama Isorequerimientos  
Elaboró: David Morillón.c

## **Bioclima templado seco**

La temperatura máxima sobre pasa los rangos de confort por las tardas de marzo a octubre, la mínima esta por debajo de la zona de confort todo el año, en las noches y madrugadas, la oscilación diaria esta entre los 13°C y 17°C, la precipitación pluvial es de aproximadamente 600 mm anuales, la humedad relativa máxima esta por encima de los rangos de confort de julio a octubre, la media y mínima dentro de los rangos de confort.

Se ubican en dicho bioclima las ciudades de Durango, San Luis Potosí, Querétaro, Saltillo, León, Irapuato, Salamanca, Oaxaca, Tijuana, entre otras.

## **Diagnóstico**

Se presentan condiciones de calor en los meses de primavera, en veranos y otoño el calor solo se presenta alrededor de las horas del medio día, algo templado en invierno.

## **Requerimientos de climatización**

Meses con frío moderado (septiembre, diciembre y enero):

- Calentamiento directo, en las primeras horas de la mañana
- Calentamiento indirecto por las fachadas oeste, sureste, noroeste
- Controlar oscilaciones de humedad
- No ventilar por las noches

Meses con calor (marzo a junio):

- Enfriamiento con ventilación y humidificación por la tardes
- Reducir oscilaciones de temperatura
- Inercia térmica en muros
- Ventilación por las tardes

A partir de la información reunida se decidió que era momento de recorrer el terreno en espera de tener una visión integral del proyecto y explorar todas las posibilidades que ofrecía el lugar; esto permitiría alcanzar un diseño que satisficiera de manera óptima los requerimientos del proyecto. De este modo se llevo acabo una jornada de diseño conceptual intensa, diseñando y discutiendo en el sitio las implicaciones del proyecto. En esta jornada estuvieron presentes:

- Arq. José Picciotto.
- Ing. Guy Battle
- Ing. Eric Hernández
- Arq. Francisco Vázquez

Al inicio de nuestro recorrido, estuvimos acompañados de personal del municipio de Salamanca y sobre todo de habitantes de la zona, lo cual resultó ser vital, pues nadie más que ellos conoce perfectamente la zona, así, pudimos acercarnos a conocer los secretos del sitio, poco a poco nos fueron revelando elementos clave sobre la fauna y flora del sitio, así como del clima de la región.

Durante esta jornada estuvimos en diferentes horas del día dentro del terreno, lo caminamos, lo vivimos, pasamos largas horas en el sitio trabajando en estrategias de diseño adecuadas al contexto, estudiando las condiciones climáticas y el paisaje existente. Como producto del trabajo realizado se obtuvo una serie de croquis y puntos a tomar en cuenta para el diseño del centro, de los que a continuación se presenta un compendio.



**Imagen: El equipo recorriendo el terreno del CEMER.**

**Fotografías: Francisco Vázquez.**



Como producto de este trabajo de campo se llegó a las siguientes conclusiones que actuarían como bases o principios de diseño.

**Medio Ambiente Urbano.**

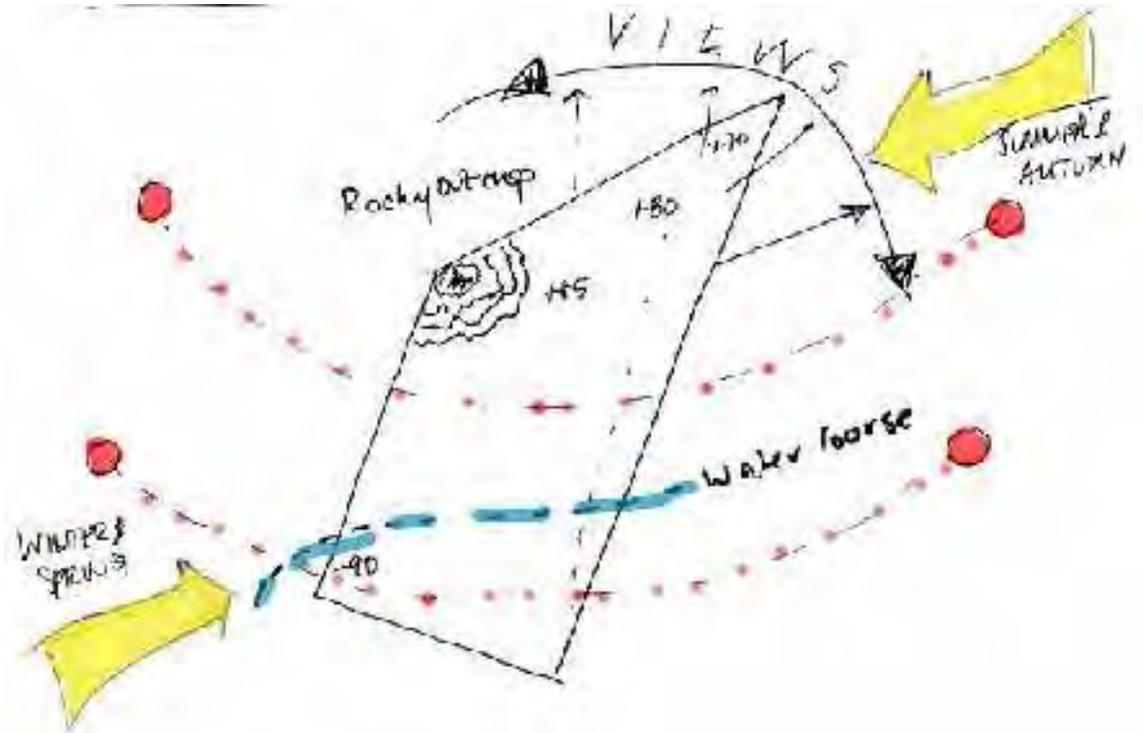


Imagen: Croquis de análisis del contexto.  
Croquis: Guy Battle

- Se deberá tener en cuenta principalmente, el proporcionar la máxima sombra posible y reducir al mínimo las ganancias de calor (la orientación solar es más importante que la orientación del viento).
- Reducir al mínimo la reflexión y el deslumbramiento de la radiación solar indirecta de la calle y espacios abiertos.

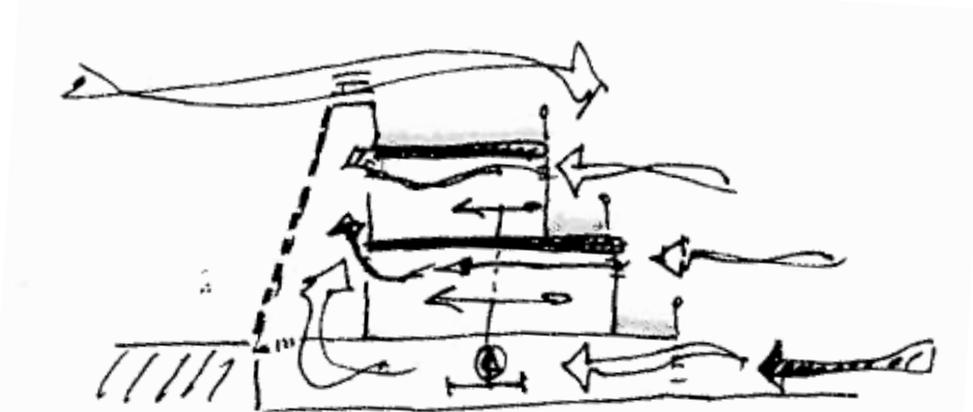
## Principios de diseño.

- Compactación entre la forma y el diseño para reducir al mínimo la exposición al sol, lo que como resultado permitirá a los edificios brindarse sombra unos a otros, además de provocar sombras en espacios al aire libre.
- Buscar que los edificios posean una altura uniforme con el fin de evitar una desigual distribución del viento.
- Evitar el efecto isla de calor, mediante el uso de azoteas verdes y pintadas con colores reflejantes.
- Generar calles estrechas.
- Incorporación en las calles y patios el uso de plantas, áreas verdes, jardines, y procurar que los pasos de peatones estén protegidos con tratamientos adecuados en las fachadas.
- Utilizar la fórmula del patio y el diseño urbano a escala.

## CREACIÓN DE MEDIO AMBIENTE.

### Principio de diseño,

- Producir edificios compactos y que hacia el centro presentan una reducción de la superficie expuestas a la radiación solar.
- Construcción de grandes áreas orientadas al sur o al norte.
- La fachada occidental es fundamental, ya que está expuesta a las máximas temperaturas.



Croquis de estrategia de ventilación pasiva.

Croquis: Guy Battle

- Individualidad, los edificios estarán agrupados por mutuo sombreado.
- Promover el acceso por las zonas frías y los vientos libres de polvo.
- El sombreado de los edificios y espacios al aire libre es fundamental, para ello habrá que buscar la proyección de techos, terrazas, y otros dispositivos de sombreado, así como el uso de árboles que rodean las paredes y edificios
- Uso de patios, (se define como un edificio, grupo de edificios o la construcción de un elemento que rodean el espacio interior abierto al cielo), el cual es un excelente regulador térmico.
- Paredes altas que proporcionan una sombra parcial al patio durante el día.
- Diseñar los patios para alcanzar la cantidad deseada de penetración de la luz solar, reducir el calor solar y promover los beneficios de refrigeración brisas.
- El patio actuara como una chimenea durante el día y durante la noche se trata de un disipador de calor debido al aire frío que caen del techo y a las radiaciones para el cielo.
- Tener cuidado para evitar la exposición al sol directo en los espacios en que las paredes del edificio enfrentan la exposición directa al sol, (esto puede hacerse utilizando columnatas o terrazas), estos elementos actuaran como intermediario de los espacios, sirviendo como barreras térmicas.
- Los patios siempre poseen una brisa de enfriamiento independientemente de la dirección del viento.
- Otra ventaja de los patios es el que dejara enfriar el viento y le liberara del polvo al pasa a través de las plantas y los árboles y / o fuentes, (refrigeración por evaporación).

### **Entorno externo,**

- Deben evitarse pavimentos que reflejen y absorban el calor.
- El ambiente externo es importante en zonas climáticas calientes donde las personas pasan la mayor parte del tiempo al aire libre.
- Las zonas al aire libre debe ser tratada como una prolongación de vida y espacios de trabajo.

## Principios de Diseño, del espacio exterior.

- Sombra: los espacios al aire libre sólo puede utilizarse cuando estén debidamente sombreados.
- Uso: espacios, patios cerrados, logias, pérgolas y paisajismo para cortar la luz directa del sol y el deslumbramiento de superficies circundantes.
- Apéndice para brindar protección al ambiente externo y de la intimidad.
- Planificación de los patios: para reducir las ganancias de calor en las superficies y edificios que les rodea, lo cual puede crear una cómoda prolongación de la vida del espacio.
- Refrigeración por evaporación: aunque es escasa.
- Planta de selección: se limita a las especies que pueden sobrevivir con el medio ambiente con poca agua, y en áreas donde puedan mantenerse. Las plantas pueden ser utilizadas para cubrir (sombra) las paredes o cercas.



Croquis de estrategia de humidificación del aire.

Croquis: Guy Battle

- Circulación protegida: PREFERIBLE nadie debe ser obligado a caminar en el sol. Los peatones necesitan de sombra y protección. Usar calles estrechas, portales y aceras cubiertas.
- Proporcionar a los vehículos cubiertas y espacios de sombra.
- Espacios públicos al aire libre: cerrados, mirando hacia adentro, cuidadosamente ajardinados, refrigerados por agua y sombra. Tamaño limitado.
- Exigir masa térmica para almacenar calor durante el día y lo liberan (aire frío) durante la noche.

- Ayudar a la refrigeración por la noche mediante la promoción de ventilación nocturna en las superficies internas.

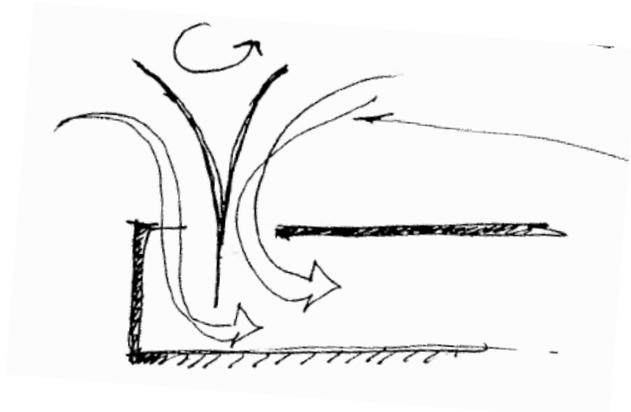
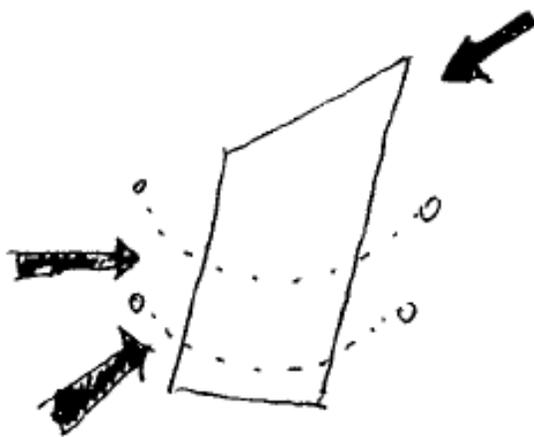
### **Diseño del Techo.**

- Lo que es más importante componente de fomento de dotación. Rendimiento depende de su forma, construcción y materiales.
- Forma, factor a tener en cuenta:
  - + Protección contra la exposición a la radiación solar.
  - + Movimiento de aire a través de ella las superficies, a las ayudas proceso de enfriamiento.
  - + Protección de la lluvia
- El techo tiene más exposición a la radiación solar. Puede ser usado para proporcionar aire fresco en el patio inclinándole un poco hacia el patio. Ventaja: puede ser concebido como un espacio funcional.

Arqueado, cúpula y los techos de tono han moderado las ganancias de calor.

### **Diseño y ventilación,**

En general, se debe estar orientado hacia las brisas, y las obstrucciones a la circulación del aire deben ser evitadas.

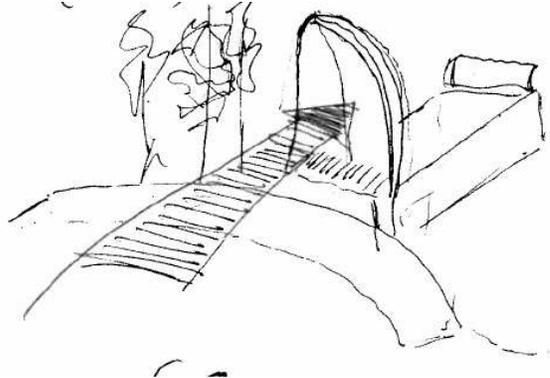


**Croquis de análisis de viento.**  
Croquis: Francisco Vázquez.

**Croquis de análisis para ventilar un edificio.**

## Principios de diseño: los tejados,

- Una variedad de formas y techo de las construcciones son apropiadas para la zona.
- Cuando los compuestos se utilizan los techos deben ser de material ligero y denso. Mejor si están separados en dos estructuras independientes.



Croquis de estrategia de captación de viento.

Croquis: Guy Battle

- Las aberturas de ventilación en el techo pueden permitir eliminar los espacios de aire caliente que de otro modo permanecería atrapado.
- Pendiente orientada a los vientos dominantes.
- Techo inclinado hacia el patio, para permitir que el aire fresco por la noche fluya y pueda ser usado para enfriar los espacios internos.

## Diseño de muros

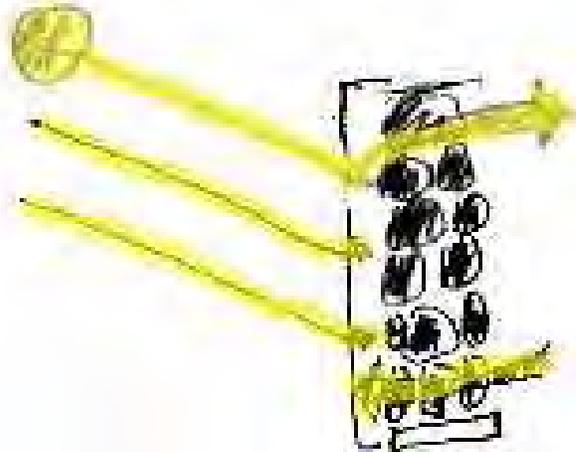
- Las ganancias solares dependen de la orientación.

## Principios de diseño: las paredes,

- Minimizar el frente este y el oeste en las paredes.
- El frente Oriente de las paredes causa más problemas por las mañanas debido a la ganancia de calor que experimenta. Es preciso adoptar medidas a fin de evitar la

prematura liberación de calor en el espacio en la tarde cuando las temperaturas son mayores.

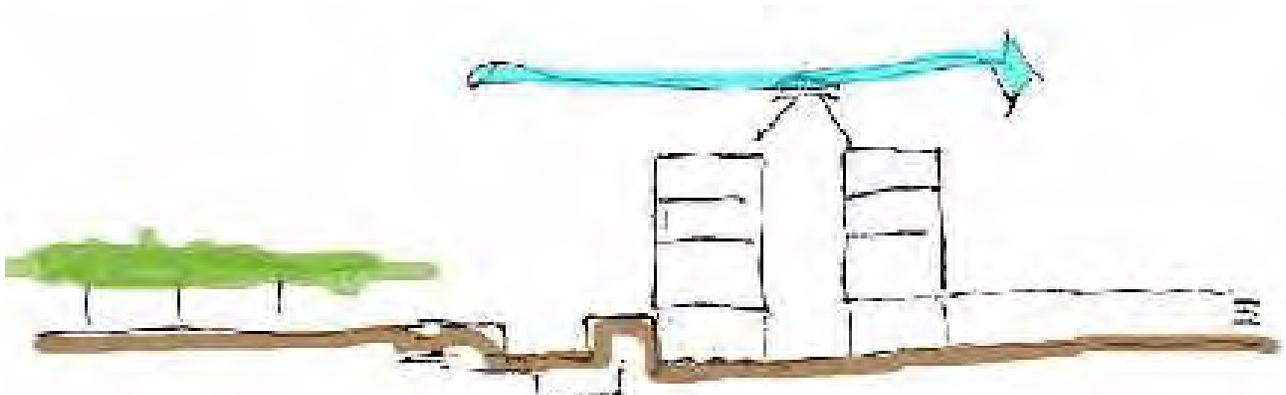
- Las ganancias de calor en los muros pueden reducirse mediante el aumento de aislamiento, masa térmica y la protección de sombreado. O creando una barrera térmica con poca frecuencia en los espacios ocupados.



**Croquis permeabilidad lumínica y barrera térmica.**

**Croquis: Guy Battle**

- Las paredes que rodean las habitaciones utilizadas durante el día deben ser masivas.
- Necesidad de una mayor masa térmica para equilibrar las ganancias de calor.
- Deben incluirse aberturas de ventilación operables, por la noche para la ventilación.



**Croquis Ventilación pasiva**

**Croquis: Francisco Vázquez**

### **Diseño del piso.**

- Aumentar la capacidad de almacenamiento térmico, (losa piso en contacto con el suelo).
- Aumentar el potencial global de la ventilación.
- Principios de diseño: los pisos.
- Planta de almacenamiento obligatoria.
- Sólidos plantas bajas y sembradas en contacto directo con el suelo.
- Peso pesado de construcción (piedra, barro, hormigón).
- Puede incluir la construcción de bodegas o completa se construirá bajo tierra.

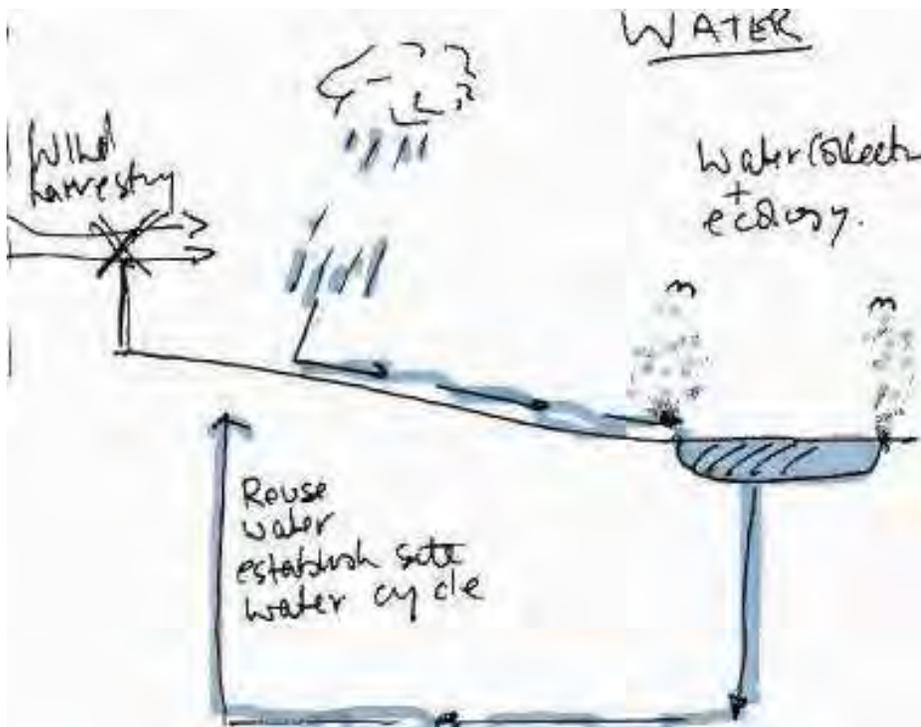
### **Diseño de aperturas.**

- Puede ser concebido como las entradas de aire y salidas sólo para la ventilación o sólo para permitir la luz del sol para el día de iluminación. Estas dos funciones entran normalmente en conflicto. Es aconsejable separar funciones.

### **Fuentes de deslumbramiento.**

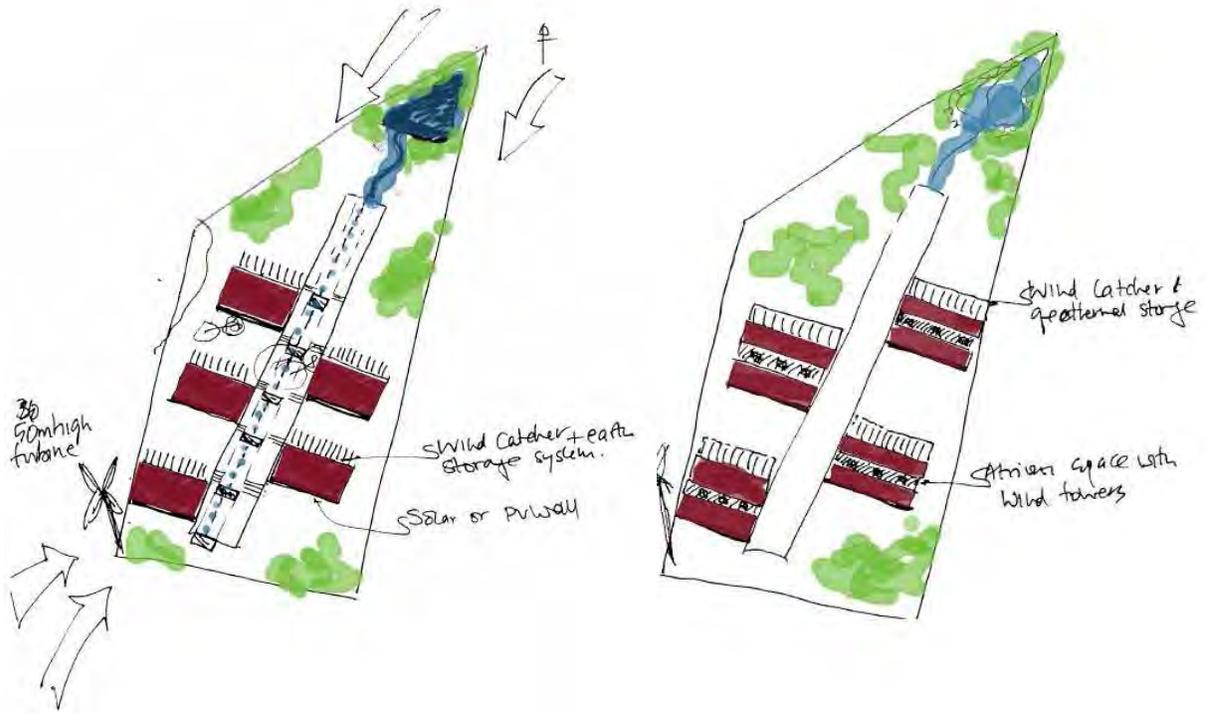
- Evitar fuerte contraste en el nivel de luz o altos niveles de luz.
- Las aperturas deben ser protegidas de fuentes externas de deslumbramiento lo que puede crear un entorno visual incómodo.
- Evitar la luz solar directa, y picar aberturas lo más pequeño posible.
- La luz reflejada desde el suelo y otras superficies de color claro es a menudo fuente de deslumbramiento.
- Luz interior difusa puede lograrse por medio del cribado, o la apertura a una sombra verde o patio para evitar deslumbramientos.
- Máxima utilización de luz indirecta y luz reflejada es la forma más adecuada la iluminación del día.
- Se debe tener cuidado de que los dispositivos de sombreado no creen reflejos.
- Considerar el uso de tareas relacionadas con la iluminación.
- Las aberturas de ventilación deben accionarse para hacer frente a las variaciones de temperatura diurna.
- El poder abrir aperturas durante la noche a noche beneficio de refrigeración.

- Las aberturas para la ventilación deben colocarse en los diferentes niveles.
- Las aberturas en paredes y techados deberán de estar situados para permitir que el aire se pueda mover de las superficies internas al techo.
- No adoptar el sistema universal de sombreado para todo el edificio, ya que debe reflejar la orientación y las condiciones climáticas locales.
- Formas de dispositivos de sombreado: horizontal (sur y norte fachadas), vertical dispositivo para excluir a la radiación solar (en vigor en el este y el oeste)



Croquis manejo del ciclo del agua integrado.

Croquis: Guy Battle.



Croquis Esquema de disposición de los edificios.

Croquis: Guy Battle.



Persiguiendo la idea de predicar con el ejemplo el CEMER, también plantea el cumplir con los reglamentos de leyes y las normas relacionadas con la sustentabilidad. Aquí se presentan estas normas, las cuales se ordenan de acuerdo al tema e institución que promulga la norma, mediante la identificación de la norma y título, se consideran las que tienen que ver con los requisitos (R), el diseño (D) y las de equipamiento o selección de tecnología (T).

