

Universidad Nacional Autónoma de México  
Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura  
Campo de Tecnología



**METODOLOGÍA CON CRITERIOS  
SUSTENTABLES PARA LOGRAR EL AHORRO  
ENERGÉTICO BAJO UN SISTEMA INTEGRAL  
DE CONTROL TÉRMICO**

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**MAESTRA EN ARQUITECTURA**

Presenta:

**Paola Dennys Díaz Dávila**

Director de Tesis: **Dra. Dolores Ana Flores Sandoval**, tutor adscrito al Programa de Maestría y Doctorado de la Facultad de Arquitectura, C.U.

Ciudad Universitaria, México D.F., Febrero de 2013



**Directora de Tesis:**

Dra. Dolores Ana Flores Sandoval

**Sinodales:**

- Dra. Gemma Verduzco Chirino
- Dra. Jeanine Da Costa Bischoff
- Mtro. Jorge Rangel Dávalos
- Mtro. Francisco Reyna Gómez

## Dedicatorias y Agradecimientos

Agradezco infinitamente a **Dios**, por darme el tiempo, la esperanza y el éxito de un nuevo logro. Gracias porque todos los días es un nuevo día.

Dedico a **mi mamá** esta nueva meta...

Mami, sin tu consejos, tus platicas, pero sobre todo sin tu ejemplo de perseverancia, no hubiera realizado esto.... Y esto es para ti, siempre serás mi más grande ejemplo. Te amo.

Agradezco al **Ing. Eric Hernández** por compartir tanto de su conocimiento y su tiempo...

Eric, es poco lo que yo pudiera poner aquí, para agradecerte lo que me enseñaste, lo que me compartiste, pero sobre todo para agradecerte el dejarme conocer a la magnífica y divertida persona que eres, sin ti este documento no sería posible, siempre cuenta conmigo, siempre.

Agradezco a la **Dra. Ana Flores**, por todo su apoyo...

Gracias Miss, por rescatarme, adoptarme, guiarme y apoyarme, por su alegría, por su confianza y por hacerme fuerte.

Dedico este esfuerzo a toda **mi familia**, porque a ellos debo mis alegrías, con ellos comparto mis ilusiones, y jamás me faltan en mis buenos y malos momentos. Los amo a todos y cada uno.

Agradezco a **mis sinodales**, por haberme enseñado tanto...

**Dra. Gemma**, gracias por tantas y tantas veces estar ahí para mí, por apoyarme, por sus enseñanzas, por siempre dar un valor agregado a todo lo que hacemos.

**Dra. Jeanine**, había olvidado cuanto me gustaba exigirme, hasta que la conocí, gracias por buscar que siempre seamos mejores, por su cariño y por su apoyo.

**Mtro. Rangel**, si alguien me ha alentado en cada encuentro, es usted, gracias por siempre tener una buena palabra.

**Mtro. Reyna**, gracias por sus consejos, por su orientación, por ser un verdadero compañero en éste camino, y por detenerme y dejarme continuar cuando fue necesario.

Dedico a ti **Jorge** esto, porque has sido el hombro, el consejero, y el inseparable, porque he tenido de ti paciencia, apoyo y porque nunca me dejaste caer en esta etapa.

# Índice General del Documento

## INTRODUCCIÓN ..... 1

1

## 1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS ..... 2

1. Arquitectura Sustentable y su Eficiencia Energética .....	3
1.1. Tendencias Sustentables en la Arquitectura.....	4
1.1.1. Arquitectura Ecológica.....	6
1.1.2. Arquitectura Bioclimática .....	8
1.2. Arquitectura Sustentable.....	11
1.2.1. Inteligencia en la Arquitectura Sustentable .....	13
1.3. Eficiencia Energética .....	17

2

## 2. TECNOLOGÍAS INTEGRALES ..... 21

2.1. Parasoles o Aleros.....	23
2.2. Avances en vidrio .....	24
2.3. Fachadas Dinámicas.....	27
2.4. Fachadas Ventiladas .....	28
2.5. Cortina de Agua .....	30
2.6. Conclusiones Teóricas.....	31

3

## 3. CASO DE ESTUDIO..... 33

3.1. Localización .....	37
3.2. Relación Geográfica, Sociodemográfica y Económica del municipio El Marqués .....	38
3.2.1. Perfil Geográfico .....	38
3.2.2. Aspecto Sociodemográfico.....	39
3.2.3. Relativo a la Economía .....	39
3.3. Presentación del Caso de Estudio .....	41
3.4. Recaudación de Datos Relevantes .....	43
3.4.1. Datos.....	44
3.5. Criterios para la toma de decisión .....	45
3.6. El Proceso .....	46
3.6.1. Análisis climatológico.....	46
3.6.2. Levantamiento del Proyecto.....	47
3.7. La primera evaluación .....	52
3. Desarrollo del Caso de Estudio.....	32

4

## 4. ANÁLISIS, APLICACIONES Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO ..... 55

4.1. Selección y determinación de Vidrio Exterior.....	56
4.1.1. Solarban Z50, Pilkington Architectural Glass y Saint Gobain Cool Lite Air Diamant .....	58
4.2. Parasoles como medio de Control Solar.....	64
4.2.1. Parasoles Tensados. ....	65
4.2.2. Aleros Horizontales Reflectivos .....	67
4.3.3. Aleros Troquelados.....	68

5

## 5. ANÁLISIS FINANCIERO ..... 71

5.1. Reducción Energética Preventiva en función del acondicionamiento Térmico .....	71
5.2. Resultados .....	72
5.3. Cálculo de la Inversión.....	72

6

## 6. RESULTADOS APLICATIVOS Y CONCEPTUALES... 74

6.1. Propuesta Conceptual .....	74
6.2. Propuesta Aplicativa .....	78

## CONCLUSIONES GENERALES ..... 80

## BIBLIOGRAFÍA, SITIOS DE CONSULTA Y CONTENIDOS 82

## ANEXOS ..... 88

Anexo 1. Planos del Caso de Estudio .....	89
Anexo 2. Datos Climatológicos del Sitio del Caso de Estudio.....	94
Anexo 3. Primera Evaluación .....	100
Anexo 4. Solarbanz50 .....	105
Anexo 5. Saint Gobain Glass Air Diamant Double .....	111

## Introducción

La presente investigación se encuentra dividida a grandes rasgos en un proceso de investigación y generación de ideas, posteriormente de experimentación y evaluaciones para luego dar paso a los resultados. En la primera fase se ubica a un marco teórico, dentro del cual es necesario hablar de la evolución de la arquitectura desde el momento en que contempla al medio en que se emplaza, posteriormente cuando ésta misma analiza los efectos medioambientales de su ejercicio, y que se pueden prevenir bajo una correcta y estudiada aplicación de tecnologías, replanteando así el concepto de arquitectura sustentable, teniendo como un objetivo intrínseco la eficiencia energética. Como se verá en algunas páginas, Olgay y un grupo de expertos del Club de Roma de manera independiente, hablan a la vez de soluciones tecnológicas que permitan desarrollar proyectos sustentables en cualquiera de los usos que existan. Sin embargo y de acuerdo a algunas consideraciones que se especifican a lo largo de éste marco teórico, se enfatiza la investigación al aspecto de reducción energética de un edificio bajo el concepto de aislarlo y controlarlo térmicamente, a razón de ahorrar energía por sistemas de acondicionamiento de aire, los cuales son representativamente los de mayor consumo de energía. Para ello, dentro del marco teórico se realiza un previo análisis de los sistemas integrales que existen y aportan ideas y soluciones a un proyecto, para después darse a la tarea de encontrar un caso de estudio, al que pueda realizarse dicho proceso.

A partir de lo descrito, se concentra la fase de experimentación y evaluaciones de propuestas, las propuestas prácticas corresponden a las tecnologías mostradas e implementadas en el proyecto, con lo que se analiza la idea central de la investigación sobre que hipotéticamente y partiendo de criterios sustentables, es posible generar un manual de estrategias para lograr la eficiencia energética en la térmica de un edificio, en base al análisis del edificio de oficinas de una nave industrial en la Ciudad de Querétaro, el cual, se determina como caso de estudio, luego de una tabla de selección de proyectos posibles, en donde se esclarece lo que es necesario hacer al caso de estudio y cuál de los tipos de proyectos es apto o no para llevar a cabo una intervención tecnológica; por lo que luego de un análisis, se determina que dadas las condiciones de accesibilidad a realizar estudios, simulaciones y propuestas a un proyecto en proceso de realización, pero sobre todo real y que permite la intervención en la fase de diseño como se tiene dentro de los objetivos, el caso de estudio se ubica en la Ciudad de Querétaro, **teniendo como principal características, que hasta el día de hoy, no se ha realizado ningún registro de tesis sobre ésta misma línea de investigación y mucho menos en dicha Ciudad, no obstante, la cercanía del proyecto en comparación con los otros dos, la magnitud del mismo, que permite cumplir el objetivo temporal de llevar a cabo como caso de estudio, la posibilidad de integrar las tecnologías presentadas, y la condicionante de poder manipular con mayor profundidad las simulaciones para obtener resultados más cercanos a la realidad y obtener una metodología concreta**, concluyendo con lo que es la propuesta teórica o también nombrada como conceptual, determinando la metodología a seguir, para lograr el ahorro térmico, mediante la implementación de sistemas de control térmico.

Finalmente, en la etapa de resultados es necesario estudiar lo obtenido de la experimentación por lo que se presenta un análisis financiero con cálculos de ahorro de energía y de retorno de la inversión, concluyendo con la determinación de las aportaciones aplicativas de la investigación, dando paso a la reiteración de la metodología.

# ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS

## 1. Arquitectura Sustentable y su Eficiencia Energética

En la búsqueda de establecer los criterios de arquitectura sustentable de los que se fundamenta la presente investigación, resulta necesario generar una definición de lo que es la arquitectura, que sea la base de toda la concepción de éste documento, no resulta ser un asunto sencillo, dado que depende de los principios de quien define el concepto, su visión, su orientación profesional e incluso las bases académicas de su formación, ya que para los arquitectos paisajistas puede ser una definición más encaminada hacia el emplazamiento sobre el cual se asienta un proyecto habitable; sin embargo para un arquitecto bioclimático, la concepción de arquitectura debe determinarse por las bases que la naturaleza dota a un proyecto de acuerdo a su posición dentro de un plano, el cual determinará soluciones ecológicas sobre la calidad de un proyecto para situar al hombre a su interior; por otra parte, para un arquitecto puramente tecnólogo, la arquitectura como definición debe involucrar al hombre, al espacio, sus actividades y necesidades dentro de un proyecto con la más alta vanguardia tecnológica creada por la ingeniería y la arquitectura en conjunto, donde se puedan otorgar soluciones ambientales, físicas al interior y exterior del inmueble, desde el confort hasta la seguridad del usuario, dentro de un ambiente multidisciplinario. No obstante ante estas orientaciones profesionales, las bases de la historia de la arquitectura nos remontan a una definición que establece que *“La arquitectura es una ciencia adornada de otras muchas disciplinas y conocimientos [...] es práctica y teórica. La práctica es una continua y expedita frecuentación del uso, ejecutada con las manos, sobre la materia correspondiente a lo que se desea formar. La teórica es la que sabe explicar y demostrar con la sutileza y leyes de la proporción, las obras ejecutadas”*.<sup>1</sup>

De acuerdo a lo mencionado por Vitruvio, entonces, a la arquitectura se le involucra con múltiples disciplinas, que se ven presentes en la realización de su ejercicio, y necesarias de acuerdo al objetivo final del proyecto, para el caso de la investigación que se realiza aquí, la arquitectura debe tener una implícita relación con los involucrados en la realización de proyectos sustentables, ya que se busca plasmar los criterios que la sustentabilidad desarrolla, para en el caso que atañe aquí, lograr una eficiencia, que permita claramente lograr un objetivo, sobre un caso para un bien establecido. “En gran medida la crisis ambiental es una crisis del diseño [...] Es la consecuencia de cómo se hacen las cosas, como se construyen los edificios, y se utilizan los espacios [...] El diseño manifiesta la cultura, y la cultura se basa firmemente en los fundamentos que creemos son verdad del mundo.”<sup>2</sup> Por esto, se considera que si a la arquitectura se le involucra desde un inicio e intrínsecamente con su exterior, en conjunto con los conocimientos y aportaciones de las demás disciplinas, se puede lograr evitar las crisis ambientales, por lo menos una de las más importantes, la energética, buscando lograr una eficiencia en el proyecto.

Buscando emplazar las bases y criterios de sustentabilidad en la asociada relación con la arquitectura, se desarrollan las siguientes temáticas que finalmente darán pie a la realización de una metodología, para lograr la eficiencia que ya se mencionó, misma que se verá apoyada más adelante por la implementación en un caso de estudio.

### 1.1. Tendencias Sustentables en la Arquitectura

Si bien como se verá, la sustentabilidad es específica dentro de un concepto, siendo este mismo el que se aplica y relaciona al entorno arquitectónico, esta relación, estas bases, y estos criterios en el que hacer de un proyecto, se verán

<sup>1</sup> Vitruvio Polion, Marco, “Los diez libros de arquitectura”, Ed. Ediciones Akal, España, 1992, Pág. 2.

<sup>2</sup> McLennan Jason, “The Philosophy of Sustainable Design”, Ed. Ecotone, Kansas City 2004. Pág. Índice.

reflejados poco a poco a partir de este marco teórico, y hasta su posterior aplicación dentro del análisis y desarrollo del caso de estudio, aun cuando sea en un proceso descriptivo únicamente.

La sustentabilidad, está fundamentada en las limitaciones y potencialidades que ofrece la naturaleza, en relación con la complejidad ambiental, con la necesidad de una nueva visión del mundo para enfrentar nuevas perspectivas. El concepto promueve una alianza entre la naturaleza y la cultura para entablar relaciones económicas, con potencialidades éticas sobre la tecnología y la ciencia.

*“Como puede verse, con el paso del tiempo la sustentabilidad ha llegado a constituir un concepto que evoca una multiplicidad de procesos que la componen. Sin embargo, hay que decir que se trata de algo más que un término. La sustentabilidad es una nueva forma de pensar para la cual los seres humanos, la cultura y la naturaleza son inseparables.”<sup>3</sup>*

El hombre a su paso ha retomado los orígenes de su evolución, y ha creado una conciencia sobre la naturaleza, incluso en cuanto a situaciones espaciales, mantiene una dependencia física hacia la naturaleza, ya que es el medio que lo relaciona con el exterior, incluso en el desarrollo de un proyecto arquitectónico, no se pueden pasar por alto los espacios abiertos con vegetación desde los inicios de la arquitectura, con la evolución de los edificios, se requiere cada vez más tener el entorno más concreto a edificios, naturaleza y ciudades, convirtiéndose en un bloque que se crea como un hábitat al hombre o incluso una segunda naturaleza, siendo este su entorno diario y tangible.

El impacto ambiental que la arquitectura y la construcción tiene sobre el medioambiente son conocidos de manera inespecífica en la sociedad, en relación con el contexto global, se considera que aproximadamente *“una décima parte de la energía usada en la sociedad actual se dedica a la construcción y al mantenimiento de los edificios de viviendas y de oficinas. También se ha calculado que una parte muy significativa de los recursos físicos del planeta (madera, agua, recursos minerales [...]) se dedica a este sector. Reflejo de ello es que el 40% de los materiales usados en la sociedad moderna se convierten en materiales de construcción. La construcción del edificio, así como la producción y el transporte de los materiales necesarios, consumen tanta energía y produce tanta contaminación como diez años de funcionamiento del mismo. Consecuentemente, la forma en que se construye y habita incide en el estado del medio ambiente global, en aspectos como las destrucción de bosques, el deterioro del paisaje para la obtención de materiales, la degradación de los ríos, la contaminación del aire o el cambio climático derivado de las combustiones de procesos industriales relacionados con la producción de los materiales de la construcción.”<sup>4</sup>*

El conflicto ambiental relacionado a la arquitectura se da en dos momentos, el primero es la construcción del proyecto y el segundo llega con el funcionamiento del edificio, los gases producidos y emitidos en ambas etapas afectan contribuyendo al calentamiento global y deteriorando la capa de ozono.

Es importante reconocer el papel que representan los edificios y las ciudades en la búsqueda por lograr un Desarrollo Sustentable, ya que si se retoma el significado otorgado por la comisión Brundtland, relacionando el concepto con la larga vida de los edificios y de las ciudades, ambos mantienen futuros no determinados en cuanto a contaminación, recursos y gestiones medioambientales, sin embargo, en la búsqueda por ejercer la sustentabilidad, es aquí donde justamente la Arquitectura establece un punto trascendental en el desarrollo de los países y donde es necesario determinar una cultura económica, ambiental y social como se estableció en la reunión de 1972 aplicada a proyectos arquitectónicos y sus involucrados.

<sup>3</sup> Lef, Enrique, "La Transición hacia el desarrollo sustentable" Perspectivas de América Latina y el Caribe, Ed. PNUMA-INE-UAM, México 2002..

<sup>4</sup> Carles Saura, "Arquitectura y Medio Ambiente", Ed. Architectonics, Barcelona 2003, Pag.157

Tabla 1. Vida útil media de los diferentes elemento de la Arquitectura de acuerdo con Brian Edwards.

Acabados	10 años
Instalaciones	20 años
Edificios	Más de 50 años
Infraestructuras (carreteras, ferrocarriles)	Más de 100 años
Ciudades	Más de 500 años

“Los edificios también son grandes consumidores de materias primas. El capital medioambiental invertido en ellos es enorme, al igual que su impacto en términos de residuos:

- *Materiales: el 60% de todos los recursos mundiales se destinan a la construcción (carreteras, edificios, etc.).*
- *Energía: aproximadamente el 50% de la energía generada se utiliza para calentar, iluminar y ventilar edificios, y un 3% adicional para construirlos.*
- *Agua: el 50% del agua utilizada en el mundo se destina a abastecer las instalaciones sanitarias y otros usos en los edificios.*
- *Tierra: el 80% de la mejor tierra cultivable que deja de utilizarse para la agricultura se utiliza para la construcción.*
- *Madera: el 60% de los productos madereros mundiales se dedican a la construcción de edificios, y casi el 90% de las maderas duras.*<sup>5</sup>

De acuerdo con los estatutos expuestos en los tratados sobre arquitectura hechos por Vitruvio, se estipulaba que la arquitectura descansa en tres principios: la Belleza (*Venustas*), la Firmeza (*Firmitas*) y la Utilidad (*Utilitas*). Por lo cual aplicando estos preceptos es que se encuentra que **la arquitectura está en función de la belleza determinada por las formas y diseños realizados de un proyecto, la firmeza determinará la aplicación del proyecto en base a un parámetro conceptual que rige el desarrollo de éste, en este caso la sustentabilidad, y finalmente la utilidad que estará representada por toda aquella consideración del proyecto hacia el hombre, el ambiente, la sociedad y su desarrollo económico, social y medioambiental.**

El ámbito académico buscando adoptar y contraer conceptos y presionado por el Diccionario de la Real Academia española, concluyeron traducir “Sustainable” como “Sostenible” en su terminología al español, sin embargo este concepto fue adoptado de manera muy común por el continente Europeo, mientras que en América Latina, se maneja la palabra “Sustentable” refiriéndose al mismo objetivo, aunque para muchos el enfoque de ambas palabras es completamente diferente, ya que Sustentable, involucra los tres aspectos del desarrollo implantado por la comisión de Brundtland, mientras que sostenible, hace una referencia, hacia la capacidad del proyecto de ser autosuficiente mediante sus propios recursos.

Retomando uno de los antecedentes del Desarrollo Sustentable tal como lo es la reunión de Río de Janeiro, mientras ésta convención se llevaba a cabo, paralelamente diversos académicos, investigadores y profesionales de las naciones del mundo realizaban debates sobre el estado de conocimiento referente a la Sustentabilidad, sus orígenes, causas y consecuencias, así como los avances en cada línea del conocimiento de los asistentes a este debate, presentándose durante las reuniones, centenares de trabajos provenientes de todos los campos de conocimiento, en donde se encontraban los **arquitectos** preocupados por el medio ambiente, presentando a la Arquitectura Solar, Arquitectura

<sup>5</sup> Edwards Brian, “ROUGHT GUIDE TO SUSTAINABILITY”, Ed. RIBA Enterprises, Londres, 2005. Pág. 24

Bioclimática, Arquitectura Ecológica y a la Arquitectura Alternativa, *“para satisfacer las necesidades de los proyectos futuros, permitiendo la integración del hombre, el espacio y la naturaleza, buscando generar el menor impacto ambiental posible bajo diversas estrategias y estudios.”*<sup>6</sup>

El objetivo por una reducción en los recursos preferencialmente energéticos, da paso a la *“Arquitectura bioclimática; Ecodiseño; Arquitectura ambiental, ecológica o solar; Helioarquitectura; Ecoarquitectura; Edificios Verdes; Arquitectura Sustentable, tales son los nombres de una misma esperanza de hoy, más que nunca, es la verdadera alternativa.”*<sup>7</sup>

De acuerdo a esto, a continuación se citan a las dos tipologías de arquitectura que se encuentran asociadas directamente a la arquitectura sustentable, siendo éstas, la ecológica y la bioclimática, las cuales son los principales fundamentos, de esta se determinan las relaciones al proyecto del caso de estudio que más adelante se encuentra y que permitirán apreciar y diferenciar las referencias bioclimáticas utilizadas, así como el punto en el cual se encuentran los criterios sustentables.

### 1.1.1. Arquitectura Ecológica

La ecología dejó de tener el significado estricto de la ciencia, para entablar una intrínseca relación con la naturaleza, por lo que al hablar de *“ecología, se consideran muchos aspectos físicos del entorno que rodea al hombre, donde se entiende y se da paso al hecho de que “la ecología estudia la relación entre los seres vivos y su entorno orgánico e inorgánico, lo que se traduce en la existencia de sistemas ecológicos o ecosistemas. Se basa en la consideración de que el planeta en su conjunto es un solo gran ecosistema que contiene, a su vez una serie de ecosistemas menores, todos interrelacionados y, muy importante, equilibrados entre sí, para hacer posible la subsistencia de todos. La arquitectura se incorpora a un ecosistema natural y debe adoptar y adaptar su funcionamiento para respetar el ecosistema local al máximo, así como colaborar en la preservación global.”*<sup>8</sup>

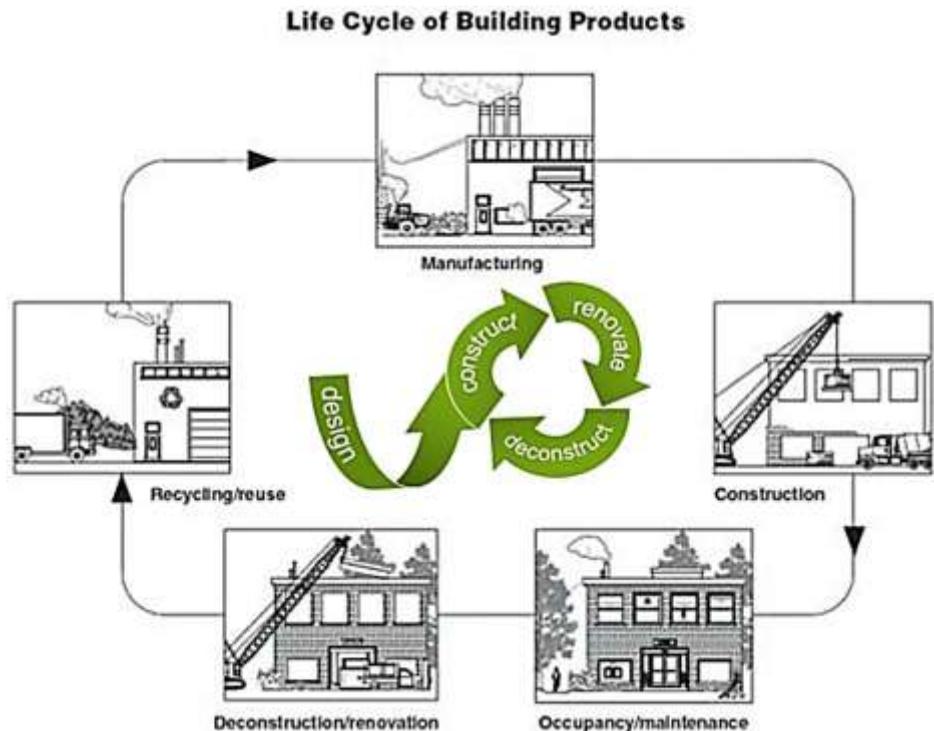


Imagen 1. Ciclo de Vida de un Edificio  
Fuente: <http://www.lifecycbuilding>.

<sup>6</sup> [http://es.scribd.com/jorge\\_caceres\\_2/d/58473676-Arquitectura-Sostenible-y-Sustentable](http://es.scribd.com/jorge_caceres_2/d/58473676-Arquitectura-Sostenible-y-Sustentable)

<sup>7</sup> Urbina Javier, "MAS ALLÁ DEL CAMBIO CLIMÁTICO" Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología UNAM. Pág. 253.

<sup>8</sup> Soria Francisco, "Pautas de diseño para una Arquitectura Sostenibles", Ed. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona 2004, Pág.72

La arquitectura ecológica es aquella que proyecta, programa, analiza, utiliza, recicla, demuele, reconstruye y construye edificios que pueden considerarse sostenibles ante el medio ambiente y para el hombre, emplazando edificios que optimizan el uso de materiales y de la energía, realizando siempre un Análisis del Ciclo de Vida, desde los materiales, el proceso de construcción, hasta la realización del propio edificio. El ACV es trascendental para evaluar el rendimiento de la arquitectura sobre el medioambiente con parámetros globales, estudiando detalladamente los complejos impactos que pueden generar en los procesos de construcción, uso y demolición; “El ACV identifica los flujos de materiales, energía y residuos que genera un edificio durante toda su vida útil, de manera que el impacto ambiental pueda determinarse por adelantado”.<sup>9</sup>

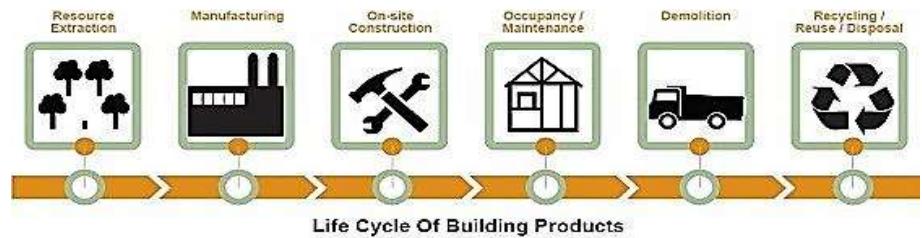


Imagen 2. Diagrama para el Análisis del Ciclo de Vida de los materiales de la construcción.  
Fuente: <http://www.naturallywood.com>

Generar arquitectura ecológica no es sencillo, ya que requiere de un detallado análisis al momento de la planeación y programación del proyecto, para que al construirse y operarse, las mediciones del comportamiento sean las estipuladas desde un inicio, para ello es importante destacar algunos aspectos necesarios, tales como:

- Realizar un exhaustivo análisis en cuanto a las necesidades del Proyecto, ya que mediante ello se determinan espacios y superficies que son indispensables o que pudieran manejarse como optativas bajo el criterio ecológico, de acuerdo a los impactos ambientales que estos generan y al emplazamiento del edificio.
- Determinar el grado de calidad que se mantendrá en el proyecto, ya que se considera que los edificios ecológicos tienen un alto grado de calidad y por lo tanto mayor grado de durabilidad en todos sus aspectos internos, son operables más fácilmente y el uso puede ser flexible a modificaciones, y por su ciclo de vida permiten ser reutilizables.
- La elección de los materiales de construcción, que pudieran ser certificados en cuanto al propio ACV para garantizar una ejecución limpia, la garantía de este punto puede ser referida por medio de una ecoetiqueta, elemento que hoy en día avala el proceso de realización de un producto.



Imagen 3. Representación gráfica de la toma de decisiones sobre las áreas de un Proyecto Ecológico, tomando en consideración las áreas que son realmente necesarias y las que pueden ser optativas de acuerdo a las necesidades.  
Fuente: <http://www.sidhecorporativo.com>

<sup>9</sup> Edwards Brian, “ROUGHT GUIDE TO SUSTAINABILITY”, Ed. RIBA Enterprises, Londres, 2005. Pág. 111-114

- Implantar un método o sistema de gestión de los residuos de acuerdo a las etapas del proyecto, desde su construcción, uso y reutilización o eliminación, según sea el caso.
- Considerar y estipular medidas y estrategias que lleven a la eficiencia energética, involucrando aspectos de diseño, ejecución, construcción y uso, donde se minimicen las pérdidas de energía y por el contrario se promueva el uso de elementos renovables y que generen un ahorro energético. Para ello el proyecto puede apoyarse principalmente de las situaciones de orientación y comportamientos del clima y su entorno y establecer soluciones arquitectónicas.
- Establecer el criterio ecológico como un proceso de calidad, que comienza con una implantación de objetivos desde el propietario, proyectista, constructor, administrador, promotor y usuarios, donde todos los involucrados determinen y realicen sus funciones en base a lo estipulado, para lograr una óptima calidad ecológica.

De manera general, el proyecto ecológico debe representar la reducción en base a los procesos y materiales empleados, y la minimización de costos relativos a la energía empleada desde sus procesos intrínsecos, hasta los relacionados a la gestión del edificio, donde se pueden adoptar soluciones aportadas por estrategias arquitectónicas, naturales hasta de materiales, para lograr reducción en costos energéticos, de recursos, de operación y favoreciendo al ambiente, al hombre y su desarrollo.

### 1.1.2. Arquitectura Bioclimática

Parte primordial del desarrollo de esta investigación lo retoman las consideraciones bioclimáticas que se deben tener al inicio del estudio del caso en cuestión, por ello es necesario establecer claramente la línea de investigación bioclimática que surge de mayor importancia para efectos del presente documento, es decir, la bioclimática como se sabe, es una amplia rama de la arquitectura, y requiere de un excelente dominio y conocimiento para poderse explotar al máximo los beneficios del entorno de un proyecto, siempre y cuando éste último se pueda manipular, sin embargo para casos como el que atañe más adelante, el proyecto se encuentra establecido y sujeto a adaptaciones arquitectónicas, más no a modificaciones de emplazamiento y demás, por ello es necesario sentar las bases bioclimáticas de las que se verá necesario estudiar y considerar al caso de estudio.

Empezando por definir, se puede determinar que *“La arquitectura bioclimática no es un enfoque bioclimático de la arquitectura, es por el contrario, una vuelta a la naturaleza y a la realidad; es una reconsideración de la relación del hombre con el medioambiente; es una recuperación, a través de la historia y de la cultura, de las constantes y valores arquitectónicos que han estado siempre presentes y han sido patrimonio de la arquitectura y de la ciudad de los hombres. Podríamos ampliar su significado llamándola arquitectura medioambiental.”*<sup>10</sup>

### EL CÍRCULO BIOCLIMÁTICO



Imagen 4. Círculo Bioclimático desarrollado por la empresa Arquidia, que convierte criterios de evaluación del GBC de España a criterios de diseño de edificios con la finalidad de la realización óptima de proyectos y construcciones de Arquitectura Bioclimática.

Fuente: <http://arquidia.blogspot.com>

<sup>10</sup> López de Asiain Jaime, "Arquitectura, ciudad, medioambiente", Ed. Universidad de Sevilla, 2001. Pag.51

La arquitectura bioclimática al igual que la ecológica, surge de la preocupación por la naturaleza buscando la preservación y aprovechamiento de los recursos renovables, es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para lograr el confort de los usuarios tanto al interior como al exterior del inmueble, valiéndose exclusivamente del diseño y elementos arquitectónicos, así como de sus materiales de construcción, procurando una reducción a su vez, en los consumos de energía con el objetivo de colaborar de manera directa en la minimización de los problemas ecológicos que derivan de ello, buscando ser en definitiva la arquitectura adaptada al medio ambiente y sensible a la naturaleza.

*“La concepción bioclimática busca diseñar edificios adaptados a su propio clima utilizando con acierto las transferencias naturales de calor (hacia y desde el edificio) y los recursos que la naturaleza ofrece (sol, viento, vegetación, tierra, temperatura ambiental) con la intención de crear condiciones de confort físico y psicológico limitando el uso de sistemas mecánicos de calefacción o climatización, lo que representa un ahorro importante para la sociedad.”<sup>11</sup>*

Lo anterior es determinante para el estudio del proyecto a analizar, dado que de lo aquí descrito, surgen las mayores consideraciones sobre el ambiente, mismas que proveen al caso de estudio de fuertes características de las cuales se valdrán las aplicaciones a desarrollar.

La bioclimática se apoya directamente en las condiciones del terreno, el movimiento del Sol, los vientos dominantes, etc., para con estos elementos analizar y diseñar una correcta distribución de los espacios, para determinar el comportamiento del edificio con respecto a su emplazamiento con el fin de conseguir una eficiencia energética. No busca generar elementos ajenos al concepto arquitectónico por el contrario, involucra en el diseño a aspectos ya existentes para aprovechar los recursos naturales de su contexto sin condicionar el proceso de construcción, mucho de esto, siempre y cuando se puedan tener opciones de manipulación al proyecto.

Víctor Olgyay, considerado como el precursor de la bioclimática al establecerla como una disciplina dentro de la arquitectura, consideró que la arquitectura moderna no contempla las diversas regiones que se encuentran en el mundo, por lo que era necesario proyectar y construir con soluciones climáticas en balance y adaptadas al ambiente propio de cada región, valiéndose de datos meteorológicos, biológicos y de ingeniería para realizar un objetivo proyecto arquitectónico. Su metodología de puede simplificar de la siguiente manera.

1. Basarse principalmente en las condiciones climatológicas (temperatura, humedad relativa, radiación solar y vientos dominantes) del sitio a lo largo de un año, para datos fiables, de igual forma analizar condiciones de microclimas propios del sitio.
2. Realizar evaluaciones en cuanto a las sensaciones humanas con respecto al entorno, lo que es igual a estudiar y establecer parámetros de confort para los usuarios.

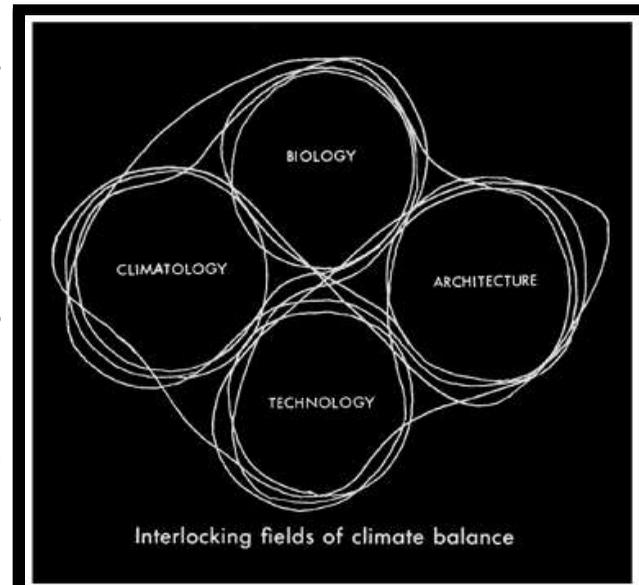


Imagen 5. Olgyay relaciona métodos y conocimientos de otras disciplinas como la biología, la meteorología y climatología, la ingeniería y la física en cuanto a transferencia de calor y masa para aplicarlos a cuatro regiones climáticas. De estas relaciones buscó la relación con la arquitectura en función que esta fuera condicionada por factores tales como la orientación, las formas de la edificación, el emplazamiento y el entorno, los efectos del viento y los materiales.

Fuente: <http://architecture.mit.edu>

<sup>11</sup> Camous Roger, "El Habitat Bioclimático" de la concepción a la construcción, Ed. Gustavo Gili, México 1983. Pag.11

3. Posterior a la definición de los requerimientos bioclimáticos de confort, estos se relacionan a los elementos adversos que suceden en el clima para en base a los impactos analizados realizar un balance en el proyecto y en la construcción en cuanto a términos climatológicos al interior y exterior del inmueble, para lo que se deben considerar puntos como:
  - Características del lugar en climas extremos (fríos y calurosos)
  - Análisis de las relaciones de ganancias solares y radiaciones por periodos estacionales de acuerdo a la orientación del sitio.
  - Penetraciones solares y sombras.
  - Propiedades y características térmicas de los materiales a utilizar.
  - Estudios sobre el viento dominantes para calcular los flujos de aire en el interior y dimensiones de vanos y ventanas.
4. La aplicación de los resultados obtenidos al proyecto se desarrolla de acuerdo las prioridades de los elementos para lograr la relación clima-confort.

Realizar un análisis bioclimático para desarrollar un diseño integral, resulta algo complejo, pues involucra toma de datos, diagnóstico y propuestas de estrategias en las diversas etapas del proyecto, seleccionando cualitativamente parámetros a favor y en contra, para diversificar de esta forma en las propuestas y soluciones del proyecto.

Las temáticas anteriores, son de vital importancia para la aplicación más adelante al caso de estudio, dado que antes de realizar una búsqueda de soluciones tecnológicas, es necesario asociar el proyecto con el entorno más próximo, el exterior, tal y como lo veremos en capítulos posteriores, en los que se puede observar que la bioclimática es el principal factor del cual se sostiene la cultura sustentable misma que se aplica al caso en cuestión de la presente investigación.

## 1.2. Arquitectura Sustentable

Como se detallan en el tema 1.1, el término Arquitectura Sustentable, proviene de la terminología "Sustainable", que en muchos casos traducen al español como "Sostenible", manejando ambos como sinónimos, por lo que es importante detallar y reafirmar nuevamente que para objetos del presente trabajo, la Sustentabilidad representa como se ha visto, la trascendencia del desarrollo sustentable en base a parámetros medioambientales, ecológicos y sociales, mientras que de lado, la Sostenibilidad apunta directamente hacia la capacidad de un proyecto de ser autosuficiente, cualquiera que éste sea de bases sustentables, lo posibilita a ser autosustentable, entendiéndose que sus propios recursos le dan la sostenibilidad.

La Arquitectura Sustentable representa el englobe de los tres pilares de la Sustentabilidad, dentro de un proyecto arquitectónico y proceso constructivo. Éste enfoque va más allá de una tendencia, aplica variables antes descritos por la arquitectura bioclimática y ecológica para apoyarlos mediante la implementación de tecnologías mecánicas y automatizables (Error! No se encuentra el origen de la referencia.), que permitan eficientar dichos parámetros, buscando maximizar el desempeño energético de un inmueble, esto aunado a el rol económico que se ubica en función del ahorro energético que con lleva al ahorro económico y en la inversión en tecnología que tiene que contar con la fundamentada amortización de dicha inversión y en muchos casos hasta el significado en condonación de impuestos, esto aunado al valor del inmueble en cuestión y la

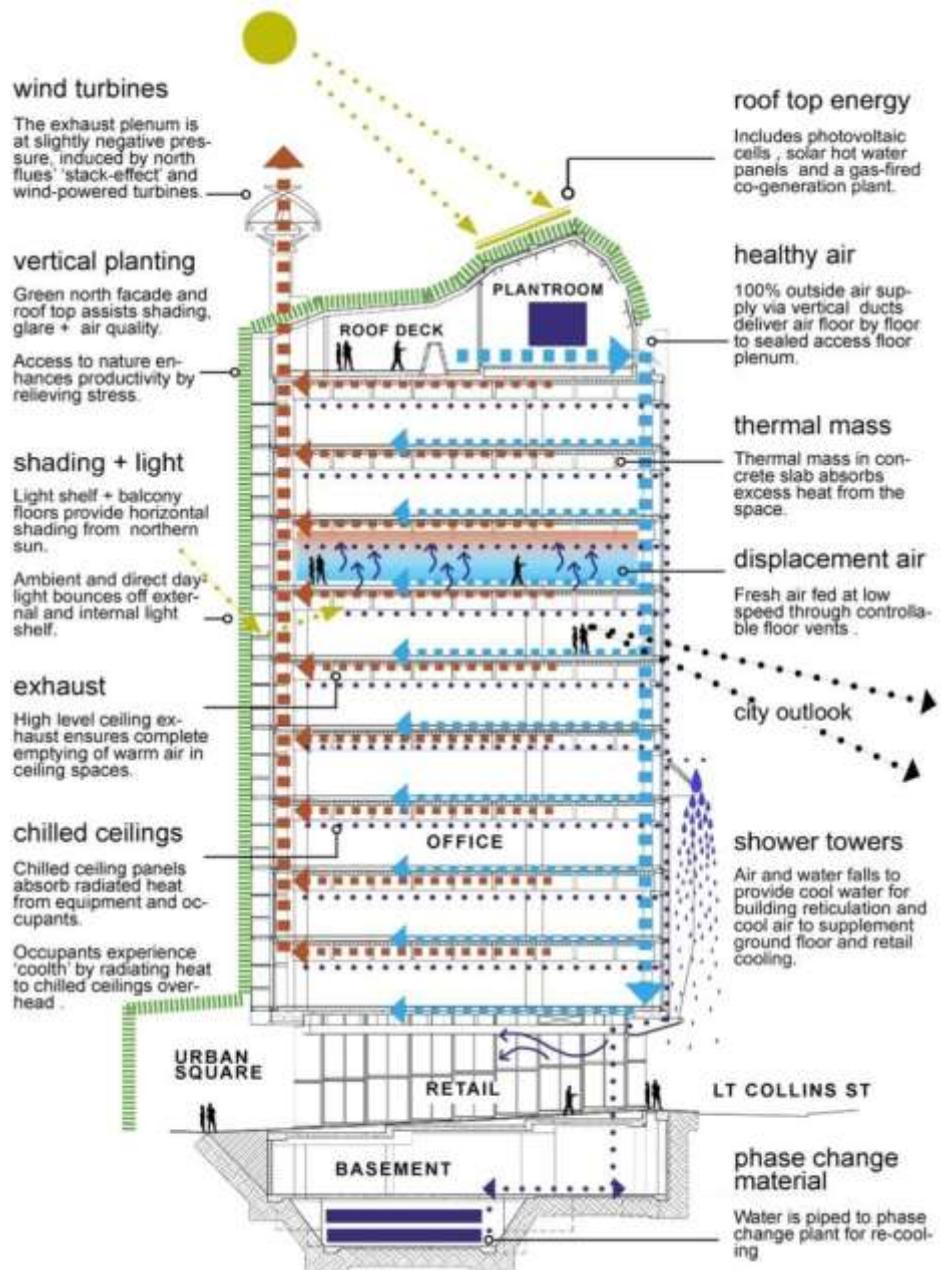


Imagen 6. Edificio que muestra la solución sustentable al proyecto, combinando criterios bioclimáticos con tecnologías sustentables, para la gestión energética y su desempeño.

Fuente: <http://www.c40cities.org>

mercadotecnia que involucra al usuario de dicho espacio. En línea paralela se ubica el contexto arquitectónico social de la arquitectura sustentable, en donde se busca generar el beneficio que este otorga a las futuras generaciones como bien lo dice la definición de sustentabilidad, este implica paralelamente una muestra de ética social y moral, un responsabilidad empresarial y personal de los involucrados tales como propietario, despacho del proyecto, desarrollador y usuarios, pues una arquitectura sustentable involucra grupos interdisciplinarios y multidisciplinarios en todos los ámbitos, siempre orientados a la ejecución de los tres pilares de la sustentabilidad en igualdad de condiciones fomentado un modelo de crecimiento social, equitativamente económico y que resguarde los recursos.

La sustentabilidad arquitectónica logra eficiencia en el consumo energético que demanda un edificio, esto se realiza mediante estrategias de ahorro de energía optimizando recursos de iluminación, ventilación, utilización de agua, materiales y

desechos de manera natural o artificial con bases tecnológicas. Este contexto arquitectónico busca establecer cada una de estas estrategias de manera integral representando un ahorro en la fase operativa del edificio, prologando de esta forma la vida útil del inmueble, logrando que los valores de costo – beneficio impacten a favor del retorno de la inversión en parámetros tangibles como los índices de productividad y eficiencia, promoviendo el bienestar del capital humano situado en su interior.

En la búsqueda por la realización de la arquitectura sustentable, los profesionales, académicos e investigadores han sobrepuesto nombres alternos, llamándola arquitectura verde, arquitectura sostenible, arquitectura ambientalmente inteligente, todos bajo los parámetros sociales, económicos y de recursos.

Los objetivos de la Arquitectura Sustentable involucran:

- Los principios de la Bioclimática sobre la consideración de las condiciones climáticas, el entorno y el ecosistema del sitio, para el máximo rendimiento con el mínimo impacto.
- Categorizar materiales en cuanto al bajo o alto contenido energético, para una eficaz planeación en su moderación al usarlos.

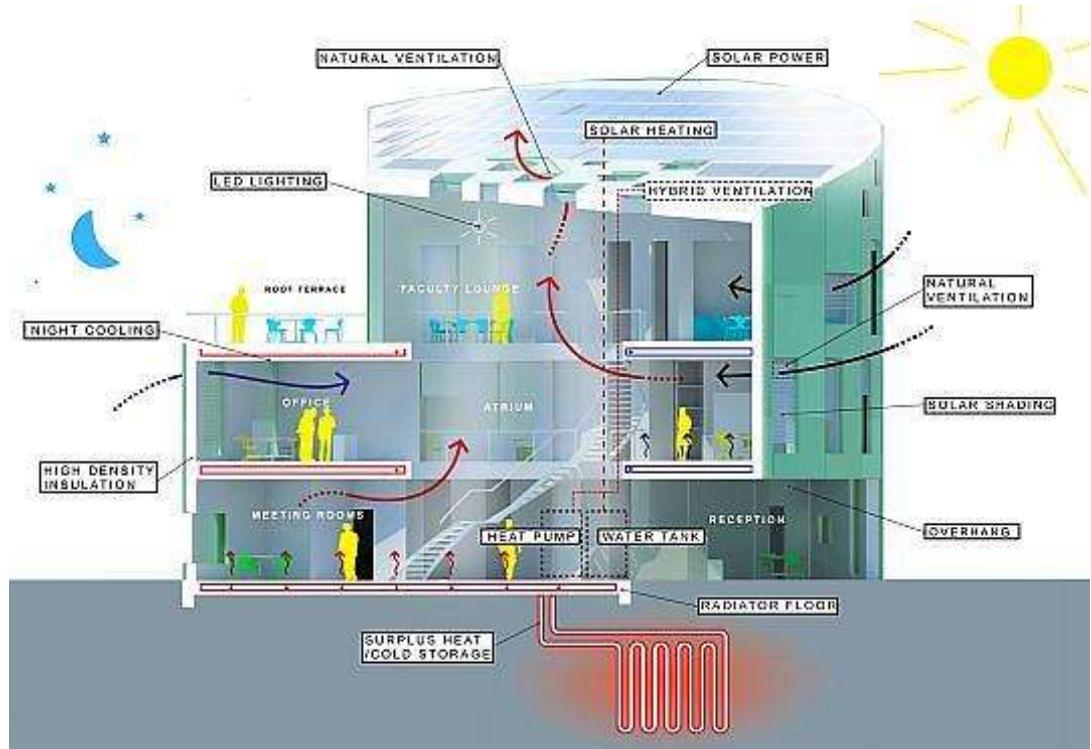


Imagen 7. Estrategias tecnológicas de Diseño Integral Sustentable, soluciones activas y pasivas.  
Fuente: <http://www.robaid.com>

- Un estudio sobre la gestión energética, promoviendo la reducción en sistemas de climatización, iluminación y demás equipos, buscando acercarse más hacia la utilización de recursos renovables y la generación de energía.
- Balanceo energético global del edificio, desde el diseño, proyecto, construcción, operación y final de su ciclo de vida.
- El óptimo cumplimiento de confort térmico, lumínico y de habitabilidad al interior y exterior del inmueble.

La principal meta (más no la única) de esta arquitectura, es la eficiencia energética, buscando entablar proyectos con soluciones de ahorro, de captación y de generación de energía. Hoy en día, los edificios sustentables, ya integran sistemas que van desde climatización activa y pasiva, generación de energía, procesos de geotermia, hasta la incorporación de generadores eólicos, todos como medidas de solución y estrategias previamente analizadas.