#### Ecología y Medio Ambiente

Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente/Áreas Naturales Protegidas (R)

Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente/ en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (R)

Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente/ en Materia de Auditoria Ambiental (R)

#### NOM-001-ECOL-1996

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (R)

#### Eficiencia energética (CONAE)

#### NOM-003-ENER-2000

Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, métodos de prueba y etiquetado (T)

#### NOM-004-ENER-1995

Eficiencia energética de bombas centrifugas para bombeo de agua para uso doméstico en potencias de 0.187 kW a 0.746 kW. Límites, métodos de prueba y etiquetado (T)

NOM-007-ENER-2004

Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales (D)

NOM-008-ENER-2001

Eficiencia energética en edificios, envolvente de edificios no residenciales (D)

NOM-011-ENER-2002

Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado (T)

NOM-013-ENER-2004

Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas (D)

NOM-015-ENER-2002

Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado (T)

NOM-017-ENER-1997

Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba (T)

NOM-018-ENER-1997

Aislantes térmicos para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba (T)

NOM-021-ENER/SCFI/ECOL-2000

Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluocarbonos (CFC's) en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado (T)

NOM-022-ENER/SCFI/ECOL-2000

Eficiencia energética. Requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluocarbonos (CFC's) para aparatos de refrigeración comercial auto contenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado (T)

Agua (CONAGUA, SSA)

NOM-127-SSA1-1994

Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización (D y R)

NORMA Oficial Mexicana NOM-002-CNA-1995

Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable -Especificaciones y métodos de prueba (D)

NOM-005-CNA-1997

Flujómetros - Especificaciones y métodos de prueba (T)

NOM-008-CNA-1998

Regaderas empleadas en el aseo corporal - especificaciones y métodos de prueba (T)

NOM-009-CNA-2001

Inodoros para uso sanitario especificaciones y métodos de prueba. (T)

NOM-013-CNA-2000

Redes de distribución de agua potable-especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba (D y R)

Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-014-CNA-2003

Requisitos para la recarga artificial de acuíferos (R y D)

Áreas verdes (CONADF)

NADF-006-RNAT-2004

Requisitos, criterios, lineamientos y especificaciones técnicas que deben cumplir las autoridades, personas físicas o morales que realicen actividades de fomento, mejoramiento y mantenimiento de áreas verdes públicas (Recomendación o base)

NADF-001-RNAT-2006

Requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas privadas y particulares que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el distrito federal (Recomendación o base)

Manejo de residuos (CONADF)

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (Recomendación o base)

NADF-007-RNAT-2004,

Clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el distrito federal (Recomendación o base)

Energías renovables (CONADF y Diario Oficial de la Federación)

NADF-008-AMBT-2005

Especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías (Recomendación o base)

NMX-ES-001-NORMEX-2005

Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua: métodos de pruebas y etiquetado (T)

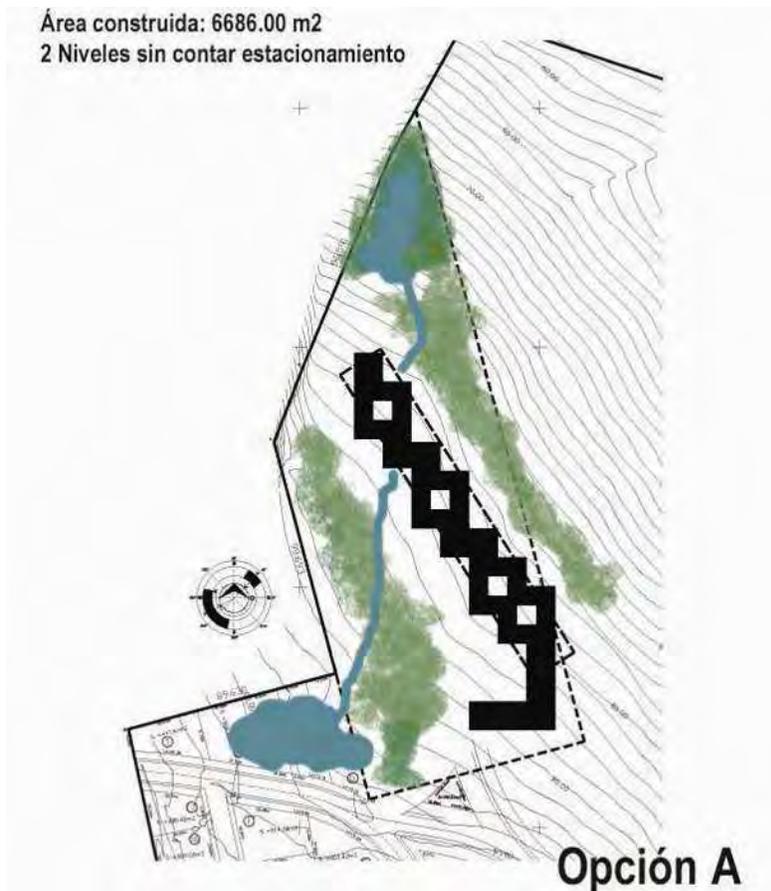
Resolución No. RES/176/2007

Resolución por la que se aprueba el modelo de contrato de interconexión para fuentes de energía solar en pequeña escala (T)

## 05. PARTIDO ARQUITECTONICO

El resultado del trabajo de investigación y análisis efectuado en las etapas anteriores comienza a ser visualizado en los esquemas que componen el partido arquitectónico. Ya que en este punto, se cuenta con la información suficiente para comenzar a definir espacios. Como parte de este proceso se elaboraron una serie de propuestas que principalmente a causa de ser repetitivas o poco trascendentes para la presente tesis, no han sido incluidas.

A continuación se presentan algunos de estos diagramas.



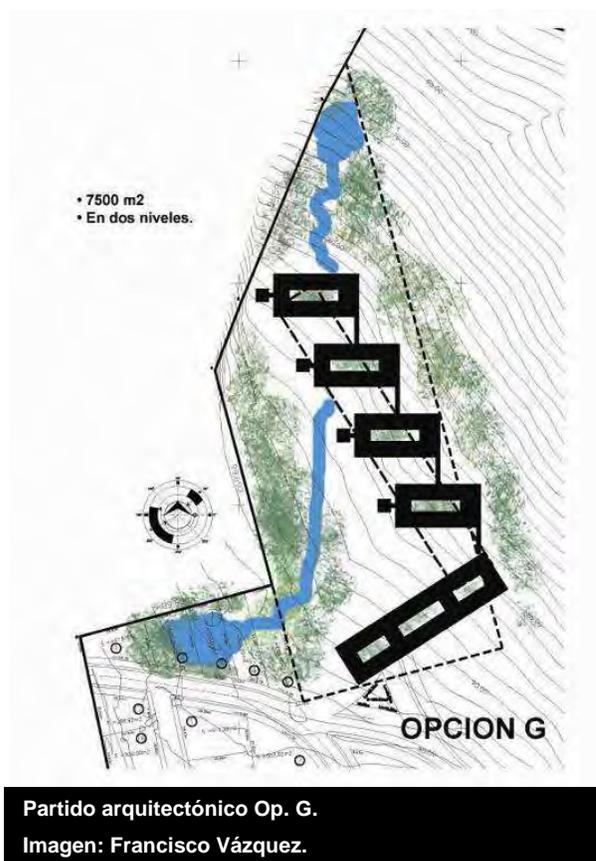
Partido arquitectónico Op. A  
Imagen: Francisco Vázquez.

Uno de los principales objetivos fue lograr el uso de patios o explanadas y edificios que logaran el mutuo sombreado. Esta propuesta fue rechazada por que uno de los objetivos planteados para lograr una eficiencia térmica era lograr fachadas cortas al poniente, cosa que no ocurrió en este esquema.

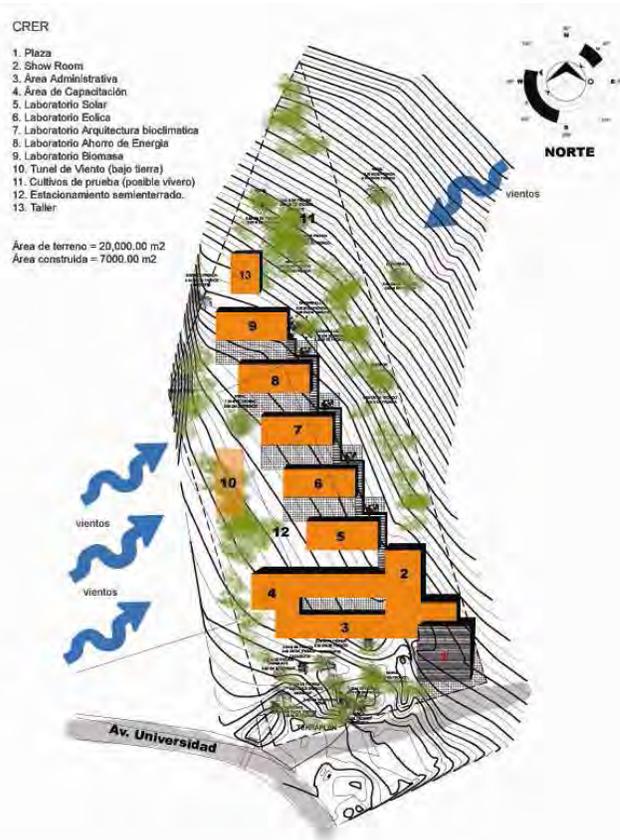
Asimismo se buscó encausar el agua de lluvia hacia el punto más bajo del terreno al norte del sitio, de forma que se pudiera reutilizar.



En el este esquema se buscó mantener los patios y reducir las fachadas al poniente, tratando además de liberar las visuales hacia salamanca. El esquema nuevamente se modificó ya que la dimensión y la disposición de los edificios, aunado a la pendiente del terreno hacían de esta opción un esquema poco eficiente.



El siguiente paso fue reducir la huella de los edificios al fragmentarlos a fin de disponer en estos espacios más pequeños a los laboratorios y así crear un gran bloque que agrupara la parte administrativa de oficinas, bibliotecas, y este módulo se ubicaría al sur del terreno, ya que es la parte con menor pendiente y en la que el impacto constructivo sobre la flora y fauna serian menor.

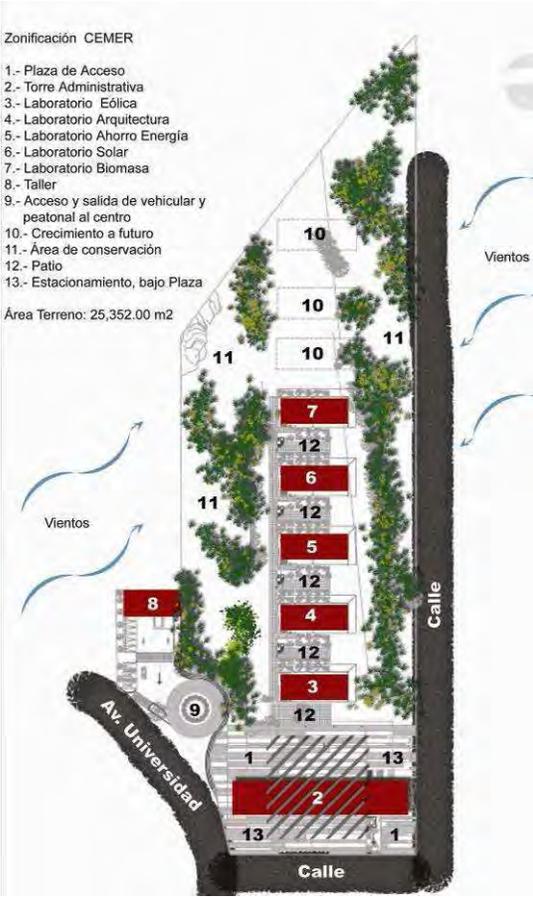


**Partido arquitectónico**  
 Imagen: Francisco Vázquez.

En este esquema se puede apreciar la ubicación del edificio administrativo al fondo y los laboratorios a lo largo del terreno, ya más fragmentados y sin los patios, que fueron sustituidos por plazoletas, con el fin de poder ofrecer la construcción en etapas del centro. Se integró una plaza de acceso al sureste.

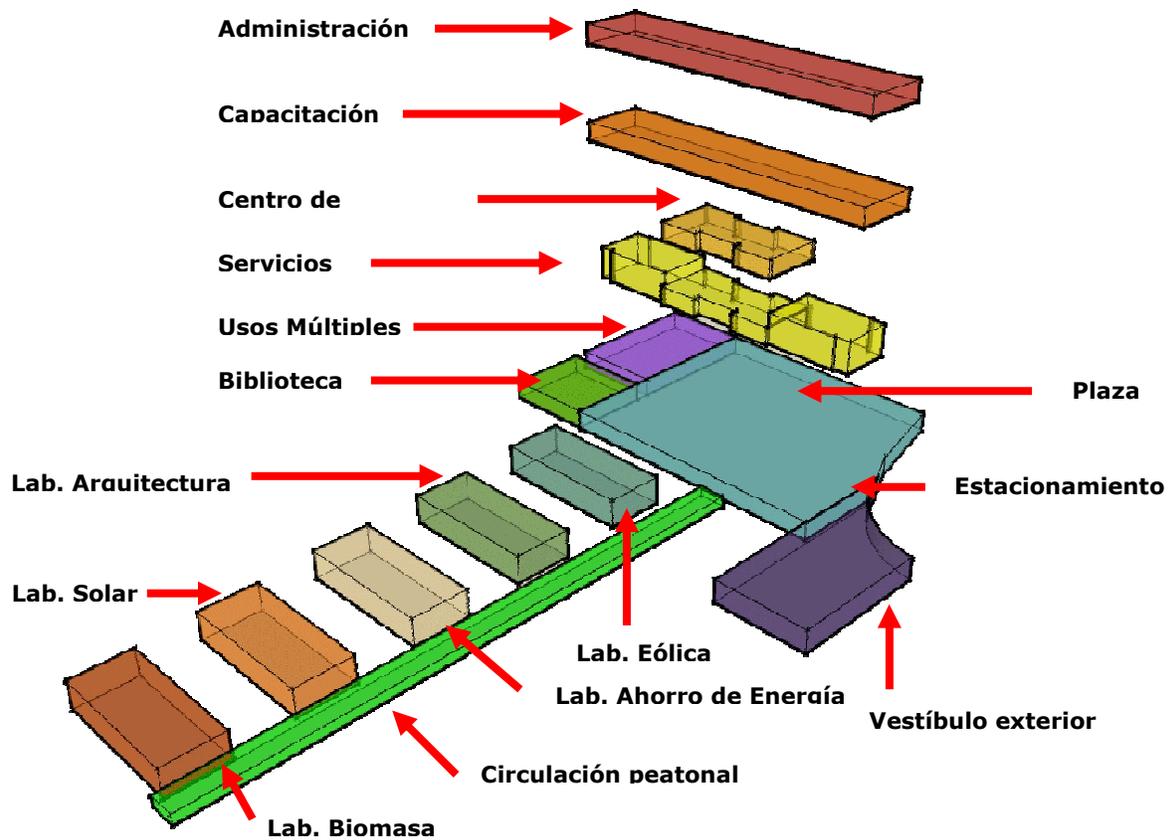
Finalmente encontramos el esquema final del CEMER, en este punto se tomaron las siguientes decisiones.

- Aprovechar la franja de desmonte existente en el predio, a fin de afectar lo menos posible el sitio.
- Generar una plaza de acceso cubierta.
- Conservar un área de crecimiento futuro y otra de reserva ecológica.
- Generar una rotonda de acceso vehicular (recepción de vehículos)
- Ubicar el estacionamiento en un nivel bajo aprovechando el desnivel del terreno.



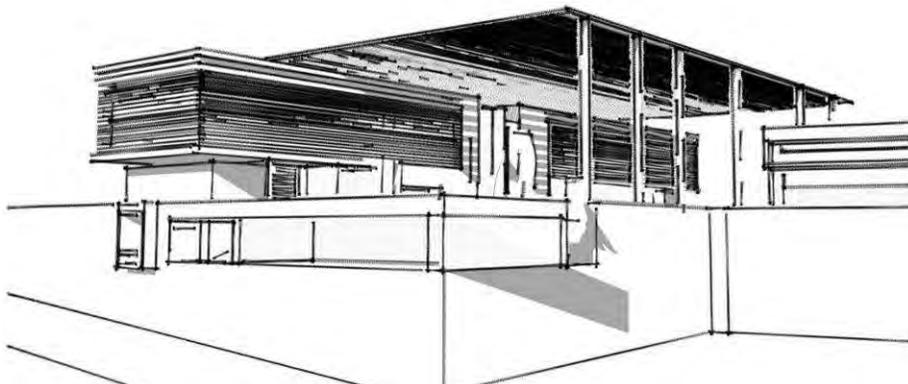
**Partido arquitectónico**  
 Imagen: Francisco Vázquez.

Aquí se muestra un esquema explosivo del partido arquitectónico conteniendo la información de los diferentes edificios que conforman el conjunto.



Partido arquitectónico Isométrico.  
Imagen: Francisco Vázquez.

Croquis conceptual del proyecto.



Croquis Conceptual.  
Imagen: Francisco Vázquez.

En esta imagen se aprecia la planta de conjunto con la información bioclimática del CEMER.

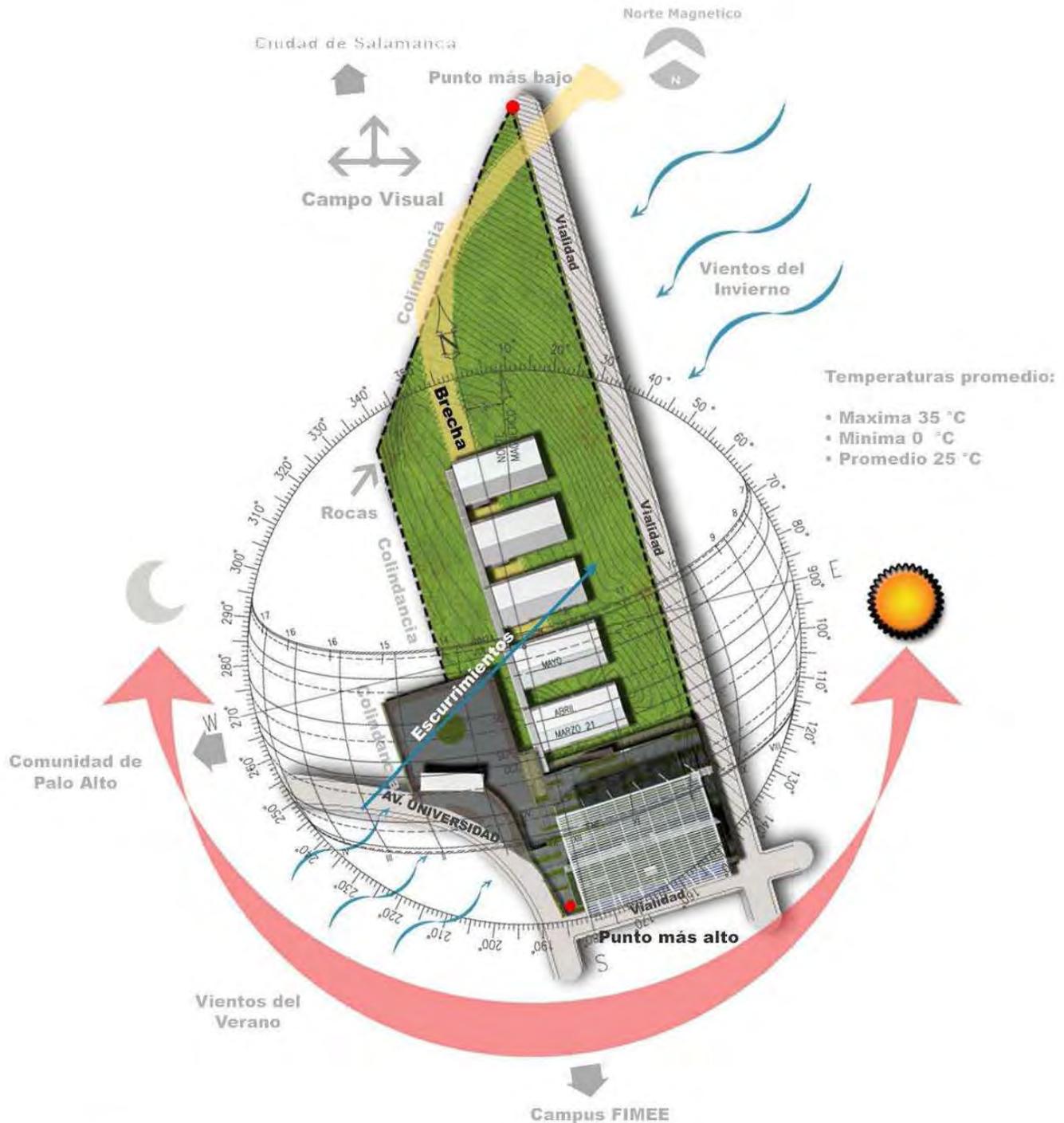


Diagrama Bioclimático  
Imagen: Francisco Vázquez.

## 06. INFORMACIÓN DE PROYECTO.

### Memoria Descriptiva del proyecto:

#### CEMER

\* Primer Premio / Concurso Gobierno de Guanajuato

Ubicación: Salamanca, México

Superficie Construida: 11,950 m<sup>2</sup>

Superficie Rentable: 8,700 m<sup>2</sup>

5 Laboratorios (etapa 1)

2 laboratorios (etapa 2)

1 Torre administrativa

Tipología: Investigación.

Temas: Proyecto, Plan maestro, Proyecto de negocios.

Total de Niveles: 4

Equipo: José Picciotto, Enrique Anaya, Francisco Vázquez, Dante Laureano.

Imágenes por computadora: Francisco Vázquez.

El Centro Mexicano de Energías Renovables (CEMER) se pretende que sea un centro tecnológico nacional dedicado a la investigación, el desarrollo y el fomento de las energías renovables, así como la eficiencia energética. Todo ello complementado con unas modernas instalaciones que convertirán al CEMER en un centro de referencia a escala internacional.

Pero no sólo por el trabajo que se desarrollara sino también por las especiales características que tendrá su sede que albergara laboratorios tecnológicamente avanzados. En estos laboratorios, se realizará todo el desarrollo tecnológico (I+D) del centro.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, CEMER es una entidad destinada a:

Favorecer el nivel de competitividad de las empresas en el sector de las Energías Renovables satisfaciendo sus necesidades de I+D mediante la prestación de servicios y actividades de alto valor añadido, y la transferencia de tecnología. Así como impulsar el desarrollo de las energías renovables mediante la generación, adquisición y difusión de conocimientos científicos y técnicos avanzados, así como ofreciendo el soporte a las instituciones públicas en la creación de los respectivas disposiciones técnicas y legales.

Algunos principios del diseño:

- Generación de grandes fachadas orientadas al sur y al norte.
- Brindar una mayor protección en la fachada poniente al ser la que esta expuesta a mayores temperaturas.
- El sombreado de los edificios y espacios al aire libre es fundamental, por ello los edificios están agrupados por mutuo sombreado.
- Refrigeración por evaporación: mediante el uso de vegetación.
- Se proporciona a los vehículos cubiertas y espacios de sombra, aprovechando las zonas bajas de los edificios, lo que además oculta de proteger, oculta este espacio.
- Uso de la masa térmica para regular la temperatura.
- Aplicación de ventilación natural.
- Aprovechamiento de una brecha existente, para minimizar el impacto en la vegetación
- Empleo de prefabricados para minimizar el impacto en la zona, durante la construcción.
- Uso de materiales reciclables o reciclados.
- Uso de materiales del sitio.
- Integración del paisaje al proyecto.
- Captación pluvial.
- Reciclaje de agua.
- Ahorro de energía
- Generación de energía por métodos eólicos y fotovoltaicos.
- Espacios adaptables según las necesidades a futuro que presente el centro.

El ingreso al conjunto se realiza mediante un vestíbulo exterior en el que una glorieta escultórica recibe al visitante en un entorno rodeado por vegetación del sitio. Al adentrarnos en el conjunto, una inmensa plaza en la que se ubica la torre administrativa, nos recibe, esta plaza es protegida del sol mediante una inmensa cubierta fotovoltaica que envuelve a la torre administrativa y que permite generar una gran parte de la energía con la que opera el centro. La torre administrativa es un volumen regular de 4 niveles orientado para aprovechar la iluminación y el viento a fin de optimizar su confort. En esta torre se ubica la administración general, así como un show-room una cafetería, centro de negocios, servicios generales y áreas de capacitación, finalmente la azotea es un espacio habitable, gracias a su diseño como jardín, que además de evitar el efecto isla de calor del centro, permite disfrutar de la panorámica de Salamanca.

Bajo dicha plaza se ubica un sótano que aprovechando el desnivel natural del terreno, resguarda el estacionamiento, también encontramos algunos servicios generales, así como la biblioteca con una panorámica de la ciudad, y un salón de usos múltiples, que permitirá llevar a cabo eventos sociales, así como conferencias además de que por su diseño permitirá efectuar hasta 3 eventos diferentes al mismo tiempo.

Descendiendo por los andadores peatonales llegamos a los laboratorios que se ubican hacia el norte del conjunto, siguiendo una brecha existente como elemento vertebral que hila a estos 5 laboratorios. El diseño y orientación de los laboratorios les permite protegerse del sol al brindarse mutuo sombreado. Entre cada laboratorio encontramos un jardín contemplativo que se integra al contexto agreste de la zona. Como parte del crecimiento a futuro del conjunto se tiene la preparación para el crecimiento de 2 laboratorios más.

Finalmente el proyecto contempla un área de conservación ecológica que permitirá recargar los mantos acuíferos, rescatar las especies vegetales y animales endémicas de la zona y promover la conciencia ambiental.

El CEMER poseerá las siguientes características:

- Ahorro energético: el proyecto se autoabastecerá en un cierto porcentaje, lo que le ayudara a obtener un balance energético que le permita minimizar el uso de energía eléctrica proveniente de la alimentación externa.
- Integración de energías renovables: el conjunto incorporara instalaciones que le permitan ser un modelo de desarrollo sustentable, así como el poder experimentar en si mismo las nuevas tecnologías en energías renovables.
- Construcción sana: utilizara sistemas constructivos y materiales renovables, reciclables, y de bajo impacto ambiental en su producción y generación de residuos. Además de que se deberá vigilar que durante su construcción las emisiones al medio ambiente de contaminantes sean minimizadas, que el consumo de agua sea moderado, que la tierra removida de la parte superficial del terreno sea protegida y reutilizada apropiadamente debido a los nutrientes que contiene y que finalmente se reciclen todos los residuos producto de la construcción.
- Modelo de funcionamiento: Generar un conjunto modelo que sirva como ejemplo para la creación de otros centros en la entidad y en el país, cuya investigación aplicada se sume con servicios tecnológicos avanzados en las áreas de energía eólica, solar, de la biomasa, arquitectura bioclimática y oceánica e hidráulica.
- Modelo de auto-sustentabilidad: Generar un centro de investigación con personalidad jurídica y alta capacidad de autofinanciamiento para el fomento, la investigación y el desarrollo de las energías renovables que coadyuve con otras entidades en la administración del conocimiento generado, favoreciendo el nivel de competitividad regional e impulsando el desarrollo tecnológico y comercial de las energías renovables.
- Modelo de organización legal flexible que permite una interacción entre el sector público, privado y social para lograr la penetración necesaria de la energía renovable a partir de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
- Ser un centro que apoye a la comunidad mediante la enseñanza sobre temas como las energías renovables y la sustentabilidad.
- Apoyar a la comunidad mediante la explotación libre de algunas especies vegetales comestibles como lo pudieran ser los nopales.

- Ser una zona de reserva ecológica, en el que se puedan sembrar especies vegetales en peligro de extinción o endémicas, a fin de reforestar zonas de la región.
- Aprovechar al máximo la captación pluvial a fin de recargar los mantos acuíferos de la región, máxime cuando este es uno de los principales puntos de recarga de la región.
- El planteamiento arquitectónico del CEMER es el de ser un centro de investigación, desarrollo y difusión de las energías renovables, así como de la eficiencia energética, y al ser esta la base de la institución, evidentemente requiere que el edificio que albergue al CEMER, sea en la praxis, ejemplo de toda la ideología y tecnología que promueve la institución misma. Por lo tanto el centro es un espacio ejemplo de la arquitectura bioclimática eficiente .Es decir que el concepto principal es que este es un **"EDIFICIO SUSTENTABLE"**
- Es muy importante que se lleven a cabo lo antes posible los proyectos complementarios de iluminación, ingeniería de fachadas, automatización y proyecto ejecutivo de paisaje. Debido a que tienen que estar listos previo a la elaboración de el catálogo de conceptos. Esto es en a causa de que se deberán incluir los insumos generados por dichos proyectos en el listado de conceptos del catálogo.
- Ahora bien estos proyectos complementarios tienen su importancia en la necesidad de proporcionarle al proyecto las herramientas apropiadas en virtud de la complejidad que ha alcanzado, posterior a los análisis y primeros planteamientos del edificio, esto hace que para un centro de esta envergadura y con la relevancia internacional que se pretende imprimirle se requiera de la generación de otros proyectos no contemplados originalmente.
- A fin de poder llevar acabo la licitación pública de construcción, se recomienda que se elabore un catálogo de conceptos con mercadeo de los insumos en la zona, a fin de que se lleve de una manera más eficiente la licitación para la construcción del complejo.
- Se recomienda que durante el proceso de construcción la empresa encargada vigile el manejo de los residuos producto de la construcción a fin de que se minimicen y se reciclen de ser posible, además de cuidar que la procedencia de los materiales de construcción directos e indirectos cumplan en su mayoría con procesos de la industria sustentable bien sea en su fabricación, manejo u

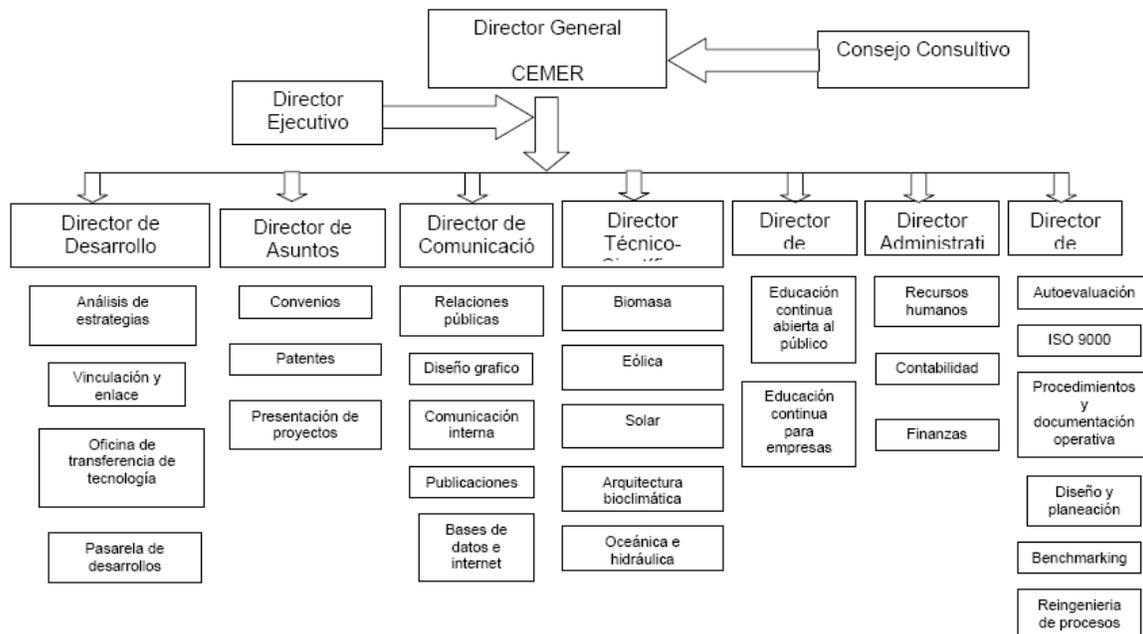
operación y que incluso pudiesen contar con certificaciones internacionales como LEED, ENERGY STAR, o alguna certificación nacional de SEMARNAT, FIDE, y/o similares, esto permitirá que este centro comulgue con el ejemplo al ser demostrativo de las prácticas de sustentabilidad.

- La complejidad que representa cada laboratorio y su especialización en equipamiento, conllevan a que no se pueda predeterminedar el equipamiento necesario, es por ello que la responsabilidad de elegir el equipamiento apropiado deberá correr a cargo del Investigador contratado para dirigir cada laboratorio. De modo que cada investigador deberá trabajar con un presupuesto asignado (remitirse a plan de negocios) para seleccionar el equipamiento que a su parecer y experiencia resulte el más apropiado para los fines que perseguirá dicho laboratorio. Es por ello que se recomienda que la contratación de los investigadores a cargo de cada uno de los laboratorios se lleve a cabo al menos tres meses antes del inicio de la construcción de cada laboratorio, esto a fin de que con tiempo suficiente participen en conjunto con el encargado de la ingeniería de laboratorios para hacer la adquisición de los equipamientos necesarios, es importante apuntar que algunos equipos pueden tardar hasta un año en ser entregados, es necesario consultar los tiempos con los fabricantes. Ahora bien es necesario que una vez concluida la selección del equipamiento se haga la revisión del proyecto de laboratorio, con el fin de que en caso de ser necesario se hagan las adecuaciones de instalaciones a los laboratorios, es importante acotar que en aprensión de esta situación el diseño propuesto de los laboratorios se ha elaborado previendo las adecuaciones mediante la posibilidad de generar sótanos opcionales para los laboratorios que así lo requieran, además de que en cuanto a las instalaciones se han dejado las puntas para la conexión de la energía eléctrica, el agua, el drenaje, gas, y aire acondicionado (en caso de requerir algún gas especial se ha ubicado un patio para ubicar los tanques). Ahora bien es importante señalar que en caso de requerir un incremento de las capacidades de alguna instalación o alguna instalación extra, se deberá revisar el proyecto de dicha especialidad a fin de hacer la adecuación necesaria a proyecto.
- Algunos detalles específicos como la colocación de los paneles fotovoltaicos se deberán resolverán trabajando en conjunto con la constructora y el proveedor

del producto a fin de lograr la mejor solución, a partir de las características específicas del material.

- Se deberán respetar y tratar de preservar las especies vegetales que se encuentran en el predio, es por ello que cuando se tenga que mover alguna especie vegetal, deberá ser transplantada a otro punto del terreno o bien preservarse para una vez concluida la construcción ubicarla en las zonas destinadas para jardines.
- En virtud de las pendientes que presentan las colindancias que rodean el terreno, se recomienda que el municipio desarrolle los cortes para la ubicación de las vialidades al norte y oriente del terreno, tal y como se han propuesto en el proyecto, a fin de que se logre una mejor integración del centro.
- A partir de los mapeos realizados en el sitio se recomienda que el municipio de Salamanca mejore la vialidad denominada Av. Universidad, con el fin de que se tenga un acceso más digno hacia esta zona que será un polo de crecimiento con la FIMEE y ahora con el CEMER, además, dado que el CEMER brindara servicio a múltiples empresas privadas e instituciones públicas, el paso de transporte de productos será constante, es por ello que se requiere mejorar el acceso desde la carretera. Además de que es importante señalar que de no tomarse las previsiones necesarias en este momento podría volverse caótica la situación vial hacia esta zona en algunos años.
- Se requiere que el Municipio de Salamanca trabaje en el Plan de Desarrollo urbano de la zona, a fin de comprometer a los futuros residentes de la zona a que mantengan áreas de conservación ecológica y que sigan las políticas de sustentabilidad que plantea el CEMER a fin de que no se de una degradación medio ambiental de la zona, es vital que se exija que el agua de lluvia se aprovechada para recargar los mantos acuíferos de la región.
- Se recomienda al municipio que la iluminación de las vialidades se haga por medio de luminarias alimentadas por celdas fotovoltaicas y que las banquetas se fabriquen con concreto hidráulico.
- Se recomienda que el CEMER haga contacto directo con la comunidad inmediata mediante la enseñanza de procesos sustentables, así como permitiendo en algunas temporadas la cosecha de algunos productos de la vegetación que crecerá de forma natural en el área de reserva ecológica, esto permitirá un acercamiento e integración, de la comunidad con el Centro.

- Se propone que se puedan llevar eventos culturales, artísticos, etc., en las instalaciones del CEMER (la Plaza, el Salón de Usos Múltiples, la biblioteca, etc.) lo que acercara a la comunidad del municipio al centro y se podrá difundir información que permitirá mejorar la calidad de vida y del medio ambiente en Salamanca.
- El diseño de la cocina industrial, responderá a las especificaciones y detalles planteados por la empresa encargada del desarrollo e instalación de la misma, atendiendo a las preparaciones que se han dejado para su operación, en caso de requerir incrementos de capacidades, se deberá revisar si es necesario hacer ajustes generales a las instalaciones.
- Se deberá buscar que los proveedores de los materiales de construcción se ubiquen lo más próximo posible a la obra, a fin de minimizar el impacto de la huella de carbono de dichos acabados.



**Organigrama**

Elaborado por: David Morillón.

Como parte del proyecto se elaboró un detallado análisis de ingeniería de costos, esta información resulta extensa e irrelevante para la presente tesis, sin embargo si me parece necesario mencionar un resumen general de los costos estimados para este proyecto.

### **Desglose de Inversiones de Construcción**

#### **Sector No. 1 Edificio Administrativo:**

Área: 6,937.78 m<sup>2</sup>

Costo por m<sup>2</sup>: \$12665.89 pesos por m<sup>2</sup>

Costo de construcción: **\$87,873,152.10 pesos.**

#### **Sector No. 2 Vestíbulo exterior:**

Área: 153.40 m<sup>2</sup>

Costo por m<sup>2</sup>: \$25,196.04 pesos por m<sup>2</sup>

Costo de construcción: **\$3,865,072.23 pesos.**

#### **Sector No. 3 Laboratorios:**

Área: 3,773.00 m<sup>2</sup>

Costo por m<sup>2</sup>: \$13,542.92 pesos por m<sup>2</sup>

Costo de construcción: **\$51,097,436.51 pesos.**

#### **Sector No. 4 Conjunto jardines:**

Área: 13,454.89 m<sup>2</sup>

Costo por m<sup>2</sup>: \$1,364.45 pesos por m<sup>2</sup>

Costo de construcción: **\$18,358,511.97 pesos.**

### **Sumatoria Total:**

#### **Conjunto**

Área: 10,864.18 m<sup>2</sup>

Costo por m<sup>2</sup>: \$10,864.18 pesos por m<sup>2</sup>

Costo de construcción: **\$161,194,172.81 pesos.**

**CRONOGRAMA GENERAL PARA EL "PLAN MAESTRO PARA EL ESTABLECIMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DEL CEMER"**

id	Nombre de la Tarea	Duración	MESES																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	Proyectos complementarios	2 meses																																
2	Elaboración de catalogo de conceptos	2 meses																																
3	Licitación Pública	2 meses																																
4	Contratación de Obra	1 mes																																
5	Construcción	24 meses																																
6	• Nivelación general	8 meses																																
7	• Desarrollo Sector 1	20 meses																																
8	• Desarrollo Sector 2	8 meses																																
9	• Desarrollo Sector 3	10 meses																																
10	Análisis del edificio	10 meses																																
11	Contratación Investigadores	14 meses																																
12	Equipamiento	12 meses																																
13	Contratación Personal	3 meses																																
14	Inicio de Operaciones																																	

**NOTA:**

- Los proyectos complementarios comprenden: iluminación, ingeniería de fachadas, automatización, proyecto ejecutivo de paisaje.
- El catalogo de conceptos de vera ser con mercadeo.
- Los analisis del edificio comprenden, el analisis del impacto de la huella de carbono del centro, y ingeniería basica de laboratorios.

**Cronograma de tiempos**  
 Elaborado por: **Francisco Vázquez. para Picciotto Arquitectos.**

## 07. PROYECTO ARQUITECTONICO

Una vez analizada la información anterior, se precedió al desarrollo de un primer anteproyecto arquitectónico, el cual fue discutido una y otra vez en reuniones de trabajo con los diferentes especialistas, entre estructura, instalaciones, ingeniería bioclimática, investigadores, asesores externos, todo ello con el fin de lograr un proyecto arquitectónico adecuado y eficiente. A lo largo de varios meses de arduo trabajo se pudo ver como el proyecto arquitectónico fue transformándose poco a poco, asimilando los ajustes necesarios para que este pudiera ser un edificio que integrara todos los objetivos a cumplir para un centro de este tipo, conservando la intención original de ser un ejemplo del diseño bioclimático. Una vez que fue aprobado el proyecto, se procedió al desarrollo de un proyecto ejecutivo que cumpliera con los requisitos necesarios para ser construido a detalle.

Aquí se presenta la información final del proyecto arquitectónico, del cual he tenido la responsabilidad, el privilegio y el gusto de poder desarrollar en mi calidad de Líder de proyectos, compartiendo aprendizajes y experiencias de diseño con mis compañeros.



Imagen conceptual por computadora del CEMER  
Elaborado por: Francisco Vázquez. para Picciotto Arquitectos.



PROYECTO	PLANTA MOTOR LOBBY
CLIENTE	CINEMA
UBICACION	MONTEVIDEO
FECHA	2012
ESCALA	1:100

NOTA: INDICAR NIVEL TIPO DE SUELO  
 N.T.S. INDICAR NIVEL DE PISO TERMINADO  
 P.T. INDICAR NIVEL DE PISO TERMINADO

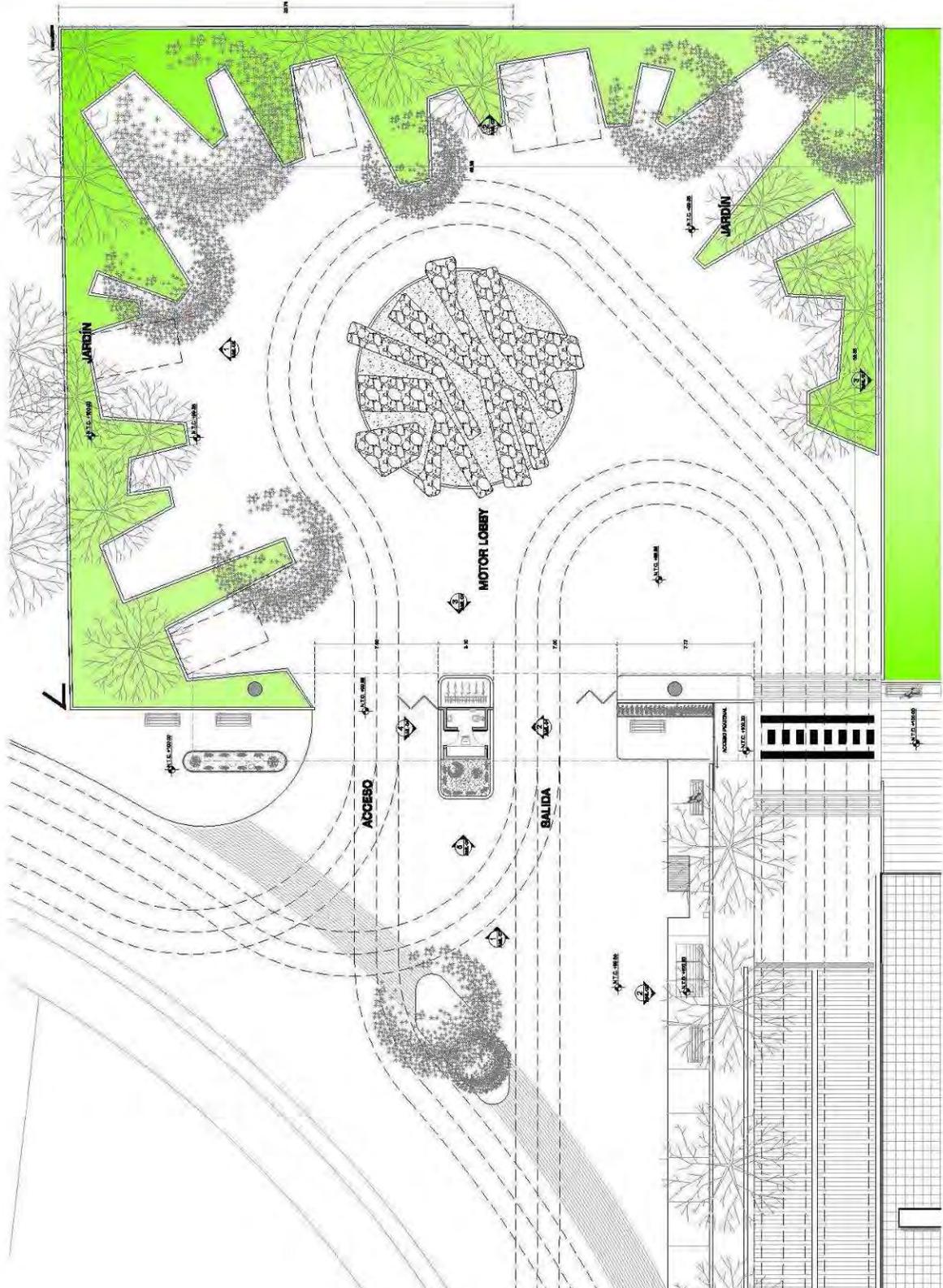
PROYECTO	PLANTA MOTOR LOBBY
CLIENTE	CINEMA
UBICACION	MONTEVIDEO
FECHA	2012
ESCALA	1:100

PLANTA MOTOR LOBBY



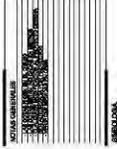
PROYECTO: PLANTA MOTOR LOBBY  
 CLIENTE: CINEMA  
 UBICACION: MONTEVIDEO  
 FECHA: 2012  
 ESCALA: 1:100

PROYECTO	PLANTA MOTOR LOBBY
CLIENTE	CINEMA
UBICACION	MONTEVIDEO
FECHA	2012
ESCALA	1:100

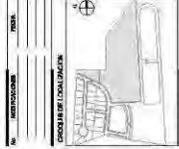


PLANTA MOTOR LOBBY  
 AML-01  
 ESC. 1:100

PICCOTTOY ARQUITECTOS



B.T.E.L. MATERIALS TECHNOLOGY  
S.A.S. MATERIALS TECHNOLOGY

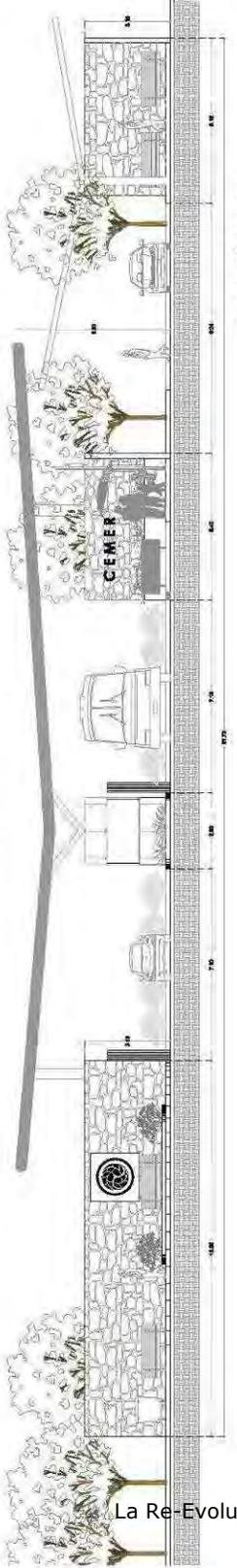


PROYECTO: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
CONTRATACION: CONVOCATORIA NACIONAL DE CONTRATACIONES EN CONDOMINIO  
CORRESPONSABLE EN CONDOMINIO  
PROYECTISTA: PICCOTTOY ARQUITECTOS

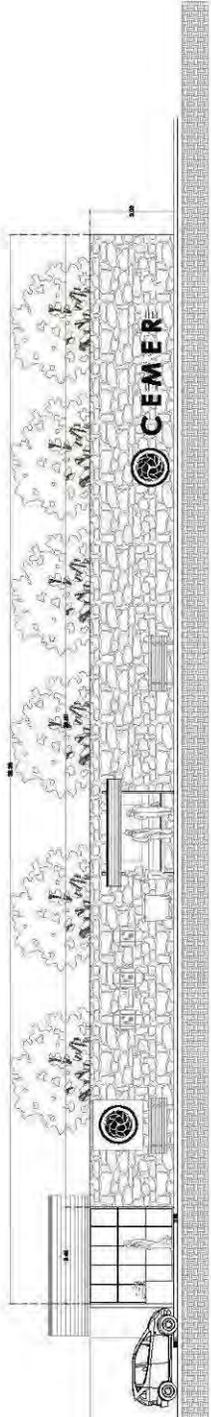
**CEMER**

SECCION: SECCION DE ELEVACION  
ESCALA: 1/50  
PROYECTADO: CME/07-2  
FECHA: 2007

PLANTA No. **MLA-02**  
ARCHIVO: CEMER/07-2/02



1 ELEVACION CASSETA B  
MLA-02  
ESC. 1/50



2 ELEVACION CASSETA B  
MLA-02  
ESC. 1/50













**PICCIOTTO ARCHITECTS**

ESTUDIO DE ARQUITECTURA

AV. SUCRE 1000, MONTEVIDEO

TEL: +56 2 2222 2222

WWW.PICCIOTTOARCHITECTS.COM

PROYECTO: PLANTA DE AZOTEA

CLIENTE: CEMER

FECHA: 2017

ESTADO: 02 - PLAN DE DISTRIBUCION

PROYECTISTA: FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

COORDINADOR: FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

REVISOR: FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

**PROYECTO** PLANTA DE AZOTEA

**CLIENTE** CEMER

**PROYECTISTA** FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

**COORDINADOR** FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

**REVISOR** FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

**FECHA** 2017

**ESTADO** 02 - PLAN DE DISTRIBUCION

**PROYECTO** PLANTA DE AZOTEA

**CLIENTE** CEMER

**PROYECTISTA** FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

**COORDINADOR** FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

**REVISOR** FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

**FECHA** 2017

**ESTADO** 02 - PLAN DE DISTRIBUCION

**CEMER**

INDUSTRIAL

ASOCIACION MIEMBRO

PROYECTO Nº: CME/07-2

FECHA: 2017

ESTADO: 02

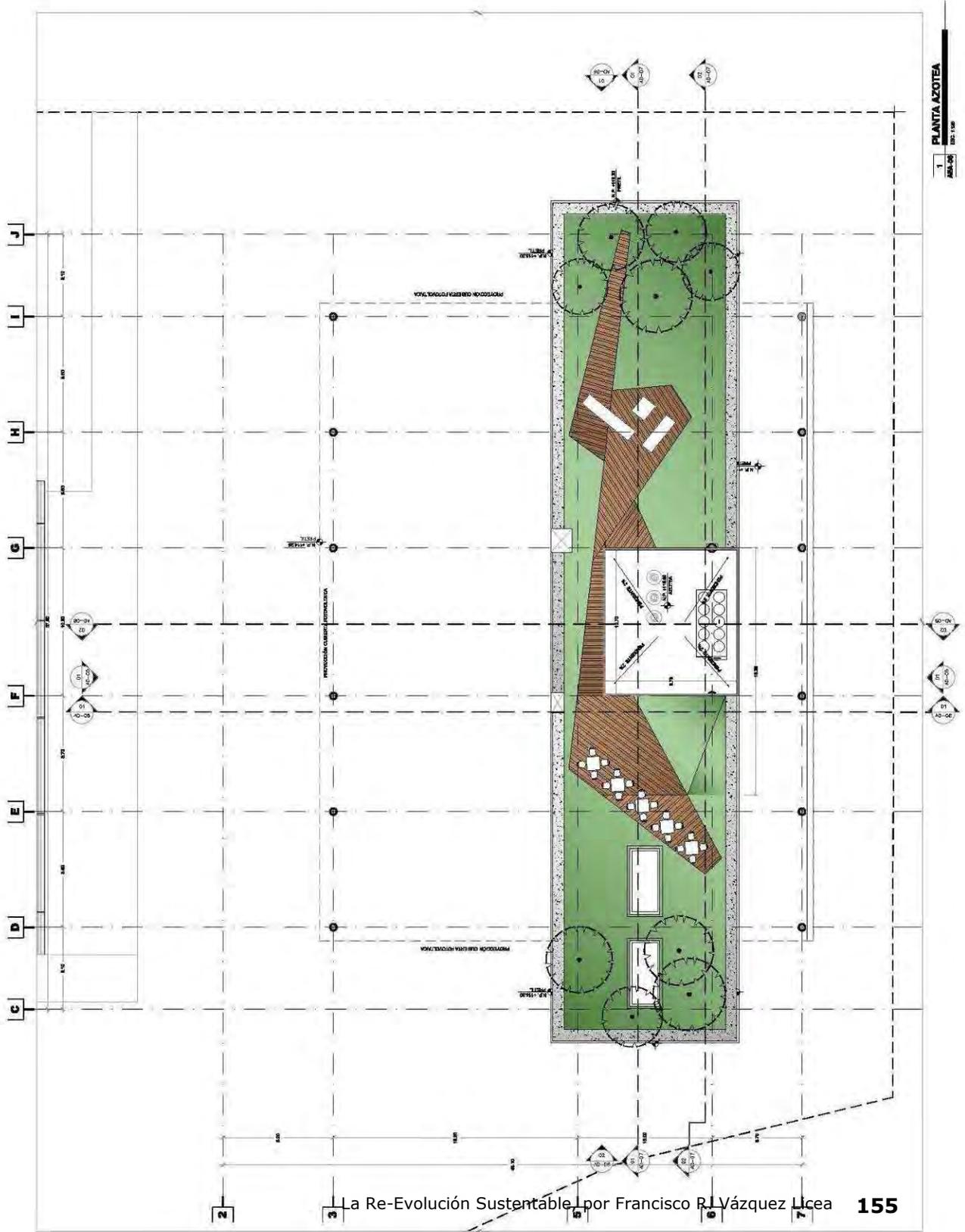
PROYECTISTA: FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

COORDINADOR: FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

REVISOR: FRANCISCO R. VÁZQUEZ LICEA

PLANO Nº: AEA-06

PROYECTO CEMER/07-2

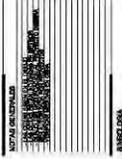




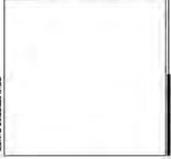
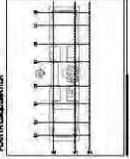
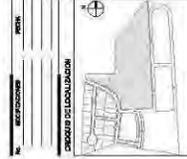








A. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 B. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 C. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 D. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 E. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 F. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 G. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 H. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 I. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 J. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 K. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 L. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 M. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 N. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 O. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 P. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 Q. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 R. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 S. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 T. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 U. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 V. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 W. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 X. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 Y. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS  
 Z. D.T.C. ... RESERVA DE DERECHOS