### 1.2.1. Inteligencia en la Arquitectura Sustentable

“La ecología y la tecnología apenas acaban de dejar atrás su eterno enfrentamiento, para superar los límites de su confrontación ideológica. Hoy en día, las estrategias para lograr un desarrollo sustentable integran necesariamente ambos campos, en una nueva y audaz visión del futuro. La sustentabilidad, el término que la conferencia de Río de 1992 hizo famoso, se está introduciendo en todas las actividades humanas, y las disciplinas de diseño y la planificación urbanas no son una excepción. Sus nuevos objetivos son el diseño, el desarrollo y la gestión de “comunidades humanas sustentables”. Las ciudades empiezan a ser consideradas como complejos ecosistemas

artificiales, contruidos en primera instancia para satisfacer necesidades humanas, pero también con capacidad para proporcionar un biotipo a otras especies, y cuyo impacto sobre el entorno natural debe ser rigurosamente gestionado. La contribución de la tecnología a este audaz e innovador planteamiento resulta especialmente evidente en dos aspectos concretos. Por un lado, lo que podría definirse como “ecotecnología” después de tres décadas de intensa investigación

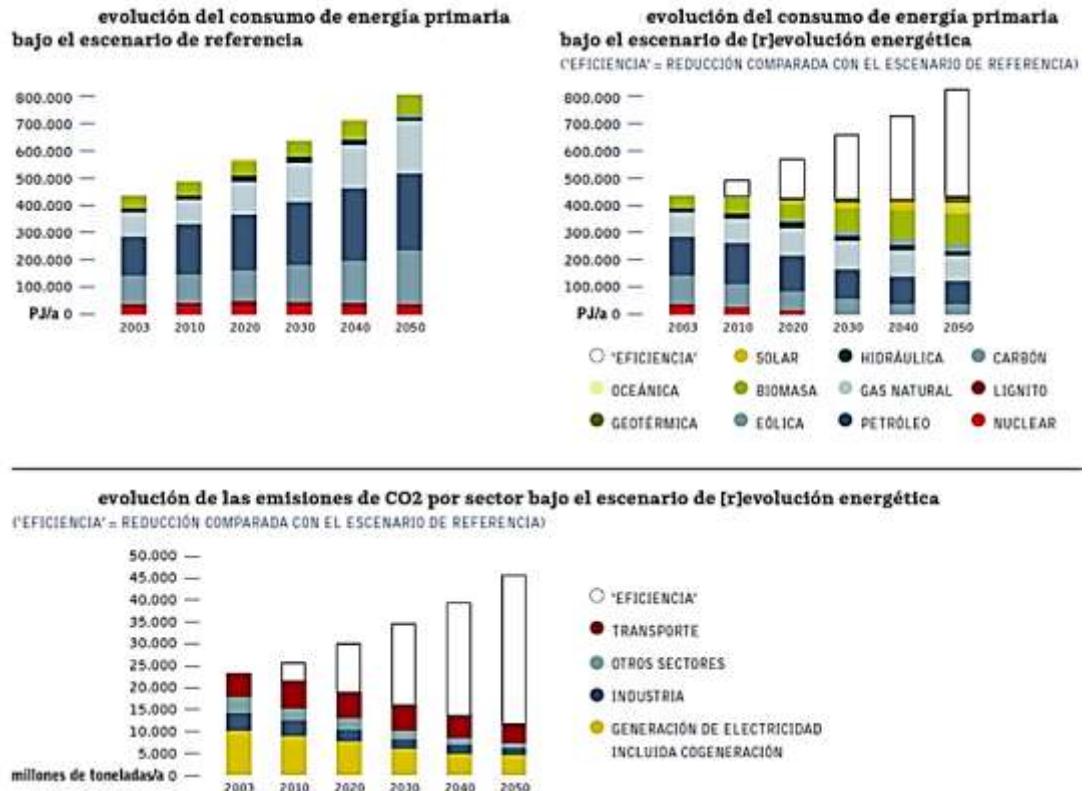


Imagen 8. Tablas sobre los escenarios futuros de desarrollo global en cuanto a la estipulación de la EFICIENCIA mediante sistemas de TECNOLOGÍA. Estudio titulado [R] evolución energética (pdf) por el Consejo de Energía Renovable Europea (EREC) y Greenpeace Internacional, que concluye que “la mitad de la energía del mundo necesita en el año 2050 podría ser conocida por las energías renovables y mejora de la eficiencia”, informe que apoya al documento del Factor 4 del el Rocky Mountain Institute. Fuente: [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)

teórica y aplicada, ya permite hoy en día hacer un uso más racional de las fuentes de energía renovables y no renovables. El reciclaje de residuos sólidos y líquidos, el recurso a fuentes alternativas de energía o a la creación de microclimas ya no son meras utopías sino realidades efectivas y tangibles que están funcionando satisfactoriamente en muchos lugares del mundo, tanto a escala urbana como en edificios concretos. La otra innovación tecnológica importante, que ya está afectando al funcionamiento y a la configuración de nuestras ciudades, es la convergencia de tecnologías en los campos de la informática, las telecomunicaciones y los medios de comunicación.”<sup>12</sup>

El factor 4, es un informe realizado bajo encargos del Club de Roma al Instituto para el Clima, Medio Ambiente y Energía de Wuppertal (Alemania) y el Rocky Mountain Institute (Estados Unidos), donde se enmarca que al adentrarse cada vez más la sociedad a la tecnología, es necesario concientizar que ésta constituye la mayor fuente de soluciones para hacer un uso más eficiente de la energía y los materiales sin perder calidad de vida con la posibilidad de incluso, duplicar de acuerdo a sus análisis, el bienestar mundial, enmarcando un camino hacia la sustentabilidad mediante la revolución de la eficiencia energética.

“Según el Rocky Mountain Institute (famoso grupo de expertos sobre el medio ambiente) la humanidad podría cuadruplicar su productividad sin consumir más recursos. Esta idea, conocida como “factor cuatro”, se basa en la creencia de que mediante



Imagen 9. Proyecto de Eficiencia Energética con solución el Alta Tecnología.  
Fuente: <http://autonomousbuilding.blogspot.com/>

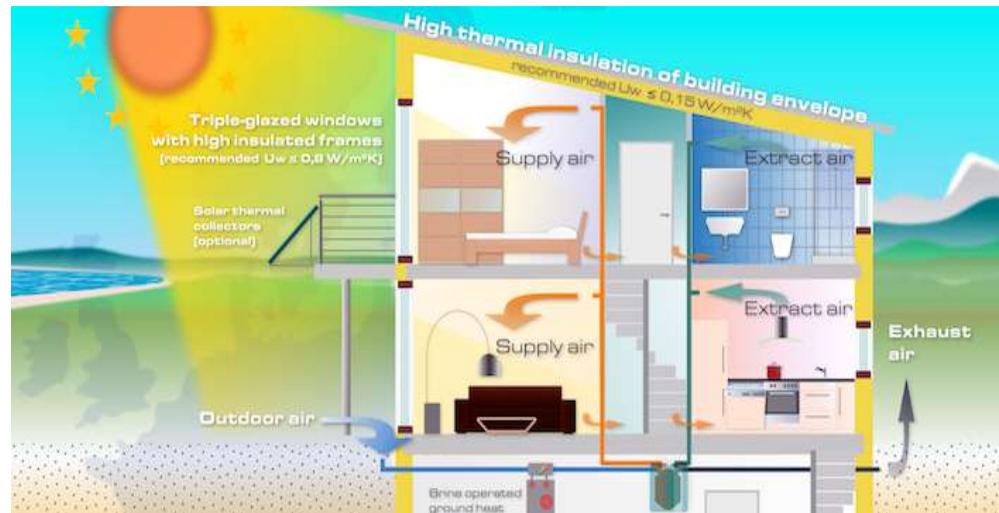


Imagen 10. Proyecto residencial con estrategias de Baja Tecnología.  
Fuente: <http://zeroemissionproject.com>

<sup>12</sup> Ruano Miguel, “ECOURBANISMO” (Entornos Humanos Sostenibles: 60 Proyectos), Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1998. Pág. 11

*tecnologías más eficientes, un mayor uso del reciclaje, una mejor gestión y diseños más eficaces, la sociedad podría crecer sin causar más daños ecológicos.”<sup>13</sup>*

Si bien esta ideología no es la única solución, resulta la más acorde a los tiempos actuales y la que de alguna forma se ha constituido con el paso de los años, y es que en la sociedad contemporánea, la tecnología y el ingenio, han representado las soluciones más confiables a la mayor parte de las problemáticas existentes. Dicho informe editado por última vez en el año 1997, reafirma lo establecido por el documento de “Más allá de los límites del crecimiento”, del Instituto Tecnológico de Massachusetts presentado por el Club de Roma, indicando que si el crecimiento económico mundial continúa en aumento, la obsolescencia planetaria será una realidad ineludible.

En la arquitectura se han diferenciado en el ámbito tecnológico, dos corrientes con bases tecnológicas distintas, el Low Tech y el High Tech, quienes comúnmente se enfrentan en los proyectos, ambas con el objetivo de minimizar el impacto ambiental diseñando en base a las estrategias de alta tecnología (high tech) o de baja tecnología o tecnología pasiva (low tech).

La solución de un proyecto por parte de ambas corrientes se da de la siguiente manera:

**“Alta Tecnología:** La respuesta proyectual incorpora toda la tecnología disponible para lograr el objetivo de bajo impacto que se pretende. Se aprovechan la luz y energía solar a través de colectores solares, celdas fotovoltaicas, fachadas de doble piel, cristales inteligentes, etc. La forma del edificio esta solo parcialmente condicionada por los factores naturales, ya que los dispositivos tecnológicos son capaces de adaptarse o colocarse a conveniencia.

**Baja Tecnología:** La respuesta proyectual pretende incorporar al propio edificio elementos naturales para generar espacios verdes, se combinan la utilización de tecnología avanzada con la de materiales naturales. Se utilizan mayoritariamente técnicas pasivas como aislantes e impermeabilizaciones artificiales, vegetación en elementos estructurales, etc.”<sup>14</sup>

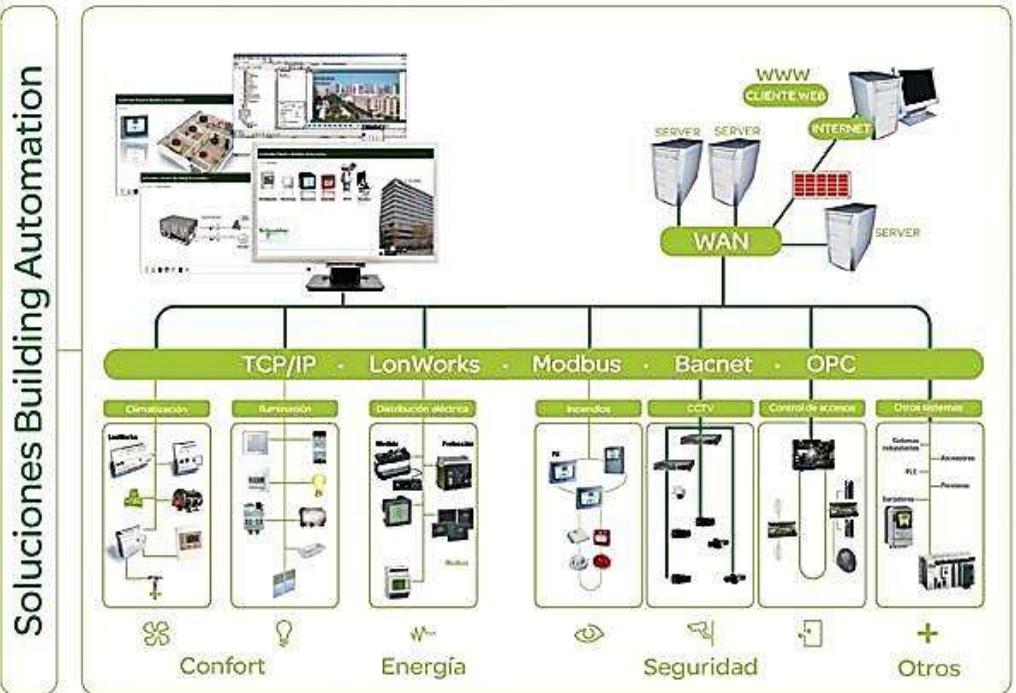


Imagen 11. La empresa Schneider comparte en su página de internet, un sistema sobre la gestión y automatización de las diferentes áreas de un edificio, bajo criterios y tendencias sustentables, con el objetivo del rendimiento energético. <http://www.schneiderelectric.es>

<sup>13</sup> Edwards Brian, “ROUGHT GUIDE TO SUSTAINABILITY”, Ed. RIBA Enterprises, Londres, 2005. Pág. 7

<sup>14</sup> Soria Francisco, “Pautas de diseño para una Arquitectura Sostenibles”, Ed. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona 2004, Pág.59

Sistemas de automatización y de seguridad, implementación de tecnologías en materia de electrónica y comunicaciones, sustentabilidad, arquitectura y diseños vanguardistas son los elementos principales que resumen el concepto de lo que actualmente se considera como un edificio inteligente. La evolución fue a principios de la década de los 80 cuando en EU se comenzó a hablar de edificios inteligentes que ofrecían sistemas de comunicación y ahorro de energía introduciendo un nuevo concepto en diseño y construcción. También integra aspectos relacionados con la sustentabilidad, al ser amigable con el medio ambiente, aprovechando al máximo el clima, la ventilación e iluminación natural y artificial; al incorporar sistemas automáticos para ahorro de agua y utilizar materiales sin emisiones contaminantes. En su diseño se considera la localización, la orientación, la forma de las estructuras; dispositivos de control climático. Administración de espacios para ofrecer comodidad, niveles adecuados de iluminación, control de ruido y ambientación, por lo que a partir de aquí, inician el camino hacia ser edificios inteligentes y sustentables o tecnológicamente sustentables.

La Arquitectura Sustentable ha permitido la introducción de los criterios tecnológicos antes mencionados, realizando exhaustivos análisis para determinar las áreas y tipo de instalaciones que requieren de tecnología pasiva, y aquellas que para su óptima eficiencia requieren el apoyo de tecnologías activas o alta tecnología. Es importante destacar que la inteligencia de un edificio se mide en cuestiones de que tan autosuficiente es el edificio en cuestión de responder ante requerimientos y necesidades, involucrando diversas tecnologías, las cuales deben ser evaluadas de acuerdo al lugar en que se emplaza, para evitar que haya una sobrecarga tecnológica, que lejos de

beneficiar al proyecto, pueda engrosar el gasto energético, al cual se pretende disminuir, de ésta misma forma es que en el caso de estudio, en primera instancia se realizaran los análisis bioclimáticos correspondientes, para determinar cuáles de las tecnologías analizadas con posibilidad a implementación, son viables tanto económica como energéticamente, una base fundamental puede ubicarse en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se aprecian mediante

## THE COMMONALITY OF SMART AND GREEN BUILDINGS

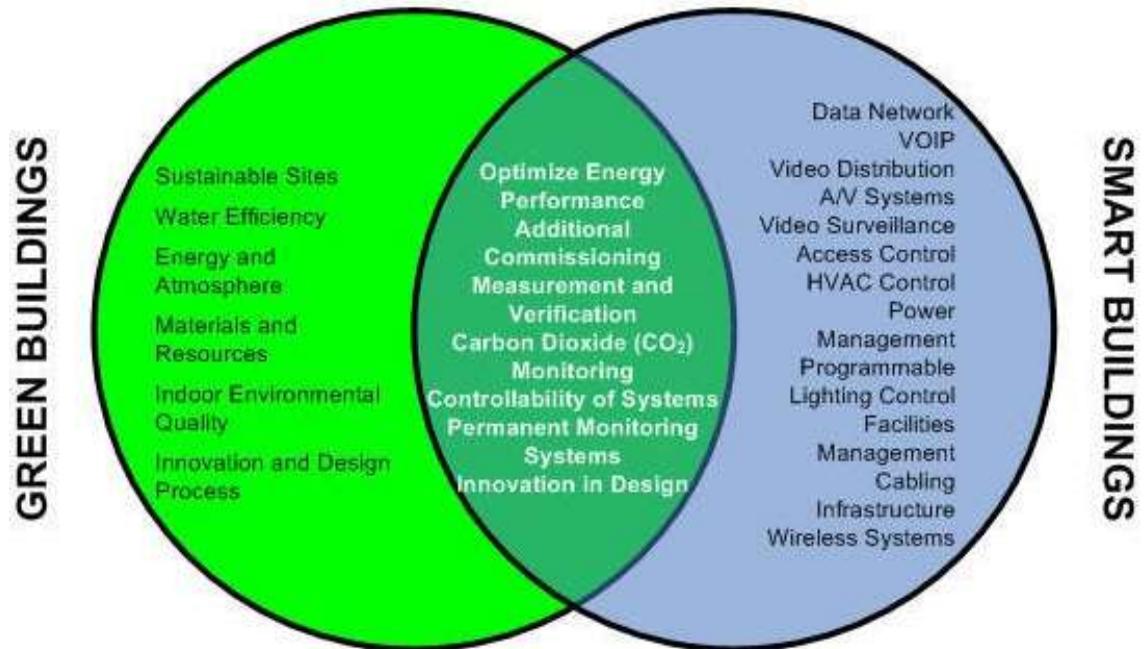


Imagen 12. Diagrama de Venn sobre las consideraciones comunes para un edificio sustentable, proviniendo de criterios verdes o ecológicos e inteligentes.

Fuente: <http://www.automatedbuildings.com>

un diagrama de Venn, los principales punto en común entre los edificios verdes e inteligentes, para otorgar la sustentabilidad.

### 1.3. Eficiencia Energética

Como ya se ha mencionado previamente, la eficiencia energética es una las principales metas a lograr por parte de la arquitectura sustentable, más no la única, para ello, se vale de la intervención de equipos multidisciplinarios, expertos en sus materias y que analicen y utilicen diversas técnicas y estrategias para reducir los consumos de energía de un edificio, estableciendo primordialmente un ahorro, para posteriormente realizar una búsqueda de elementos que conlleven a la captación e incluso generación propia del inmueble en cuestión, esto de acuerdo al objetivo a lograr, por lo que para el actual documento, se requiere lograr el ahorro energético, por medios térmicamente sustentables.

Es por esto que hay que ser claros en un concepto primordial, el aprovechamiento de energía. *“Por aprovechamiento Sustentable de la Energía, se entiende el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética.”*<sup>15</sup>

Constantemente resulta evidente e inevitable la necesidad de introducir en el proyecto arquitectónico criterios que consistan en bajar el consumo energético de edificio, ya que si bien, el proceso de construcción y eventualmente el de deconstrucción del edificio implican fuertes gastos de energía, el mayor consumo de recursos tanto de agua, energía, gas y demás fuentes no renovables, se lleva a cabo en el uso y mantenimiento de ese mismo edificio, aspectos que pueden ser estudiados y solucionados, desde el momento en que se proyecta.

De acuerdo con una de las mejores empresas en el ramo eléctrico a nivel mundial, Schneider establece que *“la eficiencia energética es la relación entre la producción de un rendimiento, servicio, bien o energía, y el gasto de energía asociado”*.<sup>16</sup>Entonces, un edificio que es eficiente energéticamente hablando, resulta aquel que reduce el uso de energías comunes (sobre todo no renovable), con el propósito de ahorrar y tener un uso racional de la misma. Dicha eficiencia o rendimiento energético resulta del cociente entre la energía útil o utilizada por un sistema y la energía total consumida:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{total}}}$$

Es preciso formar un juicio para concretar la energía total ya que en la medida en que el consumo de energía por unidad de producto producido o de servicio suministrado sea cada vez menor, esto aumenta la eficiencia energética, y aunado a la tecnología disponible así como de los hábitos responsables, los cuales hacen posible un menor consumo de energía, mejorando la competitividad de las empresas y la calidad de vida personal.

Algunas medidas más para lograr de manera óptima la eficiencia energética es por medio de la implantación de una serie de estrategias e inversiones, tales como:

- Aprender a obtener energía, de forma económica y respetuosa con el ambiente, de las fuentes alternativas teniendo como objetivo reducir la dependencia del petróleo y los combustibles fósiles.

<sup>15</sup> Arredondo García José Luis, "Ahorro de Energía aplicado a Casas Inteligentes, (Domótica)", Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2010, Pág.6.

<sup>16</sup> www.schneider.com

- Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sostenible, es decir, aprender a usar eficientemente la energía.

Sin embargo ambas estrategias, son medianamente funcionales si no se toma en cuenta una verdadera necesidad y aceptación de un proyecto piloto sobre como eficientar la energía, como gestionarla, o por mínimo como empezar a ahorrar, iniciando desde gestionar el uso de luz natural y artificial que atañe directamente a la energía que se consume, o paralelamente racionar el uso de aire acondicionado o anularlo por completo, mediante sistemas de ventilación natural o un correcto y funcional sistema de aislamiento térmico y de control solar, como el que se busca lograr por medio de la presente investigación, por medio del cual, se ahorre la energía del edificio que se destina a otros usos, tan solo logrando un avanzado e inteligente sistema de aislamiento y que por sus características sea sustentable.

*“El ahorro energético está estrechamente relacionado con las decisiones del proyecto arquitectónico, en especial en lo relativo a incorporar técnicas pasivas, que en su mayoría deben ser parte integral de la forma, estructura y expresión del*

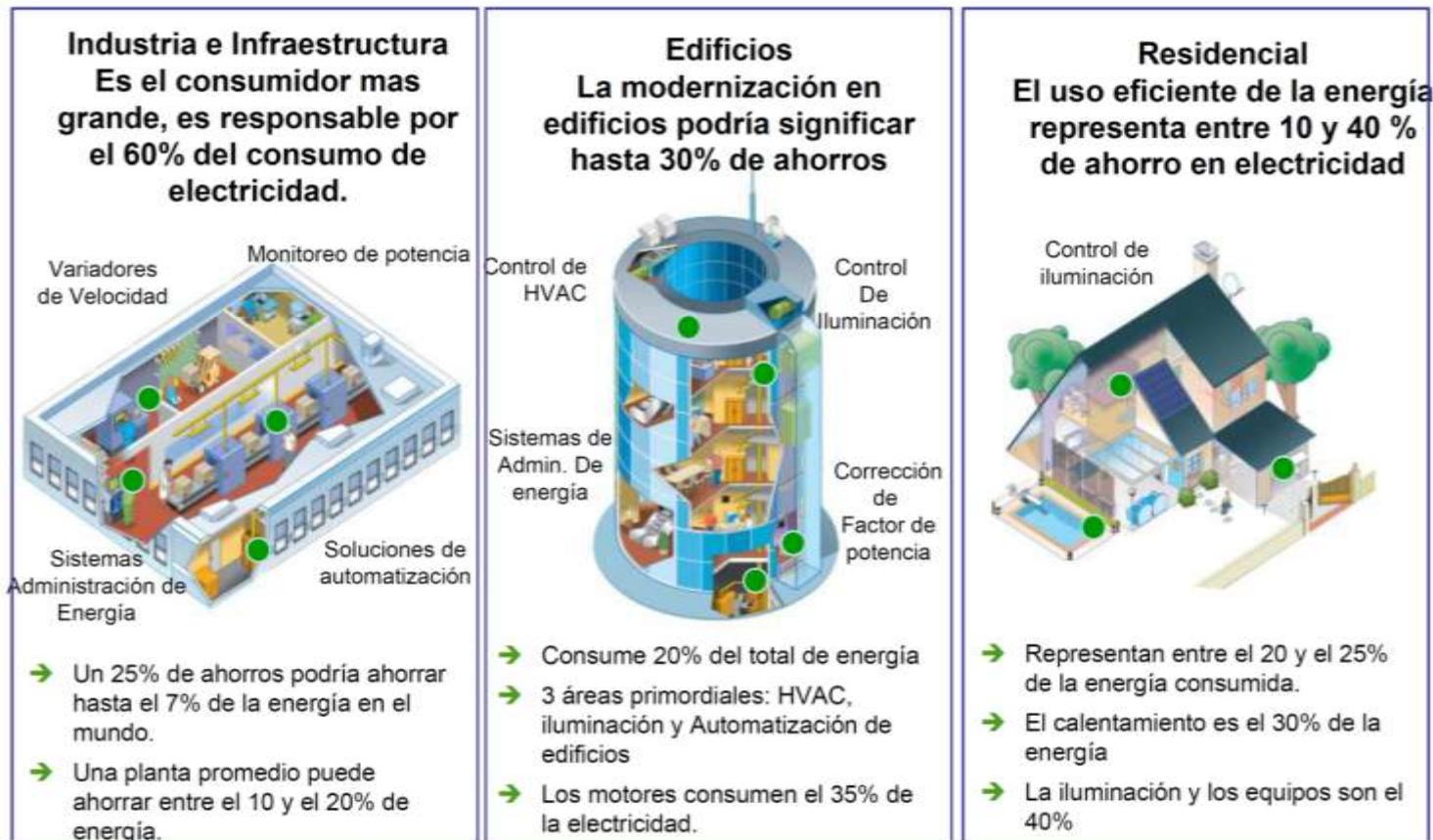


Imagen 13. Puntos focales para lograr la eficiencia energética en un edificio.  
Fuente: Conferencia Mensual del IMEI del 28 de enero de 2009, "Eficiencia energética en Edificios Inteligentes y Sustentables"

*mismo. El trabajo interdisciplinario es básico para una adecuada implementación de dispositivos o maquinaria dependientes de programas informáticos que pueden aportar, vía la automatización, un uso más eficiente de la energía del edificio.*<sup>17</sup> Por ello entonces, la mejora de la eficiencia energética implica un mejor aprovechamiento de la energía, manteniendo un determinado nivel de servicios, y aun para lograr un ahorro básico, es necesario concebir dicho objetivo desde las pautas de diseño de un proyecto, por ello para la implantación de soluciones al caso de estudio, mismo que se muestra más adelante, es necesario posterior al análisis bioclimático, determinar sobre las pautas de diseño, las estrategias a seguir, ya que si bien pueden requerir elementos de automatización y alta tecnología como los mostrados en el capítulo anterior, para efectos de la actual investigación y las limitaciones temporales, se puede hacer un énfasis a la baja tecnología o a elementos empleados a manera de técnicas tecnológicas vistos como herramientas en el ahorro energético y no como implementación de modelos tecnológicos, que son de carácter más avanzado y apuntando a los últimos desarrollos o avances en tecnología.

Para lograr el alto desempeño energético, son necesarios dos puntos fundamentales que deben de considerarse en el proceso de diseño. El primero hace referencia a la integración de los todos los involucrados en el proceso, bajo una conciencia y una cultura de los requerimientos del proyecto. El segundo punto se refiere concretamente a proyectar y construir bajo parámetros que estratégicamente logren el objetivo principal. Arquitectónicamente hablando, algunos elementos a considerar parte de criterios bioclimáticos, sin embargo, valiéndose de la tecnología se pueden analizar estrategias como las siguientes:

- Aislamiento térmico en la envolvente (muros, techos y ventanas)
- Reducción de las pérdidas de calor por infiltración en invierno
- Apropiada orientación del edificio
- Permitir la entrada del sol en invierno
- Impedir sombras arrojadas por otros edificios
- Prescindir del ingreso del sol en verano
- Plantear protecciones solares (fijas, móviles, naturales)
- Recurrir a sistemas de calefacción y aire acondicionado eficientes (etiquetado energético)
- En azoteas como regla duplicar el espesor del aislamiento térmico y buscar incorporar elementos que den sombra.
- Utilizar iluminación eficiente mediante el uso de lámparas de bajo consumo.
- Automatización de todos los espacios del edificio, para requerir de los servicios en los momentos adecuados evitando consumos excesivos y desperdicios de recursos.
- Monitoreos de la calidad ambiental del edificio en cuestiones de confort lumínico y térmico, con activación de sistemas mediante detección por sensores.

*"Si bien la aplicación de estos criterios encarece el proceso de diseño, los sobrecostos quedan ampliamente amortizados en poco tiempo por la propia calidad del producto que, en el caso de un edificio, puede traducirse en una mayor posibilidad de espacio, un ahorro energético y de materiales, un mayor confort para los usuarios y una larga vida de su estructura."*<sup>18</sup> **La opción más económica para lograr un edificio energéticamente eficiente es incluyendo desde la etapa de proyecto el objetivo principal.** Para casos en los que este objetivo es indispensable para un proyecto de un edificio

<sup>17</sup> Soria Francisco, "Pautas de diseño para una Arquitectura Sostenibles", Ed. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona 2004, Pág.48

<sup>18</sup> Carles Saura, "Arquitectura y Medio Ambiente", Ed. Architectonics, Barcelona 2003, Pag.164

existente se puede optar por una técnica de reciclado energético conocida por dar al edificio un nuevo ciclo de vida sustentable.

En conclusión, no se puede hablar de arquitectura sustentable sin tener en cuenta principalmente sus orígenes y sus bases, que aunque podrían confundirse, son distintos elementos en la evolución de éste concepto, los orígenes más remotos como ya se mencionaron en este capítulo, van desde la degradación de los recursos, estableciendo con ello las cumbres del medio ambiente preocupadas por enmendar errores del pasado y prevenir las futuras, surgiendo dentro de estas el concepto inicial de desarrollo sustentable, mismo que más adelante es adoptado por la arquitectura, y que con la transcendencia de la arquitectura ecológica y de la arquitectura bioclimática, se queda reforzada en un concepto de ser una Arquitectura responsable por el ambiente y sus usuarios, basada en los elementos básicos de la arquitectura y apoyada por el desarrollo contiguo de la humanidad, apoyada por la tecnología, siendo viable y consciente económicamente, desde los recursos hasta la sustentación del propio proyecto arquitectónico al que pertenece. Entonces, siendo que es necesario establecer los criterios sustentables que apoyen y dirijan la actual investigación y posterior aplicación a un caso de estudio, los motivos primordiales obedecen finalmente, a:

1. Involucrarse desde las pautas de diseño del proyecto, ya que los errores se evitan desde la concepción y no solo se corrigen desde la acción.
2. Perseguir la preservación de los recursos, para el caso actual es la preservación de la energía, por ello se fundamenta en el ahorro energético.
3. Obedecer a las bases arquitectónicas que originan a las Arquitectura Sustentable, en este caso se determina el análisis bioclimático que dote de requerimientos y soluciones a un proyecto, ya que nace primero el sitio y posteriormente la arquitectura, y concibiendo esto en acciones, se puede lograr una evolución en eficiencia, aun cuando un proyecto por si mismo no sea manipulable.
4. Determinando la viabilidad de los tres pilares básicos del concepto original de sustentabilidad, economía, ambiente y sociedad, por lo que la actual investigación tiene que sentar sus conclusiones generales dentro de estos elementos como cumplimiento a los criterios sustentables que se acaban de describir como proceso analítico para el desarrollo del caso de estudio.

# TECNOLOGÍAS INTEGRALES

## 2. Tecnologías Integrales para la Eficiencia Energética en base al control solar y aislamiento térmico.

Para poder realizar la búsqueda y aplicación de soluciones al caso de estudio, resulta importante analizar las diversas aportaciones que los avances tecnológicos traen consigo, y que no se trata en muchas ocasiones únicamente de tecnología, sino de técnicas en su implementación y en su funcionamiento, por ello, se considera que en este capítulo se encuentran las principales técnicas y tecnologías que podrán proveer al caso de estudio de una solución óptima, sustentable, eficiente y económica, siendo esto los cuatro patrones de búsqueda en el análisis.

*“Para que lo anterior pueda realizarse, es necesario que los beneficios se tomen en cuenta de acuerdo con dos requisitos:*

*Que los beneficios puedan transformarse en dinero real. Para ello, es necesaria la utilización de tecnologías y estrategias que aseguren el ahorro energético por concepto de iluminación, así como en el consumo por climatización artificial.*

1. La obtención del confort ambiental. Dichos beneficios no se tomarán en cuenta si están en contra del confort del usuario, así como de sus condiciones de trabajo u otras similares.”<sup>19</sup>
2. La eficiencia energética se encuentra en función de un exhaustivo diseño integral en las fases de diseño, sin embargo y dadas las limitaciones temporales, se considera que los factores térmicos de un edificio, engloban gran cantidad de aportación al ahorro que se busca lograr, dado que desde éste parámetro, se manipulan indirectamente cuestiones como la iluminación, los requerimientos de energía eléctrica y la demanda de aire acondicionado, siendo lo anterior, la principal causa de que éste tema representa la línea a seguir dentro de la investigación.

De acuerdo a lo expuesto, es que surge la necesidad de definir un concepto primordial del que todo elemento térmico está en función, y este es el confort térmico, y es que *“Se entiende por confort térmico a la sensación imparcial de un individuo con relación a un ambiente térmico estipulado [...] Según la norma ISO 7730 el confort térmico es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”*.<sup>20</sup>

Para determinar el confort térmico dentro de un espacio, son necesarios diversos factores y parámetros que involucran desde la actividad física a desarrollar esto en el interior del inmueble, y al exterior datos como la temperatura del aire y su velocidad, la humedad relativa y su situación geográfica. Para lograr este confort es necesario alcanzar un equilibrio térmico que está dado por el balance de pérdidas y ganancias de calor, logrando una conservación de la temperatura.

Las Cartas Bioclimáticas y Olgay hablan sobre datos con los cuales la sensación de confort de una persona es estable, son parámetros muy característicos y de los cuales se muestran algunos rangos a continuación:

- La temperatura del aire ambiente apta para una sensación confortable se encuentra: entre 18 y 26 °C
- La temperatura radiante media en la superficie del espacio a habitar debe estar preferentemente: entre 18 y 26 °C
- La velocidad del aire que genera una óptima circulación y ventilación para el confort esta: entre 0 y 2 m/s
- La humedad relativa para poder sentir un confort térmico se relaciona: entre el 40 y el 65 %

Para cumplir estos grados de confort se han desarrollado diversas tecnologías para climatizar un espacio, muchas de ellas forjadas sobre el aire acondicionado, otras tantas que solo refieren a impedir la ganancia térmica a los espacios interiores

<sup>19</sup> <http://www.imcyc.com/revista/2000/junio2000/iluminacion4.htm>, 11 Mayo de 2011

<sup>20</sup> <http://www.construmatica.com>, 11 de abril de 2011.

y otra gran parte a favor de los recursos, teniendo como elemento principal la ventilación natural, todas con una amplia tendencia hacia la gestión energética a favor del ahorro., sin embargo, en la búsqueda por lograr una implementación sustentable, los elementos de climatización por medios mecánicos, quedan descartadas para el presente documento, enfatizándose en aquellas que son del índole del aislamiento.

Entonces, con todo lo mencionado, el reto es “[...] la creación de mejores condiciones medio ambientales dentro y fuera de las edificaciones usando tecnología altamente eficiente”<sup>21</sup>

## 2.1. Parasoles o Aleros

Una opción importante para el control de la térmica de un edificio y que hoy en día se encuentra en constante uso, son los parasoles, ya que si bien son un sistema de amplio dominio dentro de la arquitectura bioclimática, éstos parasoles o estantes de luz, mismos que permiten mediante una superficie externa a una ventana, reflejar la luz al interior, pueden ser apoyados hoy en día con los medios de automatización de muchos de sus elementos, otorgando la posibilidad de gestionar estos parasoles conforme el paso del día.

La vanguardia tecnológica se encuentra en función de los materiales con los que pueden ser realizados en función del objetivo principal y secundario a seguir, generalmente éstos corresponden a la limitación de ganancia solar al interior, con opción de permitir al interior la luz natural, por ello, pueden ser desarrollados como lonarías o como superficies reflectantes, muchas veces pueden ser de aluminio perforado para que al reflejar la luz en el aluminio se introduzca al interior del habitáculo, y por las perforaciones de cuele la ganancia térmica, y así paralelamente tener ahorros significativos en aire acondicionado. Este sistema se puede ver automatizado de acuerdo a un sensor que evalúe el posicionamiento del sol y la incidencia de luz, y de acuerdo a éstos parámetros, regular constantemente el movimiento de los parasoles para obtener la mayor iluminación natural de acuerdo al transcurso del día (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.14).

Este sistema puede representar grandes apoyos en el ahorro energético dado que evita la utilización de luces artificiales, aprovechando la iluminación diurna, e incluso la disminución o erradicación del uso de aire acondicionado en las limitaciones de calor al interior de los espacios, lo cual puede ser reforzado por un correcto sistema de vidrios y ventanas. Por ello se presenta como una de las posibles fuertes opciones a

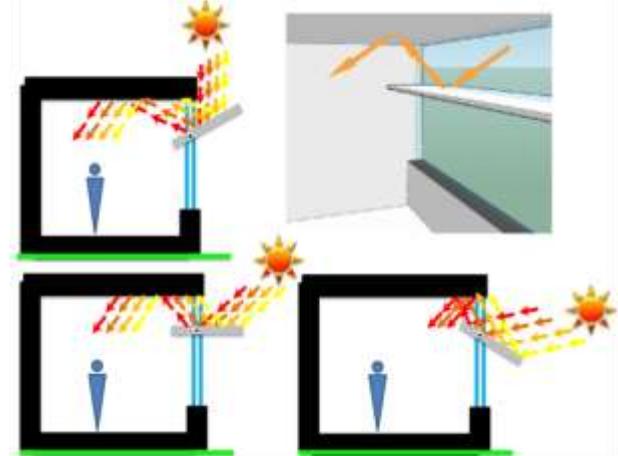


Imagen 14. Sistema de Parasoles Reflectivos como sistema de transferencia de luz natural a espacios interiores.  
Fuente: Arq. Paola Dennys Díaz Dávila



Imagen 15. Utilización de parasoles, como elemento de control térmico en el edificio Corporativo Insurgentes 553.  
Fuente: www.picciotto.com

<sup>21</sup> Fundación casa del Arquitecto, Edificio Inteligentes, herramientas tecnológicas, Arquitectura, Ingeniería y Construcción, No.1, México 2000, Pág. 178.

implementar en un caso de estudio como el que enfrenta la presente investigación donde debe existir una fuerte condicionante hacia el ahorro de energía, ya sea de manera integral o directa.

## 2.2. Avances en vidrio

El vidrio es por naturaleza el elemento más usado en las fachadas de hoy en día, la transparencia, la elegancia y la modernidad que otorga una envolvente de este material, ha logrado que la tecnología apunte hacia este sector para lograr significativos avances en las características de un vidrio buscando lograr una eficiencia energética de un edificio, por medio de la utilización de este elemento.

Como elemento aislado, el vidrio tiene una clasificación que va de acuerdo a su composición, a su manufactura y a su uso, Esto se refiere a que:

**“Por su composición:** Dependiendo del tipo de elemento predominante en la mezcla bajo la que fue creado.

**Por su manufactura:** Según el proceso de manufactura que se siguió para su fabricación.

**Por su uso:** Según las necesidades que vaya a cubrir el vidrio (seguridad, aislamiento, etc.)”<sup>22</sup>

La tipología de vidrios es amplia y va de acuerdo al uso o a la necesidad que se quiere cubrir, ya que existen desde vidrios aislantes como lo son los de protección solar, aislamiento térmico, aislamiento acústico; otros de diferente índole que son de seguridad, decorativos, de protección contra incendios, de visibilidad interna, etc., ya la manipulación para cubrir esta necesidad estará en función del proceso bajo el que sea fabricado así como la composición de la mezcla realizada, por lo que generalmente los procesos de producción de cada tipo, son diferentes y muy específicos. Sin embargo, para efectos del presente documento que apunta hacia la aplicación de medios térmicamente sustentables como búsqueda de la

Luz visible				Energía solar			Factor solar EN 410 [%]	Valor U (EN 673)	
Transmisión [%]	Reflexión externa [%]	Reflexión interna [%]	Índice de rendimiento cromático	Transmisión directa [%]	Reflexión externa [%]	Absorción [%]		Aire [W/m²K]	Argón 90% [W/m²K]
48	17	19	89	23	12	65	27	1,4	1,1

UVA: 6-16-4, SunGuard® en cara #2. Tras tratamiento térmico.

El panel exterior debe ser termoendurecido o templado para resistir el potencial estrés térmico.

Luz visible				Energía solar			Factor solar EN 410 [%]	Valor U (EN 673)	
Transmisión [%]	Reflexión externa [%]	Reflexión interna [%]	Índice de rendimiento cromático	Transmisión directa [%]	Reflexión externa [%]	Absorción [%]		Aire [W/m²K]	Argón 90% [W/m²K]
40	17	21	89	18	12	70	23	1,4	1,1

UVA: 6-16-4, SunGuard® en cara #2

El panel exterior debe ser termoendurecido o templado para resistir el potencial estrés térmico.

Luz visible				Energía solar			Factor solar EN 410 [%]	Valor U (EN 673)	
Transmisión [%]	Reflexión externa [%]	Reflexión interna [%]	Índice de rendimiento cromático	Transmisión directa [%]	Reflexión externa [%]	Absorción [%]		Aire [W/m²K]	Argón 90% [W/m²K]
70	11	12	97	39	34	28	41	1,4	1,1

Tabla 2. Tablas de muestra de los parámetros a valorar en la elección de un vidrio de baja emisividad y de control solar.

Fuente: <http://www.sunguardglass.es/>

<sup>22</sup> Navia Parodi Ana María, “Tecnología del Vidrio” Un material de Vanguardia, Posgrado de Arquitectura, Campo Tecnología, Octubre de 2002, Pág. 82-83.

eficiencia energética, se hará un énfasis únicamente en los vidrios de la índole de protección solar y de aislamiento térmico.

Esta categoría de vidrios generalmente empiezan por un vidrio de tipo base, el cual es utilizado como punta de partida, y puede ir sufriendo variaciones ya sea de color, o de sus propiedades de acuerdo a las condicionantes para las que es necesario. En base a esto se habla entonces de tipos de vidrios como son:

- “Vidrio Reflectivo: Lo hay de dos formas:
  - Magnetrón o capa suave por ionización
  - Pirolítico o de capa dura, el cual es usado de control solar
- Vidrio de Baja Emisividad (Low-E): Los hay de dos formas:
  - Magnetrón o capa suave por ionización
  - Pirolítico o de capa dura, el cual se usa para el control solar y térmico.
- Vidrios Laminados (Stadip): el cual es usado para protección solar y control del sonido.
- *Insulados o Vidrios Dobles: En Saint Gobain se conocen como Climalit y en Vitro como Duovent. Se usan para el control térmico y acústico*<sup>23</sup>

“Un Vidrio se aprecia por su máxima transparencia, aunque en ningún caso ésta llega a ser total. Parte de la energía es reflejada y parte absorbida por el propio acristalamiento. Es necesario por tanto a la hora de cualificar un Vidrio conocer los siguientes parámetros:

- **Factor de transmisión luminosa:** cociente entre el flujo de radiación visible transmitida al atravesar el Vidrio y la radiación visible incidente.
- **Factor de reflexión luminosa:** cociente entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente sobre el vidrio medido para una incidencia luminosa casi normal al plano del Vidrio.
- **Transmisión de energía directa:** porcentaje de la energía solar que atraviesa el Vidrio en relación con la energía solar incidente.
- **Absorción energética:** parte del flujo de la energía solar incidente que resulta absorbida por el Vidrio.
- **Factor de transmisión total de la energía solar o Factor Solar:**

cociente entre la energía total que pasa a través de un acristalamiento y la energía solar incidente.



Imagen 16. Vidrio tipo Reflectivo Cool Lite. Rendimiento diferenciado para control solar en la transmisión y reflexión de luz y calor, además de un bajo coeficiente de sombra. Fuente: <http://www.vidrioandino.com>



Imagen 17. Vidrio de tipo Low E, de baja emisividad. Es un vidrio altamente selectivo, combinando bajo factor solar y alta transmisión luminosa. Su alto poder de control garantiza mayor economía de energía, reduciendo el uso del aire acondicionado. Fuente: <http://www.vidrioandino.com>

<sup>23</sup> Navia Parodi Ana María, “Tecnología del Vidrio” Un material de Vanguardia, Posgrado de Arquitectura, Campo Tecnología, Octubre de 2002, Pág. 88-89

- **Coefficiente de transmisión térmica:** parámetro que determina si es o no un buen aislante (un valor pequeño indica que es buen aislante térmico). Dicho coeficiente depende de las características intrínsecas del material, de su espesor, de la existencia de cámara de aire, así como del tratamiento superficial del vidrio. La simbología que utiliza el Código Técnico de la Edificación es UH,V y en el Sistema Internacional de Unidades (S.I.) se expresa en W/m<sup>2</sup>K.

“24

Todas las propiedades y características antes mencionadas, determinarán la viabilidad de la eficiencia del proyecto, por ello analizar y aplicar el vidrio correcto determinará los porcentajes de ahorro, desde el aire acondicionado, hasta de energía, objetivo a perseguir por parte de la actual investigación, por lo que hay que ser estratégicos y apoyarse en las determinantes bioclimáticas del sitio y en las formas del proyecto, para iniciar por soluciones como lo son un ahorro en sistemas de acondicionamiento del aire, logrado en base a que en verano el vidrio limitará la ganancia de calor al interior y en invierno, por el caso contrario, permitirá la concentración del ambiente interno, esto se logrará seleccionando un vidrio apto para el edificio en cuestión y en el lugar situado.

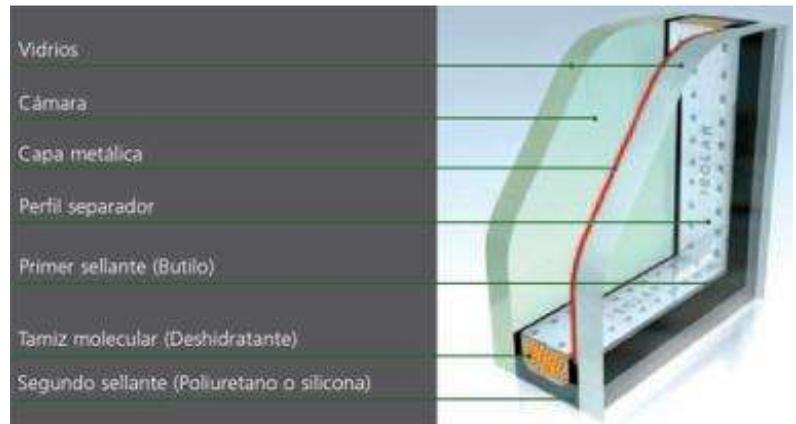


Imagen 18. Componentes del sistema de doble acristalamiento o duoVent  
Fuente: <http://domokyo.com>

Dado estos avances y nuevas soluciones, se pueden continuar la utilización de fachadas de vidrio, pues de éste elemento propiamente ya existen presentaciones como lo son los vidrios termocromáticos y electrocromáticos que controlan la incidencia del sol, pero ahora con nuevos sistemas, que permitan una modulación y diseño, y que a su vez, contemplen detalles como lo son los controles solares, los aislamientos y por ende, resultados energéticos favorables gracias a su contribución, ya que éste sistema, aunado a diversos más que se presentan en este documento, como se podrá reflejar en las estrategias más adelante expuestas, ofrecen soluciones que motivan a la Arquitectura para realizar una eficiencia energética, iniciando desde los materiales y elementos con los que se compone, hasta lograr y maximizar soluciones.



Imagen 19. El vidrio electrocromático es un vidrio laminado capaz de tornarse opaco mediante la aplicación de una corriente eléctrica.

Este material pertenece a la gama de los vidrios inteligentes, conjuntamente con el vidrio fotocromático, que se oscurece cuando recibe una luz intensa; el termocromático, que se oscurece cuando la temperatura aumenta y se aclara cuando disminuye. A este vidrio se le aplica una corriente eléctrica que produce su oscurecimiento, pero al invertir el proceso se recupera la transparencia. Su mecanismo permite regular el grado de oscuridad hasta el nivel deseado.