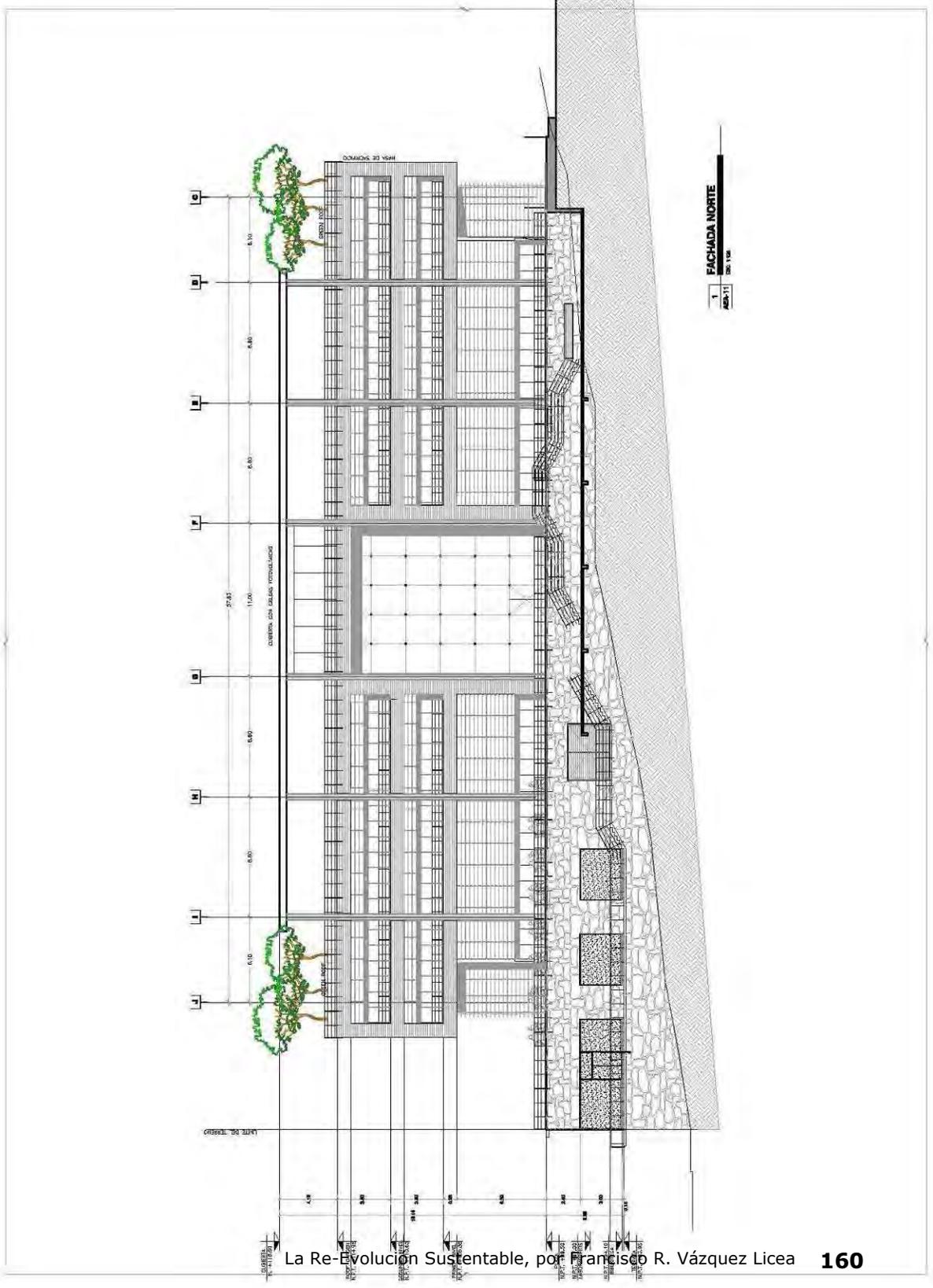


PROYECTO: PROYECTO ADMINISTRATIVO  
 DISEÑO: FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 COORDINADOR: FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 COORDINADORA: FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 COORDINADOR: FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 COORDINADORA: FACCIOTTO ARQUITECTOS

**CEMER**  
 FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 CALLE 100 # 100-100  
 BOGOTÁ, COLOMBIA  
 TEL: +57 (0)1 494 4000  
 FAX: +57 (0)1 494 4001  
 WWW.FACCIOTTO.COM

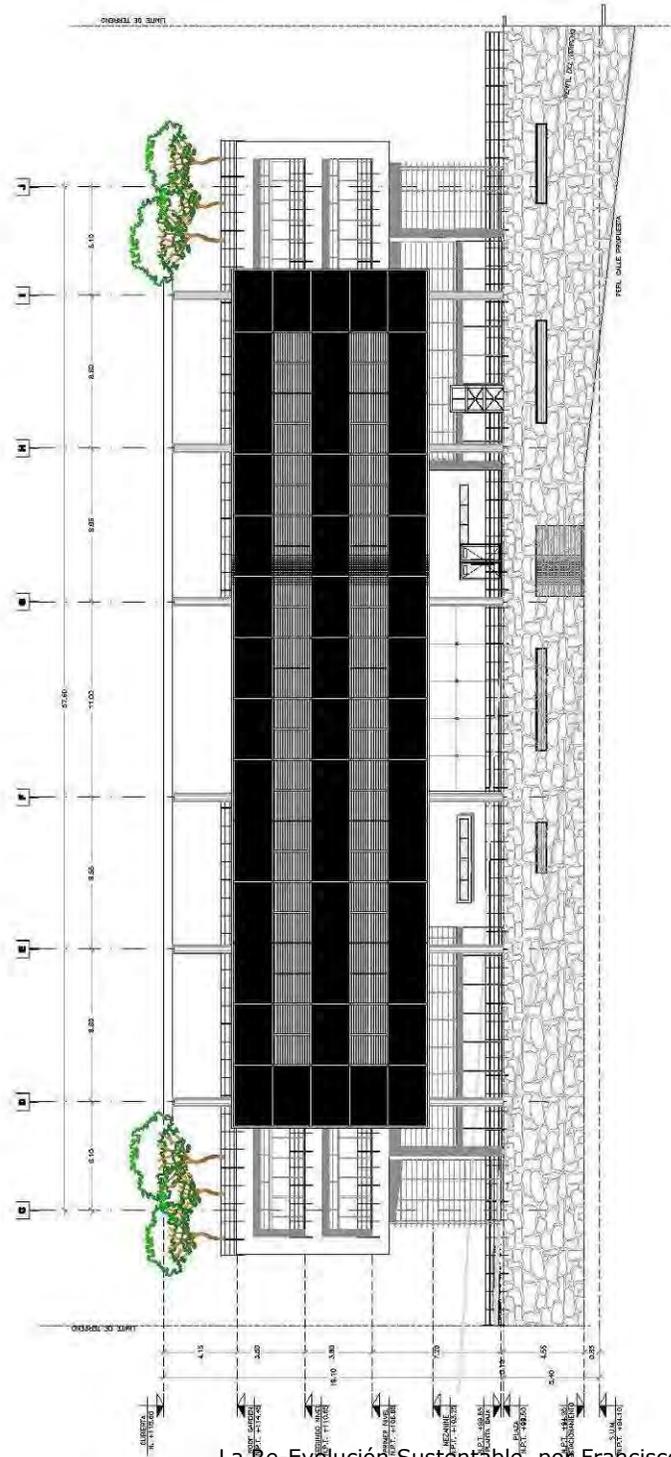
PROYECTO: PROYECTO ADMINISTRATIVO  
 DISEÑO: FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 COORDINADOR: FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 COORDINADORA: FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 COORDINADOR: FACCIOTTO ARQUITECTOS  
 COORDINADORA: FACCIOTTO ARQUITECTOS

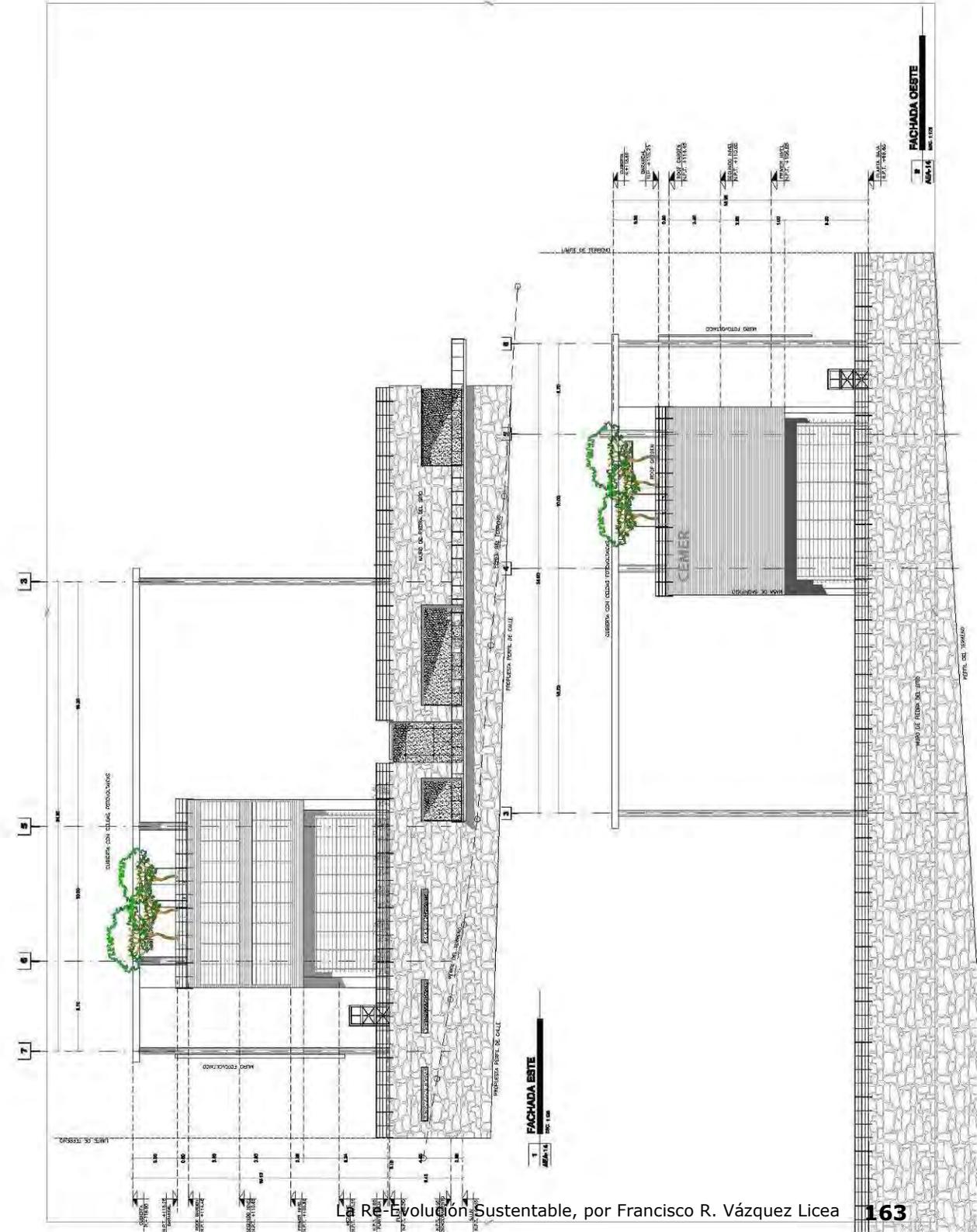
PLANO No. AEA-11  
 FACCIOTTO ARQUITECTOS



1 FACHADA NORTE  
 AEA-11 2019













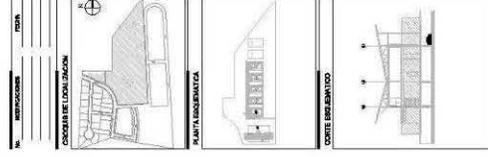
**PIQUOTTO ARCHITECTOS**

AV. LAS CORTESAS 1000  
 SAN JOSÉ, COSTA RICA

TEL: +506 2252 1111  
 FAX: +506 2252 1112  
 WWW.PIQUOTTO.COM

PROYECTO: PLANTA BAJA LABORATORIO  
 CLIENTE: CEMER  
 FECHA: 15/05/2012

INSTRUMENTOS:  
 - T.C. INSTRUMENTOS DE DIBUJO  
 - T.P.T. INSTRUMENTOS DE PROYECTO  
 - T.P.T. INSTRUMENTOS DE DISEÑO  
 - T.P.T. INSTRUMENTOS DE CONSTRUCCIÓN  
 - T.P.T. INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD  
 - T.P.T. INSTRUMENTOS DE MONITOREO  
 - T.P.T. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

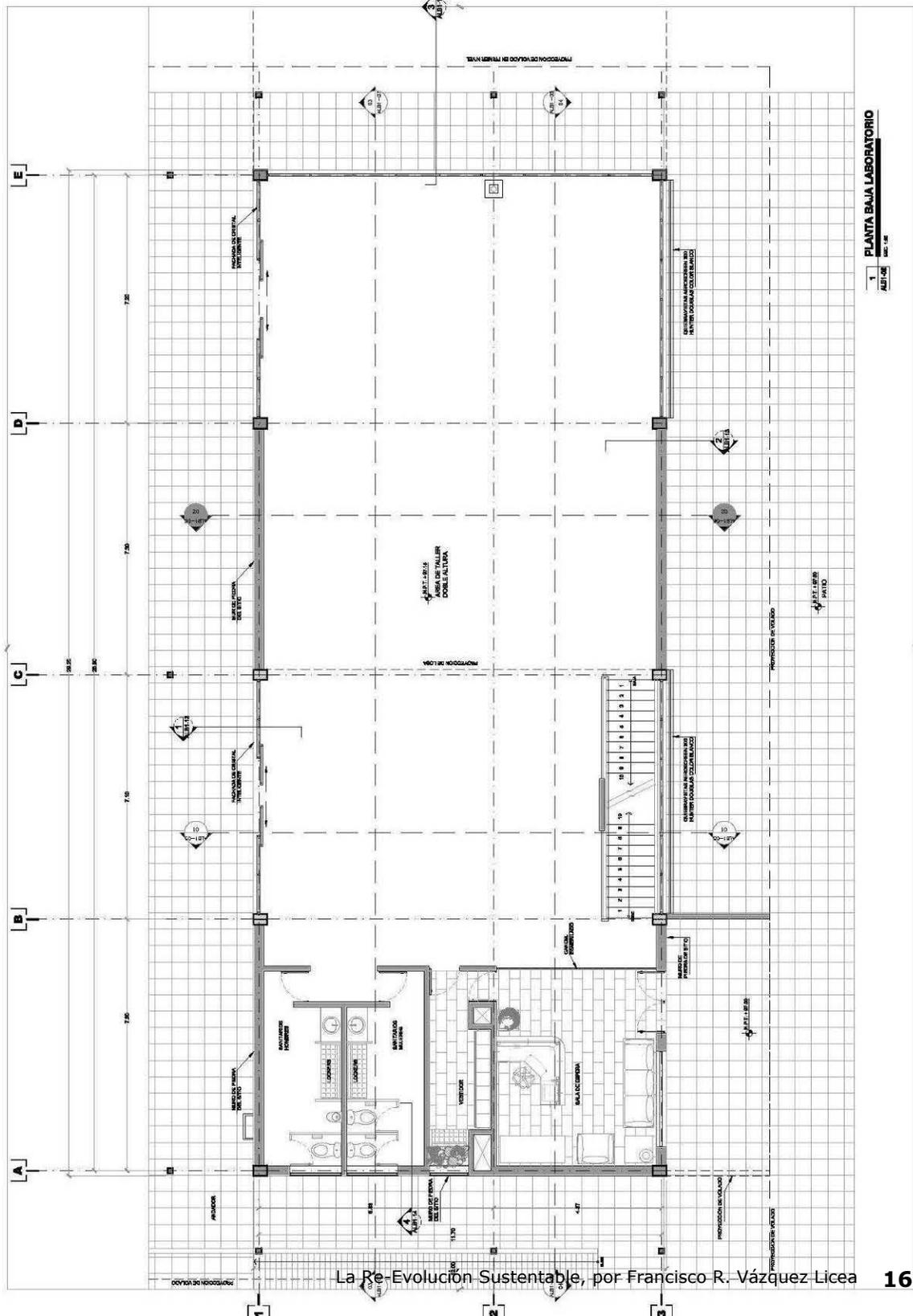


**PLANTA BAJA LABORATORIO**

**CEMER**

PROYECTO: PLANTA BAJA LABORATORIO  
 DIRECTOR RESPONSABLE: ALBERTO VÁSQUEZ LICEA  
 COORDINADOR DE PROYECTO: FRANCISCO R. VÁSQUEZ LICEA  
 COORDINADOR DE DISEÑO: FRANCISCO R. VÁSQUEZ LICEA  
 COORDINADOR DE CONSTRUCCIÓN: FRANCISCO R. VÁSQUEZ LICEA

PROYECTO: PLANTA BAJA LABORATORIO  
 CLIENTE: CEMER  
 FECHA: 15/05/2012



**PLANTA BAJA LABORATORIO**  
 1  
 AUT/06  
 ESC. 1:60



**PECCOTTO ARQUITECTOS**  
 DESARROLLO DE PROYECTOS  
 INGENIERIA CIVIL  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE VENTILACION Y CLIMATIZACION  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE ENERGIA  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE SEGURIDAD  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AMBIENTE  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONTROL DE RUIDO  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONTROL DE VIBRACIONES  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONTROL DE CONTAMINACION DEL AMBIENTE

**PROYECTO:** PLANTA AZOTEA  
**CONTRATANTE:** CEMER  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA

**PROYECTO:** PLANTA AZOTEA  
**CONTRATANTE:** CEMER  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA

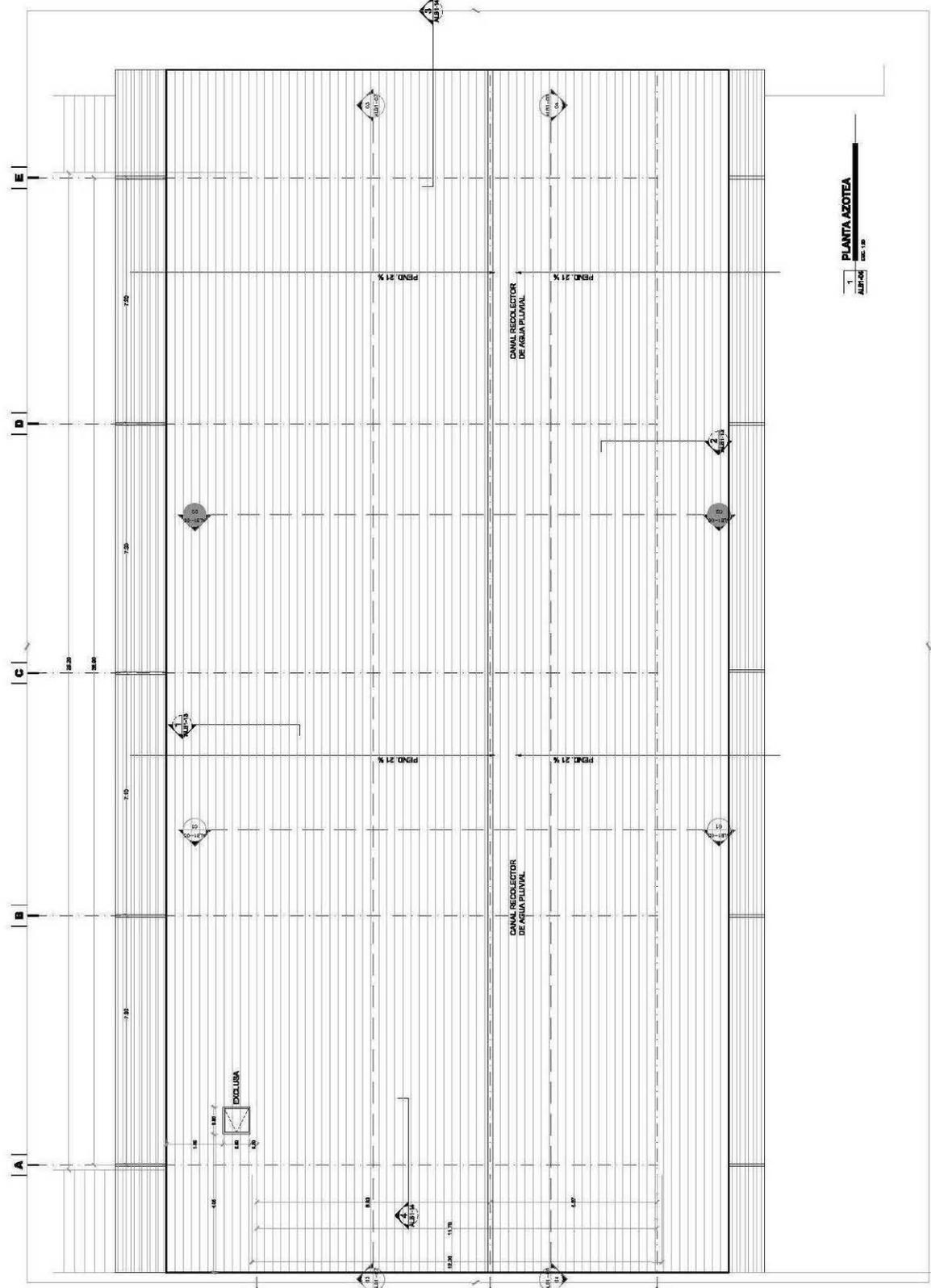
**PLANTA AZOTEA LABORATORIO**

**CEMER**

**PROYECTO:** PLANTA AZOTEA  
**CONTRATANTE:** CEMER  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA

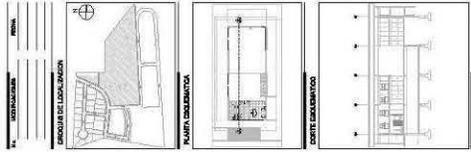
**PROYECTO:** PLANTA AZOTEA  
**CONTRATANTE:** CEMER  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA

**PROYECTO:** PLANTA AZOTEA  
**CONTRATANTE:** CEMER  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA  
**CONTRATACION:** PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA PLANTA AZOTEA





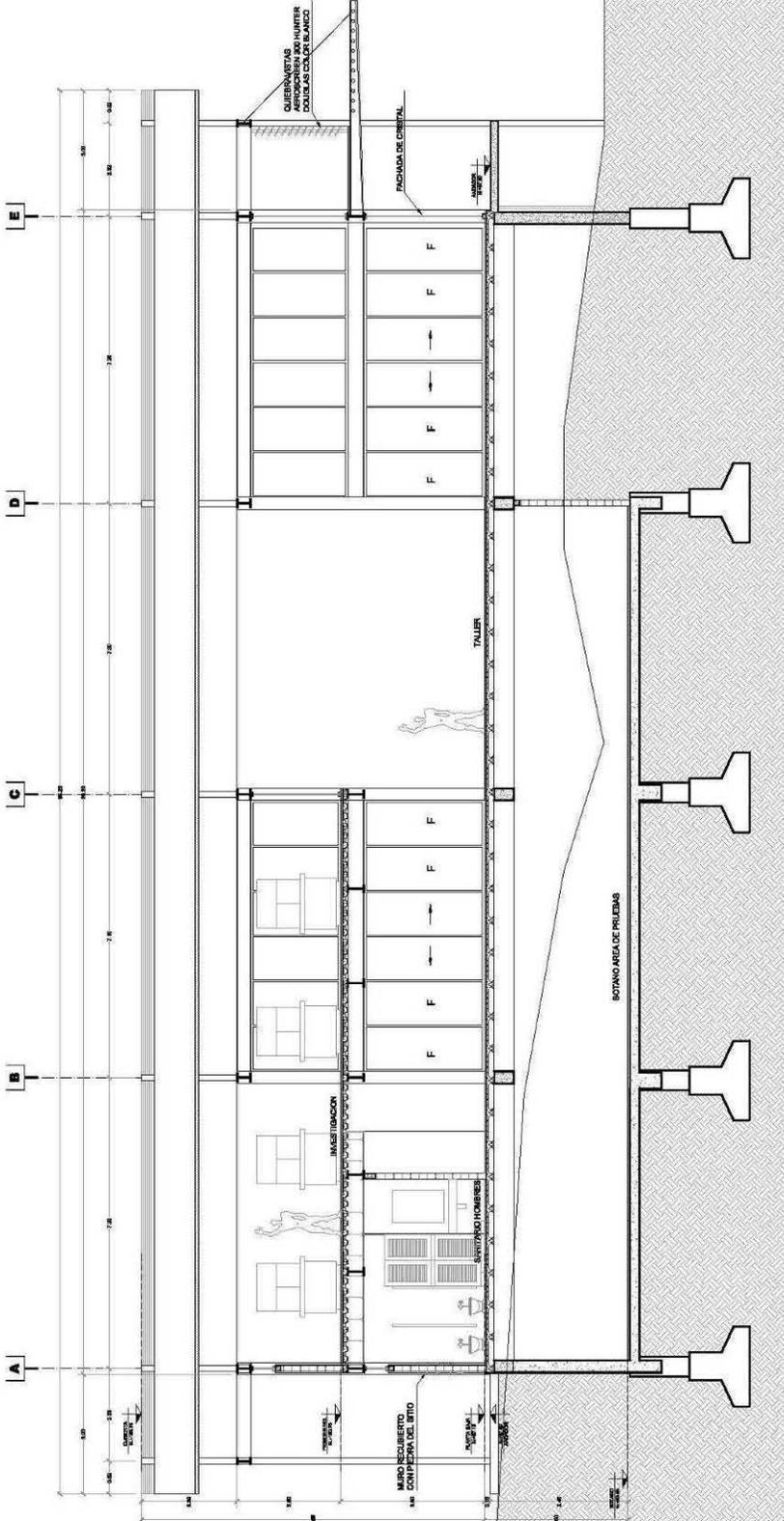




CORTE LONGITUDINAL 03

**CEMER**

PROYECTO	RECCHIOTTO ARCHITECTOS
DIRECCIÓN GENERAL	DIRECCIÓN GENERAL
COORDINADOR	COORDINADOR
PROYECTANTE	PROYECTANTE
FECHA	FECHA
PLANTA	PLANTA
ALB1-07	ALB1-07



1 CORTE LONGITUDINAL 03  
 ALB1-07  
 ESC. 1:50

**PICCIOTTO ARQUITECTOS**  
 ESTUDIO ARQUITECTÓNICO

**PROYECTO:** ALB1-08

**UBICACIÓN:**  
 A. R.T.C. - NOROCCIDENTE DE CHILE  
 B. N.P.T. - MUNICIPIO DE PUNTA ARENAS  
 C. P.T. - AV. ANTONO DE LA MORA  
 D. P.T. - P.O. BOX 1000  
 E. P.T. - P.O. BOX 1000