Fuente: <http://www.blogdomotica.com>

<sup>24</sup> Jutglar, Lluís, "Energía Solar", Ed. Ceac, España 2004, Pág. 224, 265

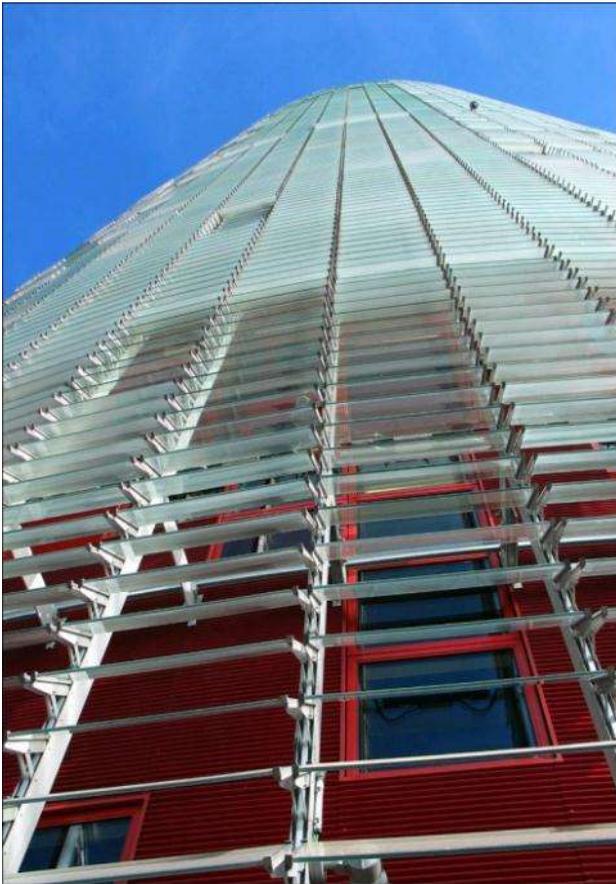


Imagen 20. Ejemplo de Fachada dinámica en México, realizada por la empresa CSI.  
Fuente: <http://solucionescsi.com>

### 2.3. Fachadas Dinámicas

El concepto de fachadas dinámicas no es nuevo, sin embargo, hoy en día un sistema de elementos controlables en la cubierta de un edificio, resulta, atractivo tanto para el diseño y la visual del inmueble, como para ofrecer una solución en cuestiones de confort térmico y lumínico. Representan una innovadora forma de automatizar el sombreado, percepción de luz, y transferencia de calor hacia un edificio, sin embargo es de considerar que no representa una tecnología sencilla, pues no es un sistema modular, por el contrario, el diseño y el dinamismo de una fachada, dependerá de factores como tipo de uso, el clima, la orientación y la necesidad visual, sumado a un correcto estudio bioclimático que detalle la forma correcta de su diseño.

Este tipo de sistemas ya se han llevado a cabo en muchos países de Estados Unidos y Europa, sin embargo, para México solo se han optado por diseños pasivos tradicionales y propios de la Arquitectura Bioclimática, por representar una forma segura y fácil de mantener un espacio interior aislado. Por el contrario, a pesar de la dificultad que representa realizar una fachada dinámica, es necesario saber que por este medio podemos controlar diversos parámetros del exterior al interior del inmueble, como lo son el brillo utilizando un sistema de sombreado automático en zonas perimetrales, o cortinas de rodillo que permiten bloquear los rayos del sol directos y permitir la difusión de la luz al interior, eliminando a la vez nuevamente el brillo y permitiendo luminosidad dentro por medio de la automatización de acuerdo al transcurso del día, esto aunado a ventanas de operación

automatizada que permitan la ventilación natural y la circulación de aire al interior del edificio, incluso problemas como los momentos de inactividad del edificio correspondientes a horas de comida o fines de semana, pueden ser resueltos mediante una correcta automatización sin comprometer la comodidad y requerimientos.

En realidad, el diseño de una fachada dinámica equipada con todo lo mencionado anteriormente es complicado y no permite que cada edificio sea diseñado en esta forma. El desempeño de la cubierta del edificio se relaciona con diferentes aspectos de las operaciones de los edificios (calefacción, refrigeración, iluminación) y la comodidad humana (térmica y visual). En consecuencia, debe seguirse un método integrado desde el inicio de la etapa de diseño para lograr resultados óptimos, con arquitectos, ingenieros y consultores especializados para energía de edificios que presenten ideas durante el proceso de diseño.

*“Estudios recientes han mostrado que un apropiado diseño y control de sombreado e incidencias, junto con el control simultáneo de la iluminación eléctrica y componentes de HVAC, podrían reducir significativamente la alta carga de enfriamiento y el consumo de energía para iluminación y enfriamiento, conservando buenas condiciones internas tanto térmicas como de iluminación. Los sensores de ocupación asegurarán que no sea consumida energía extra cuando no*

*hay nadie en el cuarto. Los sensores de luz actualmente están equipados con sofisticados algoritmos de control, que sólo requieren dos o tres sensores por cada fachada de edificio”.*<sup>25</sup>

Esta se presenta como una opción viable, ya que actualmente este tipo de fachadas en su versión bioclimática o pasiva son fuertemente utilizadas, sin embargo el reto se presenta al realizarlas de manera dinámica con actuadores, controladores y sensores que monitoreen la actividad solar y que con ello los beneficios se multipliquen. Por esto, es que se muestra como una fuerte opción dentro de los criterios sustentables que enmarca el presente documento, ya que involucra el control solar y el aislamiento, con la presencia de tecnología, así como de criterios encaminados al ahorro de energía.

## **2.4. Fachadas Ventiladas**

La fachada representa el principal coeficiente expuesto a la intemperie, sin embargo, puede ser desarrollada bajo sistemas de fachadas ventiladas para reducir la ganancia térmica al interior del inmueble, siendo un fuerte medio de aislamiento térmico que no implica sacrificar el diseño al ser un sistema de revestimiento y aislamiento de muros que utiliza paneles que se empotran por medio de anclajes especiales y conectores de paneles específicos, como medio de solución a la envolvente de un edificio.

En el mercado de la construcción se han desarrollado diversos sistemas para las diversas áreas que involucran la edificación, en el caso de las envolventes, existen ya elementos que integran materiales tradicionalmente usados para revestir fachadas, por medio de losetas de grandes dimensiones, con espesores reducidos, aunados a espumas de poliestirenos de alta resistencia térmica empleados con adhesivos elásticos.

*“Todos estos avances han permitido desarrollar un sistema que aporta a las fachadas las siguientes características:*

- Las cualidades tradicionales de la piedra como material de revestimiento.
- Eficiencia energética, gracias al poliestireno extruido colocado por el exterior. Un cerramiento formado por una hoja de fábrica de ladrillo perforado que permite lograr coeficientes de conductividad térmica tales como  $K = 0,36 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
- Impermeabilidad total, debida a la naturaleza del poliestireno extruido y al sistema de conexión de paneles que garantiza impermeabilidad en la cara exterior de los paneles.
- Seguridad y durabilidad; la industrialización de los paneles proporciona estándares de calidad altos y homogéneos, que distan mucho de los aplicados “in situ” en los que dependemos de la climatología y el buen hacer de los operarios.
- Rapidez y economía, reduce los tiempos y los costes de construcción, ya que por un lado simplifica y reduce los procesos constructivos, y por otro, su sencillo sistema de montaje, como un puzzle, ayuda a alcanzar altos rendimientos de instalación. La sencillez de montaje hace que no sea imprescindible la especialización.
- Acabados perfectos, el sistema de montaje obliga a encajar unos paneles con otros utilizando la ranura perimetral que presenta cada panel. De esta forma las típicas “cejas” no se producen, independientemente de la habilidad del instalador.
- La fijación de los paneles al muro soporte, implica la creación de un espacio libre entre estos y el muro. La dimensión de este espacio lo determina el desplome máximo del muro soporte. Este espacio constituye una

<sup>25</sup> www.acrlatinoamerica.com, 12 de abril de 2011.

cámara de aire que permite cerrar, aislar y compartimentar la cámara de aire para aumentar así su efecto aislante y reasegurar la impermeabilidad de la fachada, ya que sellan las juntas entre paneles.

- Resistencia; Mediante una fijación que logra el reparto homogéneo de esfuerzos, evitando las concentraciones de esfuerzos puntuales. La fijación de los paneles se realiza de forma continua y sobre el elemento elástico (el poliestireno), permitiendo contracciones y dilataciones sin concentración de tensiones, y por lo tanto sin fatiga, sin fisuras y sin roturas.”<sup>26</sup>

Esta opción es sumamente interesante y que muestra de un forma trascendental como puede lograrse un fuerte aislamiento térmico, sin embargo puede no ser la opción más económicamente viable, no obstante, involucra la economía, el desarrollo, el avance tecnológico, la ecología y por conclusión la sustentabilidad, por ello se muestra como una posible opción a utilizar en este documento.



Imagen 21. Sistemas de anclaje de Fachadas Ventiladas por medio de estructuras portantes con cámaras de aire para regular la ganancia térmica a los interiores.  
Fuente: <http://www.eurogramco.com>

<sup>26</sup> <http://www.termopiedra.com/>, 9 de Mayo del 2011.

## 2.5. Cortina de Agua

Hoy en día, el usar agua es parte del diseño de un edificio en el sentido muchas veces de estética, sin embargo, es un recurso que puede aprovecharse a partir de los sistemas de captación de agua pluvial, y que puede redirigirse paralelamente a otros servicios, como son los sanitarios o sistemas de riego, presentándose como una opción integral al de generar una cortina de agua en espacios medianamente abiertos en donde se pueda generar un sistema de aislamiento térmico por un muro cortina de agua, o incluso de sistema de enfriamiento evaporativo expuesto.

Este elemento de agua ha sido utilizado en muchos casos como elemento decorativo de exposiciones u otros usos, sin embargo, si se le añaden diversos dispositivos como son, sensores de presencia que permitan presenciar cuando una persona va a pasar para que el agua vaya retirándose del camino, tal y como funcionan muchos de los accesos de los centros comerciales, e incluso un medio de monitoreo de ocupación, para que en momentos en los que no hay nadie en los espacios, no sea necesario el continuo desplazamiento del agua y genere un ahorro energético al no utilizarse en tiempos innecesarios, un sensor o receptor de viento, que permita monitorear que a determinada cantidad de viento, baje la intensidad del flujo de agua, estos son muchos de los elementos que anexos a este sistema de cortina, pueden representar ahorros en sistemas de acondicionamiento del aire.

Finalmente, como se ha podido observar, los avances tecnológicos provienen de la evolución de conceptos idealizados y probados inicialmente, la tecnología desarrolla esos elementos que continuamente aparecen puntualmente, y los dota de nuevas necesidades y de nuevas soluciones, la arquitectura bioclimática ha sentado las bases de muchos aspectos de lo que hoy se conoce como arquitectura inteligente, en el sentido estricto de la sustentabilidad, donde los sistemas de automatización juegan los papeles principales en la solución de las nuevas especificaciones de las que se dota hoy a un proyecto. De esta forma, es que se puede concluir hasta este momento, que si bien los elementos mostrados en este capítulo son en muchos casos previamente usados en situación pasiva, el apoyo tecnológico debe reforzar en el caso de estudio la búsqueda por lograr el ahorro energético, basándonos únicamente en elementos de control solar y aislamiento térmico, ya que aunque lograr la eficiencia energética o el conocido alto desempeño energético, conlleva un análisis integral del edificio, y por ende una solución igualmente integral desde sistemas de iluminación, de abastecimiento, hasta sistemas de acondicionamiento y gestión energética, por el momento y de manera específica, la búsqueda por lograr este objetivo, centra sus esfuerzos en los elementos térmicos, de carácter sustentable que describió previamente, y que puedan ser aplicados en un proyecto de interés común y de constante tipología en desarrollo.



Imagen 22. Cortina de Agua realizada para el Pabellón Digital de Agua en la exposición en Zaragoza España.  
Fuente: <http://www.edgargonzalez.com>

## Conclusiones Teóricas

Como se ha descrito en la primera etapa teórica de éste documento, “en gran medida la crisis ambiental es una crisis del diseño [...] Es la consecuencia de cómo se hacen las cosas, como se construyen los edificios, y se utilizan los espacios [...] El diseño manifiesta la cultura, y la cultura se basa firmemente en los fundamentos que creemos son verdad del mundo.”<sup>27</sup> Por ello ha sido necesario sentar las bases que determinan el punto de partida de la investigación, iniciando con las bases teórico metodológicas que establecen el conocimiento de la materia en cuestiones de ahorro de energía en relación con la sustentabilidad, para posteriormente como se ve en la segunda parte de la etapa teórica, determinar un repertorio tecnológico delimitado por el campo de acción en cuanto a cuestiones térmicas en vinculación con procesos y medidas de automatización, de tal forma que no sean elementos pasivos comunes como se encuentran en la bioclimática, si no que por el contrario, la tecnología este en función de la forma en que estos elementos fueron creados o bien en que serán implementados en el caso de estudio.

Como se puede ver en tema 1.2. La Arquitectura Sustentable, éste es el principal punto dentro del capítulo que de determina la fundamentación de la presente investigación en cuestiones teóricas, “Según el Rocky Mountain Institute (famoso grupo de expertos sobre el medio ambiente) la humanidad podría cuadruplicar su productividad sin consumir más recursos. Esta idea, conocida como “factor cuatro”, se basa en la creencia de que mediante tecnologías más eficientes, un mayor uso del reciclaje, una mejor gestión y diseños más eficaces, la sociedad podría crecer sin causar más daños ecológicos.”<sup>28</sup> Es por la cita anterior, que la tecnología es el principal componente de la investigación; y de la integración que existe de edificios inteligentes que son mayormente tecnológicos con los edificios verdes que son prioritariamente bioclimáticos, sobre sale en rendimiento o desempeño, la optimización de energía y el control de los diversos sistemas que administran al edificio y sus recursos. De esta forma, como todo lo mostrado dentro de este capítulo determina que viabilidad de obtener “El ahorro energético está estrechamente relacionado con las decisiones del proyecto arquitectónico [...] El trabajo interdisciplinario es básico para una adecuada implementación de dispositivos o maquinaria dependientes de programas informáticos que pueden aportar, vía la automatización, un uso más eficiente de la energía del edificio.”<sup>29</sup>

Finalmente, no es posible generar un manual que aplique de manera general a todo proyecto debido a las variables no constantes como son el lugar, la orientación, la temperatura y demás factores naturales, aun cuando solo se establezcan las condicionantes térmicas como inicialmente se contemplaba en las premisas de la presente investigación. Se opta por realizar una aportación en cuestiones de fases de diseño con variables constantes en un proyecto de un edificio de oficinas, buscando desarrollar un proceso metodológico, que sea capaz de aplicarse en el desarrollo de proyectos que busquen la sustentabilidad por medio térmicos, es por ello que las tecnologías analizadas son enfatizadas únicamente al control térmico, dejando de lado a las medidas para el acondicionamiento del aire, para posteriormente, determinar sobre el caso de estudio la aplicación y viabilidad de éstas, siempre teniendo en cuenta que las variables constantes están en función de los elementos y condicionantes propiamente del edificio, y las no constantes las que están en función de la naturaleza del lugar en el que se ubica el proyecto.

<sup>27</sup> McLennan Jason, “The Philosophy of Sustainable Design”, Ed. Ecotone, Kansas City 2004. Pág. Índice.

<sup>28</sup> Edwards Brian, “ROUGH GUIDE TO SUSTAINABILITY”, Ed. RIBA Enterprises, Londres, 2005. Pág. 7

<sup>29</sup> Soria Francisco, “Pautas de diseño para una Arquitectura Sostenibles”, Ed. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona 2004, Pág.48

# DESARROLLO DEL CASO DE ESTUDIO

### 3. Caso de Estudio

Como se ha ido mencionando constantemente en el presente documento, se tiene por objetivo principal la búsqueda del ahorro de energía en un proyecto, realizando una aplicación de concepto de aislamiento térmico y control solar, que estén fundamentados en criterios sustentables, parte de estos criterios están sustentados en la aportación de soluciones desde las pautas de diseño de un proyecto. Por ello se recurre al apoyo y guía del Ing. Eric Hernández quien es uno de los principales consultores sobre diseño integral e ingeniería sustentable del País, con su apoyo se analiza y determina inicialmente, cuales son los proyectos arquitectónicos que fundamentados en la variable del tiempo a desarrollar como caso de estudio, son posibles de intervenir, teniendo en cuenta dentro de la selección, dos puntos primordiales como son:

1. Las ventajas y desventajas de cada uno de los proyectos de manera general, tanto como proyecto, como aportación, así como de acuerdo a las posibilidades de oportunidad de conseguir el caso.
2. Variables dependientes e independientes, las cuales son generalizadas en un nivel aproximado que permita realizar la selección del proyecto, ya que cabe mencionar que hasta éste punto de arranque del caso de estudio, no se han determinado físicamente el proyecto, ni sus condiciones o características reales de cada una de las tipologías.

Con base en lo anterior, se realiza entonces la tabla de selección, teniendo en cuenta que a cada tipo de proyecto es necesario realizarle en primera instancia una búsqueda de proyecto real, para obtener resultados fiables y por consecuencia una metodología aplicable a casos reales; posteriormente, ya al tener el caso real de estudio, es necesaria la obtención de datos que se conviertan en variables dependientes e independientes, que atiendan directamente a la realización de la propuesta y que sean funcionales para la realización de análisis y estudios tanto iniciales como finales, desarrollo y aplicación de criterios de acuerdo a las tecnologías presentadas en el apartado anterior, simulaciones y propuestas que den resultados funcionales y fiables, para con todo esto, determinar tanto por proceso como por resultado, una metodología de ahorro energético por medio del control térmico.

Tabla 3. Tabla de selección de proyectos viables para determinar el caso de estudio. Fuente Arq. Paola D. Díaz D.

Tipo de Proyecto	Generalidades		Variables		Tiempo
	Ventajas	Desventajas	Dependientes	Independientes	
Casa Habitación	Existen amplias posibilidades de obtención de proyectos reales y sus datos para el desarrollo del caso.	Es un tipo de proyecto muy estudiado.	Localización del Proyecto	Usuario	Desarrollo del caso de estudio en aproximadamente 6 meses, dependiendo la magnitud del proyecto real.
	Contribuiría en la incentivación del ahorro energético.	Las variables son muy manipulables tanto las dependientes como independientes, ya que varían de acuerdo a las necesidades de cada usuario, de cada diseño.	Orientación	Necesidades	
	Luego de resultados, la metodología obtenida puede direccionarse a casa individual o en serie.	Actualmente, existen proyectos de objetivos similares, ya desarrollados.	Climatología	Diseño	
	La subsecuente aplicación de la metodología, disminuiría los costos en las tecnologías por su demanda.	Las tecnologías previamente vistas, son muy caras para aplicar a dicho tipo de proyecto.	Entorno	Avances Tecnológicos	
		Pensando en la realización del análisis costo-beneficio-recuperación, el tiempo de recuperación sería muy largo de acuerdo al monto posible de inversión por el tipo de tecnologías.	Costos		

<b>Museo</b>	Vanguardia tecnológica.		Localización	Diseño	Desarrollo constante, y variable en cuanto a la utilización de tecnologías de acuerdo a los criterios de diseño y de objetos de exposición, tiempo invariable
	Proyectos de poco nivel de intervención en la generación de ahorro energético y modelos sustentables. Incentivación en la creación de proyectos con carácter sustentable.	La intervención de este tipo de proyectos, es de amplio nivel de dificultad, dado que los modelos de exposición son variables, desde pinturas, cuadros, esculturas y demás objetos artísticos que por sus condiciones individuales, requieren controles térmicos y solares característicos, y no pueden estandarizarse por proyecto o por necesidad.	Contexto Climatología Objetos Artísticos Necesidades		
<b>Escuela</b>	Innovación en proyecto arquitectónico.	No es fácil obtener un proyecto real, al que se puede intervenir para el ahorro energético.	Localización	Diseño	
	Metodología que propiciaría la demanda de proyectos sustentables.	Las características térmicas, son demasiadas de acuerdo al sin fin de actividades a realizar y de los espacios dentro del proyecto.	Contexto	Necesidades	Desarrollo del proyecto con instalaciones tecnológicas, aproximadamente de 2 años.
	Incentivar a los gobiernos establecer beneficios para escuelas con ahorro energético. Necesidades con posibilidad de estandarizar.	Si bien las necesidades pueden estandarizarse, los usuarios y las actividades que realizan alterarían constantemente las variables para las simulaciones.	Climatología Usuarios Actividades Costos		
<b>Nave Industrial</b>	Innovación en proyectos.	No hay muchas aportaciones en control solar o térmico que se pueda llevar a cabo en una nave, ya que generalmente éstas corresponden a bodegas o espacios completamente cerrados y aislados, que requieren únicamente controles de ventilación.	Localización	Usuarios	
	Introducir la sustentabilidad y los ahorros energéticos en los espacios de producción de las empresas.	El giro al que se dedique, por consecuencia la actividad principal, son grandes puntos desfavorables que pueden imposibilitar la intervención de un proyecto de esta naturaleza. Gran parte de las tecnologías presentadas, no pueden ser instaladas ni propuestas en tal proyecto, por ellos imposibilita la realización de simulaciones y obtención de resultados reales.	Contexto Climatología Actividades Actividad Principal Costos.	Necesidades Diseño	El tiempo estimado es indeterminado, al no poder determinar estándares en las actividades que se desarrollan, ni en los espacios que se requieren para controlar.
<b>Hotel</b>	Interactuar en el consumo energético de un proyecto hotelero, de cualquier dimensión, representa una innovación en esta tipología, pues en México no se tiene documentado el desarrollo del control térmico y el ahorro energético, aun cuando ya se han llevado a cabo la implementación de tecnologías como las presentadas en este documento y algunas de mayor avance.	No es un proyecto de fácil manipulación, pues aun cuando se estandarizan algunas variables, éstas no pueden ser repetitivas.	Ubicación	Diseño	
	Permiten estandarizar actividades, necesidades y usuarios, para la gestión de la información de las simulaciones. Se propiciaría el ahorro energético en la arquitectura hotelera.	Es complicado conseguir un proyecto hotelero, del cual se puedan obtener proyectos ejecutivos para su intervención tecnológica. La magnitud del proyecto, impide la realización del desarrollo como caso de estudio, ya que son necesarias las determinaciones previas a las simulaciones, las propuestas, las simulaciones como tal y las definiciones de resultados para determinar la metodología, no permitiendo realizarse en el tiempo previsto para la maestría.	Climatología Costo Entorno Diseño	Aplicaciones tecnológicas usuarios	Tiempo Estimado para el cálculo del ahorro energético, basándose en el acondicionamiento térmico, 2.5 años.
<b>Oficinas</b>	Existen amplias posibilidades de interactuar el un proyecto de oficinas, dada su constante demanda.	Pueden no aplicar todas las tecnologías presentadas, debido a costos o a necesidades propias del proyecto, tales como actividades o diseño.	Ubicación	Diseño	
	Los incentivos fiscales que hoy en día se ofrecen por la gestión de los recursos, permiten la viabilidad de realización.	Se pueden llevar a cabo variaciones en las simulaciones debido a la afluencia de gente.	Climatología	Necesidades	De 6 meses a 2 años dependiendo de la magnitud del proyecto.
	Existen diversas magnitudes de proyectos, lo que permite llevar a cabo el caso de estudio dentro de los límites temporales.	Dado que se busca un proyecto real, puede representar esto un control de información y resultados debido a las consideraciones de algunas empresas.	Costo Entorno Diseño	Aplicaciones tecnológicas usuarios	

Finalmente, se determina que la opción de mayor viabilidad, corresponde a un proyecto de oficinas, de tal forma que con ayuda del Ing. Eric Hernández, se localizan tres proyectos de oficinas, uno situado en Monterrey que consta de un corporativo de 10 niveles, otro en Guadalajara que corresponde a 4 niveles de oficina y otro más, de 2 niveles localizado en Querétaro; por lo que luego de un análisis, se determina que dadas las condiciones de accesibilidad a realizar estudios, simulaciones y propuestas a un proyecto en proceso de realización y que permite la intervención en la fase de diseño como se tiene dentro de los objetivos, el caso de estudio se ubica en la Ciudad de Querétaro, **teniendo como principal características, que hasta el día de hoy, no se ha realizado ningún registro de tesis sobre ésta**

misma línea de investigación y mucho menos en dicha Ciudad, no obstante, la cercanía del proyecto en comparación con los otros dos, la magnitud del mismo, que permite cumplir el objetivo temporal de llevar a cabo como caso de estudio, la posibilidad de integrar las tecnologías presentadas, y la condicionante de poder manipular con mayor profundidad las simulaciones ara obtener resultados más cercanos a la realidad y obtener una metodología concreta, es que dan como hecho que la localización del proyecto es la siguiente:

**Ave. Paseo de los Arcos No.9 dentro del Parque Industrial Finsa, El Márquez, Querétaro, C.P. 76246, México.**

Cabe mencionar, que si bien el desarrollo del país permite la aplicación a cualquier proyecto dentro de la Ciudad de México, debido a la posibilidad de intervenir en un proyecto real, y que se encuentre dentro de las limitaciones temporales de la investigación, es que se opta a éste como caso de estudio, por ser un proyecto en desarrollo, y que no está fundamentado en un prototipo sin viabilidad de realización, y por pertenecer al ramo de los edificios de oficinas que constantemente se realizan dentro del país, cayendo en una tipología del interés y dominio de muchos profesionales.



Imagen 23. Localización Geográfica del Estado de Querétaro con respecto al territorio mexicano.  
Fuente: Adaptación de imágenes por Arq. Paola Díaz.

### 3.1. Localización

En una localización de lo general a lo particular, el Caso de Estudio se ubica en el Estado de Querétaro, localizado en el centro del País, dentro de la región conocida como “El Bajío”, con la Ciudad de Santiago de Querétaro como capital de dicho estado, sus delimitantes corresponden al norte con el Estado de San Luis Potosí, al oeste con Guanajuato, al este con Hidalgo, al sureste con el de México y al suroeste con Michoacán.

*“El Estado está localizado entre los paralelos 20° 01' 02" y 21° 40' latitud norte y los meridianos 99° 03' 23" y 100° 36' longitud oeste. Su superficie es de 11.687 km<sup>2</sup>, 0.6% del territorio mexicano y es la 6° (de 32) entidad federativa más pequeña.”<sup>30</sup>*

El Estado está constituido por 18 municipios, de los que se destaca el de El Marqués, dado que aquí se sitúa el sitio del proyecto:

- |                       |                      |                    |
|-----------------------|----------------------|--------------------|
| • Amealco de Bonfil   | • Huimilpan          | • Pinal de Amoles  |
| • Arroyo Seco         | • Jalpan de Serra    | • Querétaro        |
| • Cadereyta de Montes | • Landa de Matamoros | • San Joaquín      |
| • Colón               | • <b>El Marqués</b>  | • San Juan del Río |
| • Corregidora         | • Pedro Escobedo     | • Tequisquiapan    |
| • Ezequiel Montes     | • Peñamiller         | • Tolimán          |

De acuerdo al grado de desarrollo del Estado, Querétaro ha logrado emplazar al sector industrial, logrando distribuirlo a lo largo de 17 parques industriales, denotando al Parque Industrial Finsa, en el cual se encuentra el caso de estudio:

- Parque Industrial Benito Juárez, 450 hectáreas, 112 empresas.
- Parque Industrial Querétaro, 347 hectáreas, 99 empresas
- Parque Industrial Jurica, de 70 hectáreas, 72 empresas.
- Parque La Montaña, 29 hectáreas, 35 empresas.
- Balvanera Industrial Park, 53 empresas.
- Bernardo Quintana Industrial Park, 175 empresas.
- El Marques Industrial Park, 60 empresas.
- El Pueblito Industrial Park, 32empresas.
- **Finsa Industrial Park- Querétaro, 19 empresas.**
- La Cruz Industrial Park, 14 empresas.
- La Noria Industrial Park, 21 empresas.
- Nuevo San Juan Industrial Park, 30 empresas.
- O'Donnell-Aeropuerto Industrial, Park 20 empresas.
- Querétaro Aerospace, Park 6 empresas.
- Santa Rosa Industrial, Park 2 empresas.

<sup>30</sup> <http://www.queretaro.gob.mx>

## 3.2. Relación Geográfica, Sociodemográfica y Económica del municipio El Marqués

### 3.2.1. Perfil Geográfico

Siguiendo el contexto de la relación de lo general a lo particular, el municipio El Marqués tiene como cabecera al poblado de La Cañada, considerada como parte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro, donde se ubica la mitad del Aeropuerto Internacional, ya que la *otra mitad pertenece al municipio de Colón*.

“El Marqués cuenta con una superficie al suroeste del estado de 787.4 km<sup>2</sup> que constituye el 6.7% de la superficie total del Estado, ocupando el quinto lugar de extensión a nivel municipal, éste se delimita a su vez con los municipios de Colón hacia el Este, al Sur con Pedro Escobedo y Huimilpan, al oeste con el municipio de Querétaro y al norte con el Estado de Guanajuato. Gran parte de este municipio contiene planicies con buenas tierras y espacios aptos para la agricultura, delimitadas al Norte por estribaciones montañosas de la Sierra Madre Oriental y al Sur por las de la Sierra Madre Occidental, a su vez, cuenta con algunos cerros de importancia histórica o turística pero de poca altura.

En el contexto climatológico, de acuerdo al Plan Parcial de Desarrollo Urbano de la Zona Norte del Municipio de El Marqués, en la zona se presenta un clima de tipo Bs1 caracterizándose por ser un clima subtropical de altura, templado-semiseco en el 80% del municipio, y el 20% restante presenta un clima templado-húmedo. La temperatura media anual está comprendida entre los 18 y los 24°C, mientras que para el clima templado-subhúmedo oscila de los 14 a los 16°C.

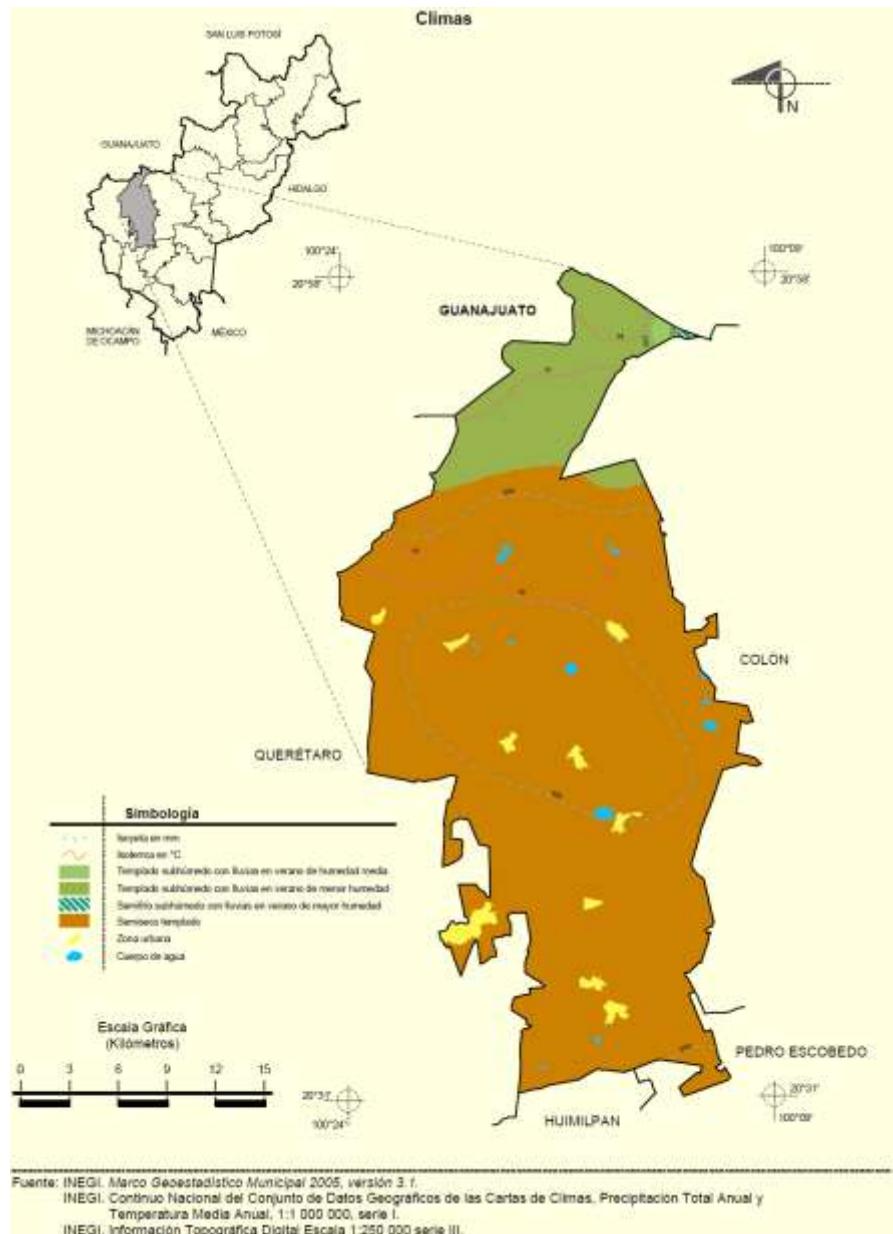


Imagen 24. Aspecto Orográfico y de Relieve del Municipio El Marqués.  
Fuente: INEGI.

La precipitación pluvial registra de 400 a 500 milímetros cúbicos, siendo los vientos dominantes de Noreste a Suroeste, manteniendo lluvias en verano con presencia de Mayo a Septiembre, designando a Julio como el mes con mayores lluvias con 145 mm y a Febrero como el mes más seco con precipitaciones menores a 3 mm.

En el aspecto hidrológico, el río Querétaro representa la principal corriente superficial, aunque sólo lleva un caudal importante cuando la precipitación pluvial se incrementa en épocas de lluvias, y de menor importancia se considera a los ríos Chichimequillas y Pinal, así como los arroyos El Durazno, El Roble, Tepozanes, Piedras Lisas, Frijolillo, El Laurel, La Pila, La Angostura, La Gotera y Las Tinajas que principalmente se encuentran en la zona de El Marqués.<sup>131</sup>

### 3.2.2. Aspecto Sociodemográfico

“De acuerdo con el conteo de población 2010, el INEGI registró 1'827, 937 habitantes en Querétaro, de los que 116,458 radican en el municipio de El Marqués, en dicha entidad, se encuentran 57,547 hombres y 58,911 mujeres, conformando un total de 27,264 hogares, de los cuales registran aproximadamente 4.2 ocupantes por hogar.<sup>132</sup>

### 3.2.3. Relativo a la Economía

“La actividad Agropecuaria representa un lugar preponderante en el Desarrollo Económico del Municipio, dado que del total de la superficie del contexto municipal que comprende 78,771

hectáreas, el 96.96% se dedica a actividades agrícolas y ganaderas esencialmente. La superficie restante se encuentra importantemente ocupada por áreas urbanas, industriales, caminos y cuerpos de agua.

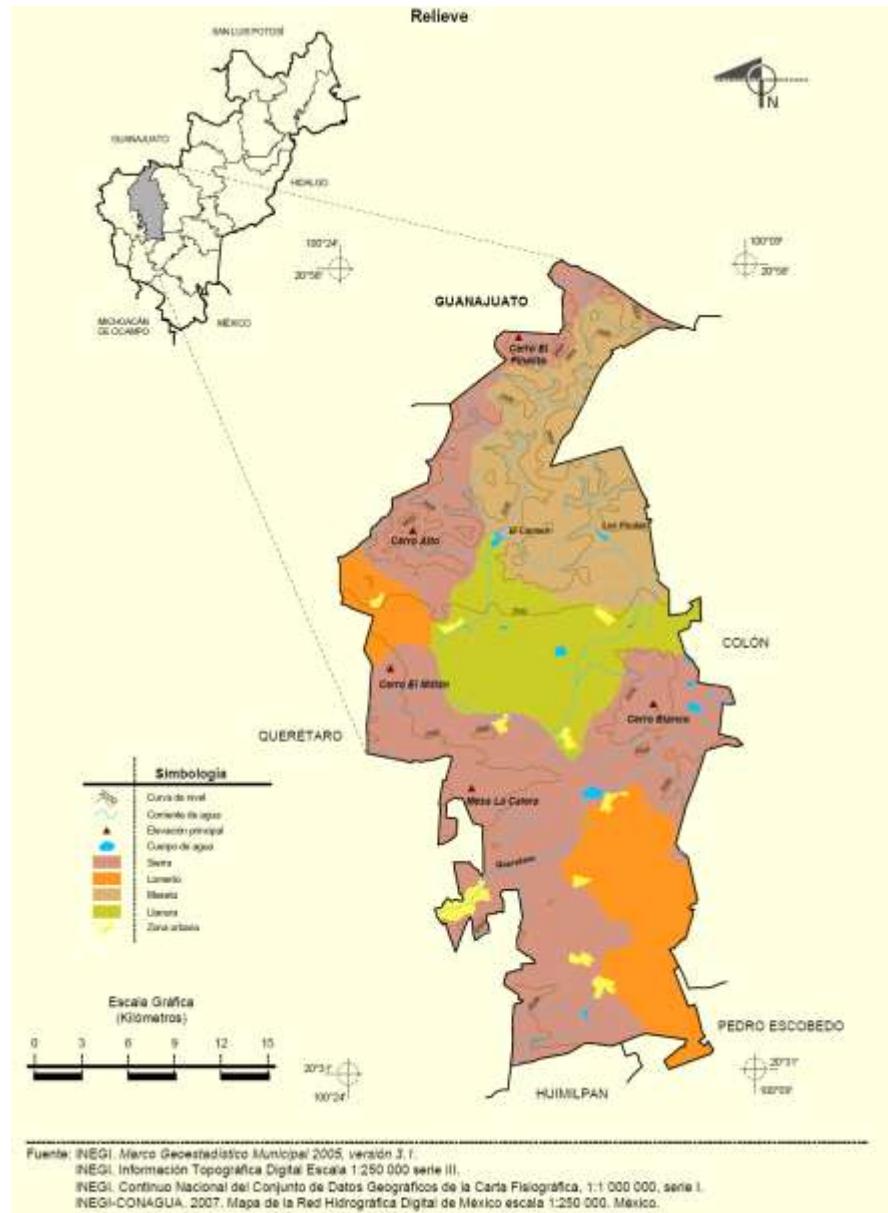


Imagen 25. Aspecto Climatológico del Municipio El Marqués, Querétaro.  
Fuente: INEGI.

<sup>31</sup> www.inegi.org.mx

<sup>32</sup> ibidem

De acuerdo con la información que emite SAGARPA y el Plan Parcial de Desarrollo Urbano de la Zona Norte del Municipio de El Marqués, en materia de uso actual del suelo se manifiesta que para uso agrícola se consignan 25,246 hectáreas, de las cuales 10,510 se siembran bajo condiciones de riego y 14,736 se forman con cultivos de temporal. Paralelamente, lo correspondiente al subsector ganadero, indica que 51,132 hectáreas se dedican a esta actividad, principalmente al Desarrollo de Ganadería Extensiva en zonas de libre pastoreo.

En el ámbito industrial, actualmente se encuentran asentadas empresas del ramo metal-mecánico, metalúrgico, de maquinaria y equipo, carrocerías, motores, auto partes y accesorios, maquinaria y equipo no eléctrico. No obstante, también se ubican empresas de abonos, fertilizantes, preparación de frutas y legumbres, así como de carnes y lácteos que sobresalen por su activa participación a nivel nacional y por su acelerado e importante ritmo de crecimiento. La industria artesanal (cantera), ubicada principalmente en la zona de Los Socavones, es una fuente de ingresos muy importante para la población rural y urbana.

El Municipio del Marqués cuenta con 6 Parques Industriales en operación, de los cuales algunos de ellos se ubican sobre la Autopista Federal 57 (TLC Mex - Qro). El producto interno bruto total que aporta el Estado de Querétaro es de aproximadamente 15,400 millones de dólares, de lo cual, el municipio de El Marqués aporta el 15% del PIB Estatal, lo que representa 2 mil 310 millones de dólares, en relación a lo anterior, El 33% corresponde al sector de la construcción de vivienda e industria, con un total de 763 millones de dólares.<sup>133</sup>

A continuación se enlistan los Parques Industriales, con su total de empresas instauradas y los empleos generados, ubicando al final a las empresas situadas fuera de estas regiones industriales, para obtener sumas finales, destaca entre estos, el parque Finsa como el lugar en que se sitúa el caso de estudio:

• Parque Industrial Finsa	23	1,600
• Parque Industrial Bernardo Quintana	210	14,500
• Parque Industrial El Marques	42	3,000
• Parque Industrial La Cruz	13	1,500
• Parque Industrial O'Donnell	17	3,500
• Parque Industrial La Noria	25	350
• Empresas fuera de los parques industriales	168	7,560
TOTAL	498 empresas	32,010 empleos generados

<sup>33</sup> ibidem

### 3.3. Presentación del Caso de Estudio

*“FINSA es la compañía líder en el desarrollo de bienes inmuebles industriales en México con más de 3.5 millones de metros cuadrados de propiedades desarrolladas. Se establecen como líderes en la creación de espacio industrial para el sector manufacturero, aportando infraestructura vanguardista, estabilidad y crecimiento continuo. A través de los años FINSA se ha consolidado como la compañía desarrolladora industrial más importante en México, proporcionando terreno, infraestructura industrial, servicios de construcción y de bienes inmuebles a más de 1,000 clientes nacionales e internacionales.”<sup>34</sup>*

Después de describir en los temas anteriores el contexto general, y en el párrafo anterior lo que corresponde a la empresa Finsa, resulta necesario enfocarse al sitio donde se emplaza el proyecto que da lugar al Caso de Estudio, dicho proyecto corresponde a una Planta Industrial que consiste en una nave y sus respectivas oficinas, inmuebles que se localizan específica y estratégicamente en el Parque Industrial Finsa, en la Ciudad de Querétaro. Dado el grado de desarrollo industrial en ésta Ciudad y como previamente se mostró, el municipio ha logrado impulsar la actividad industrial apoyándose en empresas constructoras que desarrollan éstos parques industriales, ofreciendo con dicha urbanización, niveles óptimos en la prestación de servicios hacia los establecimientos y a su vez, realizando una planificación urbana con un diseño por zonificaciones.

Es por lo anterior, que algunas empresas de iluminación como lo es Luxon de México, quien buscan situar sus oficinas y naves industriales en un mismo lugar que les permita una acorde comunicación a lo largo del país, estableciéndose en la región céntrica del bajío, no obstante, para ellos establecerse no solo consiste en construir e iniciar labores, por el contrario, buscan situarse en un inmueble que resguarde y represente el criterio sustentable que manejan a nivel corporativo. Siendo una empresa dedicada al sector de la iluminación, realizan bastante énfasis en la gestión energética, tanto provista por sus productos, como por la necesaria para manipular dentro de su Planta en México, por lo que al desarrollar su proyecto arquitectónico realizan una correcta relación interdisciplinaria entre expertos en construcción, sin embargo, ya en el proceso de ejecución buscan establecer el enfoque sustentable, para lo cual deciden hacer énfasis en los criterios de iluminación en los que ellos resultan ser expertos, dejando de lado a unos de los principales aspectos a analizar cuando se busca este tipo de edificaciones, el del

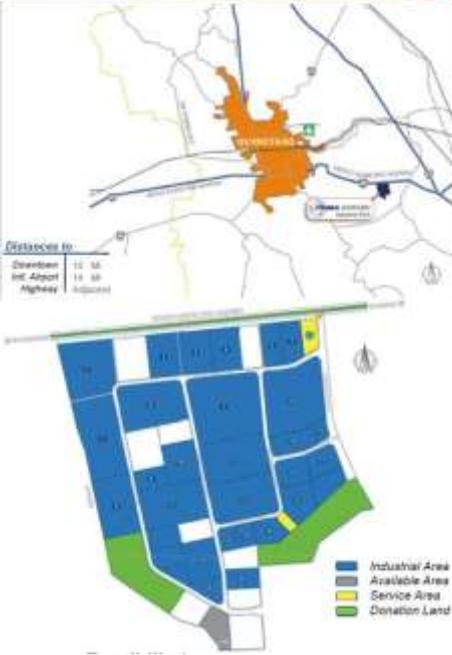


Imagen 26. Localización, contexto perimetral y de áreas del Parque Industrial Finsa Querétaro.  
Fuente: <http://www.finsa.net>

confort térmico al interior del inmueble, ya que como previamente se mostró en el marco teórico de la presente investigación, es este punto el que representa mayores índices de factibilidad en los logros de ahorro en gestiones energéticas y en establecimiento de niveles de confort y productividad. Es por esto que, con la autorización del Ing. Eric Hernández responsable del área de climatización dentro del proyecto, se decide llevar a cabo para el presente documento

<sup>34</sup> <http://www.finsa.net>

de investigación, la toma de éste proyecto como Caso de Estudio sobre la eficiencia energética térmica en las oficinas de una nave industrial, teniendo como principal meta, lograr la confortabilidad al interior por medios mayormente sustentables.

En cuanto al sitio del Caso de Estudio, como se puede observar en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, es la empresa Finsa quien se ha encargado de llevar a cabo el desarrollo de este complejo industrial, donde cada espacio cuenta ya con infraestructura de electricidad con un voltaje de 34.5 KV, de agua con un abastecimiento de 100 lts/seg proveniente de líneas de 6" a 8", sistemas de alcantarillado que van de 18" a 24" y que tienen la capacidad de desaguar 50lts/seg, abastecimiento de gas propano mediante distribuidores locales y líneas de fibra óptica para telefonía con una disponibilidad de 5 a 10 por cada lote. De igual forma como se puede apreciar en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, el parque industrial se encuentra delimitado por la Vía México – Querétaro, y por las avenidas de La Noria y Paseo de los Arcos, que pertenecen al propio complejo industrial. En esta última calle, Paseo de los Arcos, es en donde se ubica el terreno en el cual se desarrollará el proyecto, para su plena ubicación la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** sirve de referencia, sus colindancias están designadas por 3 predios más y un área verde.



Imagen 27. Plano de localización del Caso de Estudio dentro del Parque Industrial Finsa.  
Fuente: Adaptación de Arq. Paola Díaz a planos de Finsa.

proyecciones y reuniones, una cocineta y sanitarios, todos estos espacios de única comunicación con el edificio de oficinas, por lo tanto con circulación interior, sin embargo, en el mismo piso, se encuentran el comedor de personal, sanitarios y la oficina de logística con comunicaciones directas y únicas hacia y desde la nave industrial. Al subir las escaleras hacia la planta alta se encuentra una recepción, 6 oficinas de gerencia, un área amplia destinada a escritorios del departamento de contabilidad, dos sanitarios independientes, una cocineta, la oficina de la dirección general que comparte un sanitario con una sala de juntas y un pasillo por el cual se puede acceder hacia la nave industrial sin la necesidad de tener que bajar a la planta baja. Por último, llegando al tercer nivel, se encuentran 2 áreas amplias, la interior que corresponde al Show Room de los productos de la empresa y la exterior que consiste en una terraza para la realización de eventos, lo que designa a este nivel como la sección de usos múltiples del edificio de oficinas, el cual cuenta con su cocineta y sanitarios para la satisfacción de las necesidades de los usuarios correspondientes a este piso.

Actualmente el Caso de Estudio se encuentra en la fase de Proyecto Aceptado, sin fecha determinada aún de inicio de labores, por lo que únicamente se cuentan con planos de Planta Baja, Planta Alta, Show Room, Cortes y Alzados del Proyecto, mismos que se ubican para su presentación y consulta en el **Anexo 1** de este documento.

La planta baja del proyecto consta del acceso principal, donde posteriormente se encuentra un vestíbulo y su sala de espera, 3 oficinas, un área amplia de escritorios destinada al departamento de ventas, una sala de

### 3.4. Recaudación de Datos Relevantes

Para el proceso de diseño del aspecto térmico del proyecto, es necesario tener como idea principal y objetivo general el de realizar este por medios lo más apegados a la sustentabilidad, por lo que todos los elementos, análisis y estudios deben dirigirse al cumplimiento de este objetivo en la mayor de sus posibilidades de acuerdo a como se desarrolle el proyecto en este documento. Por lo anterior, es necesario sentar las bases que consisten en recaudar datos para emplazar los criterios naturales que basan la arquitectura sustentable (temas 1.2 y 1.2.1.), ya que como se aprecia en la imagen 28, en la relación de los costos del impacto de vida de un edificio y el análisis del ciclo de vida, es en la etapa de proyecto donde los arquitectos e ingenieros requieren realizar estrategias sustentables, para lograr un óptimo diseño que sea sustentable y sostenible, no obstante, la interacción de disciplinas al proyectar buscando la eficiencia energética y la sustentabilidad del edificio, recae en tres aspectos primordiales que interactúan entre sí como se aprecia en la **!Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, siendo la iluminación, el confort y la forma estructural del edificio, es en el segundo criterio, el de confort en donde se pueden desarrollar estrategias en búsqueda de recursos naturales mayoritariamente, y **que de acuerdo a las necesidades del proyecto, pueden referir a la realización de enfriamiento por medios pasivos, o de acuerdo a las viabilidades del proyecto, ser muy necesario realizar una solución mecánica.**

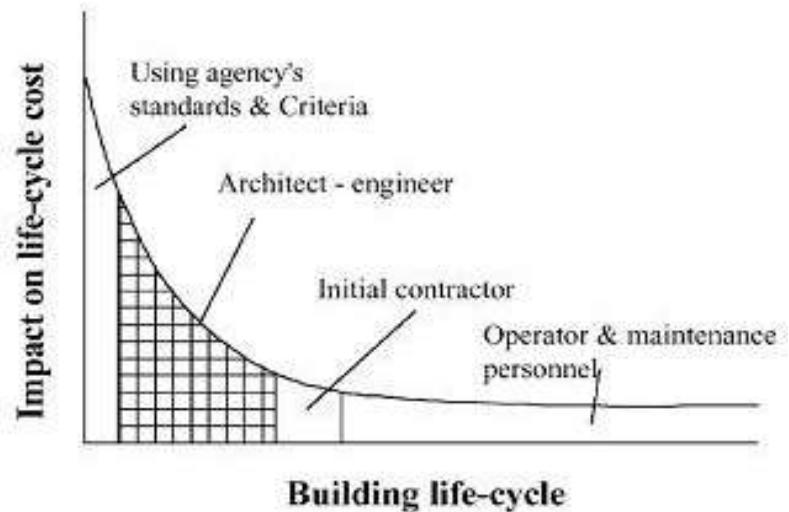


Imagen 28. Gráfica de ciclo de vida de un edificio en relación con los costos en el impacto ambiental, de acuerdo a las etapas de realización de un proyecto, donde se determinan los momentos de toma de decisiones en cuanto a estrategias sustentables.

Fuente: Diplomado de Eficiencia Energética, Energías Limpias y Desarrollo Sustentable, presentación del módulo 3 del Ing. Eric Hernández



Imagen 29. Relaciones para la concepción de un diseño integral en materia de proyectos sustentables.

Fuente: Diplomado de Eficiencia Energética, Energías Limpias y Desarrollo Sustentable, presentación del módulo 3 del Ing. Eric Hernández

### 3.4.1 Datos

Resulta necesario definir que una nave industrial es inmueble propiamente con el objetivo de resolver necesidades de alojamiento y operación de una industria, siendo un edificación diseñada y construida para la realización de actividades industriales que van desde producción, manipulación, manufactura, ensamble, procesos industriales, operación, almacenaje, distribución y de gestiones administrativas propias de la actividad principal, siendo estas últimas las que permiten hacer énfasis en el edificio de oficinas al que la investigación de centrará.

Para iniciar con el proceso de análisis del Caso de Estudio, se recurre a recaudación de datos climatológicos para analizar el contexto medioambiental sobre el que se encuentra el proyecto, y aunque el proyecto por ubicación se localiza en el municipio de El Marqués, al solicitar la medida de datos climatológicos mediante una unidad posicionada en el edificio anexo del sitio del proyecto, los ingenieros refieren que dadas las condiciones de demarcaciones y relieves, los datos arrojados por la unidad de medición son los parámetros de climas del municipio colindante de Pedro Escobedo, por lo que se solicita al Sistema Meteorológico de dicho municipio, los registros a lo largo de tres años de las principales variables meteorológicas

registradas, lo que con ayuda del Ing. Eric Hernández, se procede a la definición de la información de acuerdo a los elementos de humedad, temperaturas medias y anuales, vientos dominantes y porcentajes de radiación solar, mismos que son introducidos en el programa Weather Tool del Software Ecotect, para lograr hacer más legibles las lecturas registradas, los parámetros climatológicos sobre los que se basará el análisis del caso de estudio, se encuentran en el **Anexo 2**.

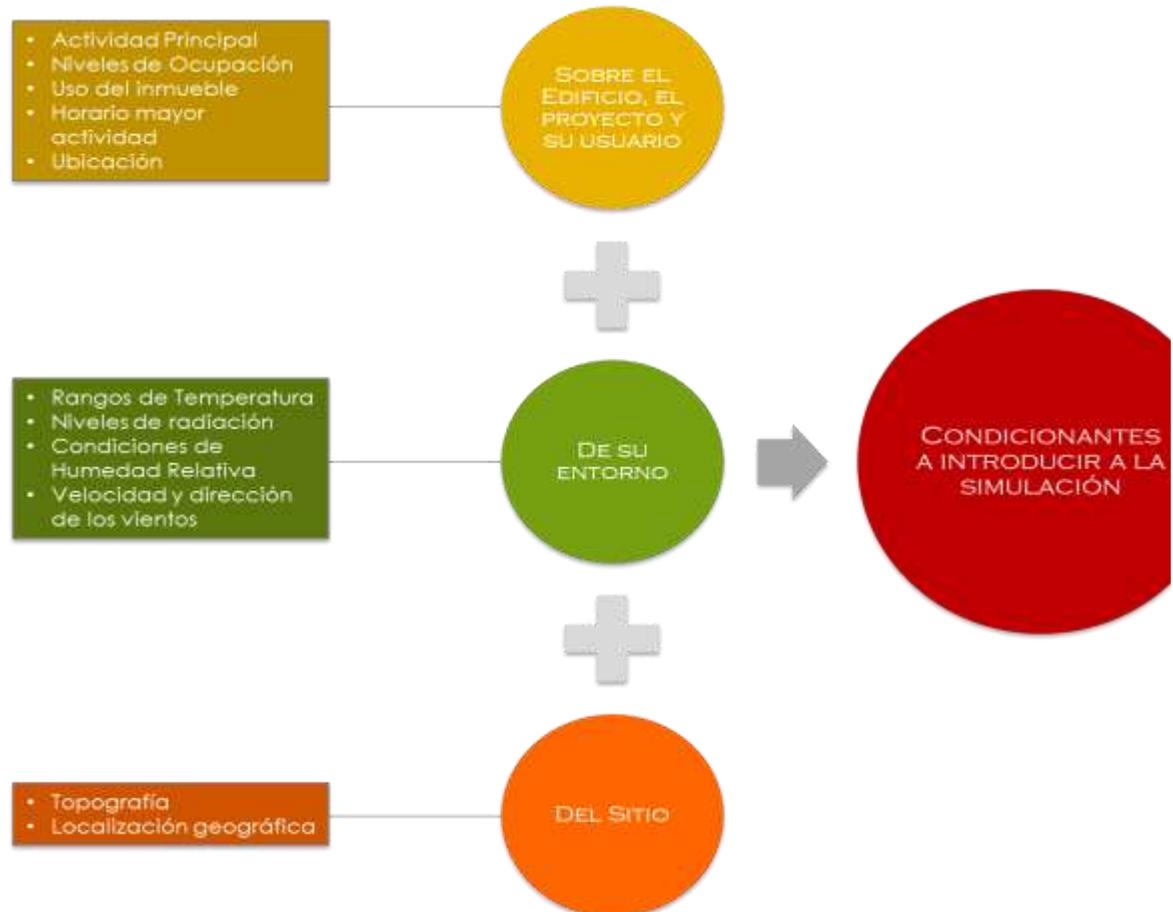
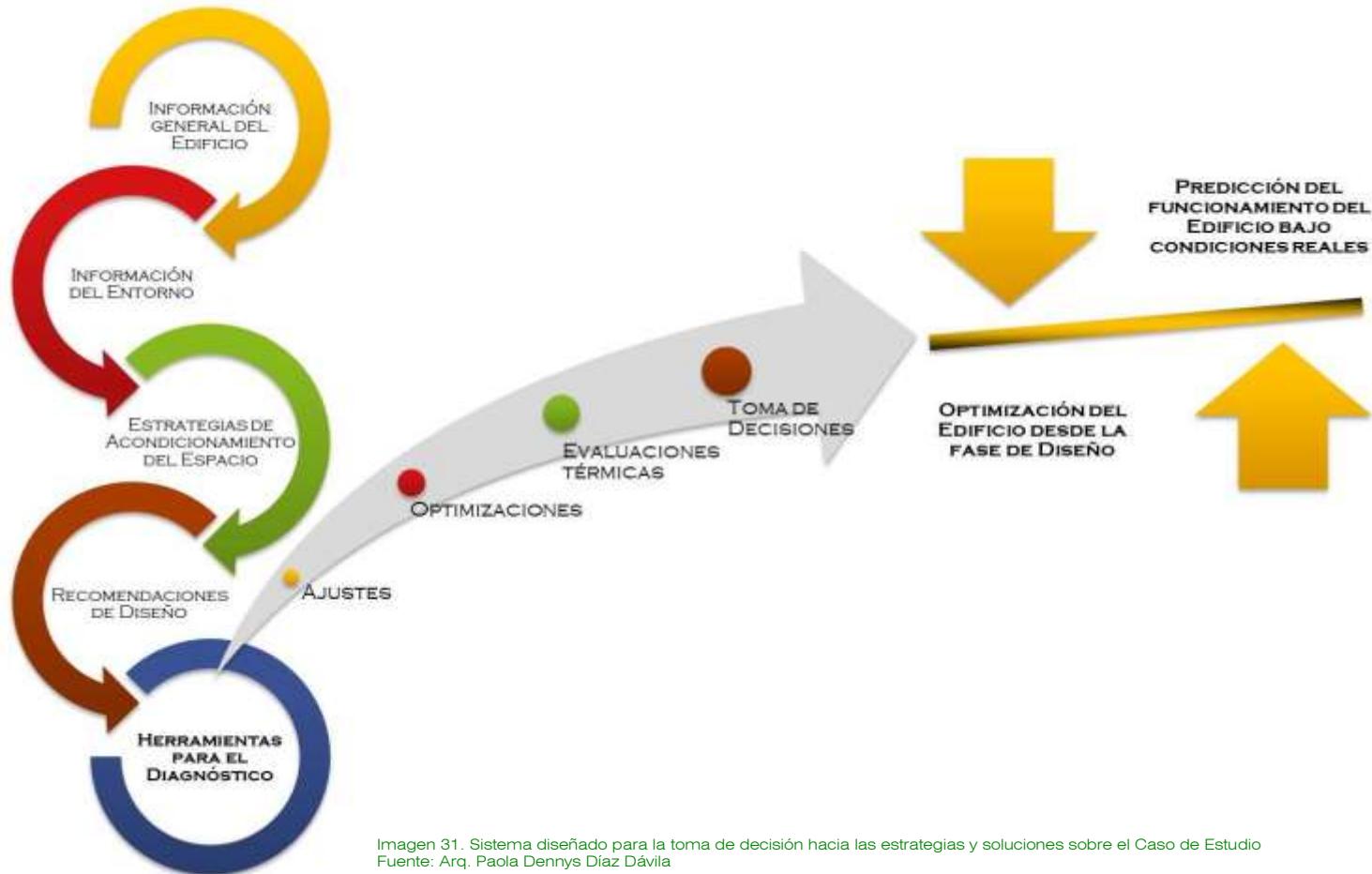


Imagen 30. Análisis y metodología a implementar para determinar las variables de los datos a introducir al proceso de simulación, los datos determinados corresponden a variables dependientes en la predicción térmica, ya que todos estos aspectos determinan el comportamiento del edificio, aunado a valores proporcionados por el análisis propio del proyecto.

Fuente: Arq. Paola Dennis Díaz Dávila

### 3.5. Criterios para la toma de decisión

Llevar a cabo las propuestas de integración de tecnologías no es cuestión de solo elegir una de ellas y aplicarla, para lograr una óptima integración al concepto arquitectónico de sustentabilidad que busque eficientarse energéticamente mediante aspectos térmicos, es necesario definir criterios que en conjunto desarrollen un proyecto final viable y que pueda ser fundamentado mediante las simulaciones que determinen el proceso analítico de la implementación de estrategias.



La arquitectura siempre ha buscado establecer el vínculo espacio y hombre, buscando lograr el objetivo de confortabilidad, esto determinara aspectos de salud, permanencia, eficiencia, productividad de acuerdo al edificio en cuestión en este caso de estudio, sin embargo siendo más específico, el concepto de confort Olgay lo define como “*El punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno*”<sup>35</sup>, no obstante adentrándonos a parámetros de termicidad que son los que comprenden la presente investigación, el confort térmico se encuentra en

<sup>35</sup> Olgay Víctor, “Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, Ed. Gustavo Gili, Barcelona 2006.

relación del bienestar que se logra bajo condiciones de temperatura, buscando lograr un equilibrio entre el calor que produce propiamente el cuerpo y la disipación de éste en el ambiente. Esta relación se analiza partiendo de 7 elementos, tres correspondientes al hombre directamente, siendo el metabolismo, su ropa y la temperatura a la que se encuentra él, elementos que no se desarrollaran sin embargo que no pierden importancia. Y por otro lado, las referidas a su entorno y que interactúan en sus actividades como son la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura a la que se encuentra el espacio y la velocidad del aire, éstos últimos cuatro, son los que dan pie a los elementos presentados en el capítulo anterior, así como en el anexo 2. Entonces, básicamente lograr el confort térmico de un espacio habitable está en función de la calidad del aire en el que el usuario está expuesto, de donde se desprenden los 4 conceptos anteriores, y en el caso de estudio, lograrlo para las oficinas, estará determinado en lograr un correcto aislamiento y una óptima habitabilidad de acuerdo a la condición del aire a su interior.

De acuerdo a lo anterior es que se pretende realizar un eficiente proceso de acondicionamiento del aire al interior de las oficinas, por medio de las variables que más adelante se describirán, sin embargo es necesario mencionar que de acuerdo con ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers) la realización del acondicionamiento del aire se encuentra en función de *“el proceso de tratamiento del aire para cumplir los requerimientos de un espacio acondicionado controlando su temperatura, humedad, limpieza y distribución”*<sup>36</sup> buscando cumplir con las condiciones de habitabilidad de acuerdo a su actividad principal, basándose para ello de sistemas de ventilación natural, mecánica o híbrida, elementos y tecnologías de aislamiento térmico, así como de condiciones y sugerencias de diseño del espacio.

La imagen 30, muestra el proceso de selección de datos que conlleva la determinación de variables y criterios que involucran la consistencia de la factibilidad y viabilidad del proyecto, tanto el preliminar, como en estrategia y así mismo en simulación, de esta información es posible seleccionar en un análisis las estrategias a implementar dentro de las simulaciones, ya que estas estrategias consisten en seleccionar cualitativamente los elementos o dispositivos, formas, materiales y sugerencias de diseño del edificio en base de retomar los aspectos más ventajosos del clima, así como los extremos y generar simulaciones que arrojen resultados favorables, seguros y determinantes sobre las condicionantes, necesidades y soluciones al proyecto de oficinas. Luego de lo anterior, se diseña el proceso de toma de decisión (imagen 31) en función de los elementos involucrados, donde posterior al diagnóstico, se establecen ajustes y optimizaciones para solucionar finalmente en un balance al caso de estudio, sin embargo, dentro de este proceso es donde las estrategias involucradas en la solución final, determinaran el manual que dé pie al objetivo principal de la presente investigación.

<sup>36</sup> ASHRAE, “Estándar 62-2001: Ventilación para una aceptable calidad del aire interior”, ANSI, Atlanta 2002.

## 3.6. El Proceso

### 3.6.1. Análisis climatológico

Dadas las condiciones de relieves y demarcaciones municipales, y más propiamente de la localización del caso de estudio, por dirección, este pertenece al Municipio de Pedro Escobedo, sin embargo, se genera un microclima proveniente del municipio colindante de Huimilpan, lo que hace determinante que las condiciones climatológicas sean referidas mayormente a este municipio. En base a esto se solicita al Sistema Meteorológico las cartas climatológicas y sus registros de este municipio, dichos datos en conjunto con los datos proporcionados por la unidad de medición montada en sitio, permiten mostrar las cartas climatológicas de la zona del proyecto (anexo2), donde se muestra un resumen del clima, las condiciones de orientación del proyecto, la presencia de vientos dominantes, así como parámetros de humedad, radiación y temperatura. Por lo que en base a los datos del anexo 2 se concluye las siguientes condiciones del clima:

1. Se manifiesta que se encuentra una radiación solar de entre 7 y 9 puntos.
2. Que los registros de temperatura determinan que anualmente la máxima promedio se encuentra entre los 25° y 28°C presentándose entre los meses de Abril y Mayo. La temperatura promedio mínima esta entre los 0° y 7°C presentándose a finales de Noviembre y prologándose hasta Enero. Y que finalmente la temperatura media anual se encuentra entre 12° y 18°C, determinando condiciones de temperaturas de un clima templado, con predominación hacia un clima frío.
3. De las cartas de vientos dominantes mostradas, se define la presencia de vientos fríos y templados provenientes de un sector de viento de entre 60° y 120° (lo cual quiere decir que el viento templado-frío proviene principalmente del Este). Los vientos con presencia de mayores rangos de temperatura se encuentran en un sector ubicado entre los 325° y 10°, lo cual en orientación define que estos vientos provienen generalmente del Nornoroeste. Y de acuerdo a estos graficas se muestra que generalmente los porcentajes de humedad en el aire se encuentran por debajo del 45%.
4. A su vez, estos análisis de los vientos dominantes, permiten observar que el promedio de velocidad se encuentra en 5km/h, al manifestarse más de 895 horas al año bajo este parámetro y que gran parte de estos vientos provienen del Noreste. De igual forma se determina que se han registrado velocidades de más de 50km/h provenientes del Norte, aunque con muy poca presencia anual.
5. De las cartas de vientos dominantes anuales con desglose mensual, se define que la mayor manifestación de vientos de registran en los meses de Enero a Abril, sin dejar de tener presencia a lo largo del año.
6. En base a los datos arrojados por las Carta Psicométrica se permite observar las condiciones de humedad y la localización de los parámetros de confort, así como campos impuestos donde se analizan estrategias de ventilación natural, masa térmica y ventilación nocturna, donde se define que con las dos primeras técnicas es posible cubrir las condicionantes de confort, esto apoya los criterios de sustentabilidad bajo los que se pretende desarrollar al caso de estudio.

De lo anterior se puede concluir que el clima es predominantemente templado e incluso subhúmedo, con manifestaciones de lluvias en verano, y que presenta temperaturas casi estables dentro de un régimen térmico medio anual de entre 12° y 18°C, lo cual permite en primera instancia apoyar los criterios de sustentabilidad y confort bajo los que se quiere dotar al caso de estudio, como es el caso de los medio de ventilación natural, y que en caso de que las necesidades de enfriamiento mecánico se presentan, estarán en función de una a una carga interna posiblemente elevada en consecuencia del edificio (luces, personas y computadores); y a la manifestación de la ganancia solar.

### 3.6.2. Levantamiento del Proyecto

Para realizar un profundo análisis sobre el comportamiento térmico del edificio, así como posibles elementos de diseño y la integración de alternativas de mejora y eficiencia energética, se realiza un levantamiento del proyecto entero dentro de un software de simulación, que permita analizar lo más a detalle posible e incluso con parámetros más apegados a la realidad del proyecto, para ello se requirió del programa BSim, que pertenece al Danish Building Research Institute, de la Universidad de Aalborg en Dinamarca, ya que mediante este software, se pretenden analizar dos puntos principalmente:

1. Análisis de las condiciones térmicas al interior del edificio.
2. Comportamiento energético.

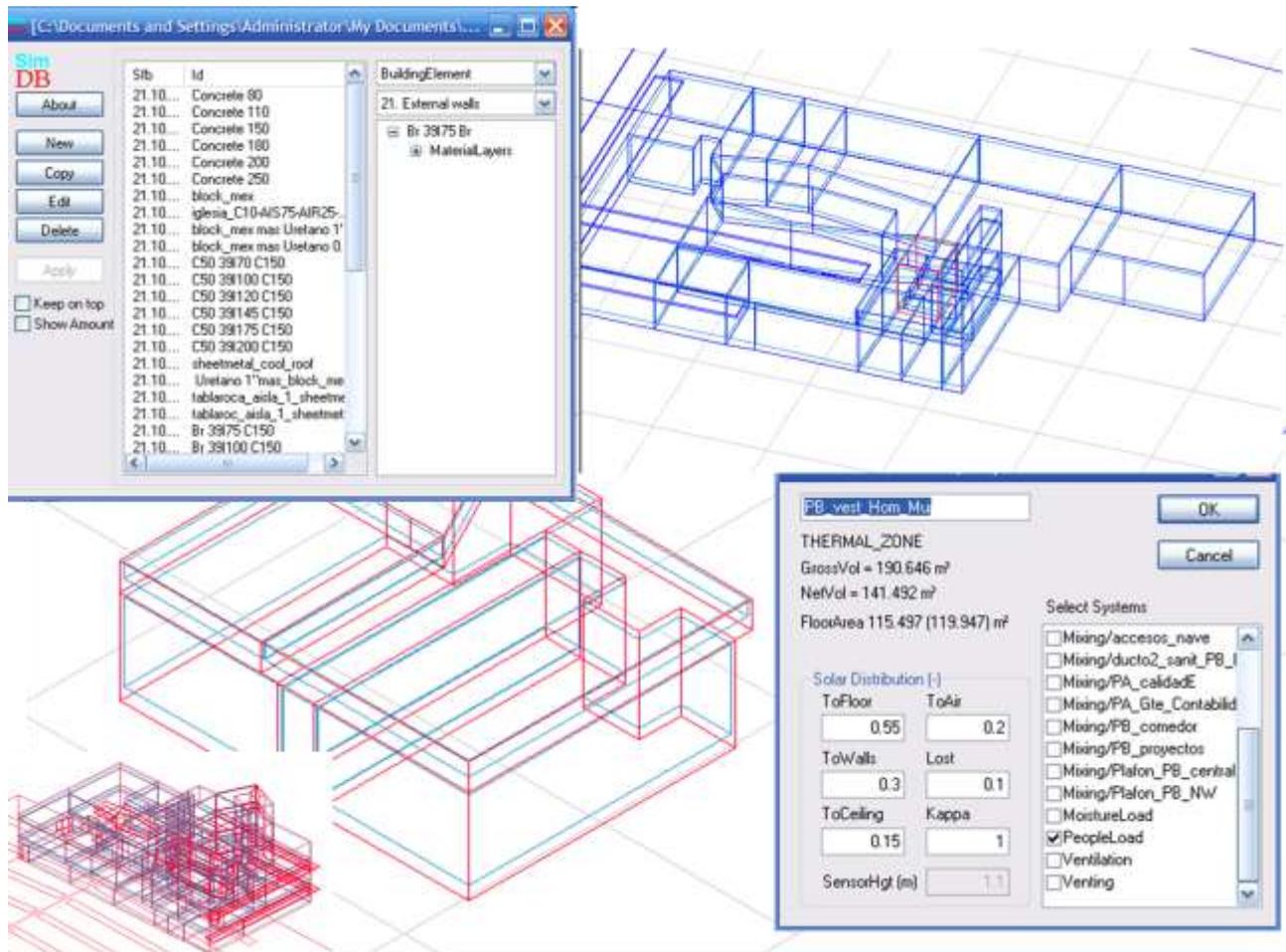


Imagen 32. Levantamiento de la geometría del edificio de oficinas (caso de estudio), dentro del programa Bsim. Así mismo se muestra las opciones de designación de materiales, creaciones de bases de datos propias de acuerdo al sistema constructivo y materiales utilizados, y la generación de zonas térmicas

Fuente: Simulación mediante Bsim

Para esto ha sido necesario realizar el levantamiento completo del proyecto, ya que es necesario en este proceso, detallar sección por sección, características de materiales por cada habitación, ya que los parámetros de conductividad térmica y de aislamiento que estos puedan tener, son posibles detallarlos dentro del programa para realizar un análisis lo mayormente apegado a la realidad, incluso ha sido necesario crear bases de datos propiamente a los criterios de los sistemas constructivos de México que no son los que el software Europeo contiene. De igual forma, al detallar cada habitación del edificio, se define cada habitación como una zona térmica, esto dado que las condiciones de materiales, ocupación, actividad, volumetría y diseño, son diferentes entre un espacio y otro y por tanto, su comportamiento individual puede estar en función de los parámetros mencionados, lo que define un cálculo individual que posteriormente en suma, determinara al edificio de manera general sus condicionantes térmicas. Todo lo anteriormente descrito, se puede observar en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se muestra como se fue haciendo inicialmente el levantamiento de la geometría del edificio por secciones y posteriormente por niveles, hasta concluir al edificio de oficinas entero e incluso la volumetría de la nave industrial que se adjunta al proyecto, y que únicamente estará posicionada para determinar cuestiones de variaciones que pudiesen presentarse en función de la presencia de la nave, un ejemplo de esto pudiera ser las sombras generadas por la planta, sobre el edificio de oficinas y que se sirve de un elemento en ciertas fechas del año que limita los rayos solares de manera directa, y que determine condiciones tanto favorables como desfavorables. Al detallar cada espacio, es necesario también realizar una selección de los criterios con que este interactúa, como son las personas, los equipos (computadoras, fotocopiadoras, etc.) y las zonas térmicas que se encuentran a sus alrededores y que pudieran manejar cuestiones de transferencia de calor, o mezcla de condiciones térmicas al interior. De esta forma, es que se lleva a cabo el completo levantamiento del proyecto, en base a la construcción de la geometría, a la cual se le tiene que especificar ventanas, puertas, pasillos, accesos, ya que estos involucran la transmisión de calor al interior; también se realiza el detalle de materiales de construcción, a los cuales es

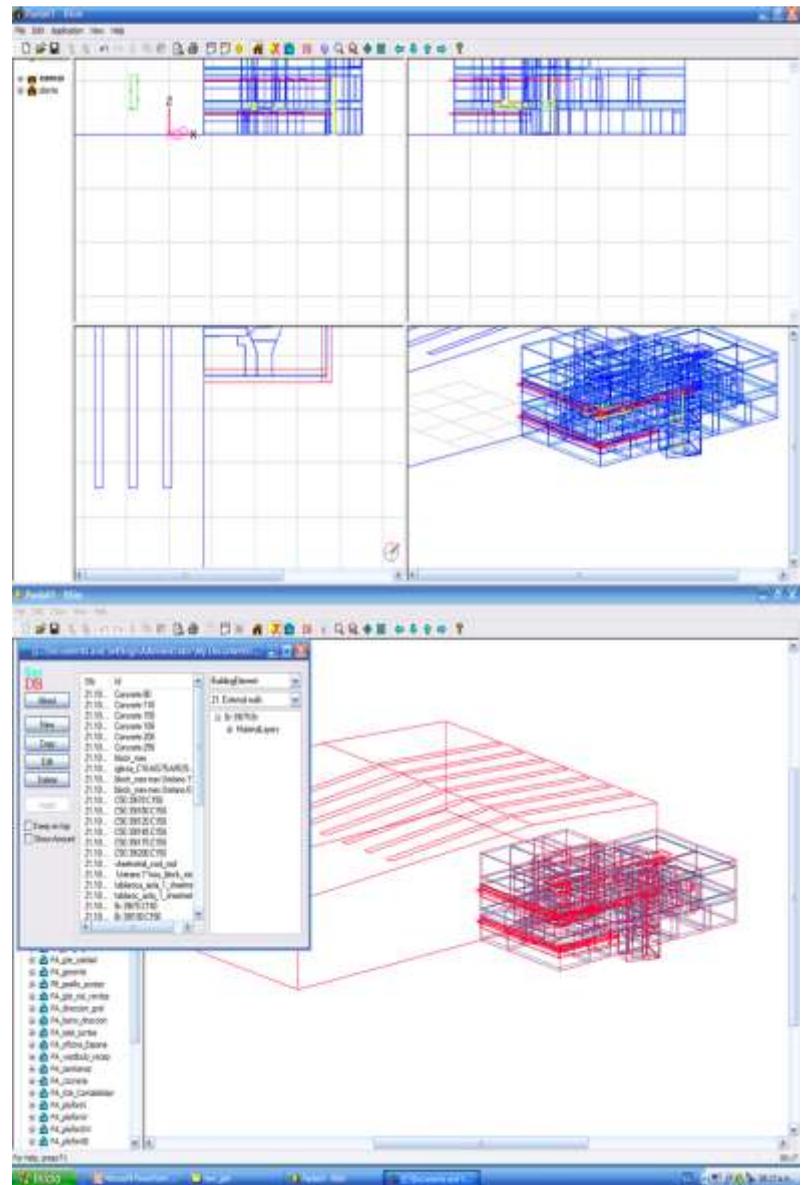


Imagen 33. Este gráfico muestra la geometría total del edificio, las secciones en planta y alzados para tener un mayor dominio de la volumetría. Así mismo se puede observar al proyecto entero, el edificio de oficinas en conjunto con la nave industrial, llevada a cabo volumétricamente para evitar variaciones en las condicionantes del proyecto y su análisis.

Fuente: Simulación mediante Bsim.

cuestiones de transferencia de calor, o mezcla de condiciones térmicas al interior. De esta forma, es que se lleva a cabo el completo levantamiento del proyecto, en base a la construcción de la geometría, a la cual se le tiene que especificar ventanas, puertas, pasillos, accesos, ya que estos involucran la transmisión de calor al interior; también se realiza el detalle de materiales de construcción, a los cuales es

necesario especificar dentro de la base de datos, las propiedades térmicas de estos materiales, y demás características, ya que por ejemplo datos como son la conductividad térmica, es específicamente una propiedad relevante por ser la que caracteriza la habilidad de un material para transferir calor; tipos de acabados al interior, que se relaciona directamente también a las propiedades térmicas, ya que en este caso por ejemplo, resulta trascendental especificar dentro del software, que tipo de vidrio contempla el proyecto en ventanas, ya que éste tiene una característica que no se aplica a los demás materiales, siendo la radiación causada por la capacidad de almacenamiento de luz infrarroja y ultravioleta emitida en los rayos solares y la cual es muy variable y puede provocar en ocasiones que el vidrio transmita el calor de manera mucho más directa, y dado que este elemento es raramente tomado a consideración para el diseño, es necesario acudir a un proveedor de este material que cuente con especificaciones detalladas sobre las termicidad del vidrio, para en función de esto, adentrar los datos a las variables del programa y más adelante, en cuestiones de simulación de optimizaciones del proyecto, buscar aquellos que tengan mayor aislamiento; también resulta de vital importancia realiza una aproximación de acuerdo a lo establecido en los planos que se encuentran en el anexo 1, sobre cuestiones de ocupación, mismos que también son apoyados en base a las tablas de ocupación que establece integralmente el programa en función de los  $m^2$  comprendidos dentro del área de cada zona.

En base al análisis climatológico realizado en el apartado 3.2.1., se lleva a cabo la transferencia de esa base de datos del clima, al programa, determinando su localización en cuestiones de altitud y latitud, y posteriormente en automático, al asignar la ubicación concreta, determina la lectura de los datos introducidos, generando la base climatológica que funcionará para el análisis del edificio de oficinas, determinando su consistencia sobre todos los rangos promedio.

Como ya se dijo con anterioridad, resulta importante en edificios como es el de este caso, un proyecto de oficinas,

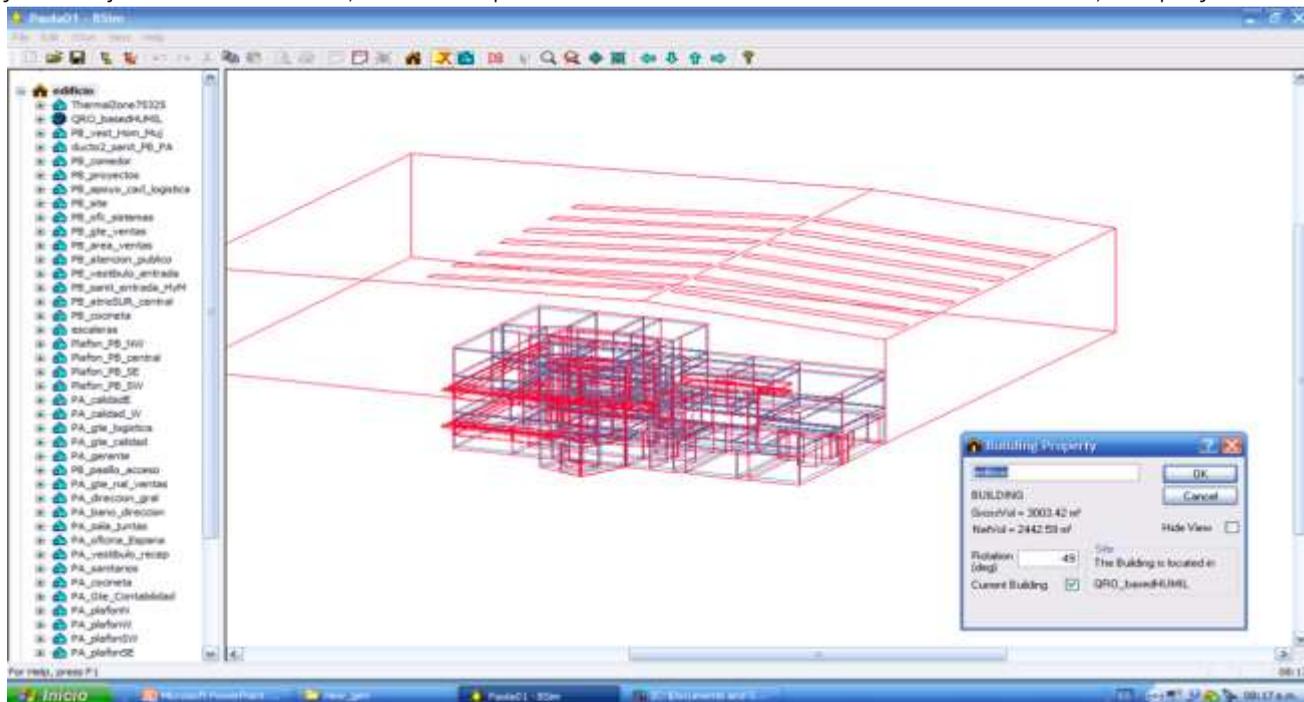


Imagen 34. Se observa al proyecto completo, y en el caso del edificio de oficinas, a la izquierda de la imagen, se localizan todas las áreas comprendidas dentro del edificio, y que representan zonas térmicas individuales. En la parte inferior derecha, se encuentran los datos generales del edificio, como son su orientación, su área total y la base de datos del clima que es usada, en este caso la de Huimilpan Querétaro.

Fuente: Simulación mediante Bsim.

determinar el horario de ocupación, para en base a esto, delimitar el área sobre el cual se centrará la atención más adelante en el análisis y la simulación.

Es relevante crear un criterio de diseño y generación de datos preocupándose por obtener las condiciones de temperatura de confort en un horario real de ocupación.

En la información introducida al software para llevar a cabo el proceso de simulación, es de vital importancia, seleccionar al igual que el horario, los días de ocupación, ya que estos, junto con las condiciones del clima, corresponderán a ser los días más representativos a lo largo de un análisis anual, así de esta forma, al correr la simulación, el periodo de 365 días que comprende un año, se reduce a unos cuantos días determinados por los días de ocupación y condiciones climatológicas de mayor relevancia y permitirá obtener una información sobre la operación térmica del edificio con mayor definición y precisión. De acuerdo a lo anterior, es que en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra la forma en que se desarrolló la toma de decisión sobre los parámetros de actividad y ocupación en la operación del inmueble, y que por lo tanto precisarán aún más el nivel de la simulación, ya que con los datos arrojados más adelante y

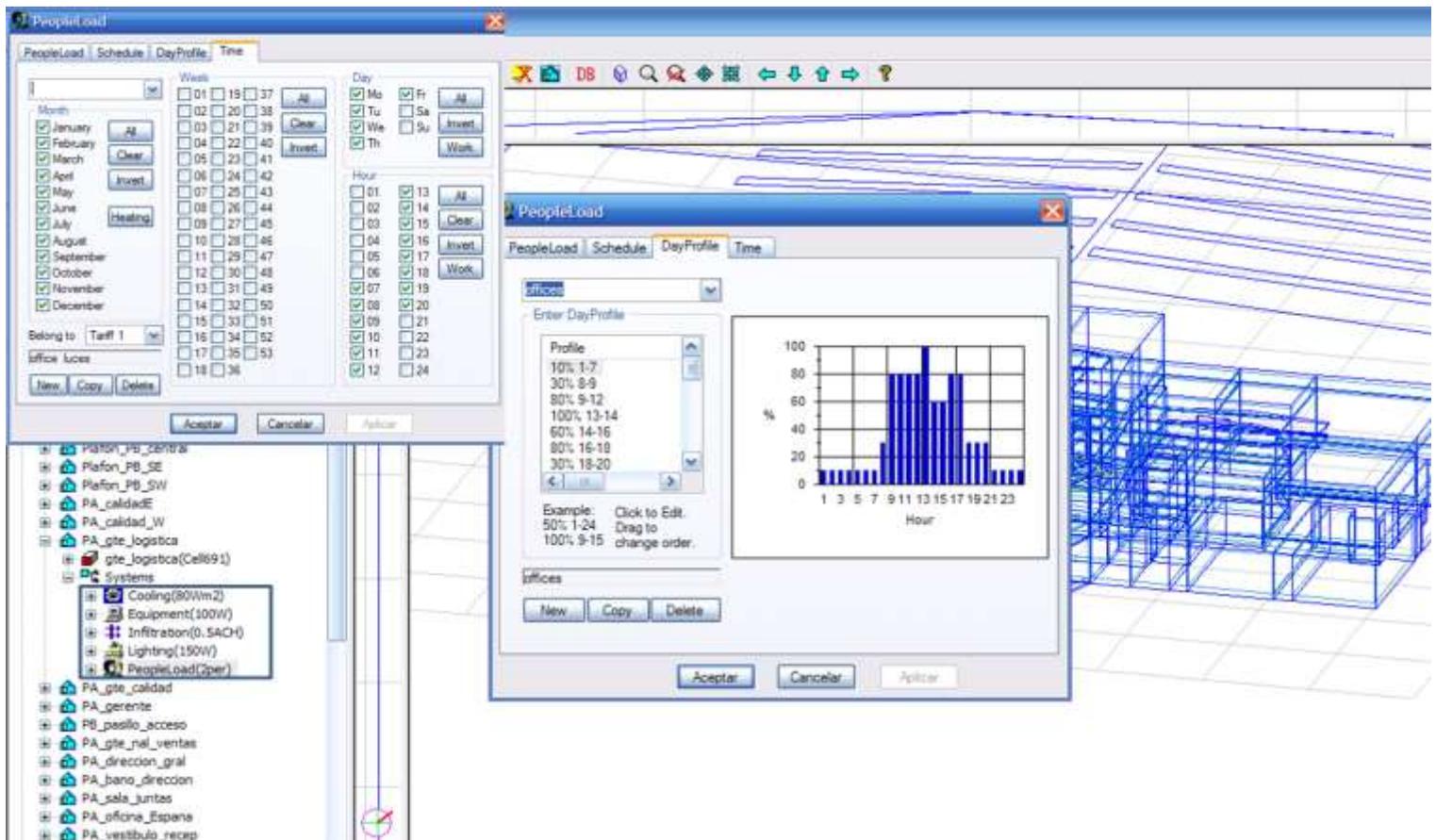


Imagen 35. Determinación de niveles de ocupación, horarios de actividad del inmueble, así como días laborales. La imagen permite visualizar que la operación está determinada para un año de actividad, bajo una semana laboral de lunes a viernes con un horario de amplio rango que va de las 7:00 a las 20:00 hrs, determinando también la densidad de ocupación de acuerdo a los rangos horarios, como se muestra en la tabla. Esto influye en los parámetros enmarcados en el cuadro azul a la izquierda de la imagen, que son los niveles de enfriamiento, los gastos energéticos y ganancias de calor por equipos electrónicos, luces y personas.

Fuente: Simulación mediante Bsim.

en base a la introducción de parámetros lo más apegados a la realidad como en este caso, es que en muchas ocasiones realizando estos procedimientos, se pueden llevar a cabo diversas tomas de decisiones referentes a los proyectos y sus construcciones, y aunque no es el objetivo del presente estudio, cabe mencionar que todo lo anterior permitirá y generará en consecuencia, optimizar el proyecto y su rendimiento energético a partir de la afluencia. Para este particular detalle, se precisó un ciclo de trabajo de todos los meses del año, se estableció una semana laboral de dos días de descanso, entonces consiste en una semana de lunes a viernes, con un horario aproximado de labores de 7 de la mañana a 8 de la noche, ya que se prevé a gente de mantenimiento, intendencia y demás que pudiera presentarse de baja demanda, fuera del horario de concentración laboral, esta extensión de horario sirve a su vez, como una holgura o amortiguamiento de la información, y entonces, se establecen aproximaciones sobre los porcentajes de ocupación en el transcurso del día, es decir, de acuerdo al software, se analiza por periodos horarios, el porcentaje de concentración de personas dentro del edificio, que demandaran energía y necesidades de confort de acuerdo a los parámetros señalados en la imagen, y que se mencionaron previamente al inicio de este tema.

### 3.7. La primera evaluación

Posterior al levantamiento entero del proyecto dentro del software, e incluso a la generación y aplicación de la extensa base de datos en cuanto a materiales y el contenido de personas, porcentajes de ocupación, horarios, climas exterior, etc., para determinar un punto inicial de partida, se lleva a cabo una primera simulación sobre el estado inicial del proyecto, donde se analizan todas las zonas térmicas desarrolladas, es decir, todo el edificio entero, para ello se inicia con la simulación del comportamiento del proyecto, a lo largo de un año, sobre el cual sus parámetros determinaran las áreas de actuación, tanto en características como en zonas térmicas, sobre las que se generaran las modificaciones o las optimizaciones por medio de elementos tecnológicos como los presentados anteriormente dentro del contexto teórico de esta presente investigación.

La imagen 64 corresponde a los resultados del primer análisis simulado en Bsim, donde aparecen 17 conceptos que a continuación se definen, y que darán la muestra del estado de equilibrio térmico que se encuentra al interior del edificio, ya que no hay que olvidar que el correcto balance térmico se presenta cuando las sumas de las pérdidas y ganancias de calor son igual a cero, determinando un equilibrio en un punto neutro, es decir, los volúmenes de aire deben suministrarse y extraerse en igual magnitud.

1. Heating. Son los resultados del análisis sobre el calor u energía generada por el sistema de calefacción en caso de que exista.
2. Cooling. Determina la energía o calor emitido por sistemas de enfriamiento o refrigeración al interior del edificio o en las zonas térmicas.
3. Infiltration. Es la energía o calor que se añade o elimina al infiltrarse aire dentro de una zona térmica.
4. Venting. Es el calor o la energía que se introduce al interior del edificio por medio de la apertura de puertas y ventanas.
5. SunRad. Es la ganancia de calor o energía que se transfiere al edificio por medio de ventanas o puertas, analizando los porcentajes de pérdida antes de entrar a una zona térmica, o por transmisión o transferencia a otras zonas dentro del edificio.
6. People. Es la fuente de calor y/o energía que emiten las personas y está determinada por índices de ocupación, horarios y actividades.
7. Equipment. Todos los equipos electrónicos como computadoras, copiadoras, proyectores, etc., emiten calor o energía que se ubica en este segmento.

8. Lighting. Es la energía y/o calor proporcionado por los sistemas de iluminación artificial dentro del edificio y zonas térmicas.
9. Transmission. Es en base a la transferencia de calor al interior de la construcción, a través de elementos de construcción.
10. Mixing. Es el intercambio de aire que se presenta al interior del edificio entre diferentes zonas térmicas mezclándose entre una habitación y otra.
11. Ventilation. Es el calor o energía que se presenta en función de equipos de ventilación o de acondicionamiento de aire, así como por sus componentes, como por ejemplo calentamiento de bobinas, equipos, etc.
12. Outdoor mean. Es la temperatura promedio que se encuentra al exterior del edificio y que vincula parámetros del comportamiento al interior del inmueble.
13. Top mean. Es la temperatura promedio que se manifiesta al interior del edificio, en relación a los parámetros anteriores y demás variables a simular.
14. Air change. Se calculan los posibles cambios de aire que se pueden realizar en el lapso de una hora, para mantener un óptimo confort.
15. Rel Moisture. Es la proporción de humedad relativa que se manifiesta al interior del edificio y zonas térmicas.
16. CO<sub>2</sub>. Calcula y determina en relación a la calidad del aire al interior, los porcentajes de dióxido de carbono en partes por millón.
17. PAQ. Es un número sobre la calidad del aire al interior del inmueble en base al porcentaje de humedad relativa.

Lo anterior nos sirve primordialmente para entender los resultados arrojados por los balances térmicos e incluso cuando la selección refiera a los energéticos. Los primeros 11 conceptos son medidos en unidades de kWh, ya que son simulados por periodos de tiempo, lo que dan una definición con mayor precisión, y los índices son medibles en calor o energía y por lo tanto son determinados en esta unidad.

De acuerdo a todo lo definido previamente, es que al interpretar los resultados de la primera evaluación del proyecto es que se puede manifestar entonces que en cuanto a sistemas de enfriamiento y calefacción, existe prácticamente nula emisión de calor, aunque en tabla algunos meses tienen presencia a lo largo de la simulación del año, la gráfica general de concentración del balance, no tiene un porcentaje que permita una elevación en barra que muestre una relevancia. En cuanto a los porcentajes de infiltración de aire, la tabla muestra que gran porcentaje ha sido controlado para el mes de mayo, teniendo infiltraciones los meses posteriores, sin embargo la tabla general denota el control del aire que se infiltra al edificio y a las zonas térmicas, lo cual quiere decir que el edificio cuenta con un buen nivel de hermeticidad. En cuanto a la ventilación por ventanas y puertas, no se manifiesta ningún porcentaje, ni en gráfica ni en tabla, este ya que no se ha detallado aun el sistema de ventanas que presenta el edificio, ya que no existen por parte de las especificaciones del proyecto, lo cual podría representar un área de acción en la optimización por parte de las condiciones térmicas a desarrollar. En tanto a la radiación solar, esta produce una importante ganancia de calor al interior del edificio, en los meses de Marzo y Abril, como se puede ver en la tabla, sin embargo se encuentra dentro de un balance aceptable aunque con vías de optimización en cuanto a la gráfica general, ya que aquí se muestra que puede estar en relación a la transferencia entre zonas, de esta ganancia de calor. Dentro del inmueble se presentan moderados porcentajes de mezclas de aire interior entre las zonas térmicas, esto puede deberse en gran parte al diseño del edificio, ya que la forma en que se conectan las áreas y se vinculan por ejemplo, pasillos, salas de espera, recepciones y demás, para efectos del programa están delimitadas cada una como zona térmica, aunque para el proyecto arquitectónico existen vinculaciones sin delimitaciones físicas, es entonces que se manifiestan mezclas internas, incluso en la tabla se puede apreciar una importante presencia en el mes de Mayo, que coincide con el mes en que mayor control de infiltración de aire se tiene. En

cuanto a sistemas de ventilación, aun no se registra ninguno, ya que el proyecto original no lo contempla ni específica, por lo tanto, esta variable aparece sin porcentajes. En cuanto a las condiciones de temperatura tanto al exterior como al interior del edificio, se presenta lo siguiente; al exterior la temperatura máxima registrada bajo el contexto más próximo al edificio de 16.6°C en el mes de Febrero, la mínima es de 9.9°C y se registra en Noviembre, con un promedio general de 13.9°C a lo largo del año, bajo esta condicionante, al interior se registran las temperaturas máximas y mínimas en presencia de los mismos meses que la temperatura exterior, con grados de 19° y 11.6°C respectivamente, con un promedio anual al interior de 15.8°C. Lo anterior da pauta a la optimización del proyecto ya que como se detalló en apartados anterior, los rangos de confort de temperatura se encuentran entre 22° y 27°C, y en presencia de una temperatura exterior fría, esta se puede aprovechar y equilibrar con las condiciones de ganancia interna por parte de los elementos que constituyen al edificio y su actividad. En apoyo y fundamento de esta última interpretación, se realizaron cuatro simulaciones para analizar el comportamiento de la temperatura en base al cambio de las estaciones del año, por ello se seleccionó un día de cada periodo estacional del año, que de igual forma corresponden a los equinoccios y solsticios de primavera, verano, otoño e invierno de acuerdo a cada caso, dichos análisis que se ubican en el anexo 3 de la primera evaluación, muestran los rangos de temperatura dentro de un horario completo de día, en factor de contrastación de acuerdo a los cuatro periodos registrados a este momento, sin embargo, se pretende realizar un análisis ya sobre la marcha de la optimización en cuanto a estrategias y tecnologías, en base a los meses con mayor ganancia solar y con registro de mayores temperaturas, para que precise los resultados.