**PLANO DE LOCALIZACIÓN**

**PLANTA DE DISTRIBUCIÓN**

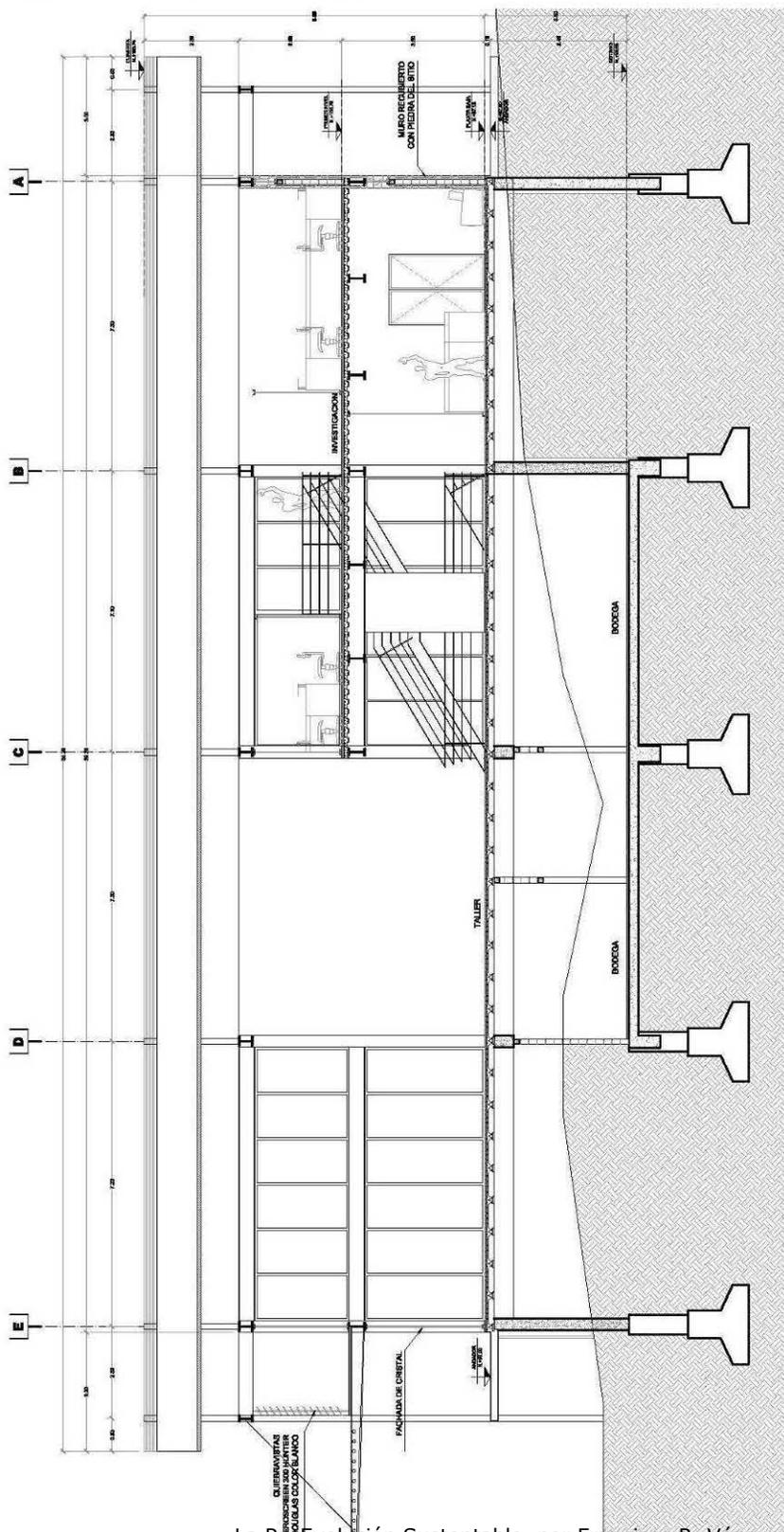
**DETALLE DE LA CUBIERTA**

**CORTE LONGITUDINAL 04**

**CEMER**

**PROYECTO:** ALB1-08  
**UBICACIÓN:** NOROCCIDENTE DE CHILE  
**DIRECCIÓN GENERAL:** PUNTA ARENAS  
**CONDOMINIO:** ALB1-08  
**PROYECTO:** ALB1-08  
**FECHA:** MARZO 2018

**PROYECTISTA:** PICCIOTTO ARQUITECTOS



**1 CORTE LONGITUDINAL 04**  
 ALB1-08  
 ESC. 1/8













## 08. SIMULACIONES POR COMPUTADORA.

A continuación se presentan una serie de imágenes conceptuales del proyecto, elaboradas por computadora por Francisco Vázquez, para Picciotto arquitectos.



01.- Vista del acceso principal



02- Vista del vestíbulo exterior, al fondo la torre administrativa.



03.- Vista aérea de la explanada.



04.- Vista de la escalera en plaza



05.- Vista de la cubierta fotovoltaica sobre la plaza.



06.- Vista del edificio administrativo



07.- Vestibulo del edificio Administrativo.



08.- Vestibulo de elevadores.



09.- Edificio administrativo desde el noreste.



10.- Edificio Administrativo desde el noroeste.



11.- Plaza del conjunto.



12.- Fachada sur.



13.- Vista de los jardines entre laboratorios.



14.- Vista de Laboratorio tipo.



15.- Vista del conjunto, desde el extremo suroeste del terreno

Estas imágenes son una representación de la imagen que se tendrá con los edificios construidos como resultado de todos los análisis y estudios efectuados expresados en el proyecto arquitectónico.

## 09. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS

Una vez habiendo efectuado el proyecto; es necesario confrontar y asegurarse de que el trabajo efectuado cumple con los objetivos planteados en la hipótesis, la cual recordemos nos dice:

“El diseño de arquitectura eficiente basada en:

- 1. Optimizar los recursos materiales**
- 2. Optimizar el consumo energético y hacer uso de energías renovables.**
- 3. Minimizar los residuos y las emisiones del edificio.**
- 4. Minimizar el mantenimiento del edificio.**
- 5. Maximizar el confort de los usuarios.**

Traerá como resultado la generación de espacios de alta eficiencia y por ende sustentables.”

A continuación comprobaremos si el planteamiento es correcto, mediante una serie de estudios y análisis efectuados por diversas autoridades en la materia del diseño sustentable y/o bioclimático, lo que nos permitirá mantener un punto de vista objetivo sobre los resultados obtenidos con el proyecto.

## 10. ANALISIS BIOCLIMATICO DEL EDIFICO.

Muchas veces escuchamos sobre la eterna discusión sobre si la arquitectura es un arte o una técnica, no me interesa entrar en polémica sobre tales temas, pero considero necesario hacer mención al hecho de que la arquitectura bioclimática se beneficia directamente de la ciencia; al tener una interacción con diferentes disciplinas que nos permiten lograr análisis con los cuales podemos perfeccionar nuestros diseños. En el caso del CEMER, mediante una serie de procedimientos que permiten comprobar muchas de las teorías y soluciones que se fueron desarrollando durante todo el proceso de diseño. Para este análisis bioclimático del proyecto CEMER se recurrió al trabajo de pruebas y simulaciones bioclimáticas por computadora con las que se pudiera determinar si el edificio estaba cumpliendo de forma satisfactoria con los objetivos planteados en un principio, a partir todos los datos recogidos en campo en un lapso de poco más de un año.

Estos análisis se llevaron a cabo en colaboración con el Dr. David Morillón y el Ing. Eric Hernández, quienes valiéndose de una serie de programas de diseño bioclimático, pudieron efectuar una serie de reportes sobre el comportamiento del modelo arquitectónico ante las condiciones climatológicas del sitio.

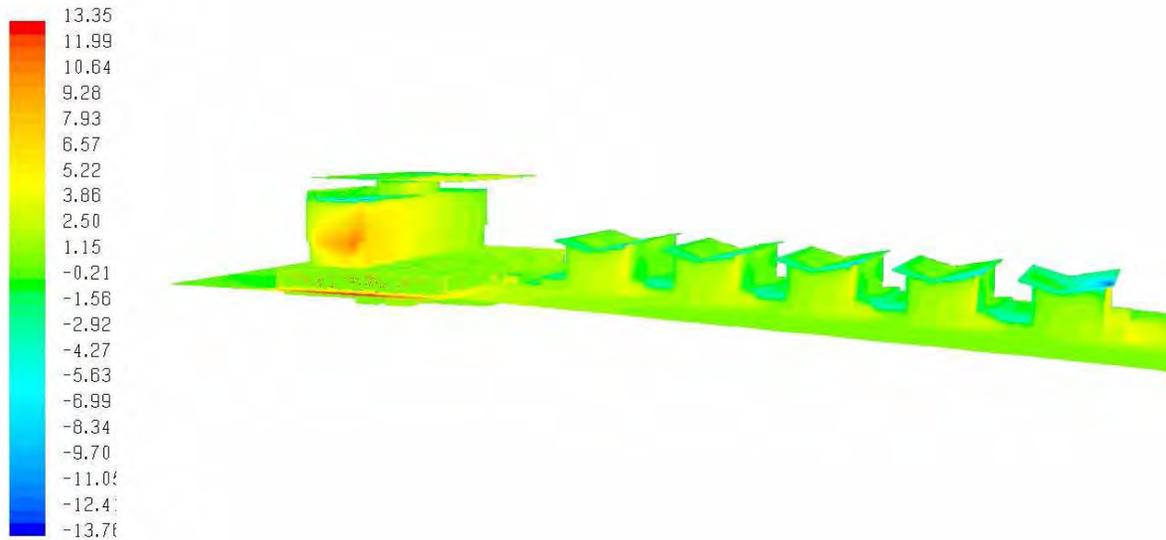
Como resultado de estos reportes, se modificó y ajustó el proyecto arquitectónico en elementos como ciertos materiales empleados, diseños de cancelería, etc. dichos ajustes de proyecto fueron necesarios a fin de incrementar la eficiencia y conseguir mejores resultados en la operación del CEMER una vez puesto en marcha.

A continuación se muestra un resumen sobre dichas simulaciones y los resultados arrojados por estas.

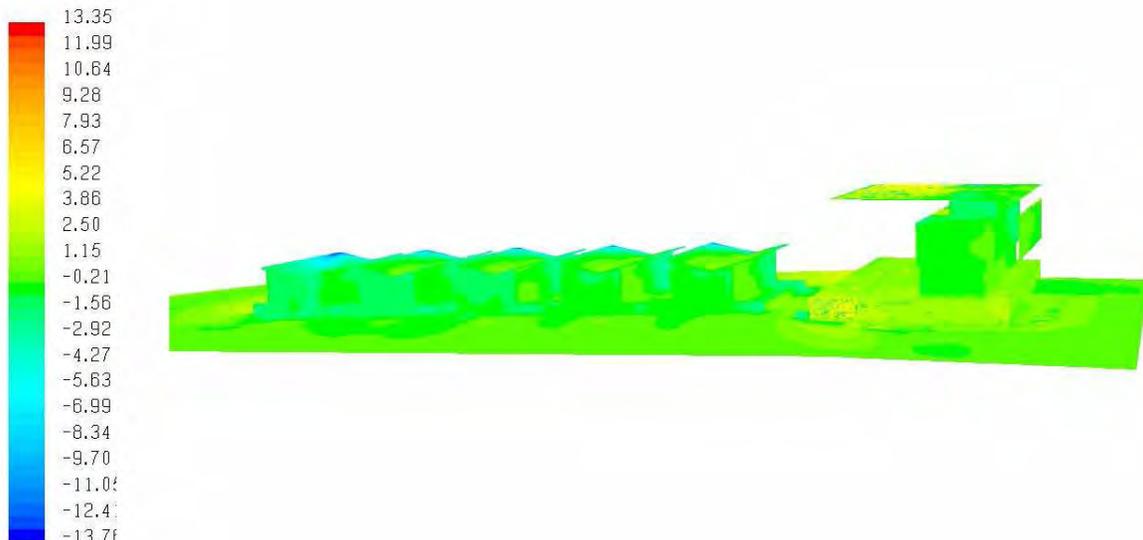
## Túnel de viento:



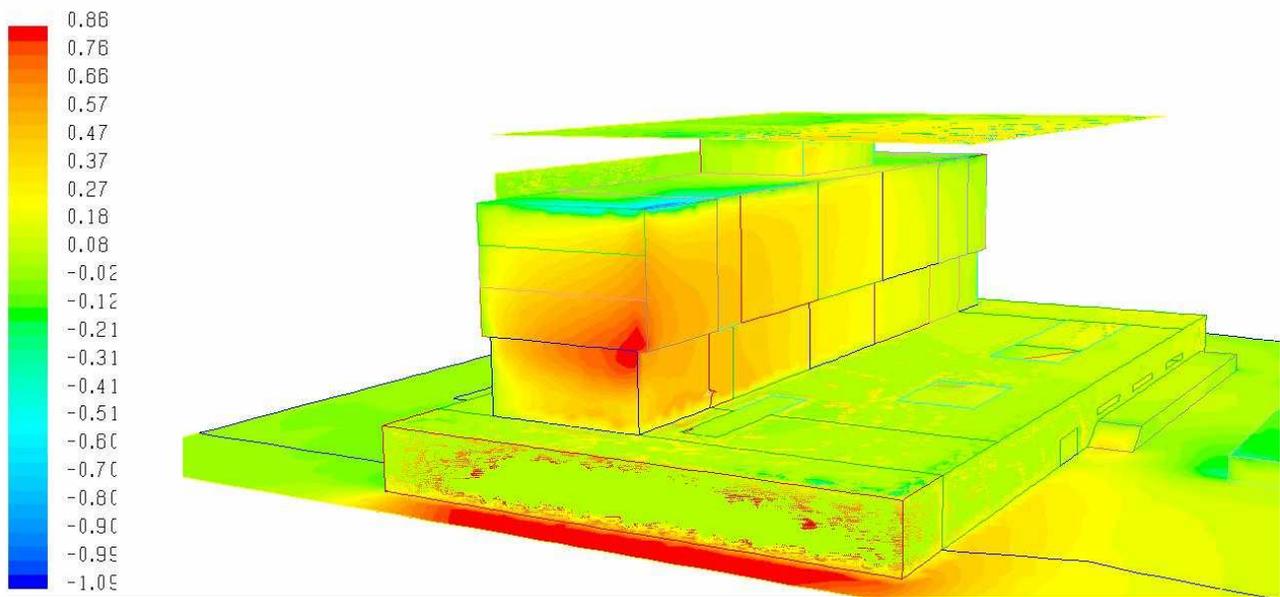
Estudios de túnel de viento elaborados por el Ing. Eric Hernández, para determinar los bulbos de presión de viento sobre el edificio y ubicar la ventilación natural (ventilación cruzada) a fin de abatir los gastos de aire acondicionado.



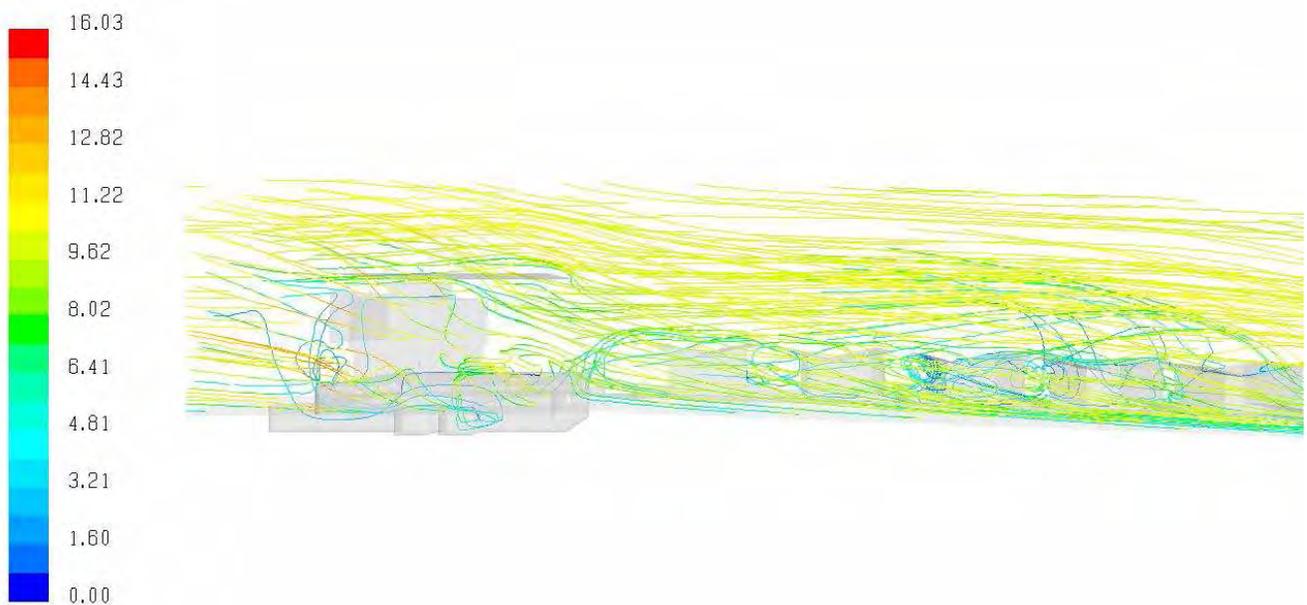
Contornos de presión estática (manométrica) sobre los edificios del CEMER. Vista este .Se aprecia una alta presión en la esquina inferior de la torre administrativa



Contornos de presión estática (manométrica) sobre los edificios del CEMER. Vista oeste.



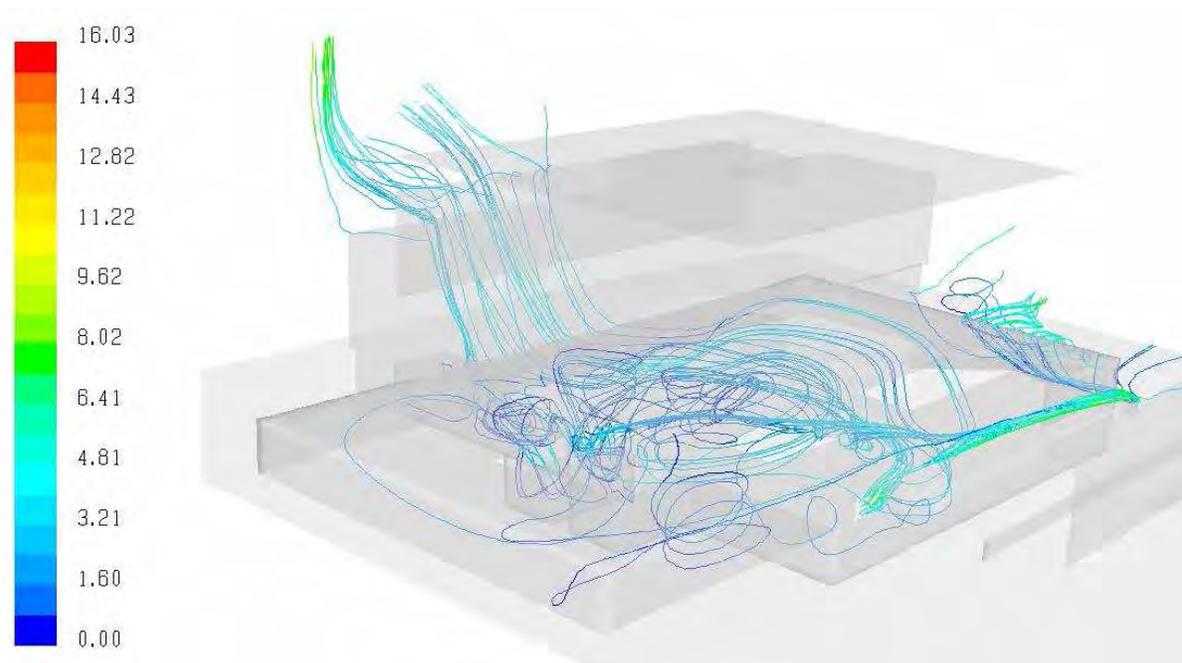
Coeficientes de presión sobre el vestíbulo del CEMER. Se aprecia a detalle la presión positiva del edificio.



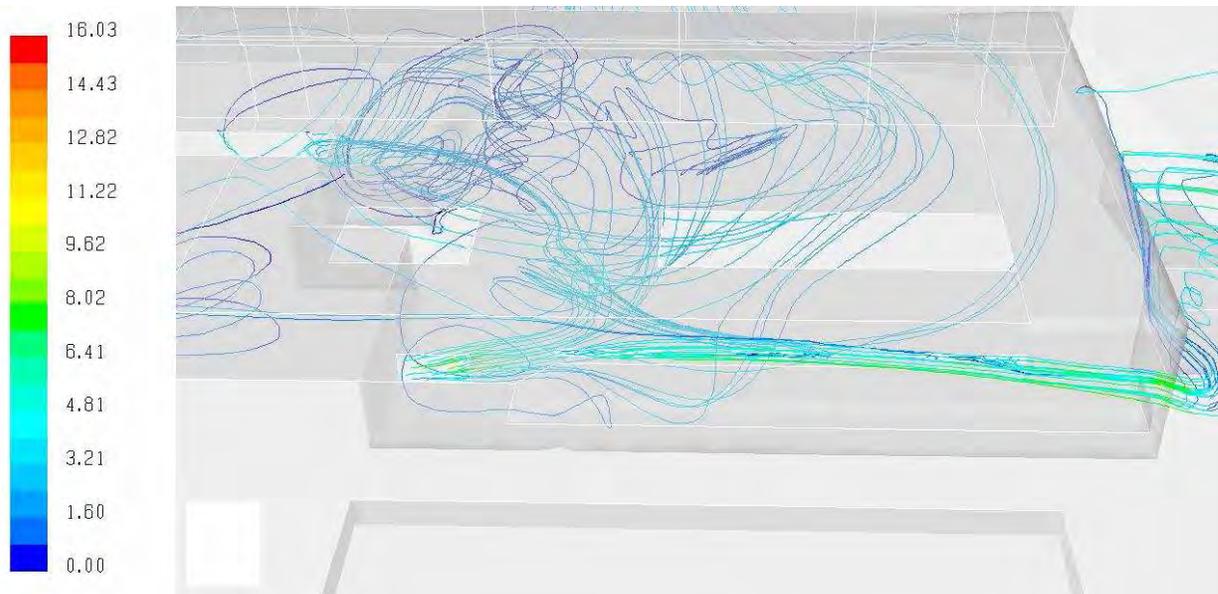
Path lines alrededor de los edificios del CEMER. La ubicación de los laboratorios y su forma facilitan la extracción del calor mediante chimeneas térmicas.



Path lines alrededor de los edificios del CEMER (vestíbulo). A causa de la orientación del edificio con respecto a la dirección de los vientos se lograra una ventilación



Path lines alrededor de los edificios del CEMER. Las aperturas en el sótano de estacionamientos, trabajan de manera eficiente eliminando la necesidad de extracción mecánica.



Comportamiento de los louvers del lado norte en el estacionamiento. Nuevamente se aprecia la eficiencia en la extracción pasiva de sótanos.

### Conclusiones:

En base a los comentarios de los expertos se determinó que:

*"El valor más alto de la presión estática se presenta en el vestíbulo debido a su altura mayor. Las líneas guía indican que entre los laboratorios habrá corrientes de aire de hasta 50% de la magnitud de la corriente libre. Dentro del espacio que hay entre el vestíbulo no se observan zonas de estancamiento solo cambios en la dirección del viento de larga longitud."*

*En el estacionamiento muestra buen movimiento de aire, desde el piso hasta el techo del mismo. El flujo másico que entra por los grandes huecos ubicados en el piso de la plaza provoca que en tres de las cuatro entradas ubicadas en la cara norte funcionen como salida de flujo. Una abertura en esa misma pared pero mas hacia el este podría ser de mas utilidad para evitar estancamientos en la el interior del estacionamiento del lado norte."*



En los edificios no residenciales, en particular en este caso donde la ocupación principal es diurna, la iluminación eléctrica puede representar uno de los mayores gastos en consumo energético. La iluminación natural de los espacios interiores, en las horas donde la luz natural exterior está presente en grandes cantidades, puede ser considerada como una estrategia para bajar los costos de energía. A este potencial ahorro de energía eléctrica, las estrategias de los sistemas de iluminación tienen cuatro objetivos:

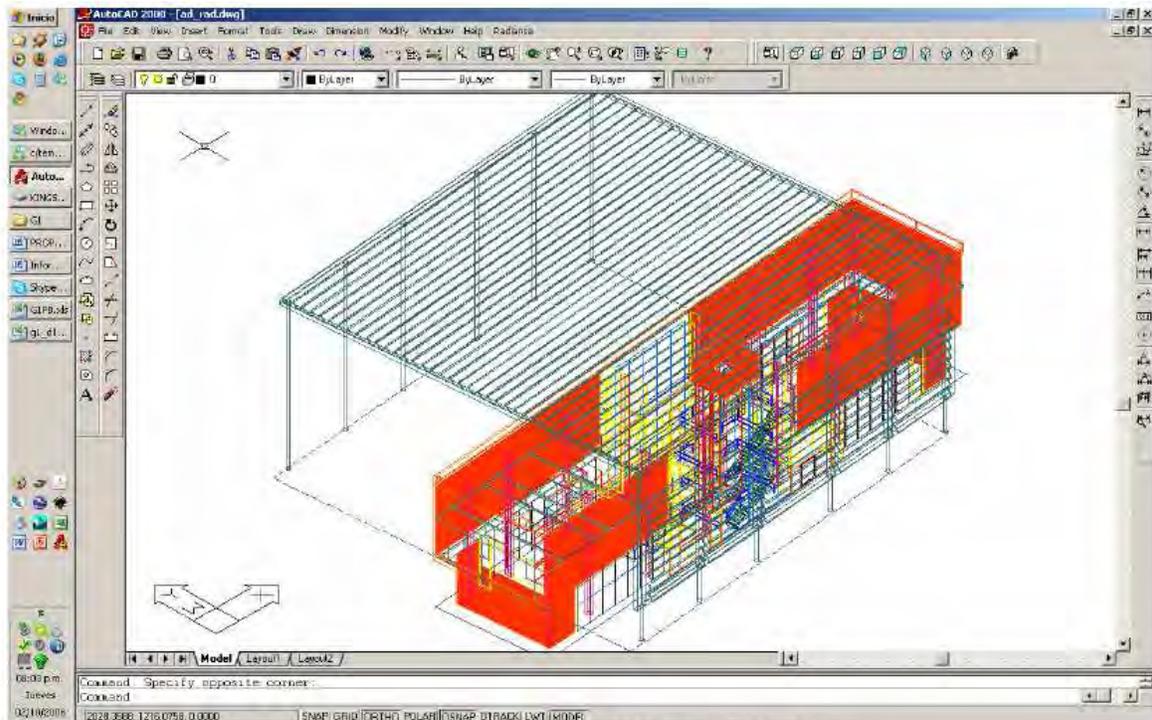
- 1-Incrementar y promover el ingreso de luz diurna hacia los espacios
- 2-Mejorar la uniformidad de la luz diurna dentro de un espacio, y de ahí la calidad lumínica de su aspecto.
- 3-Controlar la luz solar directa de modo que pueda ser usada como una iluminación eficaz para el trabajador.
- 4-Reducir los deslumbramientos y la incomodidad para los ocupantes.

A fin de conocer el comportamiento lumínico del presente conjunto, es necesario evaluar las respuestas "ópticas" de los espacios a la luz natural para verificar la obtención de los objetivos mencionados. Para ello, se utilizó una herramienta de cálculo bajo la aplicación de un simulador de radiación lumínica que permite realizar:

- Análisis de niveles lumínicos: El rango de los mismos debe responder a la iluminación predominante en la localidad.
- Estudio de contrastes, en los locales definidos como críticos, considerando los lugares donde se realizan tareas visuales y el plano principal de las mismas (horizontal, vertical o inclinado).
- Evaluación de la uniformidad de rangos lumínicos. Pre visualización del aspecto lumínico de los locales.