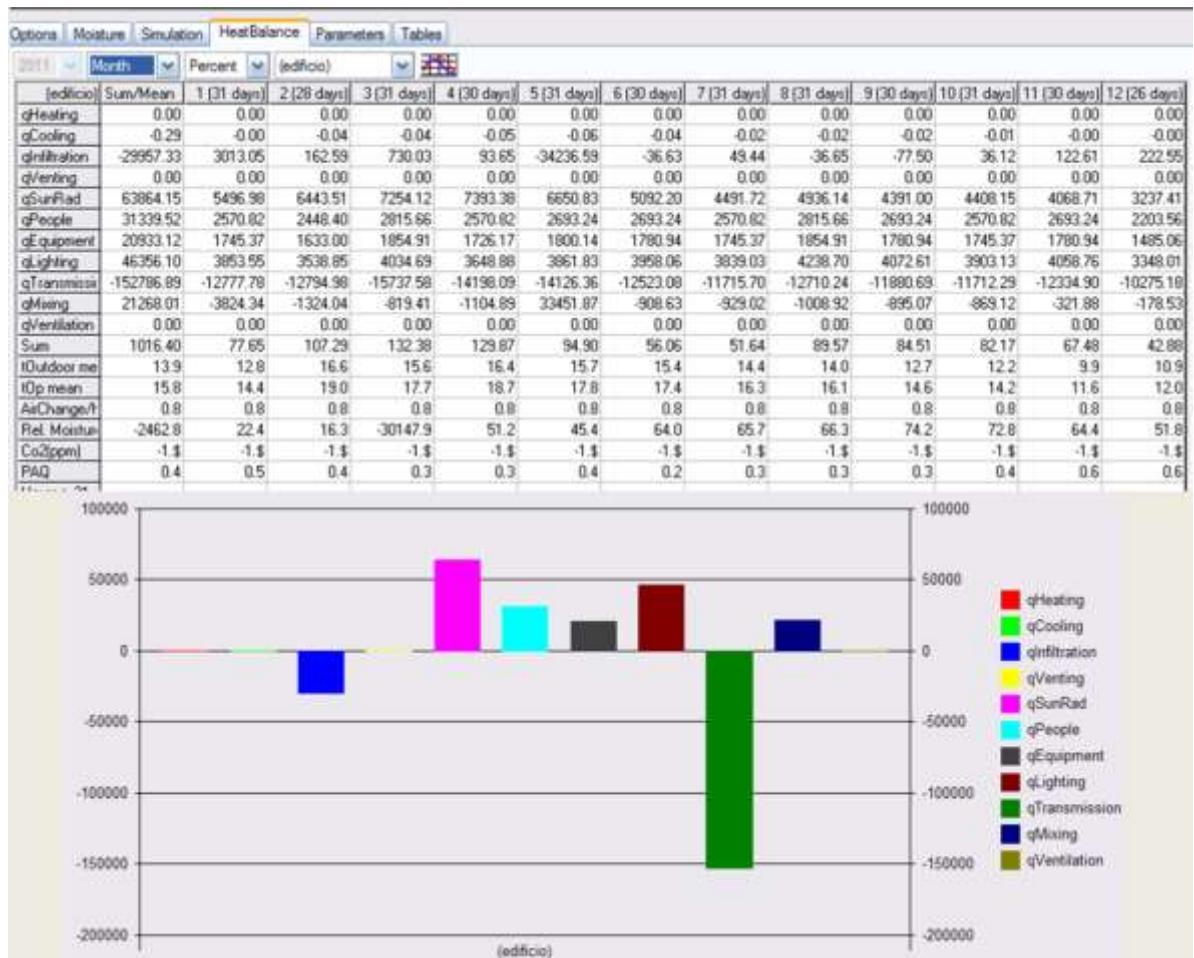


Imagen 36. . Resultados del primer análisis sobre el comportamiento térmico del edificio.  
Fuente: Simulación mediante Bsim

## 4. Análisis, Aplicaciones y Pruebas de Funcionamiento

Dado que es necesario concretar la investigación, se recurre a una tabla comparativa (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), que sirve como método de evaluación general de los recursos tecnológicos de los que se pretende dotar a la simulación, por ello, se analizan tanto ventajas como desventajas reales, de tal forma que a método de eliminación, se opta por determinar a los sistemas de doble vidrio y parasoles como las opciones de mayor viabilidad para las oficinas, por ser ambos, sistemas que tienen fuertes analogías en el sector de la arquitectura, por concentrar diversas alternativas dentro de cada sistema a nivel individual, por reducir o eliminar el desperdicio de recursos naturales no renovables y por tener mayor acceso a la información para realizar la simulación. Los tres sistemas que también se registran en la tabla, no se descartan como imposibles, sin embargo, carecen de información para realizar la simulación y desde una visual subjetiva, representan altos costos de inversión y de operación a bajo nivel de reducción de energía por refrigeración o por acondicionamiento térmico.

Tabla 4. Sistemas de Control y Aislamiento, elemento de evaluación y eliminación para ejercicio de simulación.  
Fuente: Arq. Paola Dennys Díaz Dávila

Sistemas	Ventajas	Desventajas
Tecnologías en vidrio o sistemas de doble vidrio (acristalamiento)	<p>El conjunto presenta un bajo coeficiente de transmisión, lo cual disminuye mucho las pérdidas de calor con respecto a la instalación de un vidrio monolítico.</p> <p>La superficie interior del acristalamiento doble permanece siempre a una temperatura próxima a la de la habitación, el confort y disminuyendo también el riesgo de condensaciones.</p> <p>Permite un ahorro en sistemas de acondicionamiento del aire, pues en verano limitará la ganancia de calor al interior y en invierno, por el caso contrario, permitirá la concentración del ambiente interno.</p> <p>Los avances tecnológicos han logrado mejorar las prestaciones del doble acristalamiento convencional al realizar una mejora en el perfil de aluminio separador por un perfil de material termoplástico. permite una mayor retención de los gases pesados y el sistema se caracteriza por una distribución más uniforme de la temperatura en toda la superficie de la ventana. Los componentes de la cámara mejoran el aislamiento acústico y el material es completamente reciclable.</p>	<p>Presentan altos márgenes de costos, dado los procesos que involucra, la demanda limitada y la baja difusión. Aunado también a esto, se encuentran los relativos a la limpieza y el mantenimiento constante.</p> <p>Existen conjeturas sobre su resistencia.</p> <p>Limitaciones en cuanto a funcionalidades de ventaja con cierre y apertura.</p>
Fachadas Dinámicas	<p>Representan una innovadora forma de automatizar el sombreado, percepción de luz, y transferencia de calor hacia un edificio.</p> <p>Los momentos de inactividad del edificio correspondientes a horas de comida o fines de semana, pueden ser resueltos mediante una correcta automatización sin comprometer la comodidad y requerimientos, gestionando la energía.</p> <p>El desempeño de la cubierta del edificio se relaciona con diferentes aspectos de las operaciones de los edificios (calefacción, refrigeración, iluminación) y la comodidad humana (térmica y visual).</p>	<p>Son generadas sobre un montaje monolítico que contiene mayor peso estructural.</p> <p>Se requiere de un mantenimiento general en caso de rotura, desgaste o error de un bloque.</p> <p>No representa una tecnología sencilla, pues no es un sistema modular.</p> <p>Las persianas y montajes son determinados y no pueden ser sometidos a diseño.</p> <p>El costo de creación es elevado, y requiere de un margen aun más amplio para su instalación y funcionamiento.</p> <p>Reduce energía consumida por sistemas de refrigeración al controlar el interior, sin embargo consume energía de facturación para su operación motorizada.</p>
Fachadas Ventiladas	<p>Fuerte medio de aislamiento térmico que no implica sacrificar el diseño al ser un sistema de revestimiento y aislamiento de muros que utiliza paneles que se empotran por medio de anclajes especiales y conectores de paneles específicos, como medio de solución a la envolvente de un edificio con espesores reducidos, aunados a espumas de poliestirenos de alta resistencia térmica empleados con adhesivos elásticos.</p> <p>Eficiencia energética, gracias al poliestireno extruido colocado por el exterior.</p> <p>Un cerramiento formado por una hoja de fábrica de ladrillo perforado que permite lograr coeficientes de conductividad térmica tales como <math>K = 0,36</math> kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>°C y economía, reduce los tiempos y los costes de construcción, ya que por un lado simplifica y reduce los procesos constructivos, y por otro, su sencillo sistema de montaje, como un puzzle, ayuda a alcanzar altos rendimientos de instalación. La sencillez de montaje hace que no sea imprescindible la especialización.</p>	<p>Aunque el costo de generación de fachada es bajo contra un sistema normal, el margen de costo se eleva al contemplar que se requiere de una segunda fachada interna en donde se ubican los anclajes para los módulos.</p> <p>Sistema de baja resistencia al impacto, y gran exposición a la inseguridad del edificio.</p> <p>Sistemas originarios de España, sin información sobre su uso en el País.</p>

Cortina de Agua	<p>Sistema que puede aprovecharse a partir de los sistemas de captación de agua pluvial, y que puede redirigirse paralelamente a otros servicios, al de generar una cortina de agua en espacios medianamente abiertos en donde se pueda generar un sistema de aislamiento térmico por un muro cortina de agua, o incluso de sistema de enfriamiento evaporativo expuesto.</p> <p>Se le añaden diversos dispositivos como son, sensores de presencia que permitan presenciar cuando una persona va a pasar para que el agua vaya retirándose del camino, tal y como funcionan muchos de los accesos de los centros comerciales, e incluso un medio de monitoreo de ocupación, para que en momentos en los que no hay nadie en los espacios, no sea necesario el continuo desplazamiento del agua y genere un ahorro energético al no utilizarse en tiempos innecesarios.</p>	<p>Requiere de un constante mantenimiento, y el costo de éste contra el costo del sistema es no redituable.</p> <p>Se desperdicia un recurso natural, ya que la evaporación y la limpieza enfatizan esta desventaja.</p> <p>Altos costos de operación.</p> <p>Se requiere de demasiado diseño estratégico para su correcto funcionamiento, no desperdicio y la inversión extra de un sistema de captación de agua pluvial.</p>
Parasoles o Aleros	<p>Se sitúan sobre las fachadas de manera horizontal o vertical, para por medio de su superficie reflejar la luz natural al interior del espacio o incluso al exterior a modo de reflexión.</p> <p>Existen sistemas modulares y sistemas adaptables bajo diseño.</p> <p>Permiten la manipulación mediante automatización de acuerdo a parámetros de estudio bioclimático.</p> <p>Amplia variedad de materiales, permitiendo la disponibilidad de acuerdo a la necesidad del proyecto.</p> <p>Sistemas de bajo mantenimiento y limpieza.</p>	<p>Costos muy variables.</p> <p>Sistemas de Importación.</p> <p>Limitadas analogías en el País.</p>

#### 4.1. Selección y determinación de Vidrio Exterior

En las páginas 29 y 30 de este documento, se muestran algunas de las características del vidrio como uno de los elementos que son capaces de aislar a un edificio y que pueden mantener los criterios de sustentabilidad, pudiéndose contemplar estos desde la etapa inicial de un proyecto, como ya anteriormente se sugirió. De acuerdo a esto, en base al análisis de la primera simulación y la determinaciones de las condiciones climatológicas, se considera conveniente la aplicación del vidrio como un elemento tecnológico dado que hoy en día, los procesos de manufactura, y nuevamente los procesos a los que el vidrio es sometido, han concluido en un sinfín de tipologías que consideran actualmente al ambiente, por lo que desde su creación hasta su uso final, determinan aportaciones y beneficios. Es por esto y todo lo anterior mencionado, que para el caso del proyecto de las oficinas de Querétaro, dadas las características de su diseño, debido a que no se puede manipular formalmente, ( apegándose a la situación real del proyecto) ni en cuestiones de orientación pero si existe la posibilidad de intervención en la selección de materiales y terminado, se contempla la realización de simulaciones con tres tipos de vidrio diferentes, de los cuales se determinará un análisis de los niveles de radiación contenidos y la masa térmica que se concentra al interior del edificio, bajo los que se calificará la temperatura dentro de los rangos de confort al interior en comparación al comportamiento de la temperatura externa.

Para realizar una correcta aplicación sobre las características del vidrio se recurre al Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL o LBL), el cual es un laboratorio nacional que pertenece al departamento de energía de los Estados Unidos, mismo que ha realizado abiertamente diversos estudios sobre el comportamiento energético de los edificios apoyado por investigaciones realizadas en conjunto con la Universidad de California. LBL cuenta con un amplio rango de programas y estudios sobre materiales y sistemas dentro de los edificios, uno de ellos es Windoor que es una base de datos sobre todos los vidrios que se manejan de bajo perfil de emisividad y que comprenden las características propias para beneficio de un criterio apoyado en la sustentabilidad. *“Este tipo de vidrio tiene una capa de baja emisividad en una de sus caras. Está destinado a retener la energía infrarroja de onda larga, es decir, el calor dentro del edificio, para*

mejorar el valor  $U$  y la eficiencia energética del acristalamiento. El vidrio de baja emisividad tiene un aspecto relativamente neutro, por lo que se usa habitualmente tanto para edificios comerciales como residenciales.<sup>37</sup>

Lograr determinar una decisión racional y acorde al proyecto en esta materia no es una cuestión sencilla y simple, dado que en dicho análisis y proceso intervienen factores que inciden tanto directa e indirectamente sobre el aspecto de transmisión de calor a través del vidrio dentro de estas oficinas, estos van desde el tamaño y tipo de la superficie vidriada, hasta la orientación, clima, diseño del edificio e incluso la actividad o uso que se lleva a cabo en él, sin embargo es necesario determinar que la intervención de ésta tecnología solo está en función del primer factor ya que los demás representan variables que no son posible de manipular y son ya establecidas dentro de las especificaciones del edificio.

Es vital tener en cuenta que para determinar la primera aplicación de vidrio se tiene comprendido que la transmisión de calor a través de un vidrio se logra de tres formas:

1. Al tener la condición de sólido determina en consecuencia una transmisión del calor por conducción.
2. Al determinar una característica de transparencia, concluye que entonces transmite el calor por radiación.
3. Finalmente, para ambos casos se involucran fenómenos de convección superficial ya que el proceso de transmisión de calor, se lleva a cabo desde un espacio o cuerpo más caliente hacia uno menos caliente.

Estos tres elementos permiten determinar al vidrio como una fuerte opción dentro la aplicación tecnológica al proyecto, es por ello que se lleva a cabo una aplicación al edificio sobre tecnología de vidrio, determinando cuatro aspectos principales en términos del desempeño energético y lumínico de éste, los cuales deben ser integrados a Bsim para una correcta simulación del trabajo del vidrio, éstos son:

1. Transferencia de calor (factor  $U$ )
2. Ganancias de calor solar (SHGC)
3. Transmisión de Luz Visible (VLT)

Sumado a lo anterior, la elección de vidrio puede apoyarse en las consideraciones bioclimáticas como evitar el ingreso de excesivo calor en verano e impedir que el calor de calefacción o de masa térmica escape hacia el exterior durante el invierno, esto como algunos preceptos básicos de operatividad del propio vidrio,

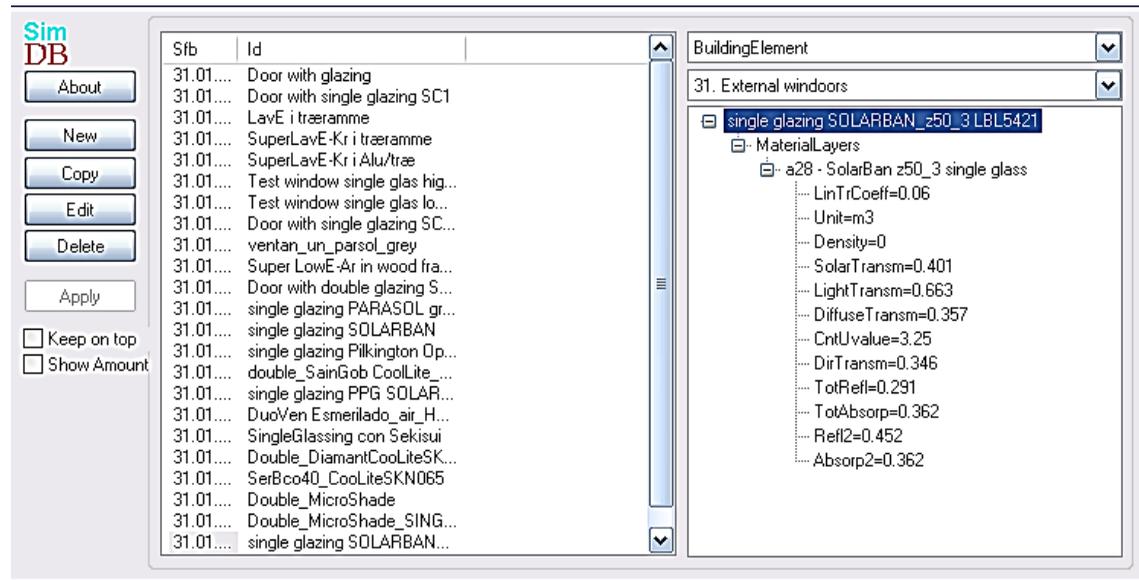


Imagen 37. Generación del vidrio dentro de la base de datos de elementos de construcción dentro de Bsim, especificando los principales componentes del vidrio Solarban Z50 para este caso.

Fuente: Simulación mediante Bsim

<sup>37</sup> <http://www.sunguardglass.es/SpecificationsResources/FAQs/index.htm>

la principal razón por la que los factores mencionados son tenidos en cuenta es porque inciden directamente en el confort térmico interior y porque definen su consumo permanente de energía del edificio durante su vida útil, los dos elementos a perseguir y monitorear dentro de la presente investigación.

*“El cristal normal de ventana puede transmitir casi toda la radiación solar, la cual incluye luz visible y rayos infrarrojos de onda corta, es decir la radiación comprendida entre 300 y 3,000 nm (nm= nanómetro =  $10^{-9}$  m), por lo que su Transmitancia es selectiva, esta Transmitancia puede modificarse al modificar la composición del cristal. Esta modificación da por resultado el llamado Cristal Endotérmico, el cual reduce la transmisión infrarroja y afecta ligeramente la transmisión de luz. Sin embargo al reducir la Transmitancia, se aumenta la absorbancia del propio cristal y por consiguiente absorbe una fuerte cantidad de calor que reirradiará y transmitirá por convección hacia el interior y hacia el exterior; debido a esto la mejora total no será grande como la reducción de Transmitancia por sí sola. Por lo que la cantidad de calor admitida se reduce de 83 a 68% en promedio y no representa un ahorro notable en la cantidad de calor ganada por radiación solar directa a través de las ventanas.”<sup>88</sup>*

De lo anterior, para realizar la selección del vidrio, se decide tomar el apoyo de las menciones realizadas en la tesis de Navia Parodi Ana María, “Tecnología del Vidrio” Un material de Vanguardia, del Posgrado de Arquitectura con Campo Tecnología finalizada en Octubre de 2002, donde enfatiza que las aportaciones del vidrio pueden verse estimadas en porcentajes de acuerdo al tipo y al color, por ello se seleccionan tres tipos de vidrio diferentes, uno con características sencillas, un coeficiente de sombreado 1 y modificaciones de coloración (Pilkington Architectural Tinted Float Glass), otro de la categoría de los vidrios de baja emisividad o Low-E (Solarban Z50) y finalmente uno del tipo de los Duovent o de doble acristalamiento que es apoyado por un sistema también de baja emisividad o Low -E (Saint Gobain Cool Lite Air Diamant).

#### **4.1.1. Solarban Z50, Pilkington Architectural Tinted Float Glass y Saint Gobain Cool Lite Air Diamant**

Para la realización de la primera implementación de vidrio de alta tecnología, se decide de la base de datos de LBL tomar tres tipos de vidrio diferentes, siendo éstos : Solarban Z50, Pilkington Architectural Tinted Float Glass y Saint Gobain Cool Lite Air Diamant (fichas técnicas en anexos 4, 5 y 6), introduciendo a Bsim los datos que se mencionaron anteriormente, que se aprecian en la imagen de arriba y de los cuales resaltan por sus características en el desempeño del vidrio los elementos anteriormente mencionados, mismos que se describen a continuación:

##### 1. Transferencia de calor (factor U)

Expresado en  $W/(m^2.K)$  (Vatios por  $m^2$  y por grado Kelvin), este valor U representa el nivel de pérdidas o transferencias de calor. Mientras más bajo sea el valor U del vidrio, mejor será su poder aislante. Este valor indica el flujo de calor por unidad de tiempo y unidad de superficie, considerando una unidad de temperatura como diferencia entre el ambiente interior y el exterior. Incluye la transferencia de calor por conducción, convección y radiación. Actualmente el factor U es el parámetro estándar para calificar la capacidad de aislamiento para realizar una superficie vidriada.

El factor U depende de las propiedades térmicas del vidrio, de su espesor y de las características de su recubrimiento, cuando éste existe.

<sup>88</sup> Ramírez Balcazar Esperanza, “Guía para Diseño Arquitectónico Bioclimático”, Tesis de Maestría en Arquitectura, Tecnología, UNAM 2000, Pag.44.

## 2. Ganancias de calor solar o ganancias solares (SHGC)

Son aquellas que se derivan específicamente de la radiación solar incidente, incluyendo tanto la directa como la difusa, y se consideran siempre independientes de las temperaturas del ambiente exterior. Este valor se trata de un parámetro no dimensional casi siempre expresado de manera fraccional (0.0 a 1.0) e indica directamente el porcentaje de calor solar que la unidad de vidrio permite pasar.

## 3. Transmisión de Luz Visible (VLT)

Mide el porcentaje de luz visible que transmite el cristal. Es un valor que expresa la cantidad de radiación solar visible (radiación en el rango del espectro que abarca la luz visible para el ojo humano) que puede atravesar una unidad de cristal, respecto a la radiación solar visible que incide sobre ella. Algunos fabricantes lo indican como valor porcentual, mientras que otros lo emplean mediante valores fraccionales.

Este parámetro influye de manera determinante en aspectos como la disponibilidad de luz natural, la visibilidad interior-exterior, el control del deslumbramiento y la privacidad. Aunque para cuestiones directamente térmicas no afecta de manera significativa el balance térmico del espacio, sí lo hace de manera indirecta ya que por ejemplo un vidrio con una transmisión visible excesivamente baja suele aumentar el uso de la iluminación artificial, y con ello las cargas internas de los edificios.

Con base en lo anterior, se determina la aplicación de un vidrio con alta tecnología de aislamiento térmico, y que tenga las características de sustentabilidad de las que se basa la presente investigación. Es entonces que se recurre a la base de datos de Lawrence Berkley Laboratory, y se analizan aquellos que han sido de mayor rango de uso para edificios sustentables o edificios con perfil en ahorro energético, eligiendo finalmente al vidrio Solarban z50, Pilkington Architectural Tinted Float Glass y Saint Gobain Cool Lite Air Diamant por su amplia gama de tonalidades que permiten jugar aisladamente con el diseño del edificio, a la vez que se designa el nivel de visibilidad del que se desea dotar a los ocupantes, teniendo a la vez un importante control solar y alta transmisión de luz en una unidad estándar de cristal aislante de una pulgada. Dentro de las características generales de éstos vidrios aplicados a esta simulación (mismas que se encuentran los anexos 4, 5 y 6) se encuentra que como se verá a continuación, uno de los de mayor eficiencia, resulta ser el Solarban z50, el cual muestra elementos determinantes como la combinación de una Transmisión de Luz Visible (VLT) de 51% con un Coeficiente de Ganancia Solar (SHGC) de 0.31% para producir una relación Luminosa contra Ganancia Solar (LSG) de 1.64, dicho vidrio cuenta a su vez con un bajo nivel de reflectividad interior de 11% con lo que se intenta dotar a los ocupantes de una vista exterior natural y clara, mientras que las tonalidades de color se puede reducir el brillo exterior.

Dadas las condiciones de orientación del edificio y las condiciones de incidencia solar, se determinan 4 áreas dentro del edificio que presentan gran interés ya que a lo largo del año, éstas son participes de constante incidencia del sol y por ende, niveles de ganancia solar a su interior considerables y que requieren de un adecuado control de la temperatura a su interior, para evitar la transferencia a las demás zonas térmicas, dichas áreas de enfoque son:

1. Sala de Juntas
2. Dirección General
3. Gerencia de Ventas
4. Área de Ventas

Estas áreas son mostradas y definidas en la imagen 38.

De la primera evaluación térmica realizada en la página 53, sobre el proyecto original, sin ningún intervención, a los resultados obtenidos en las gráficas resultado de los balances, mismas que se muestran a continuación, se puede observar notablemente que los niveles de radiación y de transmisión e incluso de conservación de masa térmica, se redujeron de manera muy considerable, notando que incluso al graficar este balance, la escala de kWh, se redujo al hacer la proyección de la gráfica del promedio mensual registrado a lo largo de las corridas anuales de la simulación, por lo que se puede determinar con certeza que la manipulación de las características del vidrio, son un punto a favor del comportamiento térmico del edificio, y que al no requerir de ninguna fuente de energía, apoya fuertemente los valores de la sustentabilidad.

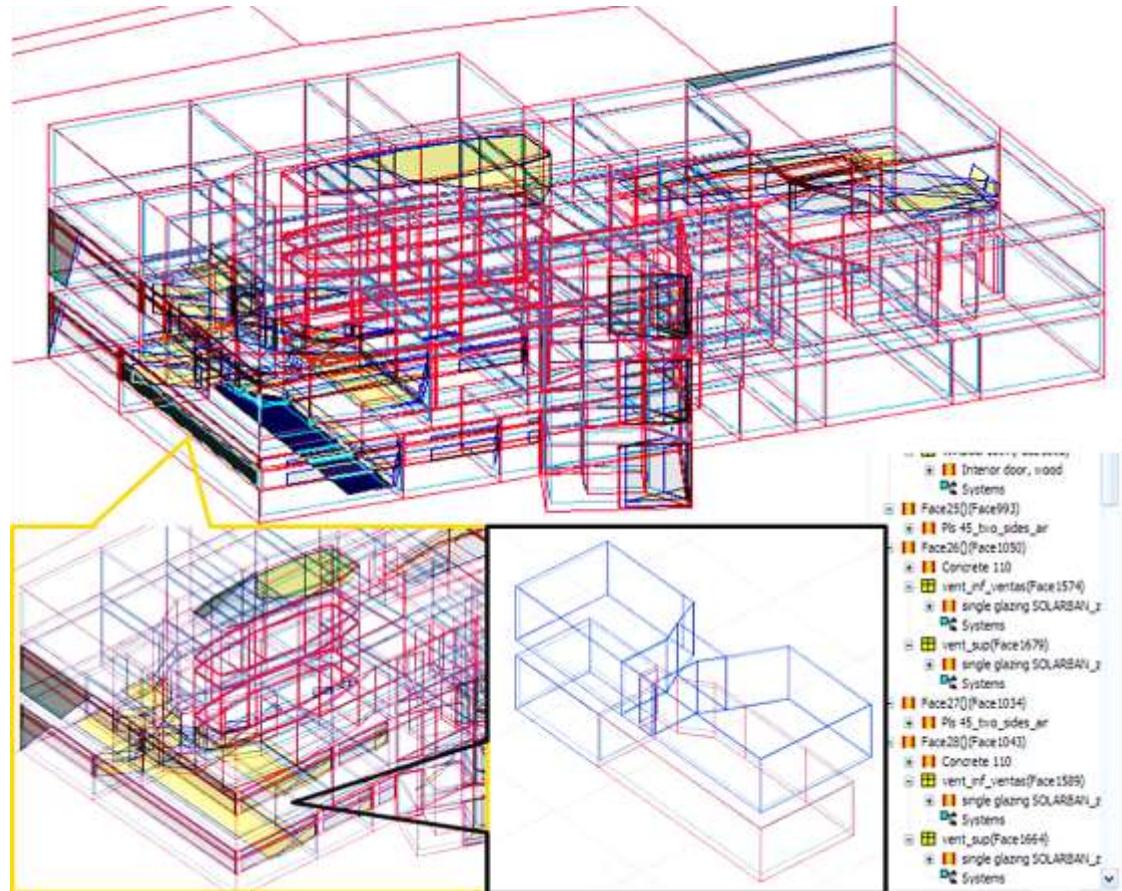


Imagen 38. Definición de 4 áreas primordiales dentro del proyecto de oficinas, de acuerdo a su variable comportamiento térmico, sus condiciones de ganancia de calor y su constante incidencia solar. Arriba proyecto completo, abajo a la izquierda el énfasis sobre la incidencia en esa cara del edificio y a la derecha, finalmente las áreas de dirección general y sala de juntas en Planta Alta y gerencia de ventas y área de ventas en Planta Baja.  
Fuente: Simulación en Bsim.

La temperatura de confort es constante, y se apoya principalmente en el precepto de la masa térmica, ya que ésta absorbe y almacena el calor proporcionado por los niveles de radiación solar, permitiendo que en situaciones de baja temperatura al interior del edificio, la masa térmica se libere y haga una mediación logrando entablar una temperatura confortable, o por el caso contrario, cuando la temperatura es elevada, la masa térmica absorbe el calor y se comporta con una temperatura menor y puede apoyarse en elementos de ventilación natural, para mantener los niveles de confort dentro del inmueble.

De acuerdo a lo explicado, y luego de realizar la simulación general del edificio y obtener sus balances térmicos, se realiza el mismo procedimiento para las cuatro áreas designadas por la importante incidencia solar a lo largo del año, de esta

forma se obtienen balances individuales por área, con una tabla promedio anual con los índices de temperaturas promedio, e incluso el número de horas que es sometida cada área dentro de rangos de temperatura debajo del parámetro de confort, dentro del rango y por encima, de igual forma se mantiene una gráfica de temperaturas anuales con respecto a cada área, para observar el comportamiento térmico a lo largo del año, desde la tabla concentrada, en el balance con indicadores de radiación y transmisión, hasta la gráfica anual. Lo anterior, puede consultarse en los anexos 4, 5 y 6 de cada vidrio respectivamente.

Con esta información y luego de introducidos los datos técnicos del vidrio proporcionados por LBL a la base de datos como se ve en la imagen 37, donde posteriormente se creó una asignación de dicho material de acuerdo a sus propiedades, su nombre y sus características generales, generando una base de datos sobre los vidrios introducidos para después, asignar en cada simulación el tipo de vidrio individualmente a todas las ventanas del inmueble para con ello, poder hacer una simulación anual, donde se analicen las condiciones del edificio, bajo el trabajo de cada vidrio, esto se puede apreciar mejor en el anexo 4, 5 y 6 donde aparecen los balances térmicos mensuales durante toda la proyección de un año, de las cuales a continuación se representan únicamente las gráficas de promedio mensual realizadas durante la simulación de un año entero, analizando el comportamiento de cada tipo de vidrio.

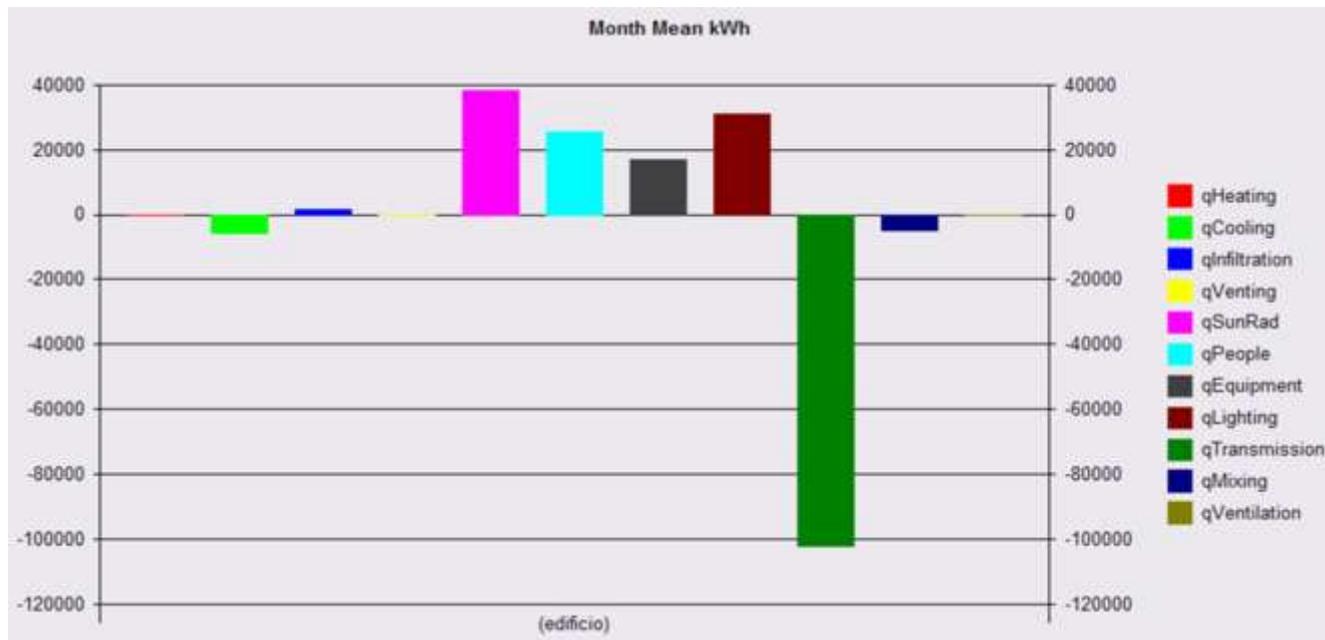


Imagen 39. Resumen mensual de la simulación con vidrio de alta tecnología Z50 donde se aprecian los niveles de radiación y de transmisión dentro del edificio entero. Se considera benéfico ya que demanda un bajo nivel de enfriamiento al año, y aprovecha las condiciones de masa térmica existentes a lo largo del año. Muestra una reducción considerable con respecto a los niveles mostrados en la primera evaluación, y se posiciona como la mejor opción de los tres sistemas de vidrio implementados.

Fuente: Simulación en Bsim

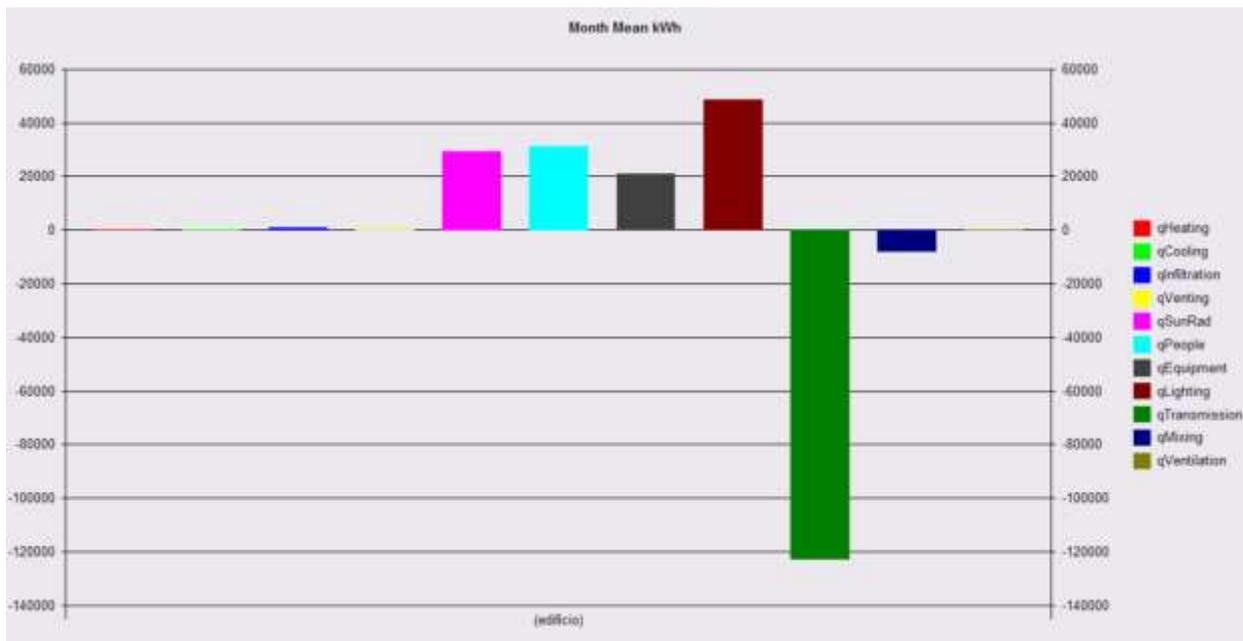


Imagen 40. Aplicación al edificio de oficinas, del tipo de vidrio Saint Gobain Glass Air Diamant Double, considerado como sistema de doble acristalamiento o tipo DuoVent, donde se observa que la gráfica resultante del balance térmico, muestra una reducción considerable con respecto a la evaluación inicial sin modificación alguna, sin embargo, con respecto a los tres tipos de vidrio utilizados no representa ser la mejor opción. Fuente: Simulación en Bsim

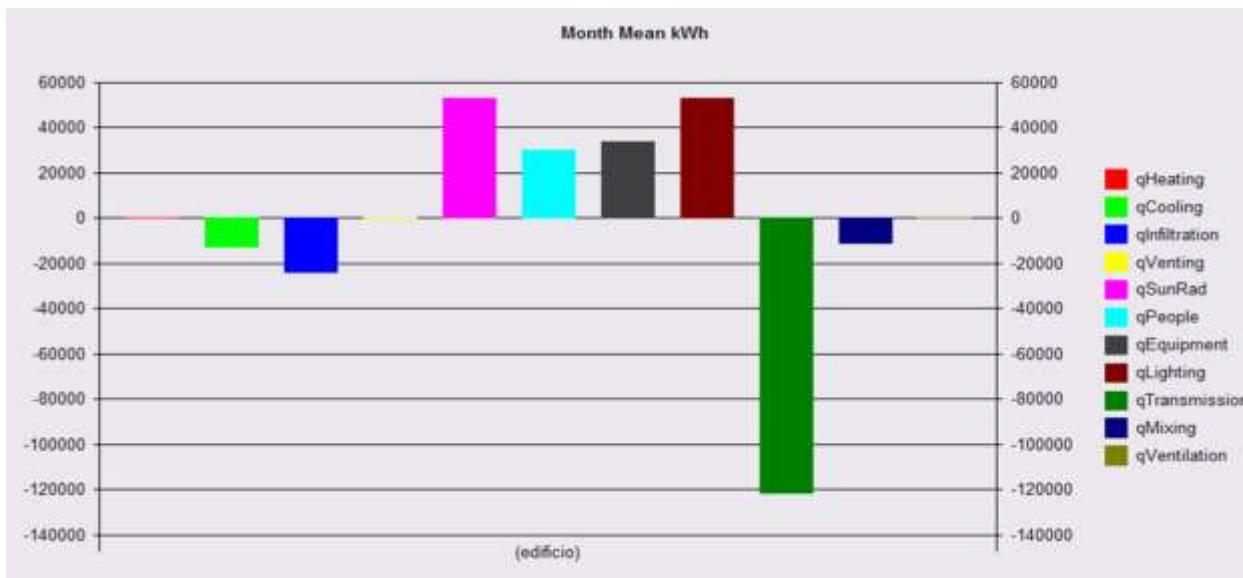


Imagen 41. Resultados gráficos del balance anual realizado con el Pilkington Architectural Tinted Float Glass de tipo Low-E, se aprecia una disminución de los niveles de radiación y de transmisión al interior con respecto al primer balance realizado, mostrando una disminución importante, sin embargo queda en desventaja frente a las reducciones logradas por el solarbanz50. Fuente: Simulación en Bsim

Finalmente se puede concluir que de los tres tipos de vidrio, la aplicación con mayor eficiencia en el control térmico del edificio está determinada por la utilización del vidrio solarbanz50, ya que como se observa en el resumen mensual de la simulación, los niveles de radiación y de transmisión dentro del edificio entero son reducidos con respecto a la primera evaluación generada del edificio, donde no existe modificación o aplicación alguna, entonces el solarbanz50, con características sencillas antes los otros dos vidrios, muestra que de acuerdo a la condiciones exteriores del sitio y las consideraciones arquitectónicas del inmueble se considera benéfico ya que demanda un bajo nivel de enfriamiento al año, y aprovecha las condiciones de masa térmica existentes.

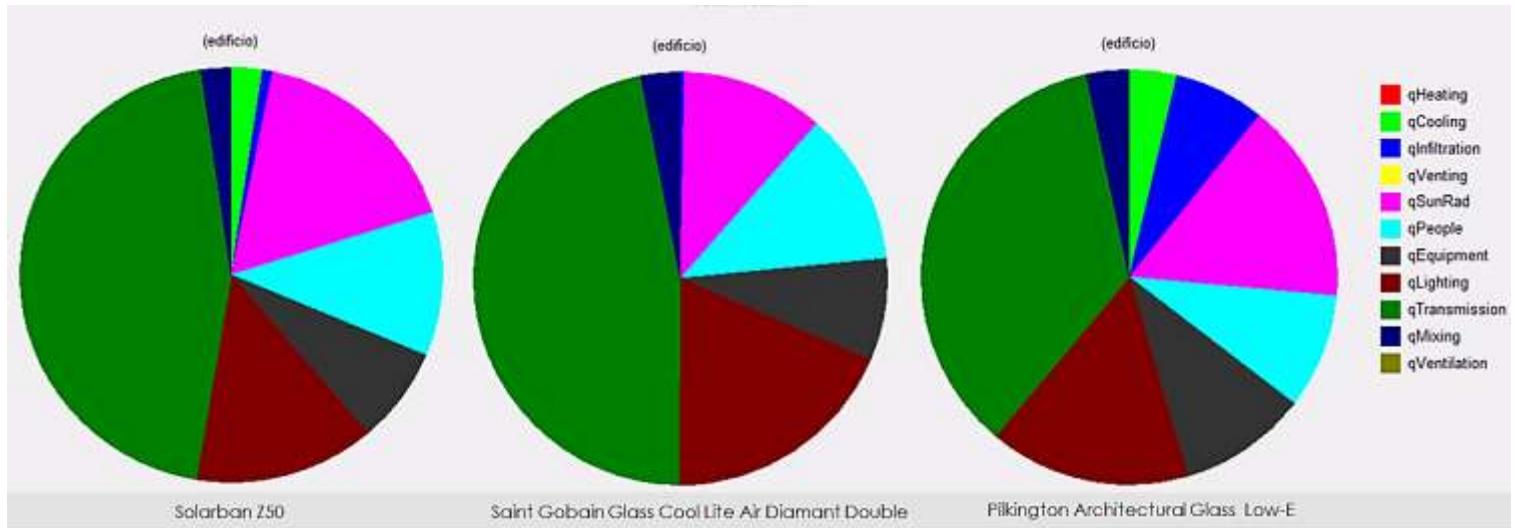


Imagen 42. Gráfico Comparativo de los tres tipos de Vidrio ocupados, mostrando individualmente una distribución de las fuentes de calor y enfriamiento al interior del edificio con respecto a las condiciones de confort en horario laboral, donde se muestra que existe una gran concentración de masa térmica, que puede ser aprovechada para concentrar los niveles de confort al interior, permitiendo manipular la demanda de enfriamiento que es mínima y que puede ser aún más minimizada con más variaciones en cuanto a tecnología de vidrio o incluso otros elementos tecnológicos, buscando condicionantes favorables térmicas y con visiones sustentables,

Fuente: Simulación en Bsim

Como se puede observar, finalmente el vidrio Solarban Z50 se presenta como la opción de mayor eficiencia en el sombreado y control solar hacia el interior del edificio, la alta tecnología que promueve la sustentabilidad con la que es llevado a cabo este tipo de vidrio, permite lograr una función térmica extra que la que un vidrio común o de un coeficiente de sombreado sencillo no podría determinar.

De ésta forma, se elige a dicho vidrio térmico de alto rendimiento, Solarban z50 de la línea de PPG Solarban de productos de control solar, distinguiendo de los otros dos, su apariencia azul/gris con un mínimo de reflejo y un alto grado de transmisión de luz natural. Éste vidrio que se postula como la mejor opción ante los otros dos analizados en comportamiento del edificio, apoya la sustentabilidad al contar con la certificación "Cradle to Cradle", la cual para obtenerse, es necesario que todos los productos, materiales y componentes deban pasar por un riguroso procedimiento de evaluación. Las fases iniciales del proceso de certificación comprenden la evaluación de las materias primas en cuanto a su impacto en la salud y el medio ambiente, así como la evaluación del proceso de fabricación en cuanto a su potencial de reciclaje, uso de agua y de energía, y responsabilidad social.

## 4.2. Parasoles como medio de Control Solar

Anterior a este tema, se realizó el análisis de tres tipos de vidrio diferentes, donde quedaron descartados por completo el vidrio más sencillo que en este caso corresponde al Pilkington Architectural Tinted Float Glass, y al de mayor tecnología, un sistema DuoVent laminado de baja emisividad correspondiente al Saint Gobain Glass Air Diamant Double, optando entonces por la utilización de un vidrio únicamente con características Low-E y de manipulación de colores.

Éste último dio paso a reducciones en la transmisión solar, en los niveles de radiación, en los requerimientos de uso de aire acondicionado y en la infiltración de temperaturas del exterior, sin embargo, es necesario para lograr una mayor reducción de energía por consumo, realizar más valoraciones en cuanto a los diversos elementos de los que se puede dotar al edificio para lograr un buen rendimiento de éste. Bajo estas consideraciones, es que se determina una vez más, de las tecnologías mostradas en el capítulo 2, la aplicación de los parasoles o aleros, como un elemento más hacia el control solar, en apoyo a las condiciones térmicas para reducir el consumo de energía.

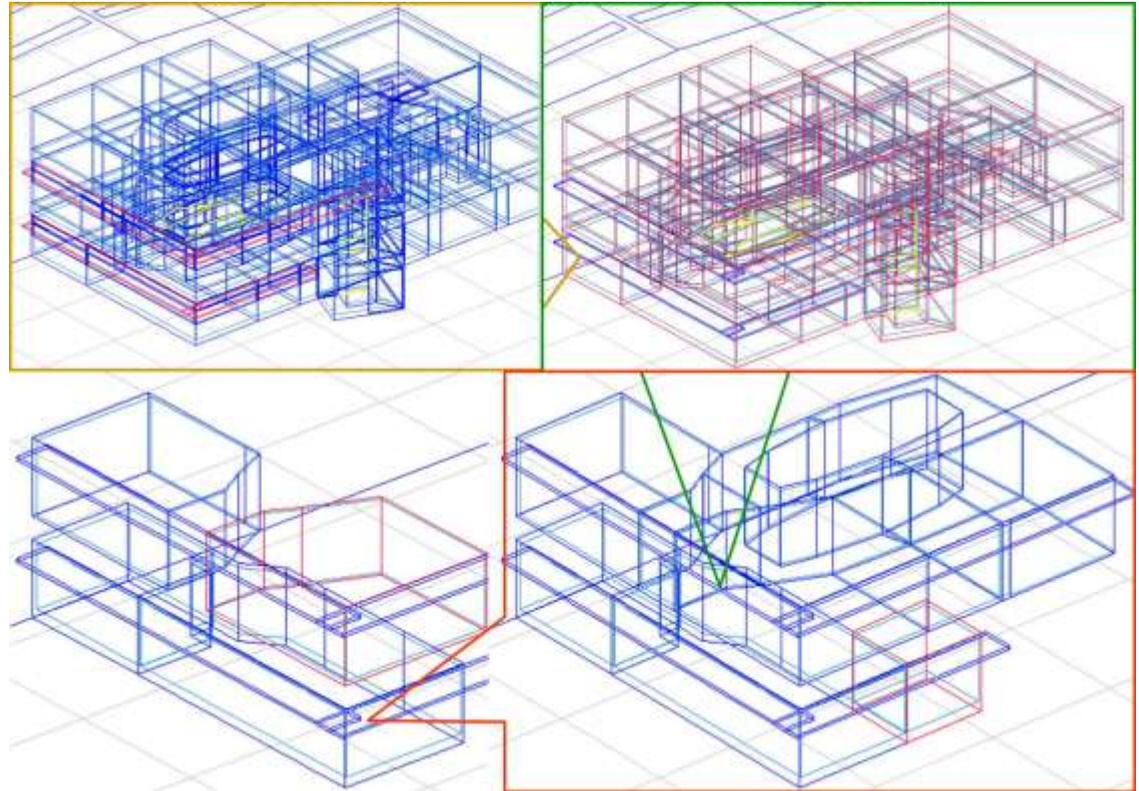


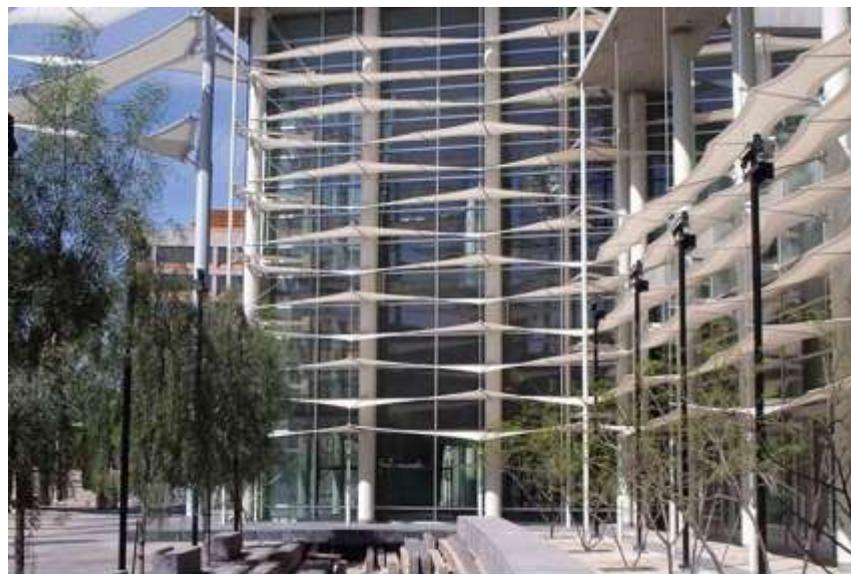
Imagen 43. Aplicación de la propuesta de parasoles en base a membranas tensadas sujetas a una estructura y montadas sobre la fachada del edificio.  
Fuente: Bsim

#### 4.2.1. Parasoles Tensados.

Un fuerte sustento del uso de estos elementos bajo sistemas de parasoles tensados, se encuentra en el ya mencionado Corporativo Insurgentes 553 (imagen 15 en pág. 28), localizado en la Av. Insurgentes en esquina con el Viaducto, siendo el principal representante de dicho sistema de control solar en la Ciudad de México, el cual constituye uno de los mejores ejemplos de ahorro de energía, por ello, se toma como modelo el uso de dichos elementos y relación de materiales, para la aplicación a realizar a las oficinas de Querétaro. A niveles internacionales se encuentran diversas analogías como lo son el edificio de Mesa Arts Center localizado en Phoenix Arizona, o en ésta misma ubicación, otro edificio con parasoles a base de tensoestructuras diseñadas por Nicolas Goldsmith, como lo es Burton Barr Central Library, de las cuales se desprenden las imágenes 44 y 45 respectivamente.

De acuerdo a la constante incidencia solar registrada en las fachadas Sur y Sureste a lo largo del año, y con mayor presencia en los meses de Abril y Mayo, se considera una fuerte opción la propuesta de los parasoles en sentido horizontal, montados sobre la estructura exterior del edificio, sobre la cual se apoyaran dichos aleros o parasoles constituidos por membranas que puede o no ser térmicas, y que generalmente se realizan de PVC, por lo que son básicamente una lámina impermeable elástica, preelaborada a base de cloruro de polivinilo; un segundo material del que éstas membranas también se encuentran hechas es de Etileno-TetraFluoroEtileno, conocidas mayormente como membranas de ETFE o EFTE. Es así, que como en la imagen 15 de la página 28,

se observan las áreas de mayor incidencia solar dentro del edificio, por ello, se opta por instalar la propuesta de aleros o parasoles que permitan un eficaz control de la incidencia solar, controlando la radiación, y permitiendo la reflexión de la luz natural al interior, entre otras muchas ventajas que más adelante se detallan.



DETAIL VIEWS

BORRA & SRL ARCHITECTS

MESA ARTS CENTER, PHOENIX AZ

Imagen 44. Mesa Arts Center, en Phoenix Arizona, parasoles horizontales a base de tensoestructuras diseñadas por Nicolas Goldsmith.

Fuente: Arq. E.C.L. Marcos Javier Ontiveros Hernández

Para llevar a cabo ésta aplicación al caso de estudio, se recurrió al Especialista en Cubiertas Ligeras, Catedrático de la UNAM y desarrollador de Velarias y Tensoestructuras, el Arq. Marcos Javier Ontiveros Hernández, quien comenta que “básicamente las estructuras son las mismas en casi todos los casos, consistiendo en sistemas de postes metálicos articulados con cables arriados, dichos sistemas pueden ser de aluminio, acero inoxidable o acero galvanizado, pareciéndose mucho entre ellos la forma en que se desarrollan existiendo variaciones en cuanto a detalles y dimensiones, cabe mencionar, que las membranas se vuelven posteriormente el foco principal de atención, ya que pueden ser de diversos materiales de acuerdo a las necesidades del edificio, los objetivos a desarrollar y los sistemas bajo los que se solucionará”.

En cuanto a las membranas, “normalmente la tela está compuesta por: un tejido central de poliéster de alta tenacidad con dos capas de cobertura de PVC y un acabado superficial a manera de laca, que las protege de los agentes externos. Para telas de mayor durabilidad existen un tejido en fibra de vidrio y la cobertura se realiza con teflón que es más resistente y es autolimpiante. Las estructuras pueden ser de acero, inoxidable, madera aluminio, hormigón etc.”<sup>39</sup> Como bien explica el Arq. Ontiveros, las membranas logran la rigidez de acuerdo a la doble curvatura, sumada a la pretensión aplicada, para cuestiones de aislamientos térmico y acústico, “de la misma forma que en el caso del vidrio la aislación no se realiza por

masa sino por disposición, por ejemplo sucesivas capas que pueden acondicionarse para controlar la cámara intermedia y así modificar el coeficiente de aislación general de la membrana.”<sup>40</sup>

El mercado de la arquitectura tensada es limitado, sin embargo, existe una variedad de acuerdo a las características de las membranas que van en base a las necesidades del proyecto, es por ello que con el apoyo del Arq. Ontiveros, buscando aquellas que cumplan el objetivo principal del control solar y el aislamiento térmico como segunda opción, bajo la generalidad de lograr la eficiencia, se logra determinar que la línea Tensotherm de la marca Birdair, es la mejor opción para los criterios de diseño sustentable que se buscan para las oficinas, ya que de acuerdo al fabricante “*Tensotherm™ con Lumira™ aerogel ofrece la misma belleza arquitectónica que la fibra de vidrio membrana PTFE de tejido a tensión, pero con el beneficio añadido de una capa aislante ligera que*



Imagen 45. . Parasoles Verticales como elemento de control solar a base de tensoestructuras diseñadas por Nicolas Goldsmith, para Burton Barr Central Library, en Phoenix Arizona.  
Fuente: Arq. E.C.L. Marcos Javier Ontiveros Hernández

<sup>39</sup> <http://www.wagg.com.ar/productos/mt/cubiertas-tensadas/mas-informacion.html>

<sup>40</sup> ibidem

*atrapa el aire para evitar la pérdida de calor e incrementar el aprovechamiento solar. Esta capa, conocida como Lumira™ aerogel, tiene un contenido de aire del 95 por ciento, que lo convierte en el material sólido más ligero del mundo. Desarrollado por Boston Cabot Corporation, el material se encuentra entre dos capas de membrana PTFE de Birdair (Teflon®), pero sigue siendo inferior al grosor de media pulgada. Al igual que otras opciones de membranas de Birdair, Tensotherm™ con Lumira™ aerogel es maleable, duradera y resistente a la decoloración. Además, es impermeable y resiste el moho y a la humedad.”<sup>41</sup>*

#### 4.2.2. Aleros Horizontales Reflectivos

Como bien se han mencionado ya en capítulos anteriores éste tipo de parasoles o aleros, ya han sido desarrollados en múltiples proyectos, sin embargo siempre de forma estática, lo que queda en una función rígidamente bioclimática, por ello, y bajo la influencia tecnológica de los edificios inteligentes con tendencia sustentable, la propuesta en ésta área y bajo este elemento, consiste en un sistema de alero reflectivo compuesto por una estructura de aluminio que integra a un panel de policarbonato traslucido, el cual realiza dos funciones, la primera consiste en introducir la luz natural al inmueble por el efecto de rebote de luz, y el segundo en realizar un adecuado control solar y reduciendo las ganancias de temperatura por radiación otorgando sombra; esto

apoyado por un sistema de automatización que al determinar el ángulo de incidencia solar, posiciona en automático a los aleros en el ángulo en que se posiciona el sol, para así actuar efectivamente en el control solar.

En la búsqueda por un sistema de éste tipo que demuestre la eficiencia en su uso, se encuentra a la empresa Kawneer con el sistema InLighten, el cual de acuerdo a los diversos edificios de los que dicha empresa americana hace referencia en su portafolio de trabajos en internet, muestra que se han conseguido significativos ahorros de energía dado sus dos contribuciones, ya que al aportar el control solar impide la ganancia solar directa y reduce el uso de aires acondicionados en primera instancia y en segunda, al rebotar e introducir la luz natural, reduce los consumos de luz artificial al interior en horario solar, que se traduce en significativos ahorros en cuestiones de facturación por la prestación de dicho servicio.

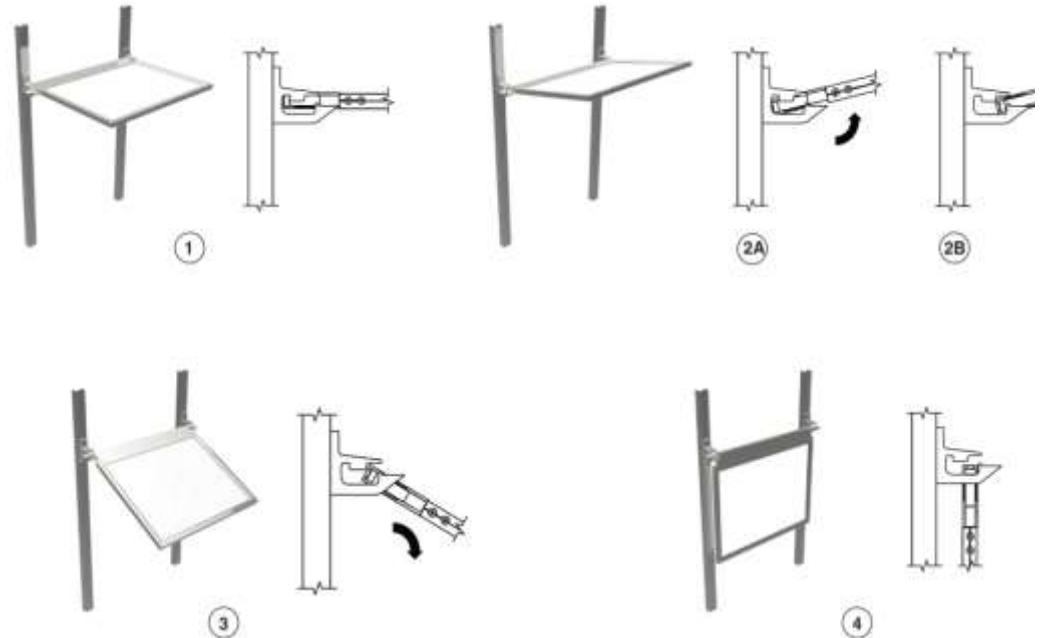


Imagen 46. Aleros horizontales reflectivo móviles que actúan en posición de acuerdo al ángulo de incidencia solar.  
Fuente: <http://www.kawneer.com>

<sup>41</sup> <http://www.birdair.com.mx/tensileArchitecture/default.aspx>

### 4.3.3. Aleros Troquelados

La última propuesta a analizar en cuestiones de aleros y parasoles, esta determinada por los alerones troquelados, que pertenecen a las Industrias Parra, quien es una empresa de origen español dedicada al sector del control solar, la diferencia con el modelo Inlighten, es que éstos son curvos para abarcar mayormente la trayectoria solar, además de estar perforados para liberar el paso de la luz y evitar la radiación, encontrándose montados a una estructura que es capaz de automatizarse al grado de girar 45° de acuerdo al ángulo de incidencia solar.

De acuerdo con la marca "El Parasol AIRLUX se caracteriza por su aspecto elegante y ligero al estar formado por una única hoja troquelada. A diferencia de los parasoles de sección elipsoidal, AIRLUX utiliza una banda de aluminio lacado de 60 cm. de ancho y 1.8 mm. de espesor. Las diferentes maneras de efectuar el troquelado vienen definidas por el diámetro de los orificios y del espacio entre éstos, de manera que

el parasol retenga el 72% de la radiación solar. El tubo portante es de aluminio con un espesor de 2.8 m.m. y de 60 m.m. de diámetro (B). Los aros que soportan el tubo (D), los soportes (C) donde se sujeta la lama perforada (A) y la leva de accionamiento (E) se fabrican en Nylon 6 con 30% de fibra de vidrio. La varilla de accionamiento y la tortillería son de acero Inox, los notolinos de aluminio anodizado y el encuentro para el motor eléctrico de hierro zincado y lacado a fuego.<sup>142</sup>

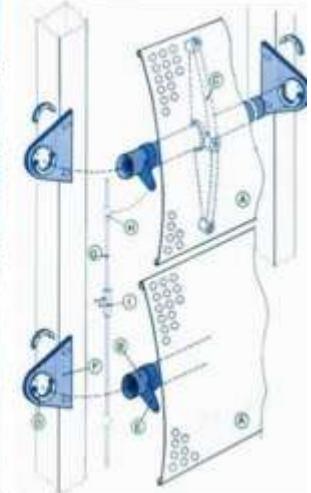


Imagen 47. Parasoles modelo Airlux de las Industrias Parrar, a base de aluminio lacado con perforaciones, mismas que impedirán la ganancia solar por radiación al interior del edificio.

Fuente: <http://www.industriasparra.es>

<sup>42</sup> <http://www.industriasparra.es>

Determinando la respectiva información sobre necesidades para cada uno de los sistemas de parasoles, y con base en sus respectivas especificaciones técnicas, se realizan al igual que para el vidrio, las simulaciones con cada uno de los 3 sistemas analizados, todos ellos apoyados sobre el vidrio Solarbanz50, que previamente se presentó como el de mayor eficiencia, reduciendo las ganancias al interior, de esta forma, se llevan a cabo las tres simulaciones en Bsim, de las cuales, se desprenden los siguientes resultados.

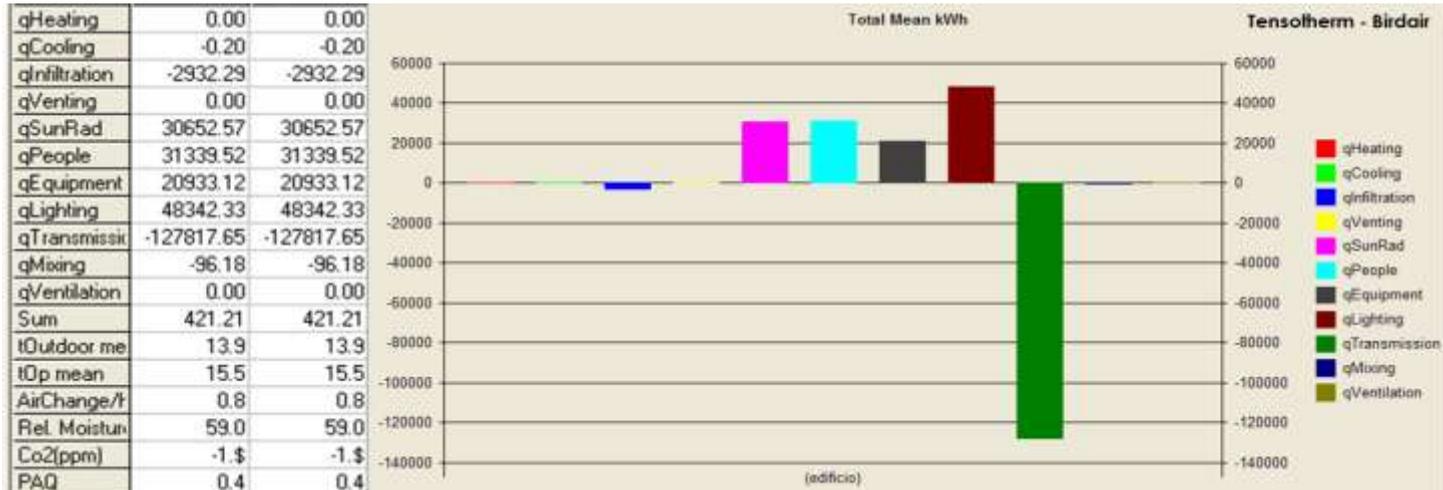


Imagen 48. Balance térmico-energético sobre la simulación realizada al edificio de oficinas, en base al vidrio elegido como el de mayor eficiencia, Solarban Z50 y usando el sistema de parasoles de Tensotherm de la marca Birdair.  
Fuente: Simulación en Bsim

La imagen 48, muestra el resultado obtenido de la simulación con el parasol tensotherm, con el cual se reducen de manera muy poco notoria los niveles de radiación, al igual que la transmisión, eliminando por completo la necesidad de utilización de aire acondicionado e incluso dotando al proyecto de posibilidades de utilización de sistemas de ventilación natural, aunque este no sea el tema a tratar dentro de la presente investigación, se presenta una ligera mezcla en zonas térmicas propiciada por la combinación de calor de una zona a la otra de acuerdo al movimiento del aire.

A continuación, en la imagen 49, podemos observar, que de acuerdo a la misma secuencia en que se describieron anteriormente las propuestas de aleros a implementar, se presenta el sistema de parasol de InLighten de la marca Kawneer, el cual reduce considerablemente los consumos y niveles energéticos, incluso un dato importante es que la escalera paramétrica se redujo para poder mostrar el ahorro generado, presentándose hasta el momento, como la combinación perfecta camino a la reducción de costos energéticos.

Observando la imagen 49, en comparación con la imagen 48, los balances tienen grandes rangos de diferencia, el mayor y más importante es la escala paramétrica bajo la que el balance de InLighten es resultado, ya que los niveles de todos los conceptos generadores de energía calorífica fueron reducidos notablemente con la utilización del vidrio y del parasol. Por ello, aun cuando se realiza la aplicación de la primera propuesta, los niveles aunque muestran una ligera reducción, no son tan efectivos ni eficientes como lo es la segunda propuesta.

En la secuencia en que se presentaron las propuestas, se realiza la tercera evaluación y última, correspondiente al sistema de parasoles de Airlux perteneciente a las Industrias Parra, de la cual, se desprende la imagen 50, en la cual se muestran los resultados obtenidos de la simulación con Bsim de las oficinas, apoyadas sobre el sistema Airlux, logrando una mínima

reducción de los niveles, aunque cabe mencionar que no existe infiltración de calor por materiales como en el caso anterior, los niveles de radiación y de transmisión y por ende las demás fuentes caloríficas son ligeramente más arriba que la evaluación anterior, e incluso se muestra una presencia de mezclas de calor al interior del edificio, que como previamente se explicó, esto sucede al mezclarse las zonas térmicas bajo las que está dividido el proyecto dentro de la simulación, y corresponde a la transmisión de calor de una zona a otra ya sea por pasillos o áreas no delimitadas.

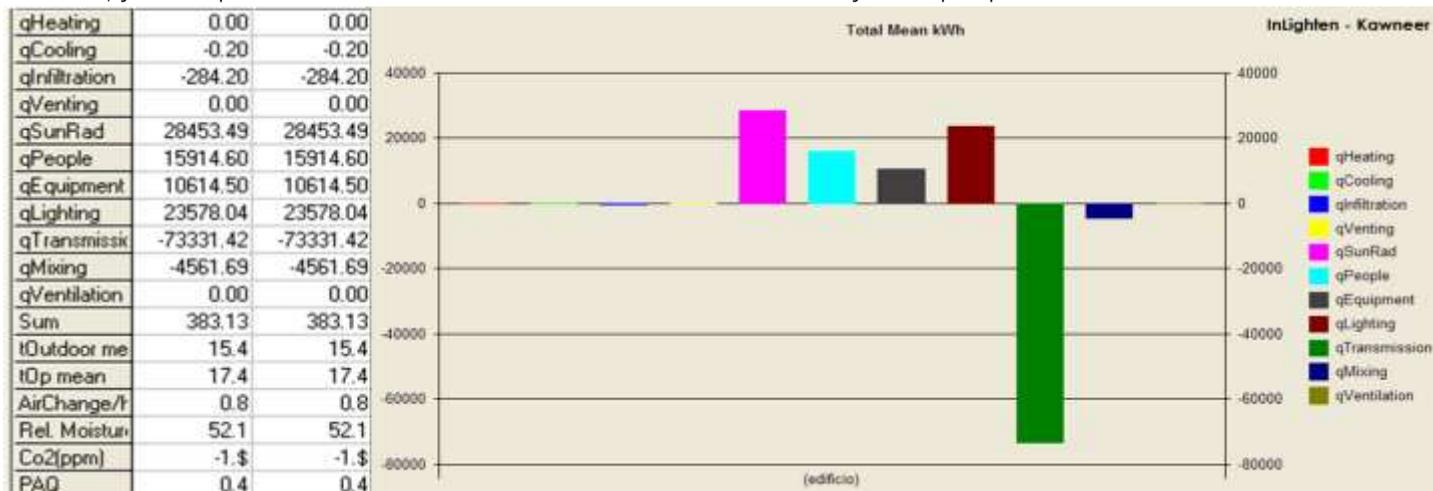


Imagen 49. Balance térmico-energético de las oficinas, bajo el sistema de parasoles Inlighten de la marca Kawneer, se muestran muy ligeras reducciones de radiación y transmisión, sin embargo se presenta un infiltración que puede ser ocasionada por el rebote de la luz sobre los materiales de construcción, otorgando calor infiltrado por ellos mismos.

Fuente: Simulación en Bsim

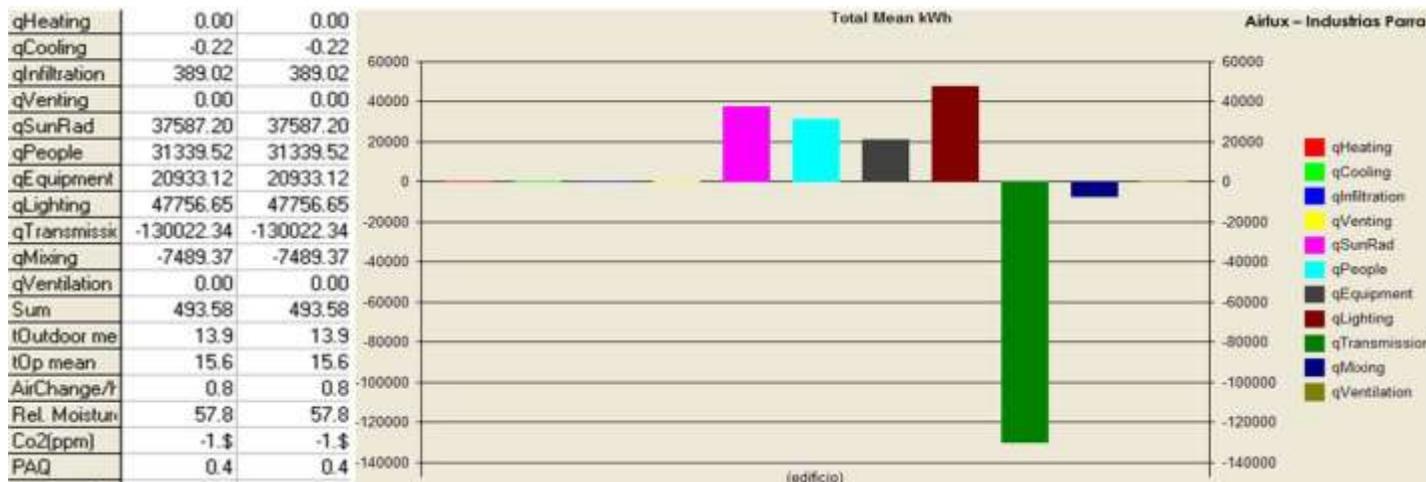


Imagen 50. Resultados térmico - energéticos de la simulación realizada a las oficinas con el sistema de parasoles de Airlux de la empresa española de Industrias Parra.

Fuente: Simulación en Bsim.

Finalmente, se concluye que la mejor propuesta de parasol, por las razones aquí expuestas, es la del sistema de InLighten de Kawneer, resolución que estará sujeta al análisis de costos que posteriormente se pretende realizar.

## 5. Análisis Financiero

### 5.1. Reducción Energética Preventiva en función del acondicionamiento Térmico

Tabla 5. Resumen de Ahorro de Consumo de Energía en un Periodo Anual por Concepto de Enfriamiento.  
Fuente: Arq. Paola Denny Díaz Dávila, en colaboración con: Ing. Eric Hernández Desentis.

#### Resumen de Consumo de Energía Anual por Concepto de Enfriamiento

Fachadas SUR y SURESTE

Base	Sistemas Combinados a Vidrio SolarBan Z50					
	Vidrio Solar Ban Z50	Vidrio SGG Air Diamant Double	Vidrio Pilkington Architectural Glass Low-E	Parasoles Tensados	Aleros Reflectivos	Aleros Troquelados
<b>Consumo kWh</b>						
	-26,478	-19,020	-25,167	-24,222	-18,802	-17,955
<i>Ahorro %</i>		-28.17%	-4.95%	-8.52%	-28.99%	-41.44%
<b>Capacidad kW</b>						
	-52.956	-38.040	-50.334	-48.444	-37.604	-31.010
	-15.048	-10.810	-14.303	-13.766	-10.686	-8.812
<i>Ahorro % en Equipo</i>		-28%	-5%	-9%	-29%	-41%

#### NOTAS AHORRO ENERGÉTICO:

Se asumió como concreto de 110 mm las paredes exteriores

Consumo general de acuerdo a Cálculo por Simulación

Orientación según GoogleEarth de acuerdo a Proyecto

Consumos de requerimientos de enfriamiento en kWh al año

Sistema de Parasoles calculado de acuerdo al vidrio de mayor eficiencia

COP (Coefficient of Performance) Eficiencia Energética 0.35 1/COP

Constante estadístico de costo energético 0.17 USD/kWhr

	-9267.3	-6657	-8808.45	-8477.7	-6580.7	-5426.75	-6284.25	Eficiencia energética
-\$	1,575.44	-\$ 1,131.69	-\$ 1,497.44	-\$ 1,441.21	-\$ 1,118.72	-\$ 922.55	-\$ 1,068.32	USD consumo
<i>diff (energía)&gt;&gt; usd</i>	\$	\$ 443.75	\$ 78.00	\$ 134.23	\$ 456.72	\$ 652.89	\$ 507.12	Ahorro USD en consumo
<i>diff (equipos)&gt;&gt;</i>	\$	\$ 10,596.58	\$ 1,862.71	\$ 3,205.40	\$ 10,906.32	\$ 15,590.80	\$ 12,109.76	Costo USD/TON (Único)
<i>Al año</i>	\$	\$ <b>11,040.33</b>	\$ <b>1,940.72</b>	\$ <b>3,339.63</b>	\$ <b>11,363.04</b>	\$ <b>16,243.70</b>	\$ <b>12,616.88</b>	USD-Fachada

## 5.2. Resultados

La tabla anterior fue creada para determinar los montos de ahorro de energía por concepto de enfriamiento, ya que al aplicar e instalar los sistemas anteriormente descritos se reducen el consumo de energía necesaria para operar un sistema de aire acondicionado. Por ello, se analizan las tres primeras opciones de vidrio que se presentaron, y luego de que por selección de acuerdo a eficiencia en simulación, y la apreciación por porcentaje de reducción en la tabla anterior, se determina realiza la misma combinación sobre el vidrio SolarBan en complemento con los tres sistemas diferentes de parasoles, para así, evaluar notablemente, cuanto es la reducción en consumo, y cuanto disminuye la capacidad que sería necesaria para acondicionar el edificio.

De acuerdo a la información obtenida en las corridas anuales de la simulación del edificio tanto iniciales como por sistema, se obtienen los parámetros de Consumo y capacidad calculados, a razón de que se calculan los porcentajes representativos del ahorro por cada concepto. Posteriormente, y ya con la información sobre la reducción energética, se realiza un análisis comparativo determinando el costos del kWh consumido por cada sistema, así como el ahorro que representa monetariamente, sumándole lo que es el cálculo con en toneladas de refrigeración por concepto de un equipo aproximado en donde se usa un coeficiente promedio en referencia a que cada persona disipa 2500 btu/hr, apoyado a su vez en “El concepto de C.O.P. (Coefficient of Performance) en refrigeración, sinónimo de eficiencia energética y se define como la relación entre la cantidad de refrigeración obtenida y la cantidad de energía que se requiere aportar para conseguir esta refrigeración (ASHRAE 1993, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)<sup>43</sup>, lo que se concibe como una única inversión, al ser la representativa al sistema de acondicionamiento, por lo que al sumarla finalmente, arrojan el costo total del ahorro económico en la inversión del equipo y del consumo del mismo.

De tal forma que para la propuesta definida por eficiencia, siendo la combinación de vidrio PPG de SolarBan Z50 y los parasoles reflectivos Inlighten muestra notablemente un reducción en el consumo de energía en lo correspondiente a sistemas de enfriamiento, tal y como lo sugiera la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ubicada en la página 22 de éste documento, donde el IMEI habla del sector que mayor consume dentro de un edificio y por el cual se pueden representar grandes ahorros, evidentemente la tabla anterior afirma dicha propuesta, ya que el consumo de 26,478kWh se reduce en un 41.44% logrando llevarlo a 15, 505kWh, de acuerdo a éste consumo estimado bajo los parámetros de la simulación energética, aproxima un equipo base con capacidad de 52.956kW y con dicha reducción lograda por la combinación de los éstos elementos tecnológicos, se reduce la capacidad instalada por enfriamiento en un 41%, logrando bajarla a 31.010kW, de tal forma que bajo el factor de coincidencia del costo energético anteriormente mencionado, se reduce \$652.89 dólares el consumo base, ya que costo del consumo inicial es de \$1,575.44 dólares anuales por enfriamiento, y con los parasoles instalados en las fachadas de mayor ganancia solar aunado a la instalación de un vidrio aislante y eficiente, se lleva a un costo de \$922.55 dólares por concepto de consumo de energía por enfriamiento.

## 5.3. Cálculo de la Inversión

En la tabla 5, se realiza de acuerdo a los datos arrojados en consumo por la tabla 4, el cálculo correspondiente a la inversión económica necesaria de acuerdo a cada uno de los sistemas previamente simulados en Bsim, los costos de cada sistema, fueron obtenidos de acuerdo a fabricante en caso de los parasoles y distribuidor autorizado en relación a los sistemas de vidrio, siendo así costos reales. El ahorro económico obtenido en dólares en la tabla 4 de acuerdo a un factor

<sup>43</sup> ASHRAE, “Estándar 62-2001: Ventilación para una aceptable calidad del aire interior”, ANSI, Atlanta 2002.

de coincidencia proporcionado para cálculo estadístico por el Ing. Salvador Ávila, se retoma en pesos mexicanos para el cálculo de la tabla 5, obteniéndose el tipo de cambio del día del cálculo, por lo que la variación del USD, puede afectar considerablemente los tiempos de retorno de la inversión, siendo que los sistemas integrales también son manipulables por la variación del tipo de cambio. De esta manera, notablemente se pueden visualizar los costos de inversión y los tiempos de recuperación en donde de acuerdo al consumo reducido y a la inversión calculada, se presenta nuevamente el Vidrio Solaban Z50 como la mejor opción, e incluso la combinación con los parasoles Reflectivos Kawneer y éste vidrio, representan aun la mejor consideración viable para reducir el consumo, establecer la consolidación del objetivo de la presente investigación y la solución con mayor aporte hacia el edificio.

Tabla 6. Cálculo de la Inversión y Tiempos de Recuperación, por Sistema y Combinación  
Fuente: Arq. Paola Denny Díaz Dávila, en colaboración con: Ing. Eric Hernández Desentis.

#### FACHADAS SUR Y SURESTE

#### NOTAS CÁLCULO DE LA INVERSIÓN:

Costos de vidrio por m2 de acuerdo a distribuidor autorizado en México (anexo)

Costos de Sistemas de Parasoles y Aleros incluyendo transportación, cálculo de montaje e instalación, contemplan vidrio SolarBan Z50 de may

Los Sistemas Combinados contemplan m2 de aleros o parasoles en cobertura horizontal y m2 de vidrio en ventanas

Área Total en m2 de ventanas en Fachadas Sur y Sureste en dos niveles 54.192

Ahorro Económico en base al cálculo anual, tomado con el tipo de cambio \$ 13.46 USD Interbancario

Tiempo de Recuperación en años

#### Sistemas Combinados a Solar Ban Z50

	Vidrio Solar Ban Z50	Vidrio SGG Air Diamant Double	Vidrio Pilkington Architectural Glass Low-E	Parasoles Tensados	Aleros Reflectivos	Aleros Troquelados
Costo m2	\$ 1,250.00	\$ 1,485.00	\$ 1,560.00	\$ 8,250.00	\$ 5,560.00	\$ 7,560.00
Inversión	<b>\$ 67,740.00</b>	<b>\$ 80,475.12</b>	<b>\$ 84,539.52</b>	<b>\$ 447,084.00</b>	<b>\$ 301,307.52</b>	<b>\$ 409,691.52</b>
Ahorro Económico en Pesos	\$ 148,602.79	\$ 26,122.05	\$ 44,951.45	\$ 152,946.50	\$ 218,640.17	\$ 169,823.22
Tiempo de Recuperación	<b>0.46</b>	<b>3.08</b>	<b>1.88</b>	<b>2.92</b>	<b>1.38</b>	<b>2.41</b>

De acuerdo a la propuesta final, y los costos reales, se hace el análisis financiero, determinando que de acuerdo a distribuidores y fabricantes, el costo por m2 del sistema integral de parasoles reflectivos Inlighten y el vidrio SolarBanZ50 es de \$5,560 pesos, de acuerdo al área tanto en vertical y horizontal estimada para parasoles y vidrios, se calcula una inversión de \$301,307.52 pesos, y de acuerdo al consumo estimado en la tabla 4, y al tipo de cambio de \$13.446 pesos por dólar interbancario calculado el día 12 de Mayo de 2012, se determina un ahorro económico en pesos de \$ 218,640.17, con un retorno de la inversión de 1.38 años, lo cual indica que en menos de año y medio, la inversión del sistema integral, ya se cubrió.

## 6. Propuestas Aplicativas y Conceptuales

### 6.1. Propuesta Conceptual

Partiendo del análisis del sitio, las características del proyecto como tal, sus necesidades de acuerdo a las debilidades que presenta, y fundamentando la directriz de la sustentabilidad, basándose en el concepto descrito en el presente documento, se ha podido trabajar al caso de estudio mediante varias propuestas obteniendo resultados que determinan la viabilidad de generar ahorros energéticos, siempre y cuando se realice un oportuno estudio previo que permita proyectar desde las premisas los beneficios que consigo trae una correcta planeación apoyada por grupos multidisciplinarios encaminados a un punto específico.

De tal forma, como se muestra en ésta tesis, el camino recorrido en cada punto del proyecto, el análisis del sitio, la planeación, la determinación y la aplicación, se encuentra en consecuencia de un proceso metodológico. El proceso bajo el que se solucionó el Caso de Estudio, fue desarrollado, explicado y fundamentado a lo largo del contenido de éste documento de acuerdo a las necesidades y requerimientos del proyecto en cuestión, especificando el desarrollo de cada etapa con base en los materiales, los usuarios, las tecnologías, los estudios bioclimáticos, etc., propios de las oficinas establecidas en Querétaro, sin embargo, **como aportación conceptual y resultado final, se determina a éste proceso metodológico como un lineamiento para llevar a cabo la guía de solución de un proyecto que busque el ahorro de energía mediante el objetivo del control térmico, siempre y cuando éste objetivo se planee desde la concepción y premisas de diseño, apoyándose bajo los criterios de la sustentabilidad.** Por esto, es que es necesario describir como a continuación se hace, cada una de las fases de dicho proceso, a razón de que puedan ser adaptadas de manera general en la búsqueda de una solución proyectual, teniendo en cuenta que dichas adaptaciones deben de concretarse bajo las mismas secuencias, respetando las diversidades de cada proyecto a desarrollar.

Ampliamente se puede dividir a la metodología en 3 fases, la primera que es de Procesamiento de Información, la segunda que corresponde al desarrollo y solución del proyecto, para posteriormente dar paso a la tercera etapa que sería de la resolución. (Se anexa en siguiente página propuesta Conceptual)

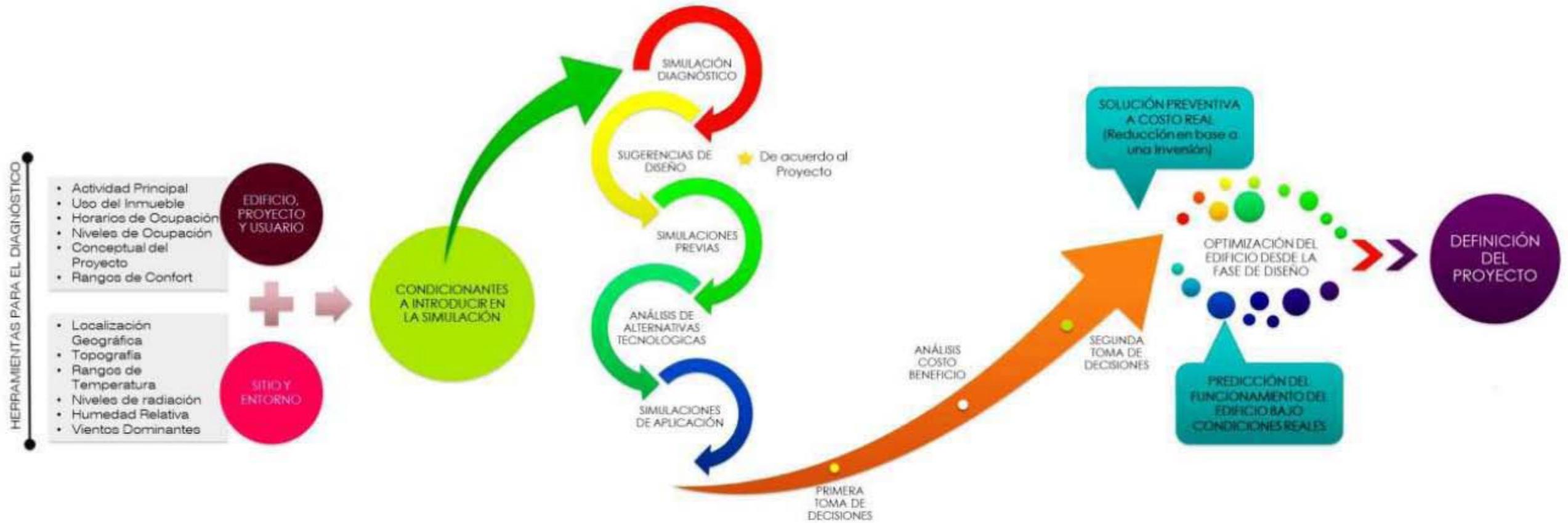


Diagrama 1. Diagrama 1. Proceso Metodológico, obtenido a partir de la solución del caso de estudio de la Reducción del Consumo de Energía en condiciones de aislamiento térmico y control solar para el edificio de oficinas de Querétaro. Propuesta Aplicativa. Fuente: Arq. Paola Denny's Díaz Dávila en colaboración con el Ing. Eric Hernández Desentis.

De esta manera, en primera instancia se encuentran:

**Las Herramientas para el Diagnóstico:** Aquí busca recopilarse y procesarse toda la información que dará paso a la simulación y manipulación del proyecto, sin embargo consta en su mayoría, se variables que son absolutamente dependientes, es decir, son elementos que rigidizan al proyecto pero que paralelamente dan al proyecto como tal, las pautas bajo las que se aplicarán recomendaciones o aplicaciones. Por ello, es que aquí se encuentran contenidos dos importantes agentes, el grupo de las características del proyecto, del usuario y del edificio, y en el segundo las condicionantes del sitio y su entorno.

- *Edificio, Proyecto y Usuario:* Resulta necesario contar con la mayor cantidad de especificaciones de estos tres elementos, ya que de ellos dependen la manera en que se realicen las simulaciones térmicas, los resultados energéticos obtenidos y las posibles tecnologías que estarán aplicadas al proyecto, por ello es necesario aportar la mayor cantidad de datos como son; la actividad principal del edificio correspondiendo esto a el grado de actividad de sus usuarios (constante movilidad, personas de baja actividad laboral, actividades domésticas, etc.); el uso del inmueble se entiende como el uso final (oficinas, vivienda, hospital, escuela, etc.) esto determinará las características y necesidades del proyecto en cuestiones de control térmico, acondicionamiento del espacio y aislamiento; los horarios de ocupación son requeridos a fin de establecer de que hora a qué hora es necesario tener mayor control del concepto térmico del edificio, ya que no es lo mismo aislar un edificio para un horario mayormente vespertino, que matutino, e inclusive, existen edificios que tienen actividad laboral dividida en 3 turnos laborales, siendo más necesario el control en ésta situación pues la concentración de la masa térmica del día, puede contribuir ciertamente a la manipulación térmica del turno final; los niveles de ocupación son requeridos para establecer cuanta gente habita al inmueble, ya que si bien se aísla y controla el edificio entero, las zonas térmicas bajo las que se divide al proyecto requieren de saber cuántas personas aproximadas se encuentran por sección, para así analizar lo más apegados a la realidad la ganancia de calor que es por el exterior y la que es generada por el interior; posterior a esto y de vital importancia, es necesario determinar cuáles son los rangos de confort, ya que la simulación estará especificada por zona térmica y de manera general a lo largo del periodo calculado dentro del rangos que sea especificado; finalmente dentro de este grupo de elementos, se encuentra el conceptual del proyecto, lo cual hace referencia a la integración del proyecto completo, teniendo todas las especificaciones esclareciendo las manipulables y las no manipulables, ya que pueden existir elementos que por diseño, por calculo, por norma, etc., no admitan recomendaciones, además de que teniendo el proyecto entero y teniendo claro cuál es el objetivo a lograr, se pueden integrar las diversas disciplinas que se mencionan al inicio de este documento.
- *Sitio y Entorno:* Estos dos elementos son las condicionantes a las que estará sujeto y expuesto el edificio, por ello se requiere la mayor información posible sobre la localización, teniendo en claro el contexto geográfico en el que se posicione el edificio, ya que sobre todo de este punto es que se desprenden los elementos del entorno como son; los rangos de temperatura, mismos que son necesarios especificando mínimos, máximos y promedios, para determinar la creación virtual del clima lo más apegado a la realidad, siendo necesario para esto y los siguientes puntos, acudir a las estaciones meteorológicas más cercanas y/o montar estaciones móviles de monitoreo del medio más próximo; apoyándose en lo anterior también se requieren lo niveles de radiación a los que se expone en esta localización, así como los registrados durante un periodo aproximado de 5 años, que permitan obtener una base de datos real y promediable; la humedad relativa y vientos dominantes son de menor importancias sin embargo, igualmente necesarios como datos que son necesarios para crear virtualmente el clima.

Finalmente, estos dos agentes con sus respectivos elementos se convierten como ya se mencionó, en las variables dependientes de la simulación, siendo los datos de mayor relevancia, ya que de ellos depende la realización de las simulaciones, el apego a la realidad, la viabilidad del proyecto.

**Condicionantes de la Simulación:** En este punto ya se analizaron todos y cada uno de los elementos anteriores, de tal forma que luego de procesados, son introducidos al programa mediante el cual se va a realizar las simulaciones. Es importante escoger el software de simulación de acuerdo al objetivo principal, es decir, si el objetivo de mayor relevancia es tener mantenido aislado al edificio, se busca un software de cálculo térmico, si por el contrario el objetivo es de gestionar las emisiones del edificio, se busca entonces un software de control y monitoreo ambiental o de emisiones, e incluso hay softwares de amplio espectro que permiten analizar y cumplir con varios objetivos a la vez, como pueden ser el de control y aislamiento térmico y de gestión de la energía.

**Simulación Diagnóstico:** Ya registrados y cargados los parámetros dependientes del proyecto, y teniendo claros los objetivos y alcances que se quieren lograr, es necesario realizar una simulación inicial, que defina los parámetros base, estableciendo el punto de partida o la referencia en cuanto a condiciones de confort, energía y ganancias de calor, ya que no se puede hablar de optimización, sin existir un registro de cuál es el parámetro base. Es importante tener presentes los datos arrojados por esta primera simulación a lo largo del proceso metodológico, ya que constantemente se tiene que recurrir a ellos, como punto de comparación, siendo el principal elemento que determinará si es o no correcto lo sugerido e instalado, además de que permite esclarecer las fortalezas y debilidades del proyecto original.

**Sugerencias y Aportaciones de Diseño:** Tanto este punto, como el que sigue, están sujetos a la posibilidad de que el proyecto sea manipulable, pues muchas veces, están sujetos a restricciones de diseño, de cálculo de estructuras o de normatividades, lo que impide hacer sugerencias de diseño que aporten un beneficio extra al control solar y que aislen mayormente el edificio, antes de realizar intervenciones tecnológicas. Para ello, se deben definir desde un principio como se mencionó, la posibilidad de permitir y realizar aportaciones de diseño al proyecto, en caso de que esto resulte positivo, se requieren hacerlas en este punto, planearlas de acuerdo a la utilización de criterios bioclimáticos, para con ello, con los criterios sustentables, reducir el consumo de energía y también apoyar con menor uso de tecnologías invasivas.

**Análisis de Alternativas Tecnológicas:** Luego de realizar las simulaciones iniciales, de donde se desprenden las características básicas del proyecto, mismo al que de acuerdo a la posibilidad, se le realizaron o NO, ajustes en cuanto a recomendaciones de diseño, se hace un estudio de todas las soluciones posibles para el objetivo, es decir, se hace un estudio de las tecnológicas que hay en el mercado para controlar la ganancia de calor, aislar al edificio y mantener las condiciones de confort al interior; es casi evidente que existirán un amplio repertorio de soluciones, y justo aquí es donde es necesario enfocarse y ser puntuales en las que son viables de acuerdo a los criterios sustentables. Entonces se generan ya sea tablas comparativas o estudios FODA a razón de evaluar las ventajas y desventajas de cada tecnología, para finalmente eliminar las que no cumplen las expectativas y determinar las opciones por las cuales se tomó la decisión de aplicarlas a simulación y consideración de resultados.