El procedimiento para elaborar este análisis fue mediante la confección de una maqueta en 3d se realizan simulaciones bajo condiciones de cielo claro, ingresando los datos de geográficos de la Ciudad de Salamanca, Guanajuato (latitud 20° 34´ y longitud 101° 11´) con Uso horario -6, para las situaciones más representativas del

año es decir solsticios de invierno y de verano, tomando como referencia las 10hs para el período de Mañana, 13 hrs. Mediodía y 16 hrs. en lo que respecta a la tarde.



**Imagen: Modelo en 3D del edificio.**

**Autor: David Morillón.**

Para una mejor lectura de las condiciones lumínicas, en primer lugar se muestra el análisis para el conjunto y luego se analizan diferentes espacios de trabajo representativos de cada edificio, tomándolos como situaciones críticas y analizando niveles de iluminancias y de luminancias con el objeto de evaluar el confort visual de los ambientes visuales.

Normativas: Los niveles de iluminación simulados sobre el espacio destinado a oficinas se constatarán con los indicados por las recomendaciones internacionales. Las mismas, dependiendo de la tarea, presentan un nivel promedio entre 300 lux y 500lx para realizar la actividad en condiciones de confort.

A continuación, en la tabla, se describen los niveles de iluminación recomendados por la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo y la norma de la "Sociedad de Ingenieros Eléctricos de los EE.UU.

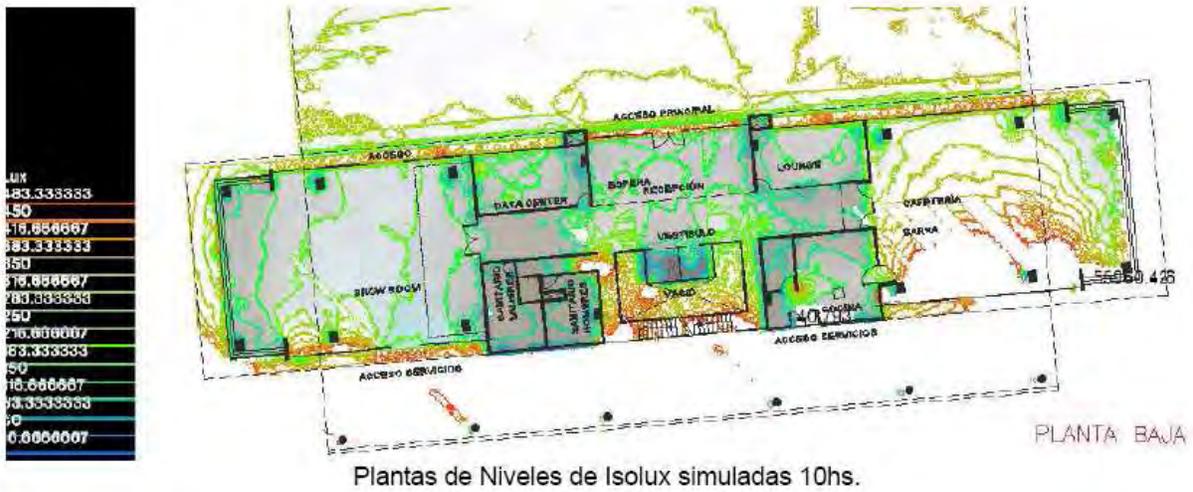
(IES)”, para los diferentes oficios de tipo industrial, comercial y recreativo, con el fin de asegurar una visión confortable y segura. Estos valores que son los más usados en el mundo, han sido elaborados basados en las características de los trabajos especificados (fineza de detalles, grado de exactitud, reflexión de las superficies, rapidez de movimientos, ritmo de trabajo, color de las superficies) y con las exigencias visuales de una persona adulta con visión normal:

Tipo de Actividad	Rangos de Iluminación		Referencia Plano de trabajo
	Iluminancia Lux	Luminancia (cd/m <sup>2</sup> )	
Espacios de circulación de uso ocasional	20-50	2-5	Iluminación General en espacios abiertos.
Espacios de trabajo donde la tarea visual es exigente ocasionalmente.	100-300	10-20	
Ejecución de la tarea visual con contrastes medios de tamaño pequeño.	300-500	50-100	Iluminación sobre puestos de trabajo
Ejecución de la tarea visual de bajo contraste o tamaño pequeño.	1000-2000	100-200	
Ejecución de tareas visual de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados.	2000-5000	200-500	Iluminación sobre el puesto de trabajo, obtenida por combinación general y localizada (iluminación suplementaria).
Ejecución de tareas muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	10000-20000	1000-2000	

El edificio presenta un esquema óptimo en relación a su morfología y el aprovechamiento solar.

(forma-orientación). Se realizaron simulaciones tomando todos los niveles y componentes del conjunto para poder contemplar niveles generales de iluminancias (cantidad de luz). A continuación se presentan gráficos para la planta baja, con una escala de 500lx como niveles máximo, para poder tener noción del comportamiento del espacio dentro de los valores necesarios de iluminación (300-500lx)

Los dispositivos de iluminación propuestos, son adecuados para el aprovechamiento de la luz natural (louvers, vidrios inteligentes, etc.) Además, cabe aclarar el rol fundamental que tiene el gran pórtico de paneles fotovoltaicos ubicados en el ingreso del edificio. El mismo se comporta como una cortina y gran parasol que obstruye la incidencia de la componente directa y difusa en los espacios.



Plantas de Niveles de Isolux simuladas 10hs.

Imagen: Análisis de iluminación natural Planta Baja.

Autor: David Morillón.

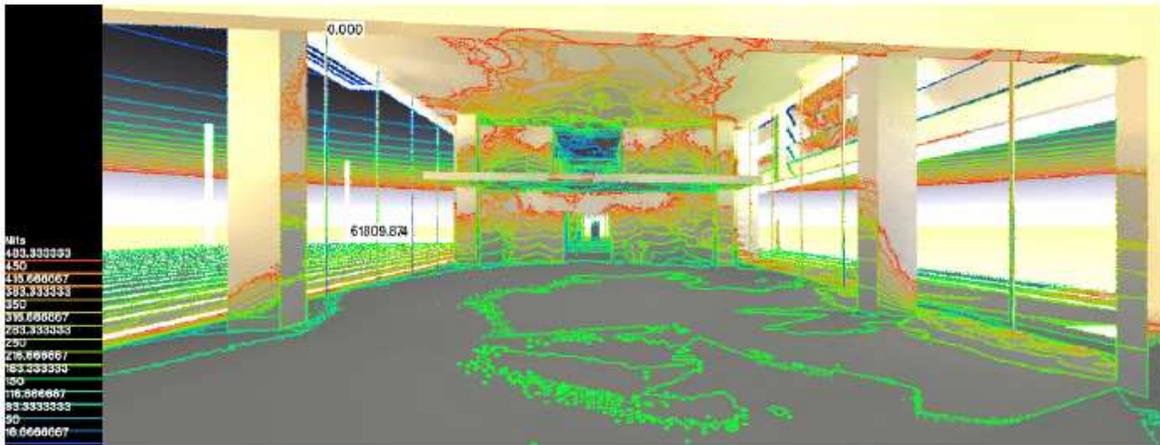
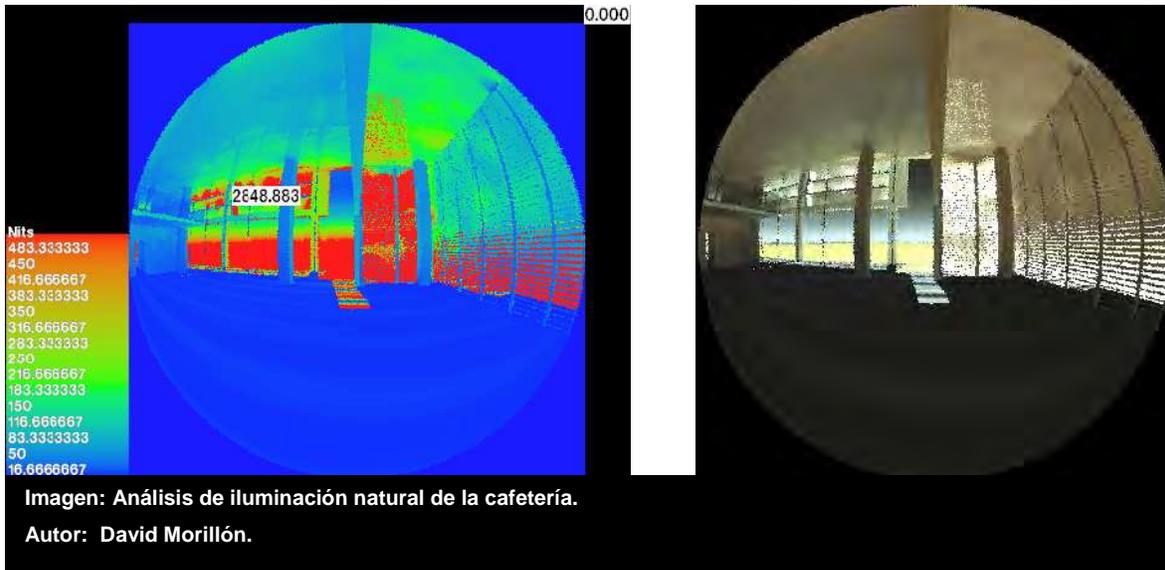


Imagen: Análisis de iluminación natural salón de usos múltiples.

Autor: David Morillón.

Vistas de Isolux simuladas Junio 10hs. Superficies de trabajo: 200lx Cerca de las ventanas: 300lx. Para el verano, las curvas en la mañana presentan distribuciones uniformes y sin contrastes.



Diciembre 12hs: A partir del mediodía y como se comentaba se muestra el ingreso de luz directa, por las ventanas con exposición al sur sin protección. Las luminancias no arrojan contrastes significativos para el tipo de tarea que se realizará en este espacio.



Diciembre 10 hrs: Plano de trabajo: 150lx. Las condiciones lumínicas del espacio son homogéneas, no se producen efectos de deslumbramiento por no recibir luz de la componente directa.

## **Conclusiones**

Para la planta baja, los niveles se muestran adecuados como así también la ubicación y disposición de sistemas de control.

En los niveles superiores, las evaluaciones lumínicas obtenidas demuestran que en general los niveles de luz son bajos para iluminar de manera natural y eficiente los espacios.

Los dispositivos de iluminación natural implementados, son herramientas adecuadas para control y aprovechamiento de la luz (parasoles, estantes de luz y louvers). El gran parasol superior disminuye considerablemente el aporte de la luz difusa.

### **Evaluación térmico-energética.**

Las evaluaciones se desarrollaron mediante los siguientes análisis:

- Comportamiento térmico-energético diario de los edificios: balance de energía en estado estacionario considerando las características morfológicas del edificio, condiciones de ocupación, materialidad de la envolvente y las condiciones climáticas exteriores.
- Evaluación térmica horaria y asimetrías térmicas: simulación en diferencia finita del comportamiento diario del edificio considerando comportamiento transitorio del edificio a lo largo de una semana para las estaciones extremas: invierno y verano, a partir de los considerandos enunciados anteriormente.
- Evaluación de la energía auxiliar necesaria para alcanzar las condiciones de confort térmico en ambas estaciones.

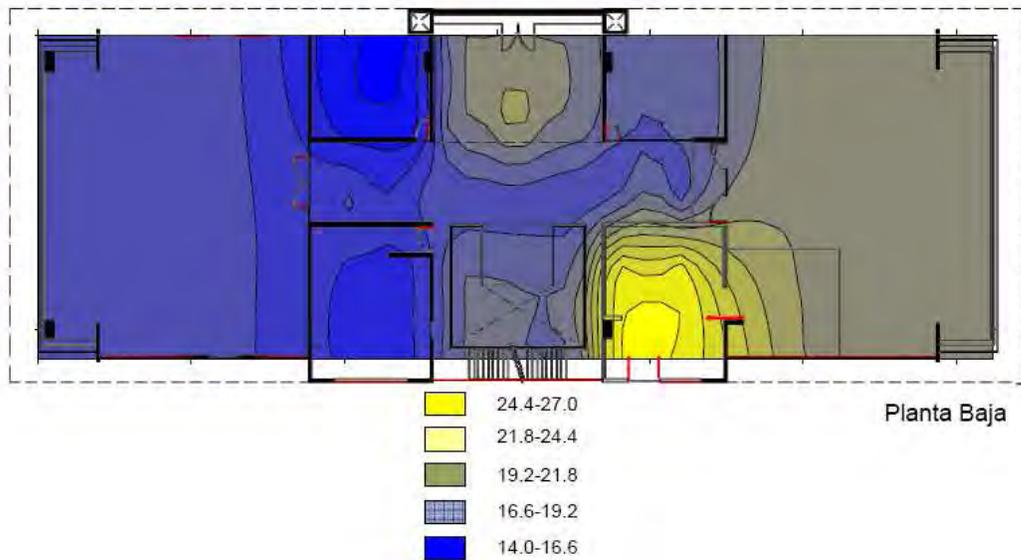
Para llevar a cabo la pre-evaluación del comportamiento termo-energético del edificio se ha usado como herramienta: "el método de prediseño". Este método es un balance térmico en estado estacionario que toma en cuenta la trayectoria solar que corresponde al lugar de emplazamiento del edificio, y las características térmicas y constructivas de las envolventes que forman parte del mismo (paredes, ventanas, techos, fundaciones, etc.)

Mediante el método de prediseño se ha calculado la temperatura media interior de los edificios, para un día promedio típico en la ciudad de Salamanca, Guanajuato, para los casos de invierno y verano; la variación a lo largo del día de la temperatura media interior. Todo esto de bajo supuestos de ocupación de personas y equipamiento por cada edificio. En el edificio de la administración los supuestos son de ocupación continua de 9 horas con 162 personas y 92 computadoras y la ocupación transitoria de 90 personas en la confitería a la hora del almuerzo, de acuerdo a cálculos según el mobiliario del proyecto. Para los laboratorios, ocupación continua de 31 personas y 31 computadoras.

A partir de los resultados obtenidos se han estimado los consumos de energía vinculados a los aportes extra de calefacción y refrigeración necesarios para alcanzar la temperatura de confort, estimada en 18° C. para el invierno y 23°C para el verano.

- Procedimiento de Simulación:

Para esta evaluación se efectúa el procedimiento de simulación denominado ex ante. Este procedimiento parte de una propuesta de modificación de la realidad, y la misma se simula para obtener información acerca del posible comportamiento futuro del sistema. Para realizar la simulación se eligió un programa de simulación SIMEDIF para Windows. El SIMEDIF para Windows fue desarrollado por la Universidad Nacional de Salta, Argentina y permite realizar la simulación térmica de edificios con acondicionamiento natural, a través de sistemas solares pasivos obteniendo la temperatura horaria de cada uno de los locales del edificio en base a diferencias finitas. Es una herramienta de evaluación y de diseño de alternativas de geometría edilicia, de orientación, de sistemas solares pasivos o de las propiedades térmicas de los materiales, tomando en consideración variables de ubicación geográfica del sitio: latitud, longitud y altitud, y variables climáticas locales de temperatura y de radiación solar horaria.



**Imagen: Temperaturas interiores de la planta baja durante el invierno a las 12 :00 am**  
**Autor: David Morillón.**

Caso Invierno Edificio ocupado con 252 personas y 92 computadoras.

Supuesto 252 personas (139 hombres y 113 mujeres). El tiempo de ocupación de dividió en dos escenarios, uno 9 horas de ocupación y funcionamiento continuas para las áreas de oficinas y dos horas de ocupación en total en la confitería para la hora de almuerzo.

Comportamiento térmico promedio laboratorios	Aportes internos		Aportes Auxiliares
	Personas	Computadoras	
Temperatura media Interior			
20.5°C	1264 MJ	252MJ	x
18°C	1264 MJ	252MJ	33.77 KWh.día

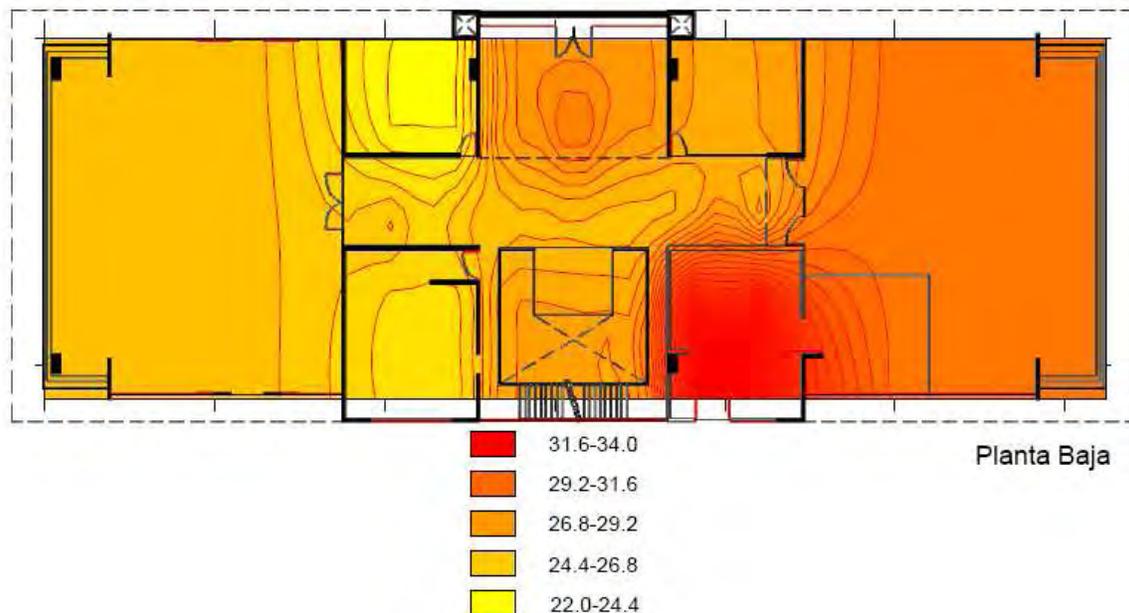


Imagen: Temperaturas interiores de la planta baja durante el verano a las 12 :00 am

Autor: David Morillón.

## CONCLUSIONES

Los espacios de doble altura de planta baja (LA6-LA7), presentan una oscilación diurna entre 5-6°C. Los espacios vinculantes entre pisos (vacío sobre hall de acceso y túnel de viento) presentan tanto en invierno como en verano elementos que transportan calor en dirección ascendente, el cuál incide directamente en los espacios cercanos, dejando sin influencia directa a los espacios laterales donde se desarrollan las tareas. En la estación de invierno, las temperaturas horarias diurnas se posicionan dentro de los límites de confort establecidos (18°C y 25°C) en los locales de actividad laboral.

Para el caso de los laboratorios en las condiciones de invierno, el edificio se mantiene entre los parámetros mínimos y máximos de confort (18°C-24°C), en el período diurno o jornada laboral estimada de 9 horas corridas. La temperatura disminuye por debajo de 18°C en las horas de la noche.

La situación general en invierno representa una situación de confort general, en los locales de actividad laboral. Esta situación de confort se refleja de la misma forma en los cálculos de energía auxiliar.

## VERANO

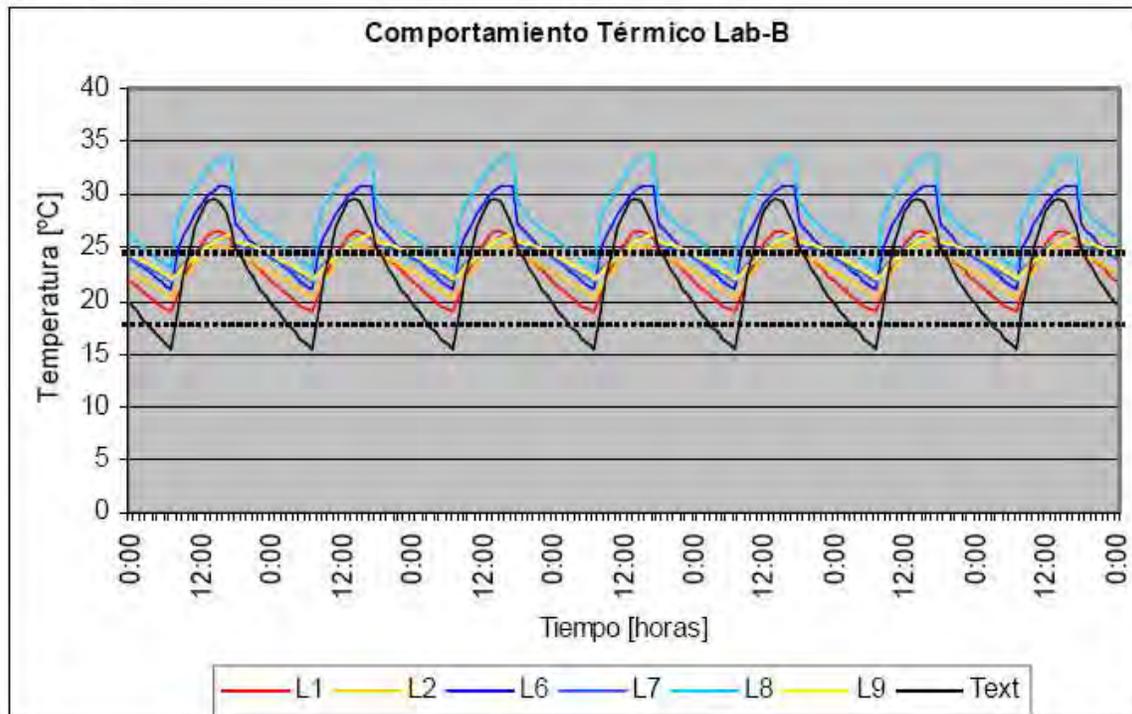


Imagen: Grafica del comportamiento térmico en los laboratorios.

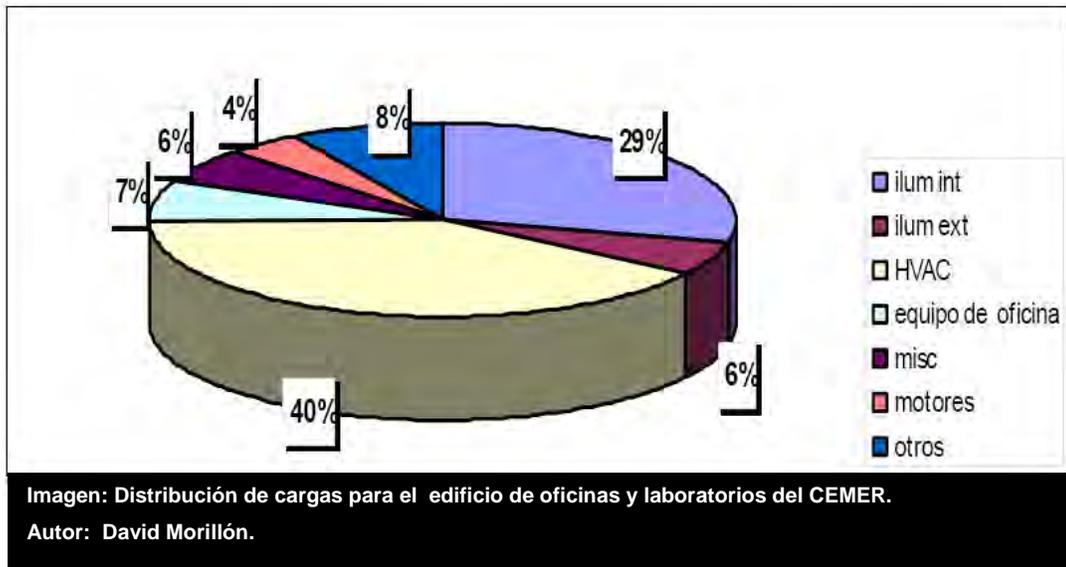
Autor: David Morillón.

## Análisis y definición de indicadores energéticos

Los indicadores energéticos (benchmarking) son una importante herramienta para promover el uso eficiente de la energía, así como para llevar a cabo seguimiento de las medidas adoptadas o identificar estacionalidades o patrones en el uso de la energía. Los indicadores energéticos también son usados para normar como los que se establecen en la normatividad mencionada, (NOM007 y NOM013 en el caso de iluminación).

La Comisión de Energía de California en Estados Unidos realiza un censo de edificaciones en el sector comercial de manera estratificada y al azar, denominado

“California Commercial End-Use Survey” (CEUS) estudio sobre el uso final de la energía, en donde, a través del análisis de la información se identifica la distribución de las cargas por cada uso final de energía, para el caso de edificaciones con uso de oficinas la energía se distribuye de acuerdo a la Gráfica siguiente:



Tomando en consideración las fuentes mencionadas, para estimar el indicador energético por consumo total de las edificaciones del CEMER la distribución de las cargas se muestra en la siguiente:



Con la información proporcionada, de los usos finales del sistema de iluminación, se estiman los indicadores energéticos por estos usos; para el caso de los otros usos finales, estos serán evaluados de acuerdo a la distribución de cargas propuesta. Ver Tabla 1, así como lo indicado en el proyecto.

Tabla 1. Resumen de indicadores energéticos.

Edificio	Área total	ICEE (kWh/m <sup>2</sup> -año)				
		Iluminación	Aire acond	Misceláneos	Cómputo	Total
Principal y Laboratorio	34,747	35.7	19.8	14.3	27.5	<b>9.45</b>

ICEE = índice de consumo de energía eléctrica  
Fuente, elaboración propia

De acuerdo al análisis realizado el edificio principal o administrativo y laboratorios se estima un ICEE de 9.45 kWh/m<sup>2</sup> año, se observa una reducción considerable y es probable que el ICEE sea mayor debido a la información proporcionada, consideraciones adoptadas para el cálculo y estimaciones, por ejemplo, se desconoce la demanda eléctrica de los sistema o equipos del laboratorio, ya que uno de los sistemas que mayor aportación que puede tener en la distribución de cargas total de un edificio con uso de oficinas y laboratorios, no se especifican.

De conformidad con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE) el indicador para una edificación con uso de oficinas, (Laboratorios) con equipo de aire acondicionado y ubicada en el centro del País el ICEE es de 100 kWh/m<sup>2</sup> año<sup>1</sup>, valor usado de referencia para este caso de estudio. El valor estimado para el Edificio Administrativo y Laboratorios del CEMER se encuentra por debajo del de referencia reflejando un uso eficiente de la energía.

El documento "CEUS" también involucra valores de indicadores energéticos totales y por uso final de la energía eléctrica y térmica, para edificios de oficina con un área mayor a 2,788 m<sup>2</sup> el ICEE es de 214 kWh/m<sup>2</sup> año, valor significativamente mayor al calculado para el Edificio Administrativo y Laboratorios de CEMER. Sin embargo, no

hay que olvidar que los factores: patrones de uso, tecnología y clima afectan directamente el comportamiento del indicador y que son totalmente diferentes en nuestro país.

Para el caso de los edificios de laboratorios por tema y administrativo o principal el ICEE debe poder obtenerse por separado, primeramente para poder cotejar lo obtenido por el número de lámparas instaladas, y por consiguiente la demanda por este uso final, para ver si corresponde por área construida, y los cálculos posteriores están basados en los valores de demanda de los sistemas de iluminación y los datos proporcionados por el diseño, que falta la específica del equipo de cada laboratorio.

En este sentido, las comparaciones con las referencias mencionadas el ICEE del edificio se encuentra por abajo en todos los casos, pero hay que tener en cuenta los factores mencionados y que estos están sesgando el resultado final, además de que los porcentajes para iluminación, computo y misceláneos son superiores a los casos nacionales e internacionales.

## **Conclusiones**

El análisis de los indicadores energéticos (benchmarking) totales y por uso final de energía, determinan el comportamiento energético de la instalación, en este caso, de los Edificios Administrativo y Laboratorios del CEMER. El ICEE total estimado para los Edificios Administrativo-Laboratorios se encuentra por debajo de los de referencia y como se mencionó es probable que sea aún mayor debido a las estimaciones y consideraciones adoptadas para su cálculo y la información proporcionada, y por lo tanto demostrando que el edificio es eficiente en el uso de la energía.

## 11. TECNOLOGIAS APLICADAS.

A fin de lograr una mejor operatividad el CEMER integro una serie de tecnologías que permitan mejorar su desempeño y lograr mejores resultados de operación.

### Sistema de tratamiento de Aguas



El manejo de las aguas residuales es un tema de vital importancia en el CEMER, es por ello que se ha integrado una planta de tratamiento de agua a base de bacterias anaerobias, este procedimiento permite lograr un reciclaje de agua más eficiente. Para ello se considero que se haría un tratamiento de aguas residuales de 7.5 m<sup>3</sup>/día, 270ppm

Y a partir de esto se tomaron las siguientes consideraciones de Diseño:

1. Por ser un proceso biológico, la descarga de biosidas, sustancias químicas peligrosas y/o tóxicas pueden afectar a la población bacteriana y por tanto al funcionamiento del sistema.
2. Igualmente, para asegurar una concentración suficiente de materia orgánica, el drenaje sanitario que alimentará los sistemas a suministrar deberá ser independiente del drenaje pluvial ya que lo consideramos como no incluido en el tratamiento.

El sistema de tratamiento se propuso mediante un sistema compacto por medio de una serie de pasos sucesivos que remueven la materia contaminante del agua residual de origen sanitario, de forma que cumpla durante su correcta operación **la normatividad nacional vigente para descarga. (NOM-ECOL-002).**

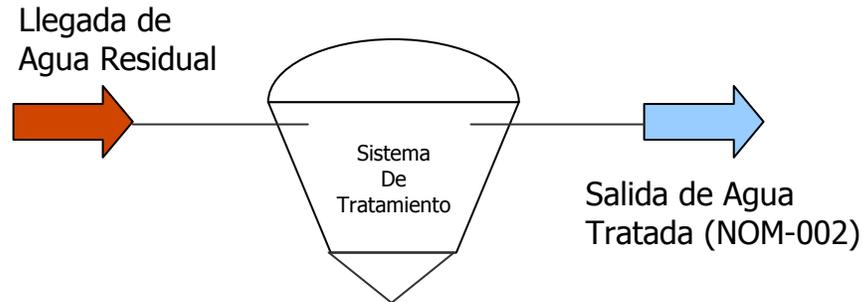


Imagen: Diagrama de flujo del sistema de tratamiento

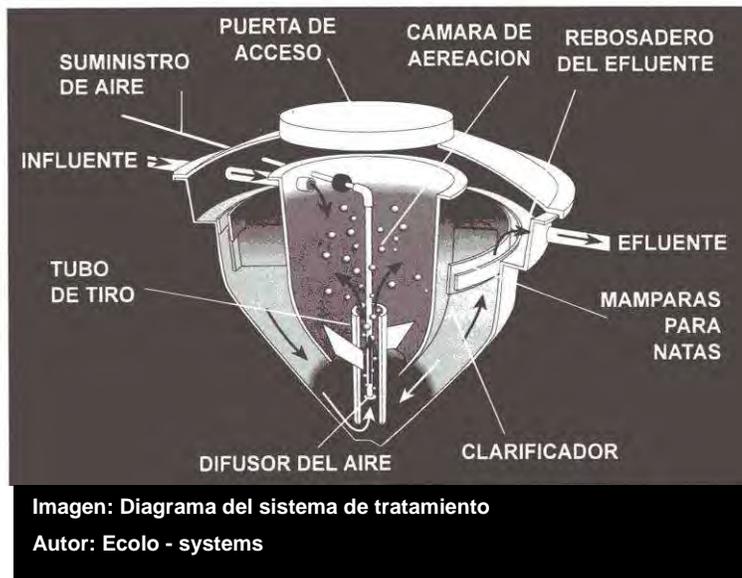
Autor: Ecolo - systems

Las características del sistema permiten:

- Equipo compacto, que permite ampliaciones futuras
- **El sistema de tratamiento requiere un mínimo de obra civil por lo que**, de ser requerido, el sistema puede ser recogido y reubicarse en otro lugar para operar allí.
- Alta eficiencia de remoción de contaminantes del 96%.
- **Funcionamiento automático y mantenimiento sencillo que no requiere personal especializado o con experiencia previa (nuestro personal impartirá la capacitación durante la instalación).**
- Sistema que NO GENERAN LODOS RESIDUALES, por lo que **no se requiere mantenimiento producto de la extracción, estabilización y disposición de** estos deshechos.
- **Bajo costo de operación y mantenimiento.**

**A continuación se describe el funcionamiento la planta de tratamiento.  
(Proceso Biológico + Clarificación)**

El Sistema consta básicamente de dos cámaras concéntricas para el tratamiento biológico secundario dentro de un solo tanque. La cámara central de aeración es de forma cónica y tiene su parte inferior abierto para permitir el paso hacia el fondo de la cámara exterior la cual funciona como clarificador.



Colocado en el centro de la cámara de aeración se localiza un tubo que desciende hasta el clarificador. Aire comprimido es inyectado en la parte inferior de dicho tubo por medio de un difusor de disco; y a medida que el aire sube provoca un flujo ascendente del fluido del proceso, el cual acarrea consigo los sólidos asentados en el fondo del clarificador, descargándolos en la superficie de la cámara de aireación. El diseño del tubo asegura una mezcla continua y eficiente entre las aguas de desecho y el oxígeno del aire, lo cual favorece el crecimiento de los microorganismos aeróbicos que biodegradan los contaminantes orgánicos del agua de desecho.

La fuerza de gravedad hace que los sólidos aireados se vuelvan a asentar hasta el fondo del tanque, desde donde son nuevamente acarreados hacia arriba a través del tubo de tiro. A medida que las aguas entran a la cámara de aeración, desplazan biomasa desde dicha cámara hasta el clarificador, donde se permite que los sólidos digeridos se asienten en el fondo del mismo, para ser regresados nuevamente a la cámara de aeración.

El efluente tratado y clarificado fluye lentamente a través del clarificador y el rebosadero, el cual se extiende por toda la periferia del tanque, desde donde es descargado al exterior de la unidad. Una mampara localizada en la parte interior del rebosadero evita que cualquier sólido que flote en el clarificador pase a través del mismo hacia la descarga.

El equipo seleccionado así como sus características son las necesarias para obtener una calidad que cumpla con la Norma NOM-002-ECOL-1997.

A continuación se muestra un esquema del sistema.

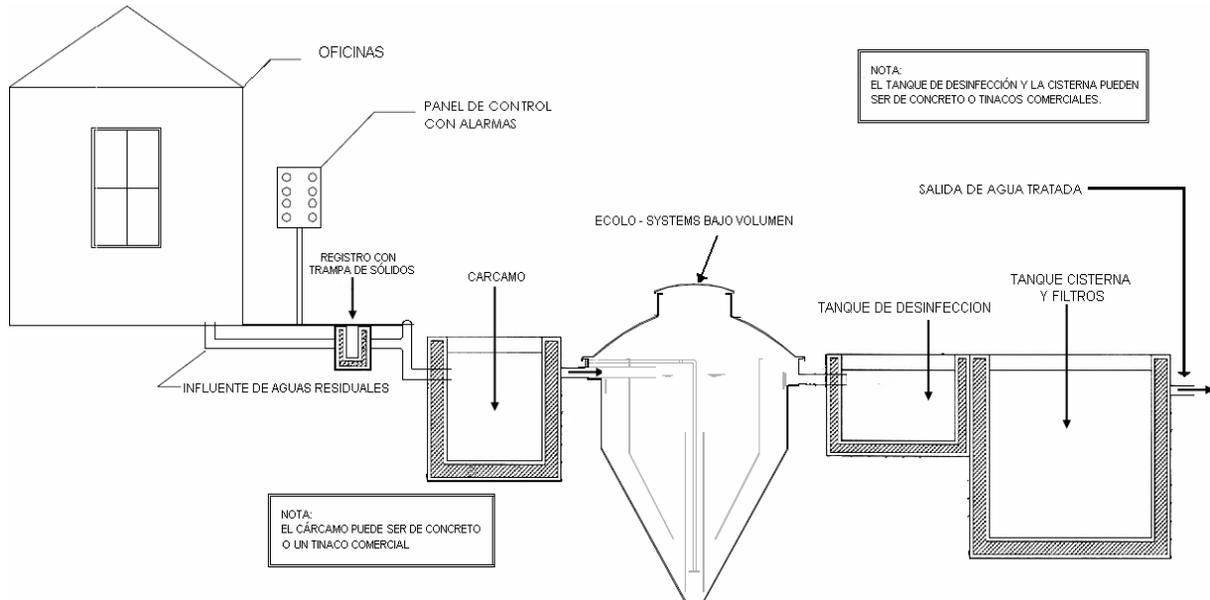


Imagen: Diagrama de flujo del sistema de tratamiento

Autor: Ecolo - systems

## Sistema de generación de energía.



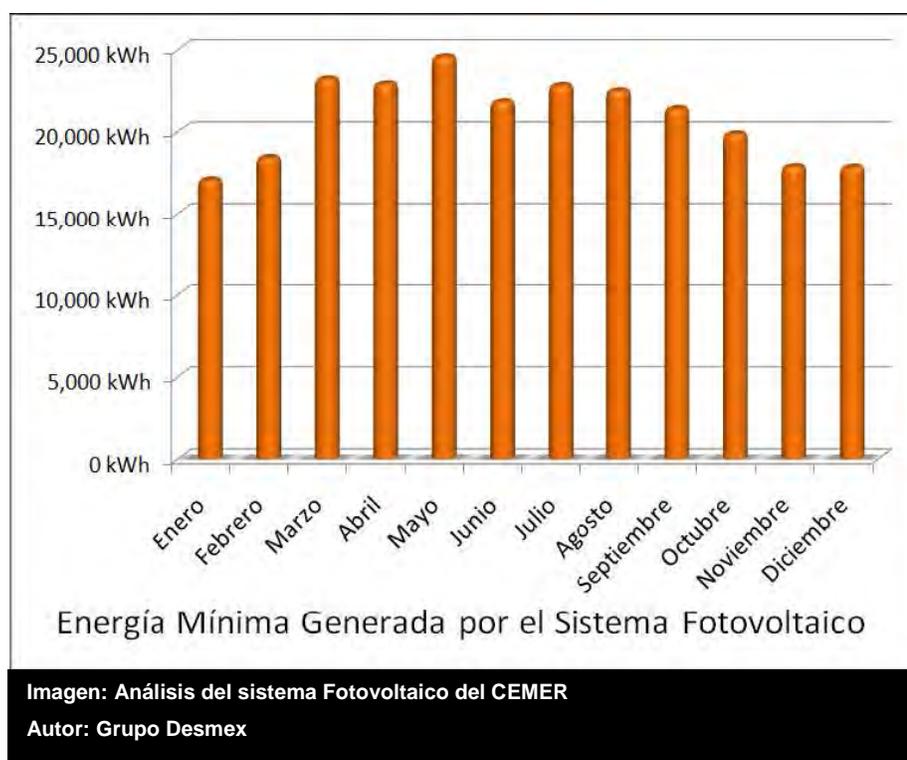
Imagen: Sistema Fotovoltaico

Autor: Desconocido.

Parte importante de este proyecto es la autogeneración de energía, que le permita minimizar su huella de carbono. Es por eso que se integra la gran cubierta fotovoltaica y el muro sur, como elementos de generación eléctrica. Aquí veremos el método de cálculo para la propuesta del sistema fotovoltaico para el proyecto CEMER, la cual abarca un área de 2000 m<sup>2</sup>.

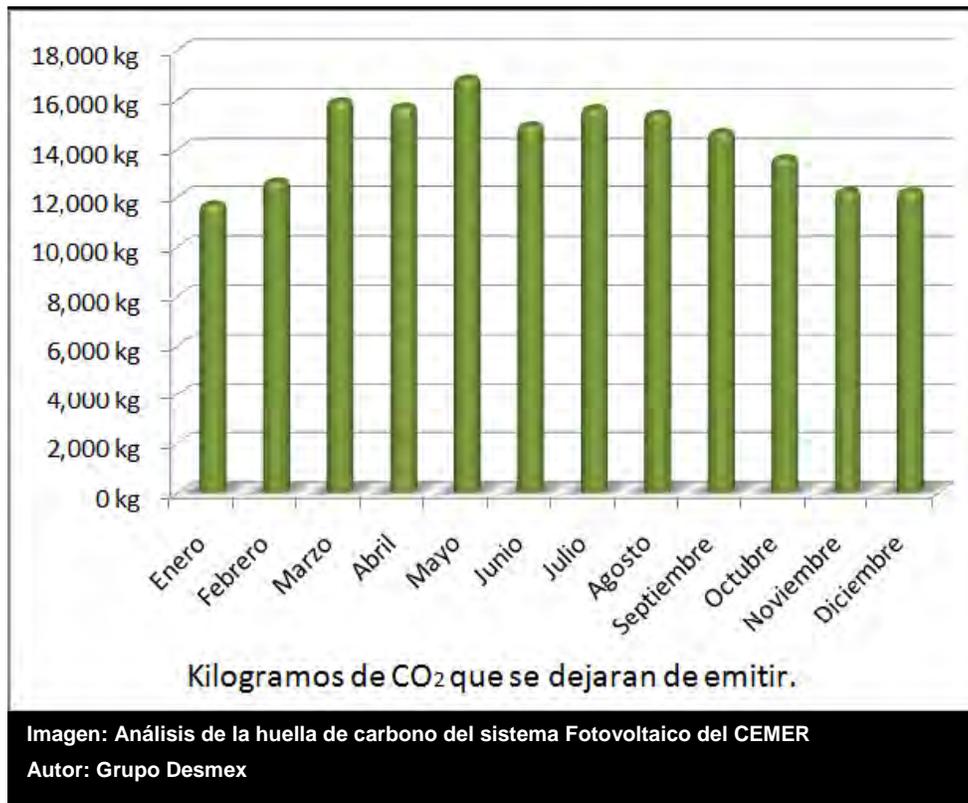
Tomando en cuenta la temperatura máxima promedio por mes así como la insolación en la región, algunos factores de corrección, así como también la posición y número de módulos propuestos en los planos, se calculó el dimensionamiento para el sistema fotovoltaico, en el cual se emplearan 772 paneles de 175W y 22 inversores de 7kW de potencia máxima de salida en AC.

En el siguiente gráfico se muestra la energía eléctrica mínima generada por el sistema por periodos mensuales.



El sistema fotovoltaico propuesto generara en promedio un mínimo de 244,987.9 kWh/año y un máximo de 273,623.4kWh/año por año. La potencia fotovoltaica máxima alcanzada por los módulos en CC es de 137.8 kW.

En la siguiente figura se presentan los kilogramos de CO<sub>2</sub> que se dejaron de emitir a la atmósfera al emplear este sistema fotovoltaico, los cuales equivalen a un mínimo de 171.5 toneladas de CO<sub>2</sub>.



### Sistema de azoteas verdes.



Las azoteas verdes son una solución ante la pérdida de áreas verdes en las zonas urbanas, así como un elemento de gran importancia en la disminución del fenómeno de isla de calor, que generan las edificaciones. Las azoteas verdes además de ser estéticas y generan beneficios ambientales, permiten disminuir la temperatura al interior de las edificaciones por efecto de la refracción del calor que en vez de ser absorbido directamente por la losa de la azotea, es captado y disipado por la vegetación de la azotea.

Por otro lado las azoteas verdes pueden convertirse en alternativas para complementar nuestra alimentación. Pero independientemente de todo esto, es vital que cuando se elabora una azotea verde se tenga un especial cuidado en la selección de las plantas

que se emplearan, a fin de minimizar los consumos de agua y contemplar la factibilidad de un mínimo mantenimiento de estos espacios.



Imagen: Esquema del sistema de azotea verde, el cual cubre cerca de 200 m<sup>2</sup> de losas.

Autor: Desconocido

## Cristales:



Uno de los elementos de mayor importancia en las edificaciones son las ventanas, pues a través de los cristales tenemos la mayor ganancia de calor en el verano y la mayor pérdida de calor en invierno. Es por ello vital que la selección de los cristales se haga en función de las características de la fachada en que se ubicaran.

Para el caso CEMER se realizó un análisis fachada por fachada y se determinó que el cristal que mejor funcionaría sería uno de los llamados vidrios inteligentes como es el caso de el V-Kool o un similar. Entre las características de este cristal se encuentra la capacidad de reducir en 94% el ingreso de rayos infrarrojos y en un 98% los UV, manteniendo un paso del 73.2% de los rayos de luz.

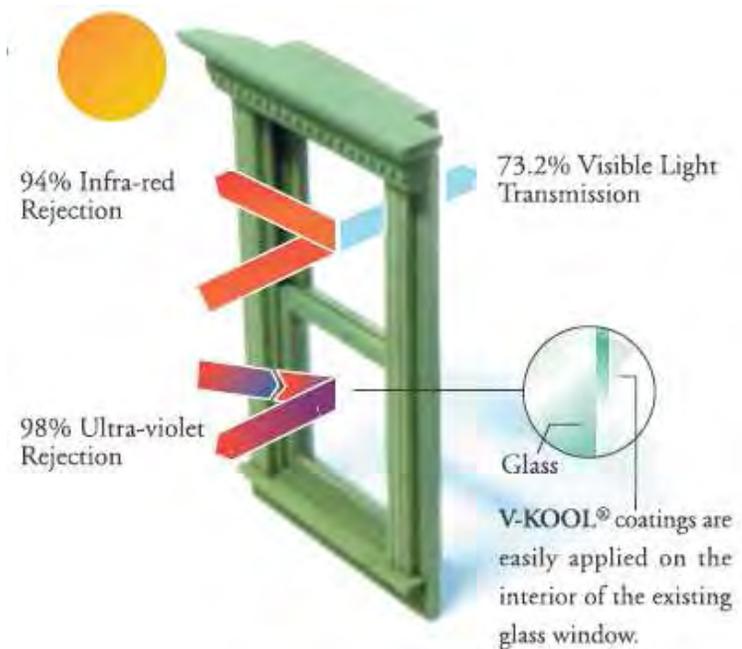


Imagen: Esquema de vidrio inteligente

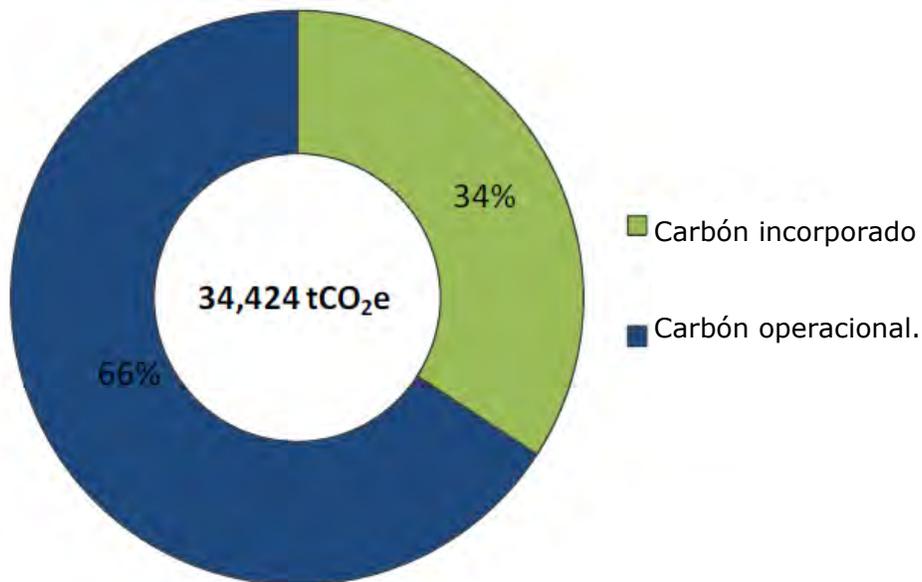
Autor: V-KOOL

## 12. HUELLA DE CARBONO.

Comenzaremos Explicando de que se trata el concepto de la huella de carbono.

Un edificio como cualquier otro producto tiene un ciclo de vida. Este ciclo de vida se puede dividir en dos fases principales, la fase de fabricación y eliminación y la fase de utilización. Las emisiones de carbono resultantes de la fabricación y entrega de todos los materiales de construcción definen el impacto del carbono incorporado (o huella), y las emisiones asociadas con la alimentación de servicios de la construcción durante toda su vida definen la huella de carbono de funcionamiento. Durante la vida de una construcción, la huella de carbono incorporado puede dar cuenta de 20% (o más) del total del edificio, a esto se le conoce como "la huella de carbono del ciclo de vida".

Si una empresa es consciente de la huella de carbono de un producto, se pueden tomar medidas para mitigarlo ya sea reduciendo los gases de efecto invernadero asociados con su fabricación y el transporte, o por la fuente de los componentes de su materiales al poseer menores emisiones de carbono incorporado.



**Diferencia entre el carbón incorporado y el carbón operacional.**

La huella de carbono incorporado se mide mediante el cálculo de gases de efecto invernadero emitidos por los materiales lo largo de su ciclo de vida; a menudo se refiere como de "la cuna a la tumba". Por ejemplo, una tonelada de acero requiere de hierro, que debe ser extraído del mineral en bruto antes de ser transformado, una vez convertido en acero, se requiere del corte, de ser entregado al sitio, ser utilizado en el edificio durante su vida útil, para que un día sea reciclado de la chatarra al final de su vida. Este ciclo de vida completo consume energía, y nos encontramos con que en general los combustibles fósiles son necesario para esto, el resultados son los gases de efecto invernadero (GEI). Pero el carbono incorporado también incluye gases de efecto invernadero emitidos químicamente durante su fabricación, (por ejemplo, el dióxido de carbono durante el la producción de cemento). Hay seis principales gases de efecto invernadero que se han identificado para la medición y la reducción en el marco del Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). El Potencial de Calentamiento Global (GWP) de estos gases de efecto invernadero se compara con el dióxido de carbono que tiene un Potencial de calentamiento atmosférico de 1. El metano, por ejemplo, tiene un potencial de calentamiento atmosférico de los 25, lo que significa que una tonelada de metano generara el mismo efecto perjudicial a la atmósfera como 25 toneladas de CO<sub>2</sub>. SF<sub>6</sub> tiene un potencial de calentamiento atmosférico de 22.800. La huella de carbono de un edificio considera las emisiones de los seis principales gases y por lo tanto se mide en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e).

Así, en este estudio se describe el impacto del carbono de la propuesta de Centro Mexicano de Energías Renovables (CEMER), El edificio cuenta con aproximadamente 11.000 m<sup>2</sup> GIA, el 60% de su superficie estará dedicada a la educación y la investigación y el 40% a oficinas y administración.

El objetivo de este estudio fue medir el impacto del carbono de por vida del Centro Mexicano de Energías Renovables (CEMER) y llevar a cabo una evaluación del ciclo de vida completo de la construcción; de principio a fin en un estimado de 60 años de vida útil del edificio, a fin de asesorar sobre las posibles reducciones de carbono incorporado.

Los resultados del estudio muestran que el impacto del carbono total del edificio desde la cuna hasta tumba sería 34.424 toneladas de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e) de los cuales 34% son de carbono incorporado asociados con especificación de materiales y su mantenimiento durante el construcción de toda la vida, y el 66% son de carbono producto de la operación del edificio.

El impacto total de carbono de estas partes del edificio es 10.001 tCO<sub>2</sub>e.

Estos resultados muestran que la mayor parte del carbono se incorpora dentro de la superestructura del edificio por dos razones principales:

- Los materiales de alta intensidad de carbono, hormigón y acero se utilizan dentro de las losas, vigas y elementos estructurales (acero en forma de trabajo de acero y barras de acero estructural)
- Revestimientos, compuesto de aluminio y vidrio, es muy alta intensidad de carbono. Mantenimiento se supone que el revestimiento se sustituye por lo menos una vez durante la vida útil del edificio, por lo tanto, duplicar el carbono incorporado de cuna a la tumba. Por otra parte, el ajuste de salida representa el 22,5% del total de las emisiones de carbono incorporado, sobre todo a causa de su mantenimiento (los cálculos de utilizar los datos proporcionados por la vida útil ajuste a cabo diversas los fabricantes para determinar las necesidades de reposición). Por lo tanto, una forma eficaz de la reducción de carbono incorporado es ajustar la fuente de salida artículos con mayor longevidad, que no tendrá que ser sustituido más de 60 años.