**Simulaciones de Aplicación:** La determinación de las tecnologías que son opciones de solución del proyecto, permiten iniciar con las simulaciones con las que se obtendrán balances térmicos y energéticos que muestren los primeros resultados, producto de las constantes pruebas y diversas tecnologías, con lo cual, se evaluará una a una el resultado en comparación con la evaluación diagnóstico, y así, medir estratégicamente las que son la solución correcta y óptima. Cabe mencionar que ésta es la etapa de mayor duración dentro de todo el proceso metodológico, pues consta de realizar el

método de “ensayo y error”, *“también conocida como prueba y error, es un método heurístico para la obtención de conocimiento, tanto proposicional como procedural. Consiste en probar una alternativa y verificar si funciona. Si es así, se tiene una solución. En caso contrario, resultado erróneo, se intenta una alternativa”*<sup>44</sup>

**Primera Toma de Decisiones:** Estas evaluaciones constan de una segunda selección de las soluciones encontradas, enfocándose a los resultados obtenidos, es decir, ya no hay estudios de mercado, ya no hay simulaciones, ya solo consiste en evaluar los resultados térmicos y energéticos y determinar cuáles son los más confiables y eficientes, despreciando a las que fueron consideradas pero no generaron buenos resultados, ya que de éste paso dependerá la determinación final.

**Análisis Costo-Beneficio:** Aquí se encuentran aplicadas ya la o las soluciones del proyecto, unificadas o en combinación, ya se cuenta con los cálculos de reducción de energía, así como los resultados del control solar. De esta manera, se procede a obtener presupuestos de las tecnologías despreciadas y las instaladas, realizando entonces un análisis de costos de las tecnologías aplicadas, y teniendo paralelamente también los costos de las tecnologías despreciadas, para generar una tabla comparativa de costos e inversión, que permita a los encargados del proyecto, apreciar los costos de inversión, así como los tiempos de recuperación, e incluso los costos del ahorro energético realizado.

**Segunda Toma de Decisiones:** Esta toma de decisión es sobre el paso anterior, los costos, la inversión y el tiempo de recuperación, ya se analizaron, sin embargo es necesario realizar la elección final, no solo basta con tener la mejor tecnología, muchas veces se tienen que optar por las segundas opciones o incluso por las despreciadas al final, ya que los márgenes de costos son superados; es posible poner en una balanza las soluciones contra los costos que se obtuvieron, y entonces tomar los dos elementos que conformen el equilibrio, esto solo si son superados el presupuesto estipulado, ya que si se busca una optimización para obtener alguna certificación medioambiental del edificio, es posible que se opte en definitiva por la tecnología que reduce la energía y contempla el mayor porcentaje de control solar.

**Optimización del Edificio desde la Fase de Diseño:** Finalmente, en este paso se genera un reporte o las conclusiones del proceso metodológico, si bien las etapas pueden cambiar de nombre o pueden tener mayor o menor relevancia a lo largo del proceso, casi todas resultan necesarias e incluso requieren de llevarse a cabo de manera consecutiva. A este punto, se ha logrado como se mencionaba en la página 46 e incluso en la Imagen 27 de ésta misma página, lograr conceptualmente el objetivo desde la fase de diseño, en donde teniendo a los grupos multidisciplinarios se optimiza al edificio, buscando lograr un proyecto de alto desempeño, y que dado que se concibe inicialmente así, la fase de operación demuestre que efectivamente, que cuando a un proyecto se interviene desde la fase de diseño, por grupos especializados y con un proceso metodológico definido, tiene un mejor desempeño ante los demás, reduce la mancha ambiental y con ello genera un menor impacto en su propio ciclo de vida.

**Proyecto Ejecutivo:** Como bien se conoce en la arquitectura, la entrega del proyecto ejecutivo, implica entregar finalmente el proyecto completo, en este caso, implica tener las especificaciones o fichas técnicas de las tecnologías implementadas, los planos, las visuales o representaciones graficas de lo instalado, el cálculo o las simulaciones térmicas generadas, así como los resultados energéticos tanto en cuestiones de reducción de consumo, como en costos, de esta forma, se tiene en claro todo el proceso llevado a cabo, las los resultados obtenidos y la conclusión de la conceptualización o diseño del proyecto.

---

44 Popper R. Karl, “Conjeturas y refutaciones: El desarrollo del conocimiento científico”, Ediciones Paidós Ibérica, España 1972, Pág. 376.

## 6.2. Propuesta Aplicativa

La propuesta aplicativa, de forma concreta, no es más que la solución final de acuerdo al caso de estudio que se llevó a cabo en la presente investigación, es el resultado de los análisis previos, de los estudios al implementar los sistemas de acondicionamiento y control térmico, y finalmente de evaluar financieramente las condiciones óptimas para el proyecto, del cual finalmente se determina que para las oficinas del edificio de Querétaro y luego de un análisis bioclimático, las simulaciones y el cálculo energético y de inversión apoyan la resolución de ocupar al sistema de acristalamiento SolarBan Z50 por el amplio espectro de control solar y aislamiento térmico tanto en condiciones exteriores como interiores del edificio, es de vital importancia tener en cuenta que para llegar a esto fue necesario tener diversas opciones que hiciera medibles y comparables, los resultados obtenidos, de igual forma la consideración aplicó para la combinación de los parasoles, siendo de mayor eficiencia el relacionado al sistema reflectivo, proporcionando un mayor grado de eficiencia y de viabilidad en relación al análisis costo beneficio, de tal forma que la propuesta final aplicada al caso de estudio, queda finalizada en el sistema integral de vidrio SolarBan Z50 de la marca PPG y los Aleros Reflectivos de Kawneer.

Evidentemente, esta propuesta fue sujeta a la limitación del tiempo de investigación, así como a la información obtenida, sin embargo, no se descarta para el proyecto, la búsqueda y viabilidad de soluciones más eficientes y eficaces, que reditúen en márgenes más precisos de reducción y sustentabilidad.

Sin embargo, como propuestas generales, se encuentran las tablas de selección de proyecto, a las cuales es posible realizar control térmico y su respectivo acondicionamiento, a manera de reducir los consumos energéticos previos a su funcionamiento, pues si bien las construcciones reales ofrecen muchas posibilidades de intervención, la manera más eficaz, es como se menciona en la página 24, **“La opción más económica para lograr un edificio con ahorro energético es incluyendo desde la etapa de proyecto el objetivo principal.”**

Entonces, si de determinar la propuesta se trata, esta consiste en realizar las pruebas hechas durante todo el caso de estudio a todos aquellos proyectos de similares características, de mismo objetivo (ahorro energético), con las posibilidades de intervención desde la fase de diseño, y mediante la misma referencia (el control térmico), para lograr, como dice *el factor cuatro*, “[... que mediante tecnologías más eficientes, un mayor uso del reciclaje, una mejor gestión y diseños más eficaces, la sociedad podría crecer sin causar más daños ecológicos.”<sup>45</sup>

Finamente, la propuesta aplicativa, es la consolidación de la propuesta conceptual, realizar la práctica de toda la metodología, mediante los siguientes puntos primordiales:

1. Involucrarse desde las pautas de diseño del proyecto, ya que los errores se evitan desde la concepción y no solo se corrigen desde la acción.
2. Perseguir la preservación de los recursos, para el caso actual es la preservación de la energía, por ello se fundamenta en el ahorro energético.
3. Obedecer a las bases arquitectónicas que originan a las Arquitectura Sustentable, en este caso se determina el análisis bioclimático que dote de requerimientos y soluciones a un proyecto, ya que nace primero el sitio y posteriormente la arquitectura, y concibiendo esto en acciones, se puede lograr una evolución en eficiencia, aun cuando un proyecto por sí mismo no sea manipulable.

<sup>45</sup> Edwards Brian, “ROUGH GUIDE TO SUSTAINABILITY”, Ed. RIBA Enterprises, Londres, 2005. Pág. 7

4. Determinando la viabilidad de los tres pilares básicos del concepto original de sustentabilidad, economía, ambiente y sociedad, por lo que la actual investigación tiene que sentar sus conclusiones generales dentro de estos elementos como cumplimiento a los criterios sustentables que se acaban de describir como proceso analítico para el desarrollo del caso de estudio.

El resultado más visual de dicha aportación, y como consecuencia de la presente investigación, se muestra en la siguiente página, resultados que son necesarios aportar a cada investigación en cuestión y como apoyo y fundamento del proyecto arquitectónico, así como sus análisis financieros.

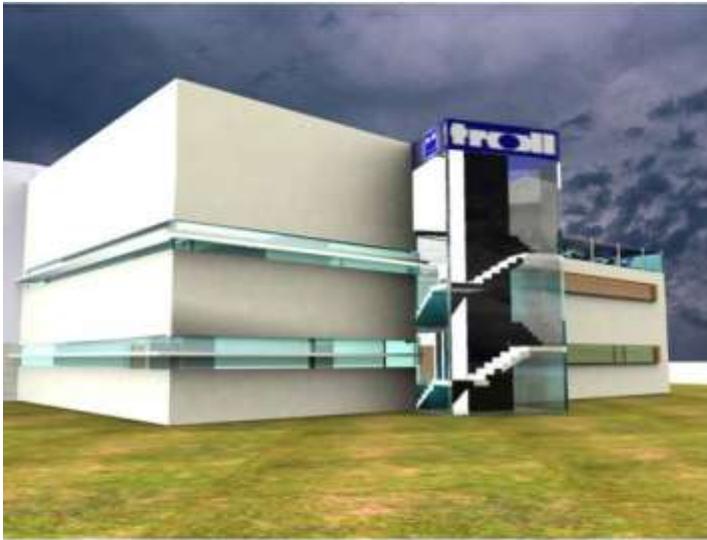


Imagen 51. Compendio de Renders del Proyecto como ejemplo de Propuesta Aplicativa, producto de la solución del caso de estudio referenciado a las Oficinas de Troll Lumina en Querétaro.

Fuente: Arq. Paola Denny Díaz Dávila en colaboración con el Ing. Eric Hernández.

## Conclusiones Generales

A lo largo del documento se muestra la evolución de un proyecto de oficinas con sede en Querétaro, el cual busca desde la fase de diseño, establecer un criterio sustentable, enfocándose principalmente a lograr el ahorro energético en base a la reducción del sistema de enfriamiento, que como se puede observar en la imagen 13 (pág.26) proporcionada por un conferencista del IMEI, dentro de un edificio existe un área primordial que puede representar ahorros desde el 30%, como lo es el HVAC, de tal forma, que la modernización y equipamiento de éstos edificios con tecnologías apropiadas para el control solar, y el aislamiento térmico, logran reducir el consumo de energía bajo este concepto, hasta en más del 30%, evidenciándose esto en la tabla 4 (Pág.80), en donde luego de un exhaustivo y determinante análisis de implementación de tecnologías de control y aislamiento, resolviendo zonas térmicas de mayor ganancia solar y enfocando a los meses de mayor demanda de enfriamiento por medio de complejas simulaciones termo-energéticas, se logra especificar una propuesta de instalación de un vidrio de baja emisividad y de acristalamiento llamado SolarBan Z50 de la marca PPG, en combinación con un sistema de parasoles reflectivos de nombre Inlighten de la marca Kawneer, logrando un sistema integral que reduce en un 41.44% el consumo por concepto de enfriamiento al año, logrando como se ve en la tabla 5 (Pág.81) que exista un ahorro de \$652.89 dólares (\$8787.90 pesos) únicamente por consumo anual, lo que aunado a el equipo instalado, suman un consumo total de \$16,243.70 pesos anuales; Finalmente y de acuerdo al análisis financiero, se determina una inversión de \$301,307.52 pesos, y de acuerdo al consumo estimado en la tabla 4, y al tipo de cambio de \$13.446 pesos por dólar interbancario calculado el día 12 de Mayo de 2012, se determina un ahorro económico en pesos de \$ 218,640.17, con un retorno de la inversión de 1.38 años, lo cual indica que en menos de año y medio, la inversión del sistema integral, ya se cubrió. (Véase tabla 5 pag.81)

Con base a lo anterior, se corroboró que lo referenciado a la imagen 27 (Pág.46), sobre que el mejor punto de actuación dentro de un proyecto debe ser el proceso de diseño apoyado en equipos transdisciplinario para lograr esto, ya que la propuesta y la investigación ha sido apoyada por expertos en materia de ingeniería sustentable (Ing. Eric Hernández), y a su vez en ingeniería eléctrica (Ing. Salvador Ávila); sin ello, no podría haber llevado a cabo en conjunto el armado de la propuesta final, lo que contribuye a ser la solución del caso de estudio, el cual, al final de proceso, permite concluir con una aportación conceptual, siendo ésta la metodología.

Si bien la hipótesis inicial hace referencia **a la posibilidad de generar un manual de estrategias para lograr la eficiencia energética en el concepto térmico de un edificio, en base al análisis las oficinas de una nave industrial en la Ciudad de Querétaro, buscando lograr la creación de una especie de guía que contuviera las estrategias de las que se valieron las simulaciones llevadas a cabo para la solución del caso de estudio;** la realidad es que un manual es un documento mas importante de lo que aparenta ser, ya que no es simplemente una recopilación de procesos, sino también incluye una serie de estamentos, políticas, normas y condiciones que permiten el correcto diseño, ejecución y funcionamiento de un proyecto, de tal forma que siendo tan rígido, no permite manipulaciones para llegar a un mismo objetivo, caso contrario a lo que es la metodología, ya que por medio de ésta, se logra determinar únicamente el proceso para llegar a ese objetivo, sin establecer reglas y parámetros forzosos, ya que con ésta se permite la introducción de variables tanto dependientes como independientes de acuerdo a las necesidades y situaciones del proyecto, todas encaminadas al mismo objetivo y posibilitando el método de prueba y error bajo el cual se argumenta una solución. **Es así, que la propuesta aplicativa como solución al caso de estudio, determina y concluye con la aportación de la propuesta conceptual, siendo el proceso metodológico que pueden seguir todos los interesados en llevar a cabo un ahorro económico y energético de los sistemas de enfriamiento por medio de tecnologías de control y aislamiento, únicamente para proyectos en fase de diseño.**

# BIBLIOGRAFÍA, SITIOS DE CONSULTA Y CONTENIDOS

## Bibliografía

### Libros de Consulta

1. McLennan Jason, "The Philosophy of Sustainable Design", Ed. Ecotone, Kansas City 2004.
2. SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Folleto informativo "El Planeta se está Calentando"
3. Racauchi Liliana, "Aprendiendo a cuidar el cuerpo - mente", Ed. Kier, Buenos Aires, 2003.
4. Ing. Arturo Ibarra, Desayuno Conferencia sobre "Sustentabilidad", Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, Octubre de 2007.
5. Edwards Brian, "Rought Guide to Sustainability", Ed. RIBA Enterprises, Londres, 2005.
6. Yeang Ken, "The Green Skycraper", Ed. Prestel Verlag, Nueva York 1999.
7. Albertosa Luis Miguel, "Climatología y Medio Ambiente", Ed. Publicaciones de la Universitat de Barcelona, España.
8. Gauzin-Muller Dominique, "Arquitectura Ecológica", Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2002.
9. Ruano Miguel, "Ecurbanismo" (Entornos Humanos Sostenibles: 60 Proyectos), Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1998
10. Tickell Oliver, "KIOTO 2" Cómo gestionar el efecto invernadero global, Ed. Icaria, Barcelona 2009.
11. Saura Estapa Jaume, "El cumplimiento del Protocolo de Kioto sobre el Cambio Climático", Ed. Publicaciones de la Universitat de Barcelona, Barcelona 2003.
12. Plaza y Valdés Editores, CISAN, "Cambio Climático" Desacuerdo entre Estados Unidos y Europa, Edit. Antal, México 2004
13. Instituto Nacional de Ecología 2010, "Potencial de Gases de Efecto Invernadero en México al 2020 en el contexto de la cooperación internacional", Semarnat, México 2010.
14. Manifiesto por la vida. Por una ética para la sustentabilidad, en Revista Iberoamericana de la Educación, no. 40, OIE, enero-abril 2006.
15. Leff, Enrique, "La Transición hacia el desarrollo sustentable" Perspectivas de América Latina y el Caribe, Ed. PNUMA-INE-UAM, México 2002.
16. Soria Francisco, "Pautas de diseño para una Arquitectura Sostenibles", Ed. Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona 2004
17. Carlos Saura, "Arquitectura y Medio Ambiente", Ed. Architectonics, Barcelona 2003.
18. Urbina Javier, "Más Allá del Cambio Climático" Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología UNAM .
19. Garzón Beatríz, "Arquitectura Bioclimática", Ed. Nobuko, Buenos Aires 2007.
20. Camous Roger, "El Habitat Bioclimático" de la concepción a la construcción, Ed. Gustavo Gili, Canadá 1983.
21. López de Asiain Jaime, "Arquitectura, ciudad, medioambiente", Ed. Universidad de Sevilla, 2001
22. Racauchi Liliana, "Aprendiendo a cuidar el cuerpo / mente", Ed. Kier, Buenos Aires, 2003.
23. Manifiesto por la vida. Por una ética para la sustentabilidad, en Revista Iberoamericana de la Educación, no. 40, OIE, enero-abril 2006.
24. United States Agency International Development, "Manual de Transferencia y Adquisición de Tecnologías Sostenibles", USAID, Marzo 2005.
25. Gómez Andrés, "¿Qué entendemos por Desarrollo Sustentable?", Ed. Pearson Educación, México, 1999.
26. Lopez Lopez Victor Manuel, "Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable: Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa, Ed. Trillas, México 2008.

27. Kotler, Philip, “*Fundamentos de Marketing*”, Ed. Pearson Educación de México, México, 2003.
28. Douglas Hoffman, “Principios del Marketing y sus mejores prácticas”, Ed. Cengage Learning, México, 2007.
29. IHOB, “¿Cómo evaluar la sostenibilidad de un edificio?”, Ed. Publicaciones IHOB, Bilbao, 2010.
30. Rey Francisco, “Eficiencia energética en edificios, Certificación y auditorías energéticas”, Ed. Thompson, España, 2006.
31. Richarson Phyllis, “XS Ecológico: Grandes ideas para pequeños edificios”, Ed. Gustavo Gili, España 2007.
32. Hernández Pezzi Carlos, “Un Vitruvio Ecológico: Principios y práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible”, Ed. Gustavo Gili, España 2007.
33. Meléndez García Sergio Javier, “Arquitectura Sustentable”, Ed. Trillas, México 2011.
34. Behling Sophia, “Sol Power: La evolución de la Arquitectura Sostenible”, Ed. Gustavo Gili, México.
35. Garrido Luis, “Análisis de Proyectos de Arquitectura Sostenible”, Ed. McGraw Hill Interamericana, España 2009.
36. Aguilar Carolyn: “Diseño y construcción sostenibles: Realidad Ineludible”, Ed. Universidad Iberoamericana, México 2011.
37. Mondelo Pedro, “Ergonomía 2: Confort y Estrés Térmico”, Ed. Alfaomega Grupo Editor, México 2000.
38. Danish Building Research Institute “Manual BSim”, de la Universidad de Aalborg en Dinamarca, última Actualización de Enero de 2011.

## Tesis

---

1. Navia Parodi Ana María, “Tecnología del Vidrio” Un material de Vanguardia, Posgrado de Arquitectura, Campo Tecnología, Octubre de 2002.
2. Ramírez Balcázar Esperanza Alejandra, “Guía para Diseño Arquitectónico Bioclimático”, Posgrado Arquitectura, Campo Tecnología, 2000.
3. Carmona Gómez María de los Ángeles, “Arquitectura Sustentable” Aproximación de una Metodología para la Proyección de un Objeto Arquitectónico Sustentable, Licenciatura en Arquitectura, Noviembre de 2009.
4. Arredondo García José Luis, “Ahorro de Energía aplicado a Casas Inteligentes, (Domótica)”, Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2010.

## Sitios Web y Archivos Pdf

---

1. <http://www.cambioclimatico.gob.mx>
2. <http://es.wikipedia.org>
3. <http://www.inegi.gob.mx>
4. <http://elblogverde.com>
5. <http://www.terra.com.mx>
6. <http://biocab.org>
7. <http://eumed.net>
8. <http://catedragalan.investigacionaccion.com.ar>
9. <http://pnd.presidencia.gob.mx>
10. <http://www.expoknews.com>
11. <http://web.iingen.unam.mx>

12. <http://www.circuloverde.com.mx><http://www.inmobiliare.com>
13. <http://sustentator.com>
14. <http://www.miliarium.com>
15. <http://www.construible.es>
16. <http://ecosofia.org>
17. <http://www.centrourbano.com>
18. <http://www.mineria.unam.mx>
19. <http://www.conae.gob.mx>
20. [www.schneider.es](http://www.schneider.es)
21. [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)
22. <http://www.hometech.com.mx>
23. [www.imei.com.mx](http://www.imei.com.mx)
24. <http://www.centrocristal.com.ar>
25. <http://www.sunguardglass.es>
26. <http://sol-arq.com>
27. <http://www.wagg.com.ar/productos/mt/cubiertas-tensadas/mas-informacion.html>

## Ubicación de Contenidos

### Índice de Imágenes

Imagen 1. Ciclo de Vida de un Edificio .....	6
Imagen 2. Diagrama para el Análisis del Ciclo de Vida de los materiales de la construcción. ....	7
Imagen 3. Representación gráfica de la toma de decisiones sobre las áreas de un Proyecto Ecológico, tomando en consideración las áreas que son realmente necesarias y las que pueden ser optativas de acuerdo a las necesidades. ....	7
Imagen 4. Círculo Bioclimático desarrollado por la empresa Arquidia, que convierte criterios de evaluación del GBC de España a criterios de diseño de edificios con la finalidad de la realización óptima de proyectos y construcciones de Arquitectura Bioclimática. ....	8
Imagen 5. Olgay relaciona métodos y conocimientos de otras disciplinas como la biología, la meteorología y climatología, la ingeniería y la física en cuanto a transferencia de calor y masa para aplicarlos a cuatro regiones climáticas. De estas relaciones buscó la relación con la arquitectura en función que esta fuera condicionada por factores tales como la orientación, las formas de la edificación, el emplazamiento y el entorno, los efectos del viento y los materiales. ....	9
Imagen 6. Edificio que muestra la solución sustentable al proyecto, combinando criterios bioclimáticos con tecnologías sustentables, para la gestión energética y su desempeño. ....	11
Imagen 7. Estrategias tecnológicas de Diseño Integral Sustentable, soluciones activas y pasivas. ....	12
Imagen 8. Tablas sobre los escenarios futuros de desarrollo global en cuanto a la estipulación de la EFICIENCIA mediante sistemas de TECNOLOGÍA, Estudio titulado [R] evolución energética (pdf) por el Consejo de Energía Renovable Europea (EREC) y Greenpeace Internacional, que concluye que "la mitad de la energía del mundo necesita en el año 2050 podría ser conocida por las energías renovables y mejora de la eficiencia", informe que apoya al documento del Factor 4 del el Rocky Mountain Institute. ....	13

Imagen 9. Proyecto de Eficiencia Energética con solución el Alta Tecnología. ....	14
Imagen 10. Proyecto residencial con estrategias de Baja Tecnología.....	14
Imagen 11. La empresa Schneider comparte en su página de internet, un sistema sobre la gestión y automatización de las diferentes áreas de un edificio, bajo criterios y tendencias sustentables, con el objetivo del rendimiento energético. ....	15
Imagen 12. Diagrama de Venn sobre las consideraciones comunes para un edificio sustentable, proviniendo de criterios verdes o ecológicos e inteligentes. ....	16
Imagen 13. Puntos focales para lograr la eficiencia energética en un edificio. ....	18
Imagen 14. Sistema de Parasoles Reflectivos como sistema de transferencia de luz natural a espacios interiores. ....	23
Imagen 15. Utilización de parasoles, como elemento de control térmico en el edificio Corporativo Insurgentes 553. ....	23
Imagen 16. Vidrio tipo Reflectivo Cool Lite. Rendimiento diferenciado para control solar en la transmisión y reflexión de luz y calor, además de un bajo coeficiente de sombra. ....	25
Imagen 17. Vidrio de tipo Low E, de baja emisividad. Es un vidrio altamente selectivo, combinando bajo factor solar y alta transmisión luminosa. Su alto poder de control garantiza mayor economía de energía, reduciendo el uso del aire acondicionado.....	25
Imagen 18. Componentes del sistema de doble acristalamiento o duoVent .....	26
Imagen 19. El vidrio electrocrómico es un vidrio laminado capaz de tornarse opaco mediante la aplicación de una corriente eléctrica.....	26
Imagen 20. Ejemplo de Fachada dinámica en México, realizada por la empresa CSI.....	27
Imagen 21. Sistemas de anclaje de Fachadas Ventiladas por medio de estructuras portantes con cámaras de aire para regular la ganancia térmica a los interiores. ....	29
Imagen 22. Cortina de Agua realizada para el Pabellón Digital de Agua en la exposición en Zaragoza España.....	30
Imagen 23. Localización Geográfica del Estado de Querétaro con respecto al territorio mexicano. ....	35
Imagen 24. Aspecto Orográfico y de Relieve del Municipio El Marqués. ....	37
Imagen 25. Aspecto Climatológico del Municipio el Marqués, Querétaro. ....	38
Imagen 26. Localización, contexto perimetral y de áreas del Parque Industrial Finsa Querétaro. ....	40
Imagen 27. Plano de localización del Caso de Estudio dentro del Parque Industrial Finsa. ....	41
Imagen 28. Gráfica de ciclo de vida de un edificio en relación con los costos en el impacto ambiental, de acuerdo a las etapas de realización de un proyecto, donde se determinan los momentos de toma de decisiones en cuanto a estrategias sustentables. ....	42
Imagen 29. Relaciones para la concepción de un diseño integral en materia de proyectos sustentables. ....	42
Imagen 30. Análisis y metodología a implementar para determinar las variables de los datos a introducir al proceso de simulación, los datos determinados corresponden a variables dependientes en la predicción térmica, ya que todos estos aspectos determinan el comportamiento del edificio, aunado a valores proporcionados por el análisis propio del proyecto. ....	43
Imagen 31. Sistema diseñado para la toma de decisión hacia las estrategias y soluciones sobre el Caso de Estudio .....	44

- Imagen 32. Levantamiento de la geometría del edificio de oficinas (caso de estudio), dentro del programa Bsim. Así mismo se muestra las opciones de designación de materiales, creaciones de bases de datos propias de acuerdo al sistema constructivo y materiales utilizados, y la generación de zonas térmicas ..... 47
- Imagen 33. Este gráfico muestra la geometría total del edificio, las secciones en planta y alzados para tener un mayor dominio de la volumetría. Así mismo se puede observar al proyecto entero, el edificio de oficinas en conjunto con la nave industrial, llevada a cabo volumétricamente para evitar variaciones en las condicionantes del proyecto y su análisis. .... 48
- Imagen 34. Se observa al proyecto completo, y en el caso del edificio de oficinas, a la izquierda de la imagen, se localizan todas las áreas comprendidas dentro del edificio, y que representan zonas térmicas individuales. En la parte inferior derecha, se encuentran los datos generales del edificio, como son su orientación, su área total y la base de datos del clima que es usada, en este caso la de Huimilpan Querétaro. .... 49
- Imagen 35. Determinación de niveles de ocupación, horarios de actividad del inmueble, así como días laborales. La imagen permite visualizar que la operación está determinada para un año de actividad, bajo una semana laboral de lunes a viernes con un horario de amplio rango que va de las 7:00 a las 20:00 hrs, determinando también la densidad de ocupación de acuerdo a los rangos horarios, como se muestra en la tabla. Esto influye en los parámetros enmarcados en el cuadro azul a la izquierda de la imagen, que son los niveles de enfriamiento, los gastos energéticos y ganancias de calor por equipos electrónicos, luces y personas. .... 50
- Imagen 36. Resultados del primer análisis sobre el comportamiento térmico del edificio. .... 53
- Imagen 37. Generación del vidrio dentro de la base de datos de elementos de construcción dentro de Bsim, especificando los principales componentes del vidrio Solarban Z50 para este caso. .... 56
- Imagen 38. Definición de 4 áreas primordiales dentro del proyecto de oficinas, de acuerdo a su variable comportamiento térmico, sus condiciones de ganancia de calor y su constante incidencia solar. Arriba proyecto completo, abajo a la izquierda el énfasis sobre la incidencia en esa cara del edificio y a la derecha, finalmente las áreas de dirección general y sala de juntas en Planta Alta y gerencia de ventas y área de ventas en Planta Baja. .... 59
- Imagen 39. Resumen mensual de la simulación con vidrio de alta tecnología Z50 donde se aprecian los niveles de radiación y de transmisión dentro del edificio entero. Se considera benéfico ya que demanda un bajo nivel de enfriamiento al año, y aprovecha las condiciones de masa térmica existentes a lo largo del año. .... 60
- Imagen 40. Aplicación al edificio de oficinas, del tipo de vidrio Saint Gobain Glass Air Diamant Double, considerado como sistema de doble acristalamiento o tipo DuoVent, donde se observa que la gráfica resultante del balance térmico, muestra una reducción considerable con respecto a la evaluación inicial sin modificación alguna, sin embargo, con respecto a los tres tipos de vidrio utilizados no representa ser la mejor opción. .... 61
- Imagen 41. Resultados gráficos del balance anual realizado con el Pilkington Architectural Tinted Float Glass de tipo Low-E, se aprecia una disminución de los niveles de radiación y de transmisión al interior con respecto al primer balance realizado, mostrando una disminución importante, sin embargo queda en desventaja frente a las reducciones logradas por el solarbanz50. .... 61
- Imagen 42. Gráfico Comparativo de los tres tipos de Vidrio ocupados, mostrando individualmente una distribución de las fuentes de calor y enfriamiento al interior del edificio con respecto a las condiciones de confort en horario laboral, donde se muestra que existe una gran concentración de masa térmica, que puede ser aprovechada para concentrar los niveles de confort al interior, permitiendo manipular la demanda de enfriamiento que es mínima y que puede ser aún más minimizada con más variaciones en cuanto a tecnología de vidrio o incluso otros elementos tecnológicos, buscando condicionantes favorables térmicas y con visiones sustentables, .... 62
- Imagen 43. Aplicación de la propuesta de parasoles en base a membranas tensadas sujetas a una estructura y montadas sobre la fachada del edificio. .... 63

Imagen 44. Mesa Arts Center, en Phoenix Arizona, parasoles horizontales a base de tensoestructuras diseñadas por Nicolas Goldsmith. ....	64
Imagen 45. . Parasoles Verticales como elemento de control solar a base de tensoestructuras diseñadas por Nicolas Goldsmith, para Burton Barr Central Library, en Phoenix Arizona.....	65
Imagen 46. Aleros horizontales reflectivo móviles que actúan en posición de acuerdo al ángulo de incidencia solar. ....	66
Imagen 47. Parasoles modelo Airlux de las Industrias Parrar, a base de aluminio lacado con perforaciones, mismas que impedirán la ganancia solar por radiación al interior del edificio. ....	67
Imagen 48. Balance térmico-energético sobre la simulación realizada al edificio de oficinas, en base al vidrio elegido como el de mayor eficiencia, Solarban Z50 y usando el sistema de parasoles de Tensotherm de la marca Birdair. ....	68
Imagen 49. Balance térmico-energético de las oficinas, bajo el sistema de parasoles Inlighten de la marca Kawneer, se muestran muy ligeras reducciones de radiación y transmisión, sin embargo se presenta un infiltración que puede ser ocasionada por el rebote de la luz sobre los materiales de construcción, otorgando calor infiltrado por ellos mismos. ....	69
Imagen 50. Resultados térmico - energéticos de la simulación realizada a las oficinas con el sistema de parasoles de Airlux de la empresa española de Industrias Parra.....	69
Imagen 51. Compendio de Renders del Proyecto como ejemplo de Propuesta Aplicativa, producto de la solución del caso de estudio referenciado a las Oficinas de Troll Lumina en Queretaro. ....	79

## Índice de Tablas

Tabla 1. Vida útil media de los diferentes elemento de la Arquitectura de acuerdo con Brian Edwards.....	5
Tabla 2. Tablas de muestra de los parámetros a valorar en la elección de un vidrio de baja emisividad y de control solar. 24	
Tabla 3. Tabla de selección de proyectos viables para determinar el caso de estudio. Fuente Arq. Paola D. Díaz D. ....	33
Tabla 4. Sistemas de Control y Aislamiento, elemento de evaluación y eliminación para ejercicio de simulación. ....	54
Tabla 5. Resumen de Ahorro de Consumo de Energía en un Periodo Anual por Concepto de Enfriamiento.....	70
Tabla 6. Cálculo de la Inversión y Tiempos de Recuperación, por Sistema y Combinación .....	72



# ANEXOS

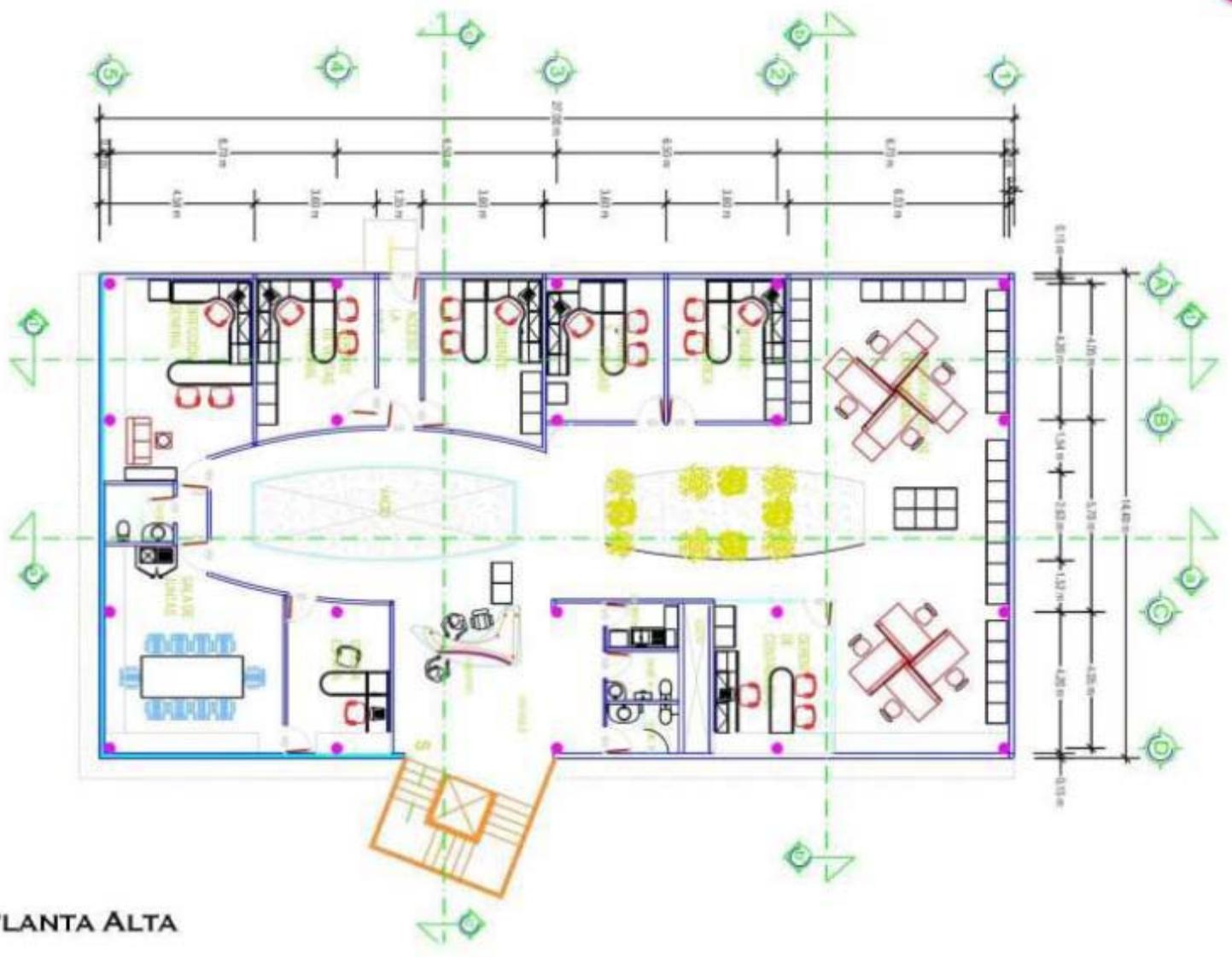
**Anexo 1. Planos del Caso de Estudio**



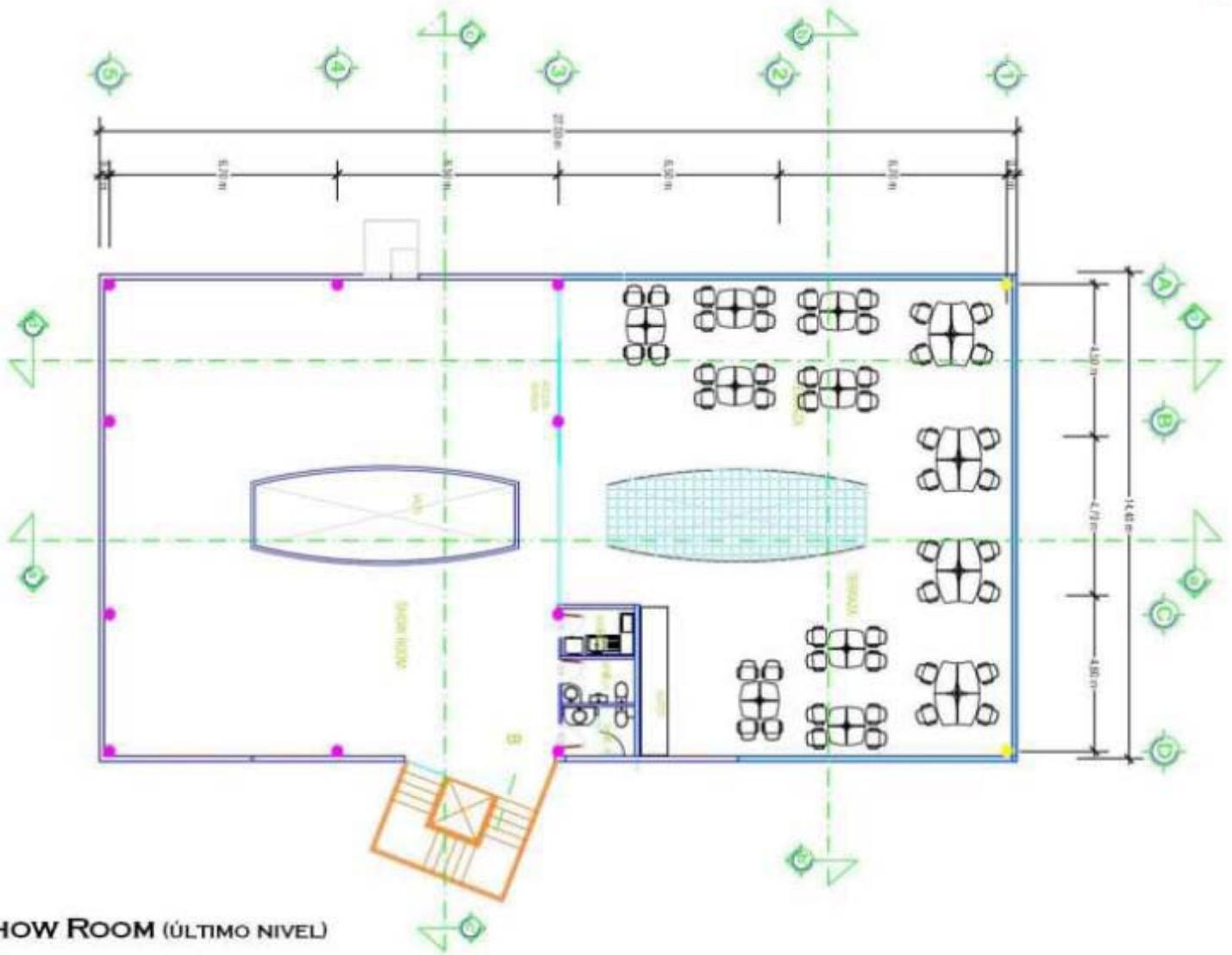
**PLANTA BAJA**



PLANTA ALTA

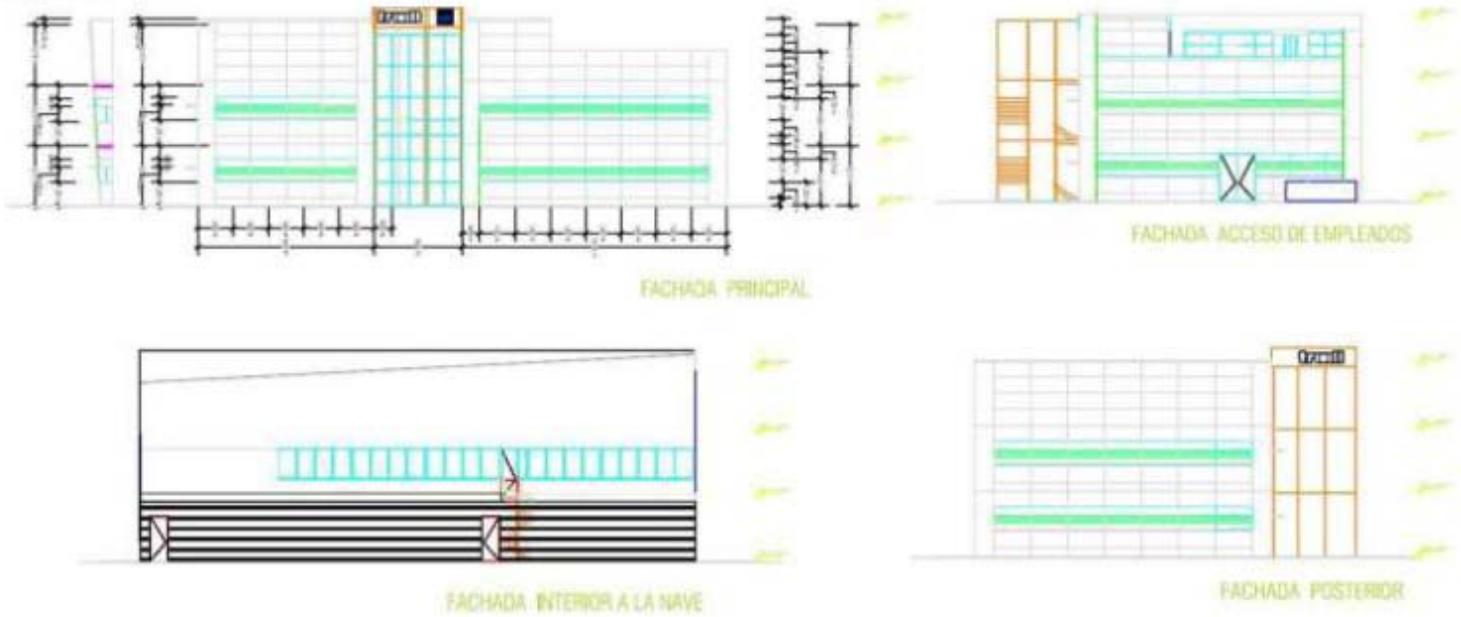


SHOW ROOM (ÚLTIMO NIVEL)



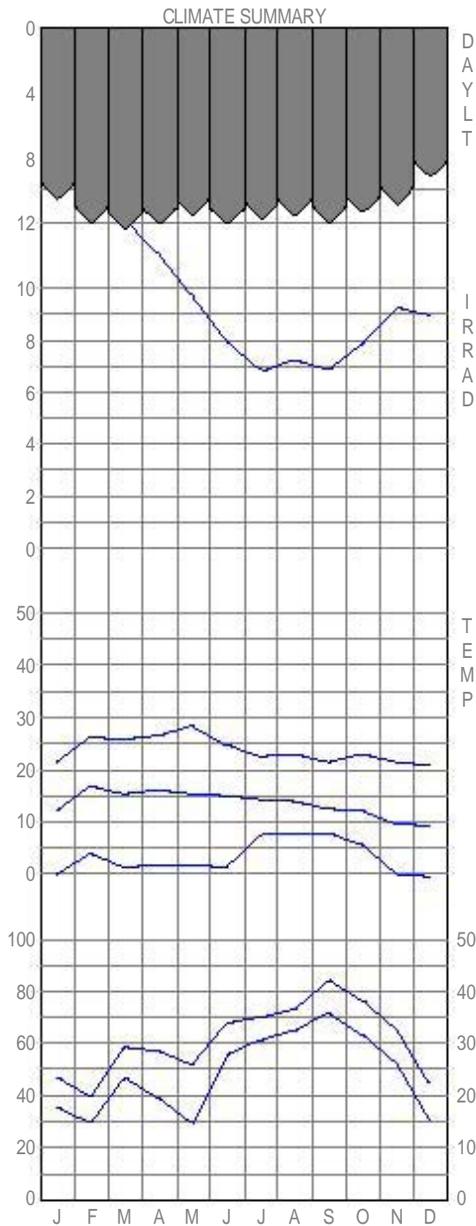


**CORTES**



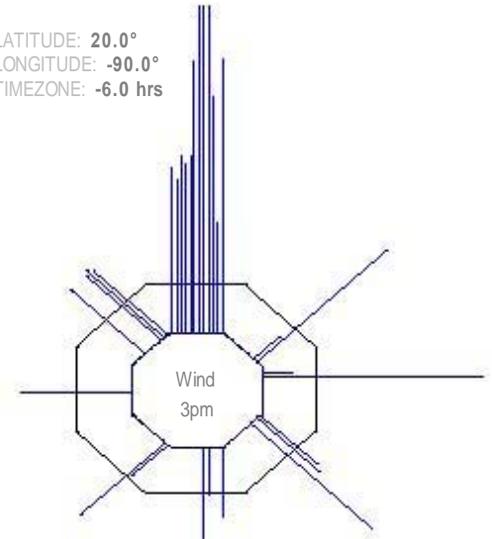
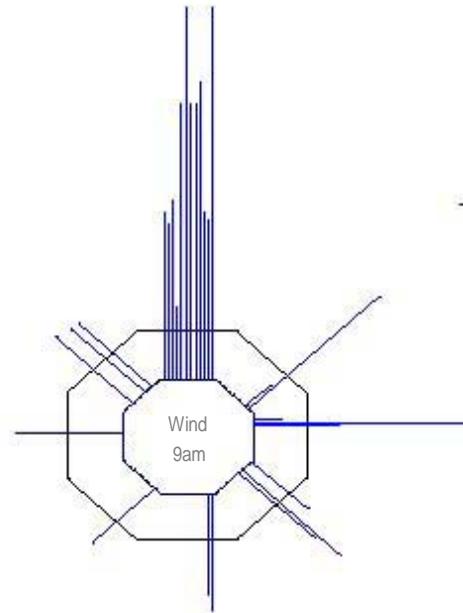
**ALZADOS**