## Impacto de carbono total a más de 60 años “de la cuna a la tumba”

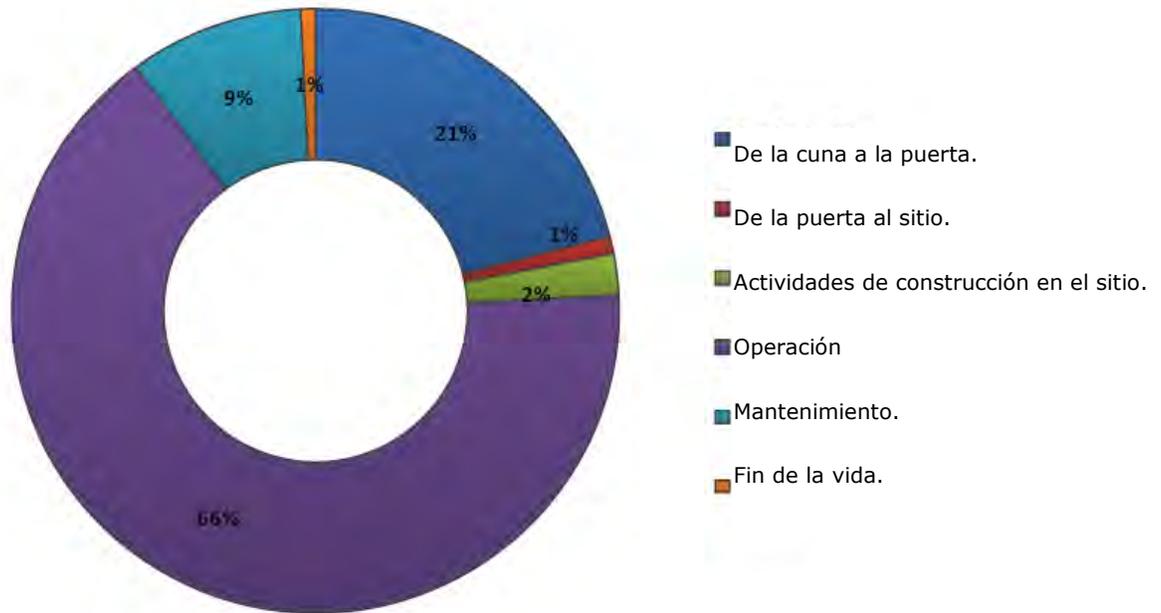
Los efectos totales de carbono de la tumba a la cuna fueron calculados. Las siguientes tablas y gráficos muestran el impacto total:

Límite del ciclo de vida	Emisiones de Carbón (tCO <sub>2</sub> e)	Emisiones de Carbón por m <sup>2</sup> de GIA (tCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )
De la Cuna a la Puerta	7242	0.652
De la Puerta al Sitio	315	0.028
Actividades de construcción en el sitio	760	0.068
Operaciones	22637	2.039
Mantenimiento	3199	0.288
Fin de la vida	268	0.024
<b>Total</b>	<b>34424</b>	<b>3.1</b>

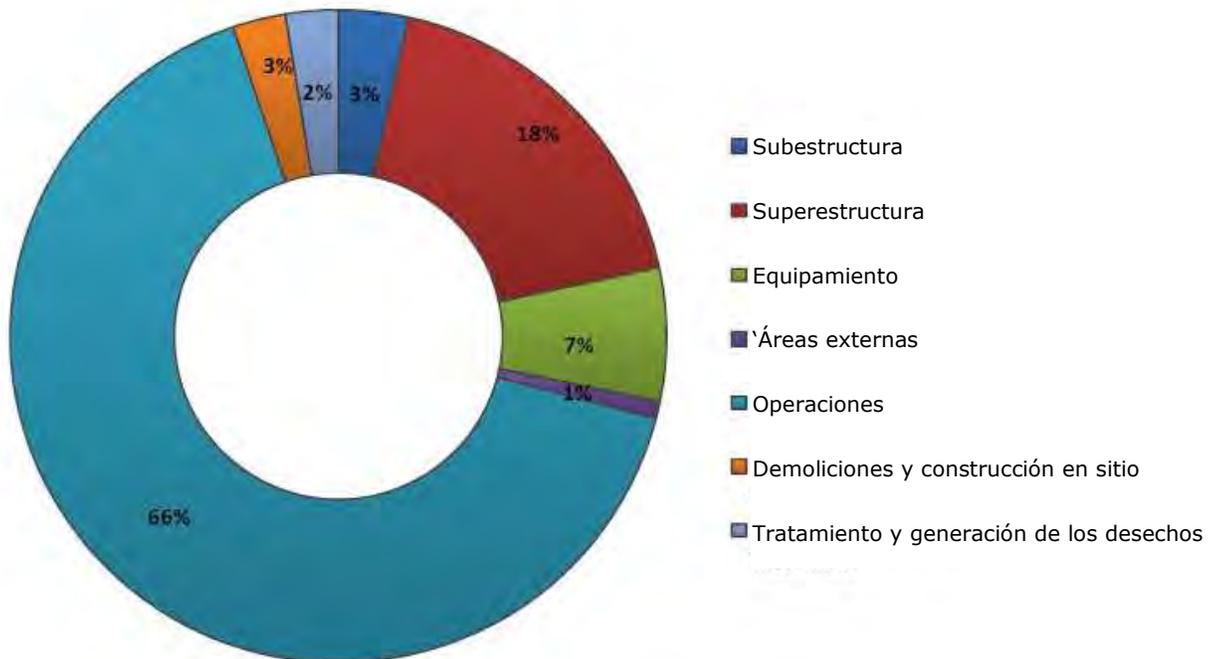
### El Ciclo de Vida de límites de emisiones de carbono

La división entre carbono operativo y carbono incorporado es el siguiente: el 66% del total de carbono será emitido durante la operación del edificio, y el 34% del carbono se manifestara en los materiales y actividades propias de la construcción.

El carbono emitido durante la fabricación de las materias primas (la llamada “cuna a la puerta”) será la responsable del 21% del total de carbono de construcción, seguido por los impactos de mantenimiento que representan la sustitución de las partes no estructurales del edificio (9%). El impacto del carbono restante está en el transporte, la construcción y el final de las actividades de la vida.



**Límite de las emisiones de carbón en el ciclo de vida de los materiales.**



**Límite de las emisiones de carbón del edificio.**

## **CONCLUSIÓN**

El informe proporciona una evaluación de ciclo de vida completo de CEMER, durante los 60 años de vida operativa y de construcción, proporcionando una buena comprensión de donde se localizan los principales puntos de impacto del carbono en la construcción y en dónde concentrar el tiempo y la atención en la mitigación de el impacto del carbono incorporado del edificio, lo que permitirá una mayor precisión en los resultados de minimizar el huella de carbono del Centro.

Este se cree que es el primer estudio de su tipo en México, y es la base para que el CEMER pueda tramitar la obtención de bonos de carbono en Europa.

## F. CONFRONTACIÓN

Al comenzar con esta tesis las expectativas de lo que se deseaba lograr eran muy diferentes, al final de este proceso, después de un largo periodo de trabajo se ha logrado llegar más a fondo de lo que se esperaba inicialmente, ha sido posible perfeccionar y definir muchos elementos que componen la **“re-evolución sustentable”**, pero partamos primero de 2 preguntas muy importantes:

Des pues de todo lo expuesto ¿Cuál es el objeto de la **“re-evolución sustentable”**?

El fin de esta **“re-evolución sustentable”**, es que todos aquellos que participan del diseño (arquitectos, urbanistas, diseñadores industriales, etc.), tomen conciencia sobre la importancia de tener un acercamiento y una interacción con otras disciplinas, las cuales complementaran y renovaran nuestro pensamiento y por consiguiente, enriquecerán nuestra labor, haciendo más eficiente y sobre todo contundente la forma en que resolvemos cada nuevo proyecto.

La **“re-evolución sustentable”**, es una nueva conciencia, una nueva filosofía de diseño, una nueva forma de trabajo, sabiendo que somos parte de un todo y que como parte de ese todo somos nosotros los que debemos adaptarnos y no adaptar el todo a lo que nosotros deseamos.

Finalmente ¿A qué nos ha llevado todo este proceso de diseño?

Nos ha llevado a plantearnos nuevos objetivos, nuevas visiones del mundo, nuevos horizontes por explorar, donde el fin es lograr el menor impacto sobre el medio ambiente, con el mayor confort para el usuario. Donde la certeza es que hay que dar lo mejor de nosotros el beneficio de la humanidad y de la tierra.

## G. APORTACIÓN

Como resultado de todo el trabajo efectuado se ha logrado aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de 4 semestres de estudio en el CIEPFA a la generación de un método de trabajo que promueve la integración y colaboración multidisciplinar, interdisciplinar y transdisciplinar, en el marco del pensamiento complejo. En un proceso que integra y no excluye, que racionaliza pero que no normaliza, que se adapta pero no adapta, que aprende libremente y no parte de prejuicios.

No es el objetivo de este trabajo el ser un recetario de cocina, o un listado de reglas terminantes y rigurosas, por el contrario se trata de presentar un proceso que sirva de guía y que pueda ser adaptado según las necesidades de cada diseñador y de cada proyecto, es por ello que a continuación se presenta una propuesta con once pasos a seguir:

### 11 PASOS PARA EL DISEÑO SUSTENTABLE

#### 1.- DEFINICIÓN DEL PROYECTO:

**Objetivo:**

Se elaborara un pre-análisis de proyecto tomado en cuenta el sitio, el contexto y las necesidades del usuario, a fin de poder plantear un abanico de oportunidades de sustentabilidad aplicables al proyecto.

Esto servirá para establecer en conjunto con el usuario cuáles serán las metas y objetivos que se pretenderán alcanzar, en lo referente al grado de sustentabilidad que se pretende conseguir con el proyecto.

*Notas: Se tiene que definir en conjunto con el cliente si se pretende alcanzar con el proyecto una certificación ambiental (Leed, Beam, Planet positive, etc.), a fin de integrar la documentación y medidas necesarias.*

**Resultado:**

“Programa maestro” con los alcances y características del proyecto, así como los tiempos de entregas.

## 2.- INTEGRACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO:

### **Objetivo:**

Selección del equipo de trabajo más apropiado para el proyecto tomando en cuenta, las exigencias particulares de cada caso:

- Análisis climático (sol, viento, lluvia y temperaturas).
- Análisis impacto urbano.
- Análisis impacto Ambiental.
- Análisis impacto socio-económico.
- Análisis de la huella de carbón.
- Análisis de tecnologías aplicables.
- Estructuras
- Instalaciones
- Instalaciones Especiales
- Paisaje

### **Resultado:**

Listado de especialistas en cada área junto con sus respectivos presupuestos.

## 3.- PLAN DE TRABAJO

### **Objetivo:**

Establecimiento de los objetivos necesarios para cumplir las metas del proyecto, haciendo hincapié en la sustentabilidad del diseño. Se trabajara en conjunto con el equipo seleccionado para el proyecto a fin de Identificar los puntos a atacar, tales como los sistemas relacionados con el gasto de energía, así como el consumo de agua, además de la selección y la aplicación de diferentes materiales, o bien en la calidad del medio ambiente tanto interior, como exterior.

En caso de que se quiera conseguir una certificación ambiental como LEED u otra, se determinaran los puntos que hay que cuidar y estudiar a detalle a fin de alcanzar dichas certificaciones.

Coordinación de las diversas áreas involucradas en el proyecto con el propósito de elaborar un plan de trabajo preliminar.

En caso de que resultara necesario, se elaborara un análisis que incluirá las oportunidades y los incentivos fiscales, (por aprovechamiento de energía, el reciclaje, etc.).

### **Resultado:**

- Plan de trabajo del equipo.
- Recomendaciones a tomar en cuenta en el desarrollo del proyecto.
- Análisis financiero sustentable (opcional).

#### **4.- EVALUACIÓN DEL SITIO.**

##### **Objetivo:**

Elaboración de un análisis a detalle del sitio, esto con el fin de determinar las limitaciones y las oportunidades en términos de sustentabilidad. Para ello se ha de evaluar:

- Microclima (temperatura-humedad).
- Macroclima. (temperatura-humedad).
- Radiación solar.
- Dirección y velocidad del viento.
- Lluvias.
- Esguimientos.
- Servicios existentes (agua, drenaje, energía eléctrica, gas, recolección de basura).
- Características de la fauna.
- Características de la flora.
- Topografía.
- Mecánica de suelos.
- Identificación de los sistemas y redes de transporte.
- Identificación de elementos culturales o históricos a tomarse en cuenta.
- Materiales del sitio y en la zona.
- Vistas.
- Sonidos
- Elementos urbano-arquitectónicos a considerar por su impacto.
- Efectos urbanos, isla de calor, cañón de viento, etc.

##### **Resultado:**

- Recomendaciones básicas de diseño, como orientaciones o aprovechamiento de recursos (agua, viento, luz, etc.).

## 5.- DISEÑO CONCEPTUAL.

### **Objetivo:**

Fase en la que se desarrolla un diseño conceptual, que responde a las características específicas del sitio y el medio ambiente en que se desplantara el proyecto, como producto de la evaluación del sitio.

### **Resultado:**

- Concepto arquitectónico-sustentable.

## 6.- Análisis de sustentabilidad aplicada.

### **Objetivo:**

Análisis de los recursos con que se cuenta:

- Análisis de luz natural
- Análisis térmico y solar
- Análisis del movimiento de las masas de aire
- Análisis preliminar de diseño de paisaje
- Estrategia preliminar de ahorro de agua
- Estrategia preliminar de aire acondicionado
- Análisis preliminar de la huella de carbón y del consumo de energía tanto en la propuesta como en espacios análogos.
- En caso necesario identificar posibles proyectos de carbono que generen ingresos.
- Estudio de ingeniería de fachadas

### **Resultado:**

- Estrategia de sustentabilidad del proyecto, determinando objetivos y metas por alcanzar.

## **7.- Diseño Básico.**

### **Objetivo:**

Aplicación de la "Estrategia de sustentabilidad" al proyecto generación de una propuesta urbano-arquitectónica sustentable.

### **Resultado:**

- Proyecto urbano-arquitectónico sustentable.

## **8.- Optimización del diseño.**

### **Objetivo:**

Participación integral del equipo de trabajo, a fin de analizar y opinar sobre el proyecto, esperando que se detecten puntos débiles y ventajas de la propuesta, así mismo esperando se propongan soluciones que puedan optimizar el trabajo elaborado a fin de perfeccionar el proyecto.

### **Resultado:**

- Propuesta urbano-arquitectónica ejecutiva.

## **9.- Documentos y Especificaciones.**

### **Objetivo:**

Integración cuidadosa de las carpetas actualizadas, conteniendo la documentación requerida para la obtención de certificaciones y permisos, los catálogos de materiales y acabados así como memorias y especificaciones sustentables.

### **Resultado:**

- Carpetas de documentación

## 10.- Construcción.

### Objetivo:

Seguimiento y apoyo al contratista durante la ejecución de la obra a fin de que cumpla con los objetivos y metas de sustentabilidad.

### Resultado:

- Visitas de obra
- Recomendaciones, etc.
- 

## 11.- Operación del espacio.

### Objetivo:

Revisar con los usuarios y especialistas, que el espacio funcione apropiadamente, y que opere de la forma planeada, además de preparar al usuario para el uso y mantenimiento de los espacios.

### Resultado:

- Reporte de operación.
- Monitoreo de emisiones de carbono y optimización de recursos (agua y energía)

Cada uno de nosotros debe buscar las herramientas que mejor se adapten a nuestros requerimientos de trabajo, pero lo más importante es que no olvidemos que halla afuera hay muchas personas más trabajando en sus campos de investigación y practica y que tenemos que acercarnos a ellos, pues será en el intercambio de ideas y en la colaboración mutua, en donde reside el futuro de todos nosotros.

## H. CONCLUSIONES

Todos los días escuchamos en los medios de comunicación, sobre la crisis energética, catástrofes climáticas mundiales como inundaciones y sequías, escuchamos sobre extinciones de especies animales y vegetales, sobre la deforestación de los bosques, en resumen: “nos encontramos en un momento de crisis” y por tal motivo en un momento de cambio, es necesario que tomemos conciencia sobre el hecho de que todas nuestras acciones, siempre tienen efectos sobre nuestro entorno inmediato y que a largo y quizás mediano plazo estos efectos repercutirán a nivel global, por lo tanto, los arquitectos, urbanistas y diseñadores debemos dirigir nuestros esfuerzos hacia el objetivo de adquirir una integración de los temas relacionados con el medio ambiente y la sustentabilidad en nuestros procesos de diseño. Pues será mediante una “**re-evolución sustentable**” como obtendremos las herramientas necesarias para la generación de proyectos urbano-arquitectónicos que busquen ser realmente eficientes, que no finjan ser respuestas ecológicas, solo por llevar palabras alusivas al tema y en donde lo mas sustentable o “verde” que posean sea anda más el color, hay que trabajar en medidas de fondo que realmente ayudaran a la preservación de nuestro medio en favor de las generaciones futuras.

Como ya lo mencionamos, las condiciones actuales del mundo son caóticas, es por ello que como hemos visto será sólo en un racionalismo abierto, e incluyente, en donde encontraremos los medios para alcanzar un pensamiento complejo, y con el que conseguiremos que nuestros edificios sean espacios eficientes en los que se reflejarán los 5 principios base para una sustentabilidad:

- Optimizar los recursos materiales.
- Optimizar el consumo energético y hacer uso de energías renovables.
- Minimizar los residuos y las emisiones del edificio.
- Minimizar el mantenimiento del edificio.

-Maximizar el confort de los usuarios.

El marco teórico presentado ha demostrado su aplicación y beneficios durante el análisis de nuestro caso de estudio, en el pudimos ver en practica estos procesos de diseño basados en el pensamiento complejo y la búsqueda de la eficiencia; los análisis aquí están expresados y confirman los beneficios de el proceso de trabajo efectuado en el marco de la **“re-evolución sustentable”**, pero igualmente es obligatorio mencionar que lo aquí demostrado ha sido hasta la etapa de diseño quedando pendiente la parte de concreción de las ideas en la construcción y puesta en marcha del edificio, pues será solo hasta el momento en que sea habitado, en que podremos determinar mediante otra serie de análisis que lo expresado aquí ha sido verdaderamente comprobado. Sin embargo debido a que aún tomara algún tiempo el inicio de construcción del centro esta parte de comprobación habrá de esperar. Pero recordemos que por todo el mundo surgen ejemplos de arquitectura bioclimática, que responde a las necesidades de cada lugar y de cada momento, desde grandes urbanizaciones, pasando por rascacielos, hasta proyectos de menor magnitud en comunidades apartadas, la gran mayoría de ellos son producto del trabajo incluyente, analítico y en búsqueda de una eficiencia, todos ellos son a final de cuentas una comprobación del proceso, pero más importante aún, es el hecho de que todos y cada uno de ellos en su conjunto poseen una gran repercusión en el ámbito de la sustentabilidad y en el futuro de nuestro planeta.

El camino está claro, sólo resta tomar las decisiones que nos lleven por los nuevos territorios en favor de lo que hoy son sueños, pero mañana pueden ser realidades que marquen el rumbo de la humanidad.

“Por favor evitemos que el color de moda de temporada sea el **verde** y en cambio mejor busquemos que el **corazón** de nuestro trabajo día con día sea **verde**, pues ahí encontraremos la verdadera pasión por hacer de nuestro mundo un lugar mejor.”



## H. BIBLIOGRAFIA

**Título:** *Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate.*

**Autores:** F. Bourbia, H.B. Awbi

**Publicado por:** [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**País:** Reino Unido.

**Año:** 2004

**Páginas:** 262

**Título:** *Solar passive building: science and design.*

**Autores:** M. S. Sodha, N. K. Bansal

**Publicado por:** [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**País:** Reino Unido.

**Año:** 1986

**Páginas:** 500

**Título:** *Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate.*

**Autores:** Carlo Ratti, Dana Raydan, Koen Steemers

**Publicado por:** [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**País:** Reino Unido.

**Año:** 2002

**Páginas:** 59

**Título:** *Climatic aspects in urban design—a case study.*

**Autores:** Isaac G. Capeluto, A. Yezioro, E. Shaviv

**Publicado por:** [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**País:** Israel.

**Año:** 2002

**Páginas:** 9

**Título:** *Effects of composition and exposure on the solar reflectance of Portland cement concrete.*

**Autores:** Ronnen Levinson, Hashem Akbari

**Publicado por:** [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**País:** E.U.A

**Año:** 2002

**Páginas:** 20

**Título:** *Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees.*

**Autores:** Limor Shashua-Bara, Milo E. Hoffman

**Publicado por:** [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**País:** Israel

**Año:** 2003

**Páginas:** 8

**Título:** *Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees.*

**Autores:** Limor Shashua-Bara, Milo E. Hoffman

**Publicado por:** [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**País:** Israel

**Año:** 2003

**Páginas:** 13

# I. BIOGRAFIAS

## **JOSÉ PICCIOTTO:**

Graduado por la Universidad Anáhuac, nacido en 1962 y fundó en 1987 la firma Picciotto Arquitectos. Desde sus inicios en la arquitectura ha diseñado diferentes proyectos enfatizando el concepto de arquitectura sustentable, postura que lo ha distinguido hasta la fecha.

Con una estrecha relación con la naturaleza genera ambientes ecológicos en cada uno de sus proyectos, considerando que la información que necesita un arquitecto está en su mayor parte en su entorno natural. Siempre con actitud innovadora, escuchando atentamente a la naturaleza y al medio ambiente, utilizando la tecnología como herramienta.

*Fuente: Picciotto arquitectos*

## **Álvaro Sánchez González:**

Egresó en 1960 de la carrera de arquitectura en la UNAM, se ha desempeñado tanto en el campo de la arquitectura como en el de la docencia. Es Doctor en Arquitectura y en 2002, recibió la distinción de Profesor Emérito, prestigiado galardón otorgado por la Universidad Nacional Autónoma de México. Su labor profesional lo ha llevado a colaborar en obras de gran trascendencia como el Palacio de los Deportes, el Museo de Antropología e Historia, nada más por mencionar algunos.

*Fuente: <http://www.infoobras.com.mx/cm/Perfiles/dralvaro.html>*

## **CARL MAHONEY:**

Se formó originalmente como arquitecto en la Escuela de Architectural Association de Londres, en el área de planificación, y en el campo de diseño de edificios en el

programa de países en desarrollo y estudios tropicales, más tarde la Escuela de Estudios para el Desarrollo de la Universidad de Londres. Posteriormente fue reclutado por la facultad de la Universidad de Hawái como profesor de Arquitectura.

Posee una reputación internacional en el ámbito de la arquitectura pasiva y de baja energía (PLEA), es reconocido por su trabajo en las tablas de Mahoney para las Naciones Unidas. Las Tablas de Mahoney se utilizan en programas de educación terciaria en países de todo el mundo. Actualmente está escribiendo un libro en el que esboza un enfoque holístico de las relaciones dinámicas de los sistemas humanos, económicos, técnicos y naturales en el desarrollo mundial, y se refiere a promover la causa del desarrollo sostenible en tantas formas como sea posible.

*Fuente: <http://cma.alphalink.com.au/carlm.html>*

## **WLADIMIR PETER KÖPPEN**

Nacido en Rusia, en 1846 y murió en Graz, Austria, 22 de junio de 1940) fue un geógrafo, meteorólogo, climatólogo y botánico ruso de origen alemán.

Elaboró el sistema de clasificación climática de Köppen, el cual es todavía comúnmente usada hoy en día para agrupar los climas (no obstante las modificaciones efectuadas). Köppen inició el estudio sistemático del clima y experimentó con balones para obtener datos de las capas superiores de la atmósfera. En 1884 publicó la primera versión de su mapa de zonas climáticas en el cual las temperaturas estacionales fueron trazadas. Este trabajo condujo al desarrollo del sistema de clasificación climática alrededor de 1900, el cual se mantuvo mejorando el resto de su vida. Además de la descripción de varios tipos de climas, tenía conocimientos de paleo climatología. En 1924 publicó el documento científico *Die Klimate der Geologischen Vorzeit*, (Los climas del pasado geológico) junto con su yerno Alfred Wegener (famoso científico alemán por su teoría de la deriva continental), lo cual dio un soporte fundamental a la teoría de eras glaciales de Milanković.

*Fuente: <http://es.wikipedia.org>*

## **VICTOR OLGYAY**

Nacido en Hungría, fue un arquitecto, urbanista y pionero del bioclimatismo. Fue profesor de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Princeton hasta 1970, y precursor en la investigación sobre la relación entre arquitectura y energía.

Autor de numerosos libros, entre los que destaca *Arquitectura y Clima*. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Este libro editado en 1963 por Princeton University Press recorrió el mundo y formó a la mayoría de los arquitectos bioclimáticos.

El libro es el resultado de una recopilación de 8 años de trabajo de investigación, que contó con ayuda económica de la Agencia Federal de Financiación de la Vivienda (EEUU), con una beca de la Fundación Simon Guggenheim y con el apoyo de los fondos de investigación de la Universidad de Princeton. Falleció en 1970 en Estados Unidos.

*Fuente: <http://es.wikipedia.org>*

## **EDGAR MORÍN**

Morín nace en París en 1921. Su educación formal lo lleva a licenciarse en Historia y Derecho, pero sus estudios universitarios se interrumpen en 1942 cuando se une a la Resistencia, tras la invasión nazi de Francia. Su estilo de resistente no lo abandonará en el resto de su vida, expresándose tanto en su tendencia a no dejarse abarcar por discursos totalizantes, como en sus enfrentamientos con los establecimientos de disciplinas diversas que lo han visto siempre como ajeno, como extraño, al no poder aceptar su estilo trasgresor de fronteras disciplinarias, de libre disposición de conceptos para ser usados en contextos diferentes, de rigor acompañado, como quería Gregory Bateson, por una imaginación al servicio de su praxis cotidiana de complejización de los discursos teóricos y las prácticas en el campo de las ciencias sociales.

*Fuente: [www.edgarmorin.com](http://www.edgarmorin.com)*

### **DAVID MORILLÓN GÁLVEZ:**

Ingeniero Civil, egresado de la Universidad de Guadalajara, Maestro en Diseño Bioclimático por la Universidad de Colima y Doctor en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Fue Subdirector, Director y Asesor en la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, también Director del Programa Universitario de Energía de la UNAM, Presidente de la Asociación Nacional de Energía Solar, Representante de México en la Red Iberoamérica de Diseño Bioclimático y Energías Renovables del CYTED-España, así como miembro del Grupo Consultivo en Edificación Sustentable de la Comisión de Cooperación Ambiental para América del Norte. Actualmente se desempeña como Investigador y Coordinador de Mecánica y Energía en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, así como Coordinador del Grupo de Tecnologías Sustentables de la UNAM, Miembro del Comité de Normas para Equipos y Sistemas Solares en NORMEX, Miembro del Renewable Energy Expert Committee de la Comisión de Cooperación Ambiental para América del Norte, entre otras actividades.

*Fuente: [www.anes.org](http://www.anes.org)*

### **Eric Hernández Desentis:**

Ingeniero Mecánico Electricista en el Área Térmica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en el Programa de Ingeniería de Calidad Interior de la Universidad de Aalborg, Dinamarca.

Experiencia en sistemas térmicos de aire acondicionado HVAC en las áreas de ventas, mercadeo, desarrollo de distribuidores, consultoría, diseño de edificios y productos, simulación energética, balanceo de sistemas (TAB).

*Fuente: Eric Hernández.*

## **GUY BATTLE:**

Ha sido responsable del desarrollo de un enfoque único para el desarrollo sostenible en el entorno construido y ha trabajado en una amplia gama de proyectos en todo el mundo, con renombrados arquitectos incluyendo entre otros a Foster and Partners, Will Alsop, Sir Richard Rogers, RTKL, MOS, Terry Farrell and Partners, Kohn Pedersen Fox, Hijjas Asociados Kasturi, Hamzah TR y Yeang, SOM y Perkins & Will. Ha trabajado en proyectos innovadores, como el campus del Jubileo en la Universidad de Nottingham, el Centro de innovación de St. John's, la sede de Endesa en Madrid y la Greenwich Millenium Village. Durante los últimos 15 años ha desarrollado con un enfoque sustentable los planes maestros de proyectos como la península de Greenwich y el Plan Maestro de Mallorca.

Guy ha participado activamente en la educación como profesor visitante en el Instituto de Tecnología de Illinois en Chicago, Architectural Association, Londres, el Royal College of Art y la Bartlett School of Architecture. Muchos de sus trabajos se han publicado.

*Fuente: <http://www.battlemccarthy.com>*

## L. ANEXOS

## Re-Evolución Sustentable

Autor: Francisco R. Vázquez Licea.

Tutor: Dr. Álvaro Sánchez González.

Sinodales: • Dra. en Arq. Gemma Verduzco Chirino.  
• Dra. en Arq. Mónica Cejudo Collera.  
• Mtro. en Arq. Alejandro Cabeza Pérez.  
• Mtro. En Arq. Francisco Reyna Gómez.

Ciudad Universitaria

México D.F. a 24 de Noviembre de 2010