**Anexo 2. Datos Climatológicos del Sitio del Caso de Estudio**



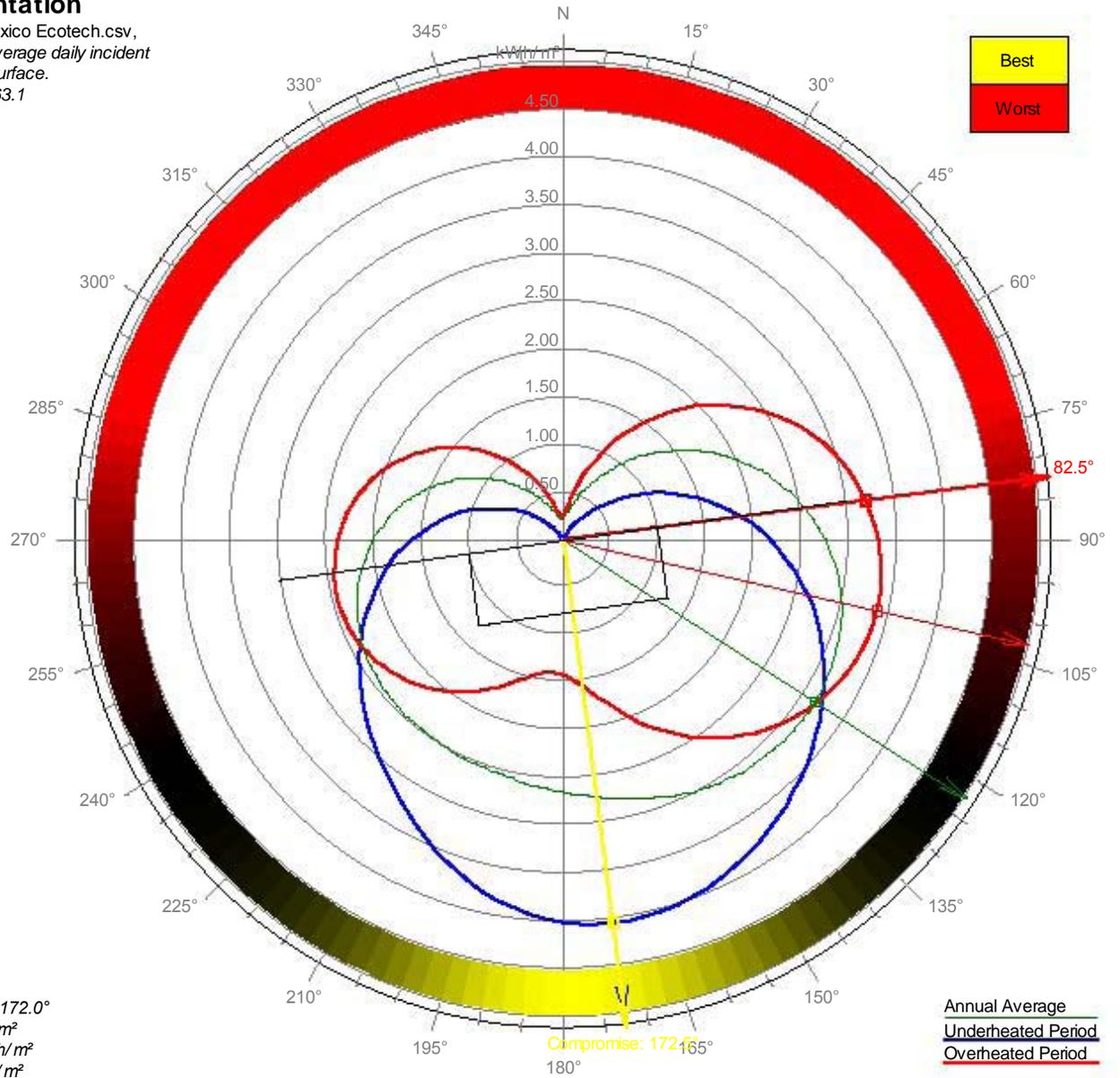
NAME: Queretaro México Ecotech.csv  
 LOCATION:  
 DESIGN SKY: Not Available  
 ALTITUDE: 1850.0 m  
© 2010-2011

LATITUDE: 20.0°  
 LONGITUDE: -90.0°  
 TIMEZONE: -6.0 hrs



### Optimum Orientation

Location: Queretaro México Ecotech.csv,  
 Orientation based on average daily incident radiation on a vertical surface.  
 Underheated Stress: 263.1  
 Overheated Stress: 0.0  
 Compromise: 172.5°

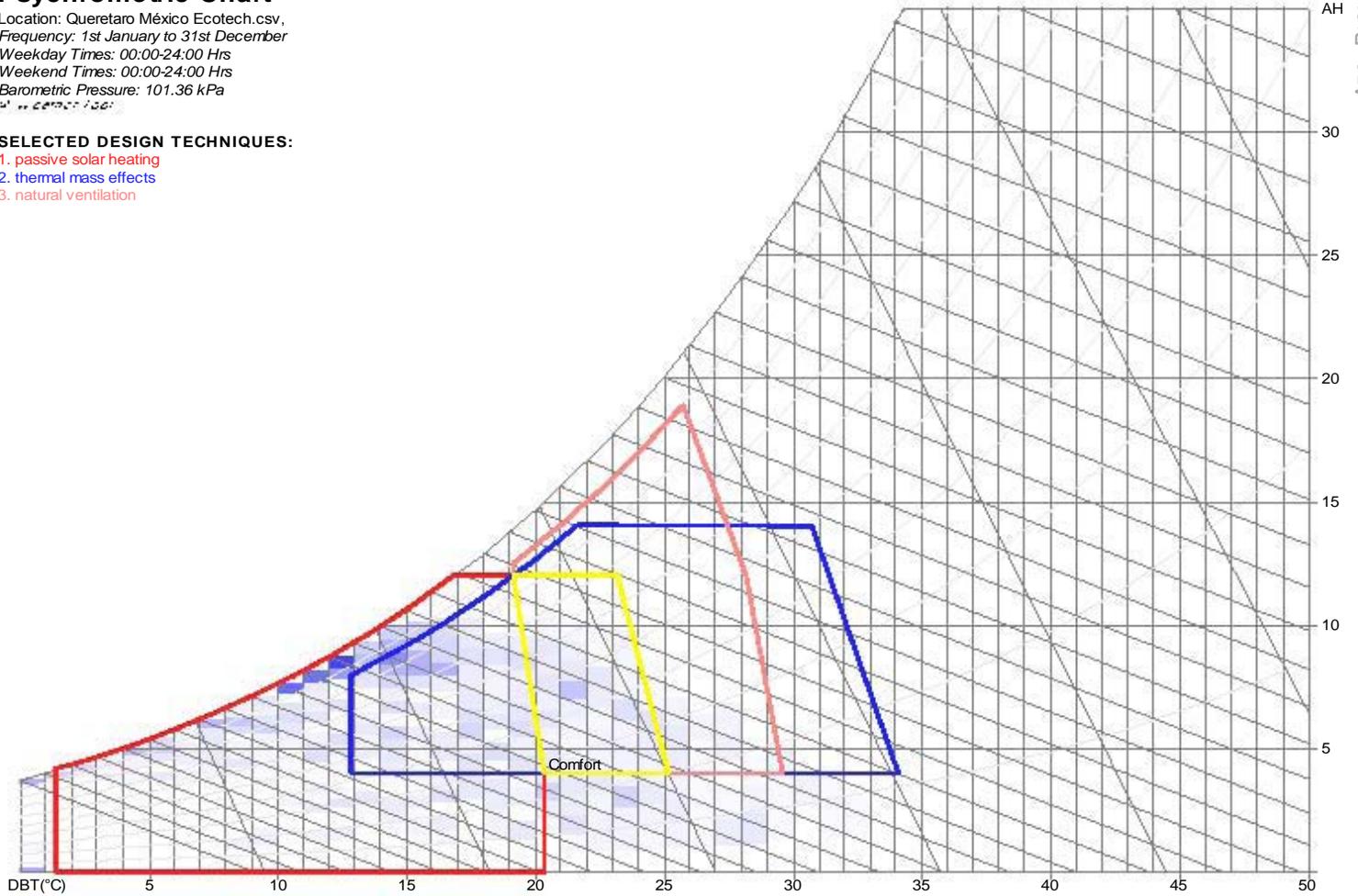


## Psychrometric Chart

Location: Queretaro México Ecotech.csv,  
 Frequency: 1st January to 31st December  
 Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
 Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
 Barometric Pressure: 101.36 kPa

### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation



## Prevailing Winds

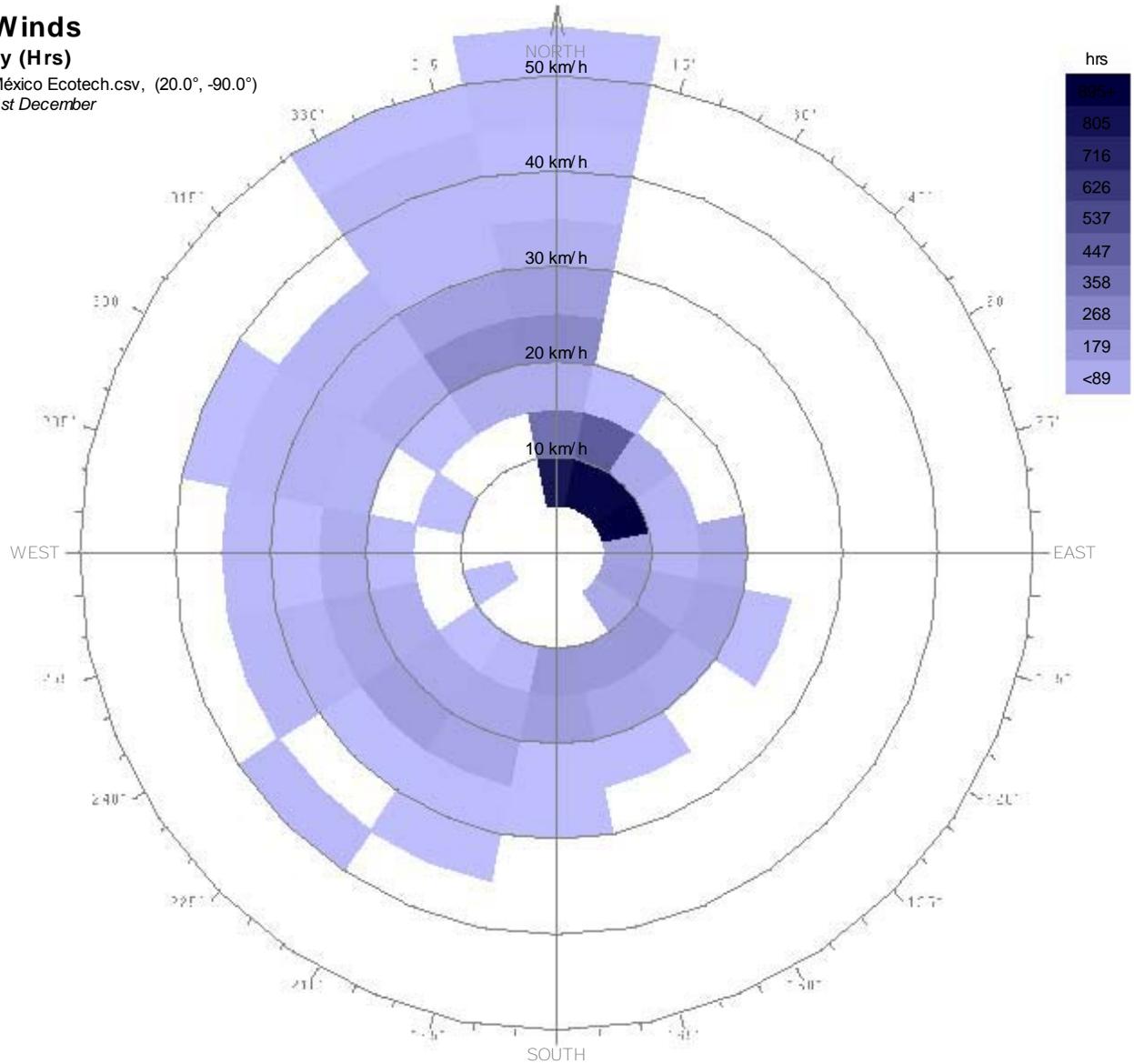
### Wind Frequency (Hrs)

Location: Queretaro México Ecotech.csv, (20.0°, -90.0°)

Date: 1st January - 31st December

Time: 00:00 - 24:00

\* Weibull Test





## Prevailing Winds

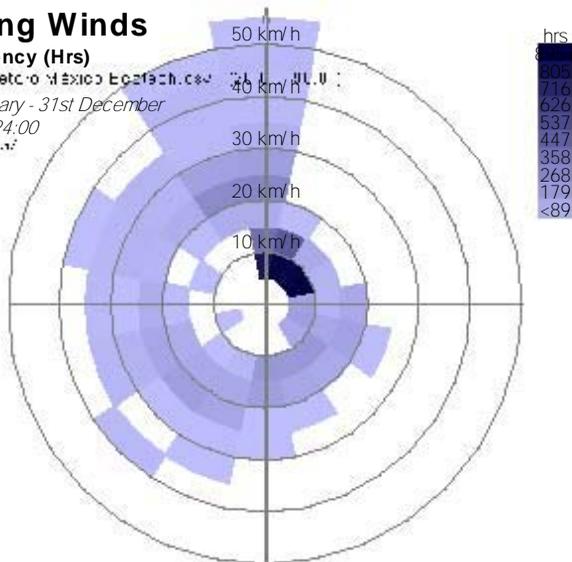
### Wind Frequency (Hrs)

Location: Ciudad de México, México

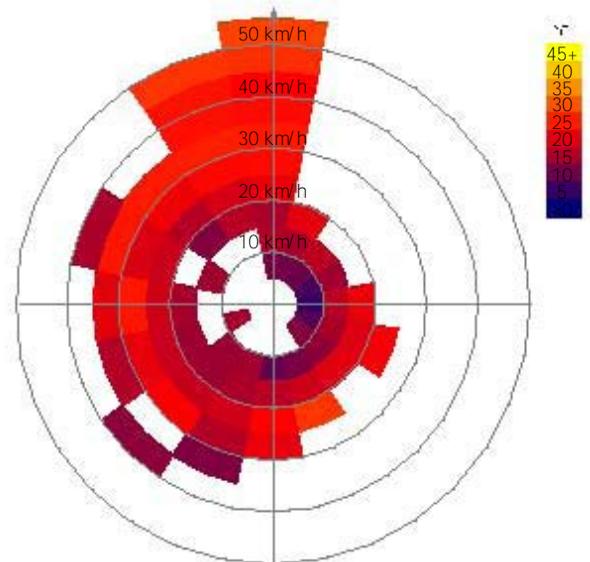
Date: 1st January - 31st December

Time: 00:00 - 24:00

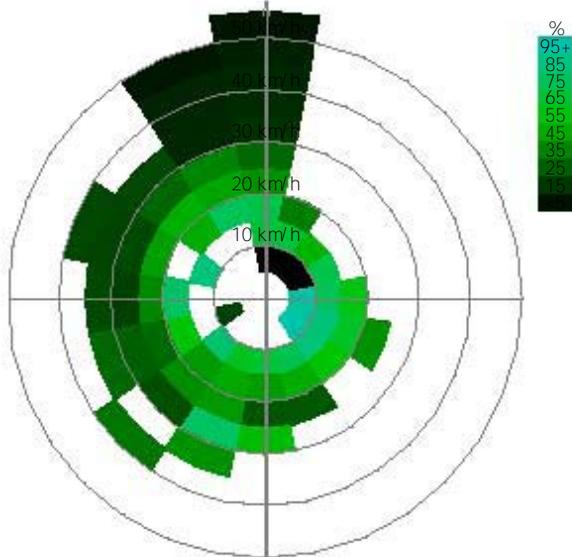
Wind: East



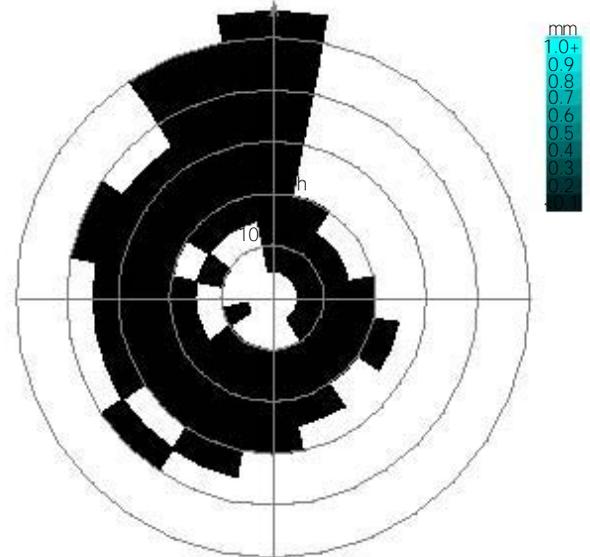
Wind Frequency (Hrs)



Average Wind Temperatures



Average Relative Humidity



Average Rainfall (mm)

## Prevailing Winds

### Wind Frequency (Hrs)

Location: San Juan, Puerto Rico, 18° 05' 39.05"

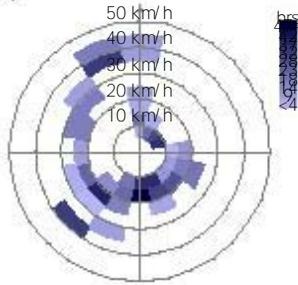
Date: 1st January - 31st December

Time: 00:00 - 24:00

Wind Speed: 15%



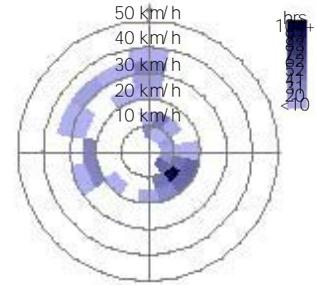
January



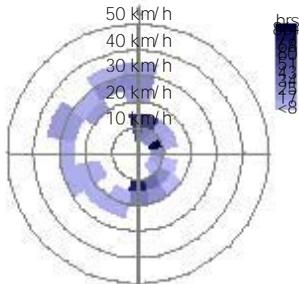
February



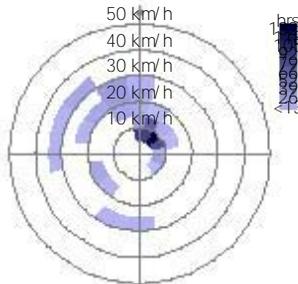
March



April



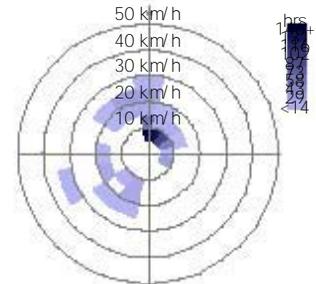
May



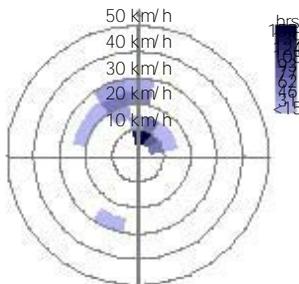
June



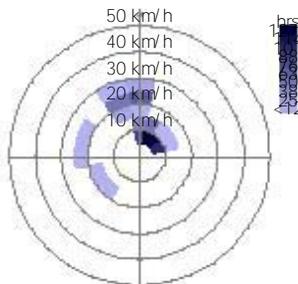
July



August



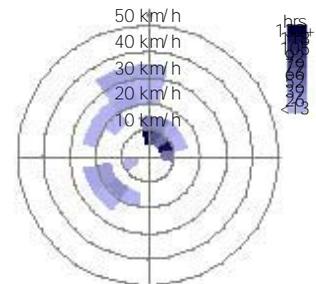
September



October



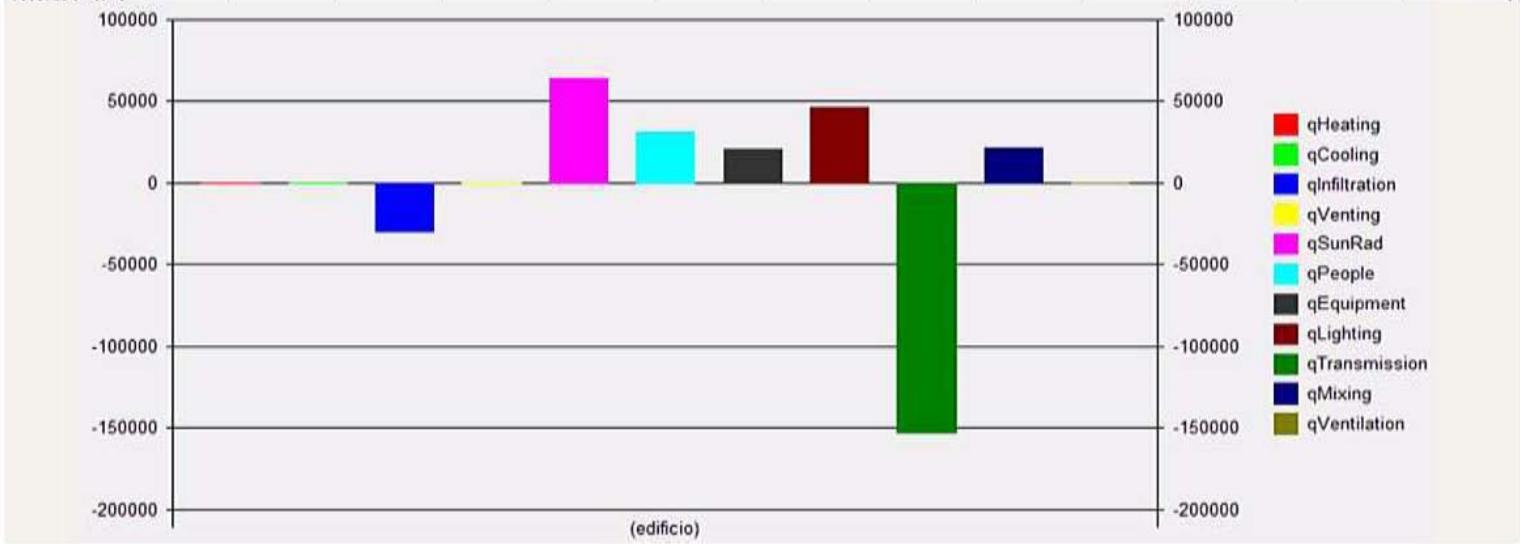
November

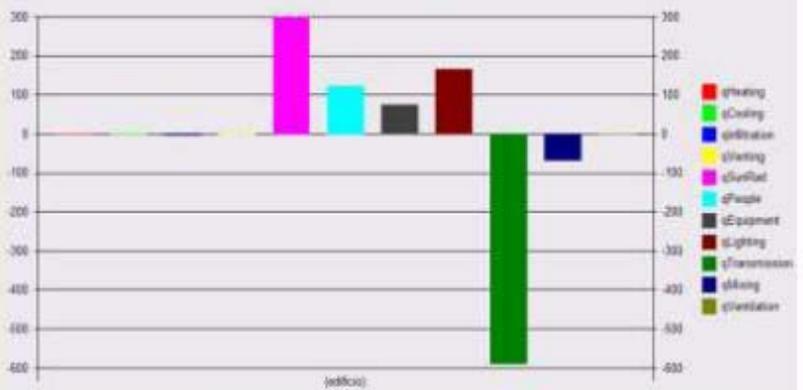
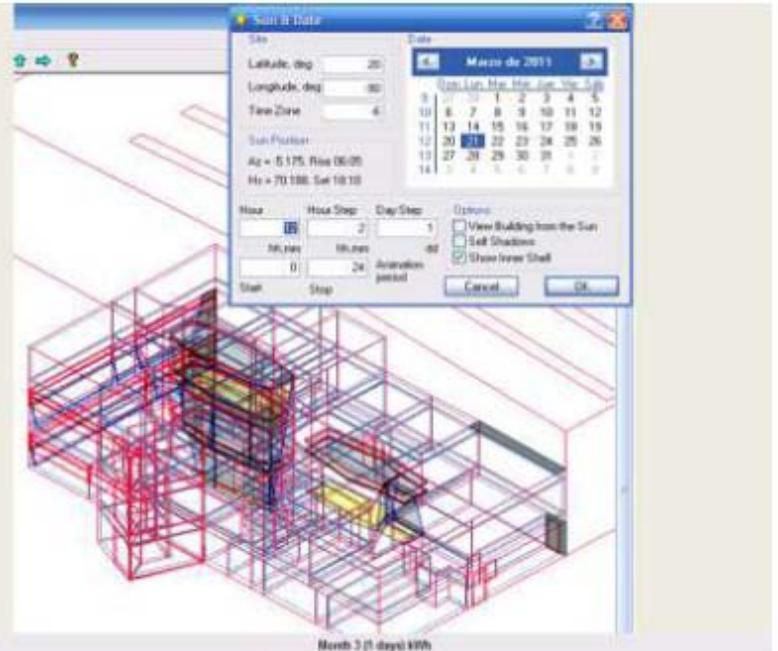
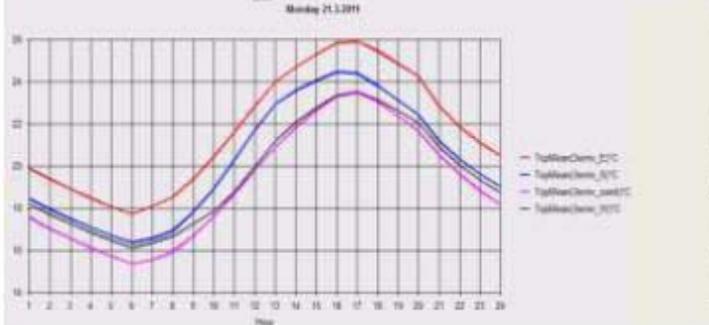
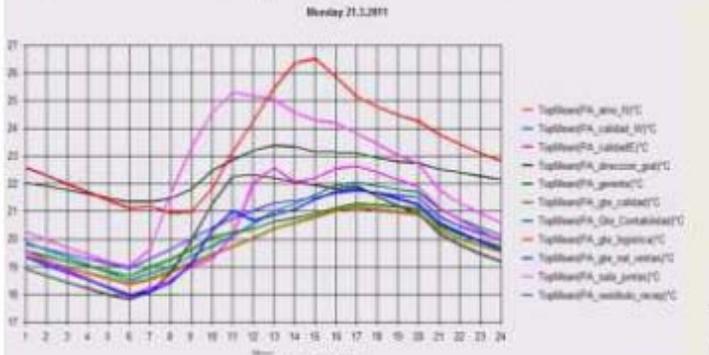
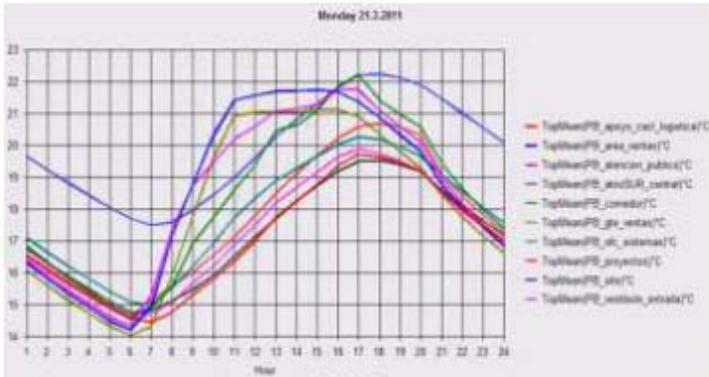


December

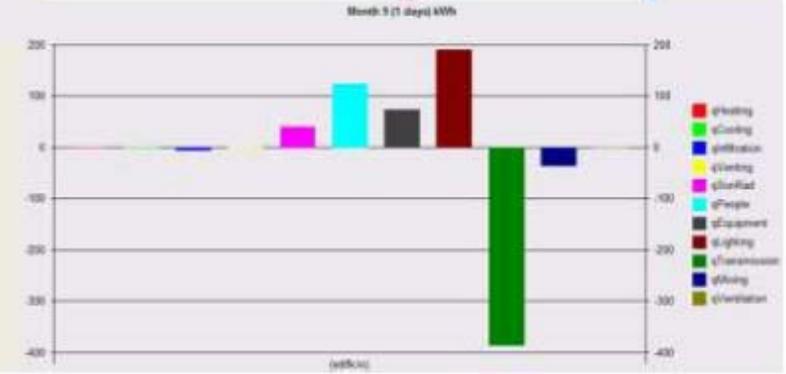
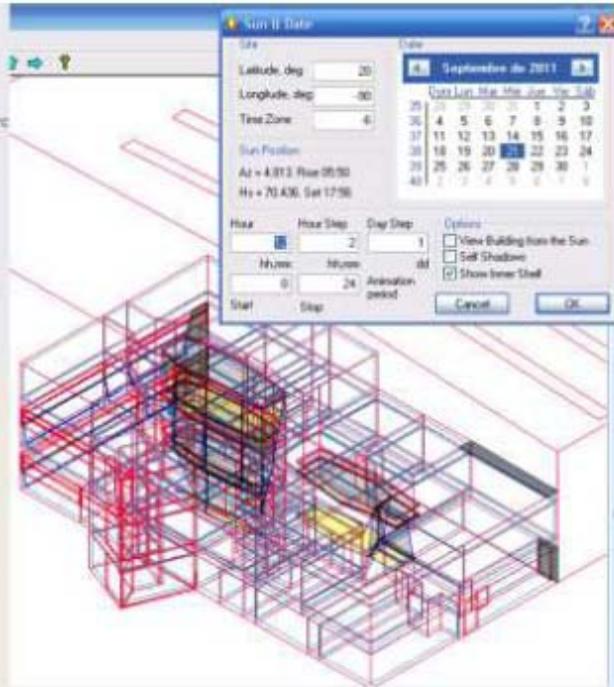
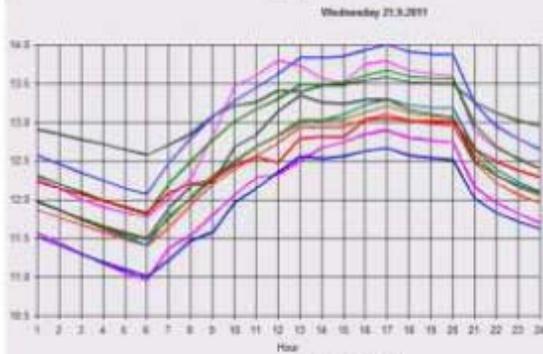
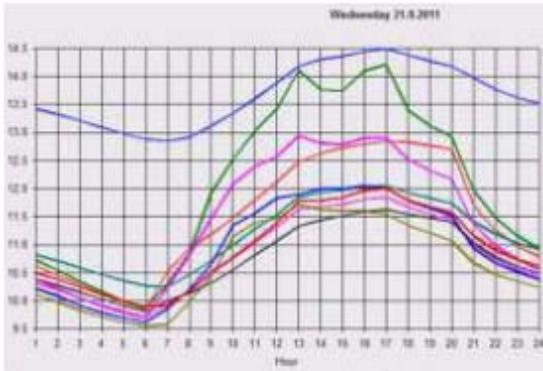
### Anexo 3. Primera Evaluación

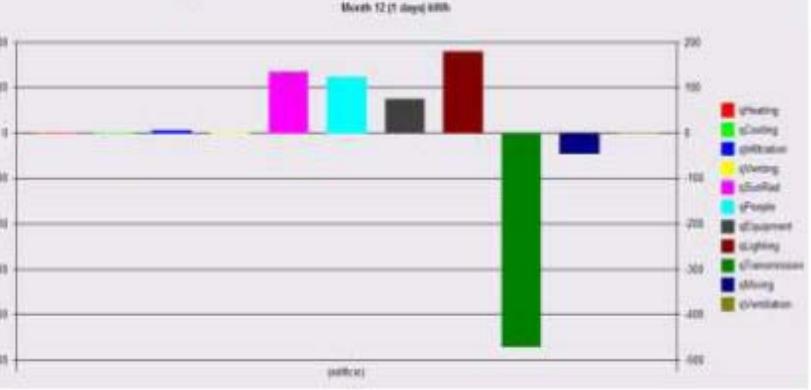
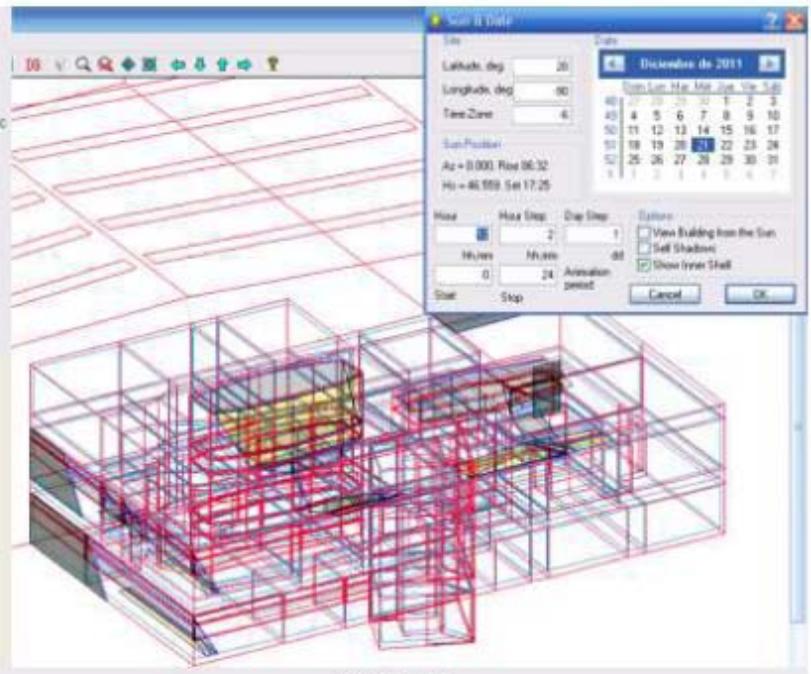
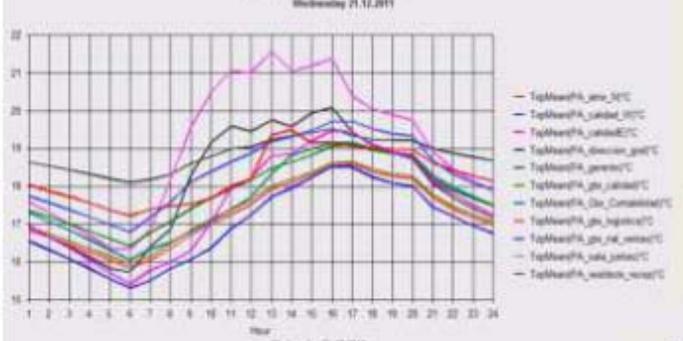
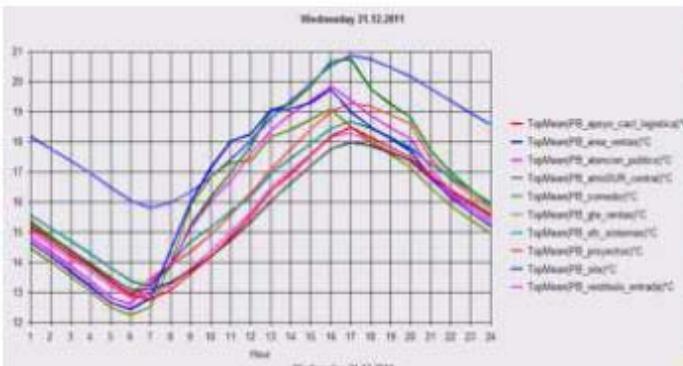
Options Moisture Simulation HeatBalance Parameters Tables													
2011 Month Percent (edificio)													
(edificio)	Sum/Mean	1 (31 days)	2 (28 days)	3 (31 days)	4 (30 days)	5 (31 days)	6 (30 days)	7 (31 days)	8 (31 days)	9 (30 days)	10 (31 days)	11 (30 days)	12 (26 days)
qHeating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
qCooling	-0.29	-0.00	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06	-0.04	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.00	-0.00
qInfiltration	-29957.33	3013.05	162.59	730.03	93.65	-34236.59	-36.63	49.44	-36.65	-77.50	36.12	122.61	222.55
qVenting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
qSunRad	63864.15	5496.98	6443.51	7254.12	7393.38	6650.83	5092.20	4491.72	4936.14	4391.00	4408.15	4068.71	3237.41
qPeople	31339.52	2570.82	2448.40	2815.66	2570.82	2693.24	2693.24	2570.82	2815.66	2693.24	2570.82	2693.24	2203.56
qEquipment	20933.12	1745.37	1633.00	1854.91	1726.17	1800.14	1780.94	1745.37	1854.91	1780.94	1745.37	1780.94	1485.06
qLighting	46356.10	3853.55	3538.85	4034.69	3648.88	3861.83	3958.06	3839.03	4238.70	4072.61	3903.13	4058.76	3348.01
qTransmission	-152786.89	-12777.78	-12794.98	-15737.58	-14198.09	-14126.36	-12523.08	-11715.70	-12710.24	-11880.69	-11712.29	-12334.90	-10275.18
qMixing	21268.01	-3824.34	-1324.04	-819.41	-1104.89	33451.87	-908.63	-929.02	-1008.92	-895.07	-869.12	-321.88	-178.53
qVentilation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sum	1016.40	77.65	107.29	132.38	129.87	94.90	56.06	51.64	89.57	84.51	82.17	67.48	42.88
tOutdoor me	13.9	12.8	16.6	15.6	16.4	15.7	15.4	14.4	14.0	12.7	12.2	9.9	10.9
tOp mean	15.8	14.4	19.0	17.7	18.7	17.8	17.4	16.3	16.1	14.6	14.2	11.6	12.0
AirChange/h	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Rel. Moistur	-2462.8	22.4	16.3	-30147.9	51.2	45.4	64.0	65.7	66.3	74.2	72.8	64.4	51.8
Co2(ppm)	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1
PAQ	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6











**Anexo 4. Solarbanz50 (Ficha Técnica, Balances y Simulaciones)**



**Aesthetic Description**

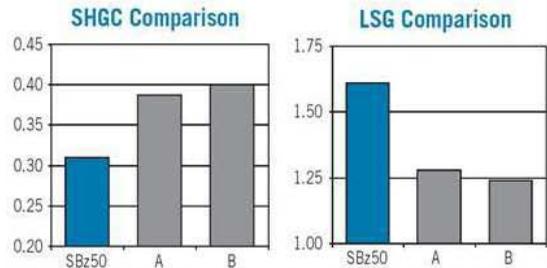
**Solarban**® z50 glass, the newest addition to the proven and trusted **Solarban** line of Solar Control Low-E Glasses by PPG, features a steel blue/gray appearance together with minimal exterior reflectance and high levels of visible light transmittance. **Solarban** z50 glass has been engineered to complement the architectural design of a building, not to overpower it.

**Solarban** z50 glass was developed by PPG to meet the growing demand for a neutral-gray architectural glass that manages glare control, while providing the daylighting and solar control properties required to support the principles of sustainable design. The result is a new product that complements a wide range of design scenarios while delivering a Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) that is up to 23 percent better than competing products (see chart below). Along with its demonstrable advantages in solar control, **Solarban** z50 glass also maintains a low interior reflectance level of just 11%, providing interior building occupants with a clear, natural view of the outdoors.

While delivering a range of superior solar control performance features, **Solarban** z50 glass is price-competitive with other architectural glasses offering similar aesthetics.



*The neutral-gray appearance of Solarban z50 glass demonstrates minimal exterior reflectance and provides high levels of visible light transmittance. Solarban z50 glass' combination of excellent solar control performance and pleasing aesthetics make it the perfect fit for many designs.*



*As these charts demonstrate, Solarban z50 glass has a lower Solar Heat Gain Coefficient (left chart) and a higher Light to Solar Gain ratio (right chart) than leading competitive products with similar aesthetics, labeled A and B respectively.*

**Sustainable Design and Architectural Glass**

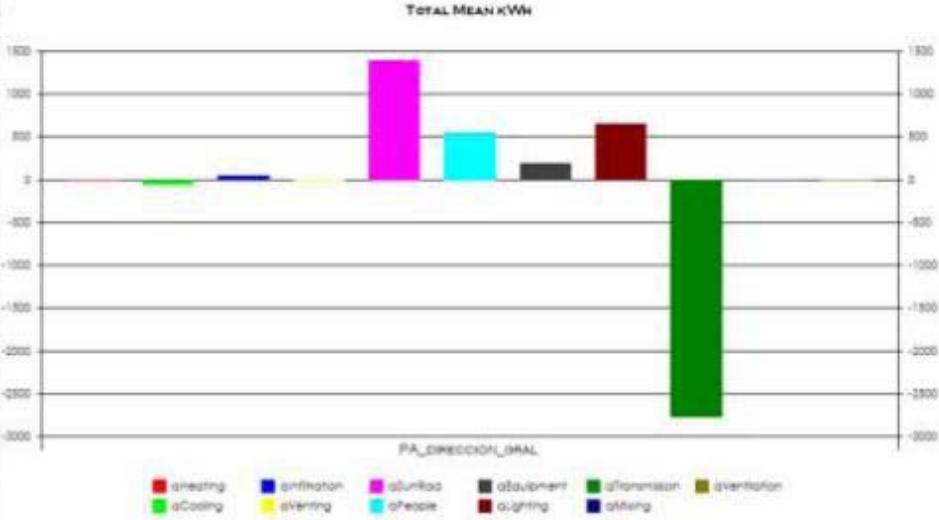
Sustainable design, green building, safeguarding the environment and the long-term management of energy costs are vital considerations for contemporary building

designers. Like other high-performance architectural glasses from PPG, including **Solarban** 70XL glass, **Solarban** 60 glass, **Solarban** 80 glass and the **Oceans of Color**® collection of spectrally selective tinted glass, **Solarban** z50 glass gives architects and building owners a tool to reach their design objectives. Sustainable design and LEED credit support is provided according to the following criteria:

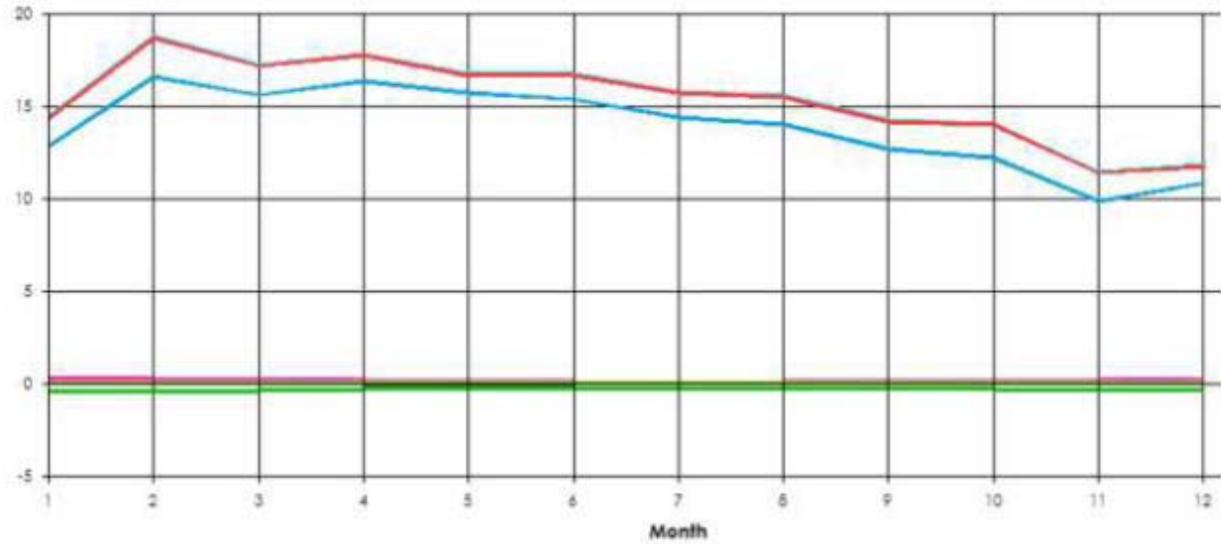
LEED / Green Design Category	Feature	Benefit
Optimizing Energy Performance	Excellent SHGC, U-value, and Tvis performance	Enhance energy performance of building design
Daylight & Views	Tvis comments	Connectivity to natural lighting and the outdoors
Innovation in Design	MBDC Cradle-to-Cradle Certification	Selection of environmentally focused product evaluation



PA direccio	Sum	Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00	
qCooling	-49.09	-49.09	
qInfiltration	41.07	41.07	
qVenting	0.00	0.00	
qSunRad	1389.39	1389.39	
qPeople	537.60	537.60	
qEquipment	189.44	189.44	
qLighting	656.20	656.20	
qTransmission	-2764.61	-2764.61	
qMixing	0.00	0.00	
qVentilation	0.00	0.00	
Sum	-0.00	-0.00	
tOutdoor me	13.9	13.9	
tOp mean	15.3	15.3	
AirChange/h	0.3	0.3	
Rel. Moisture	64.3	64.3	
Co2(ppm)	930.1	930.1	
PAQ	0.4	0.4	
Hours > 28	0	0	
Hours > 22	735	735	
Hours > 20	1500	1500	
Hours < 15	4324	4324	

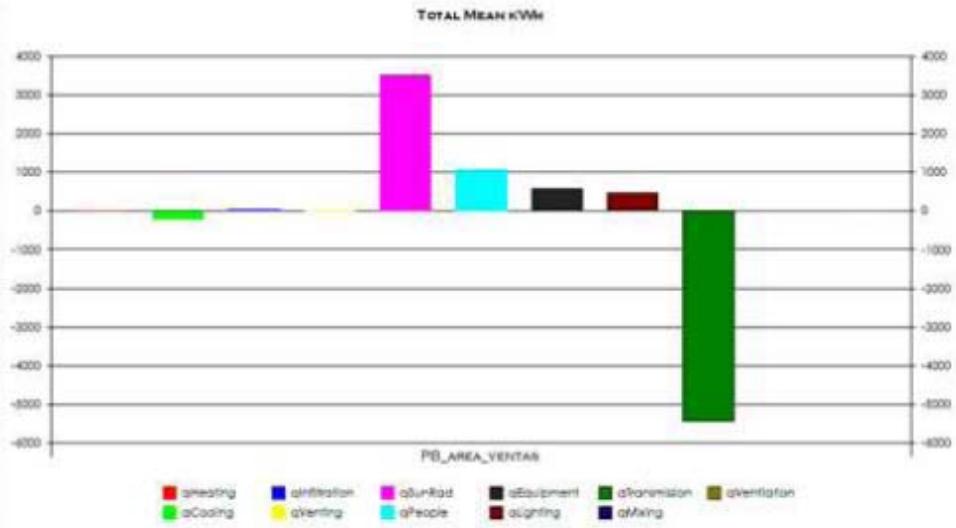


2011

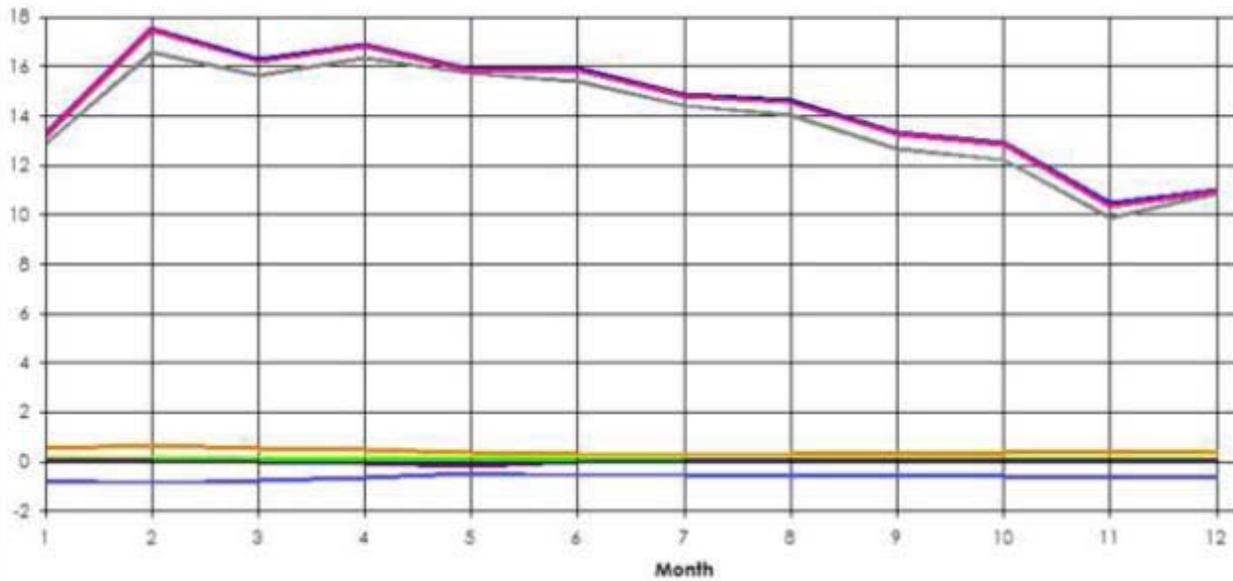


- ExtTemp([Outdoor])°C
- qHeating(FA\_direccion\_gral)kW
- qSunRad(FA\_direccion\_gral)kW
- TopMean(FA\_direccion\_gral)°C
- qEquipment(FA\_direccion\_gral)kW
- qTransmission(FA\_direccion\_gral)kW
- qPeople(FA\_direccion\_gral)kW
- Tti(FA\_direccion\_gral)°C
- qCooling(FA\_direccion\_gral)kW

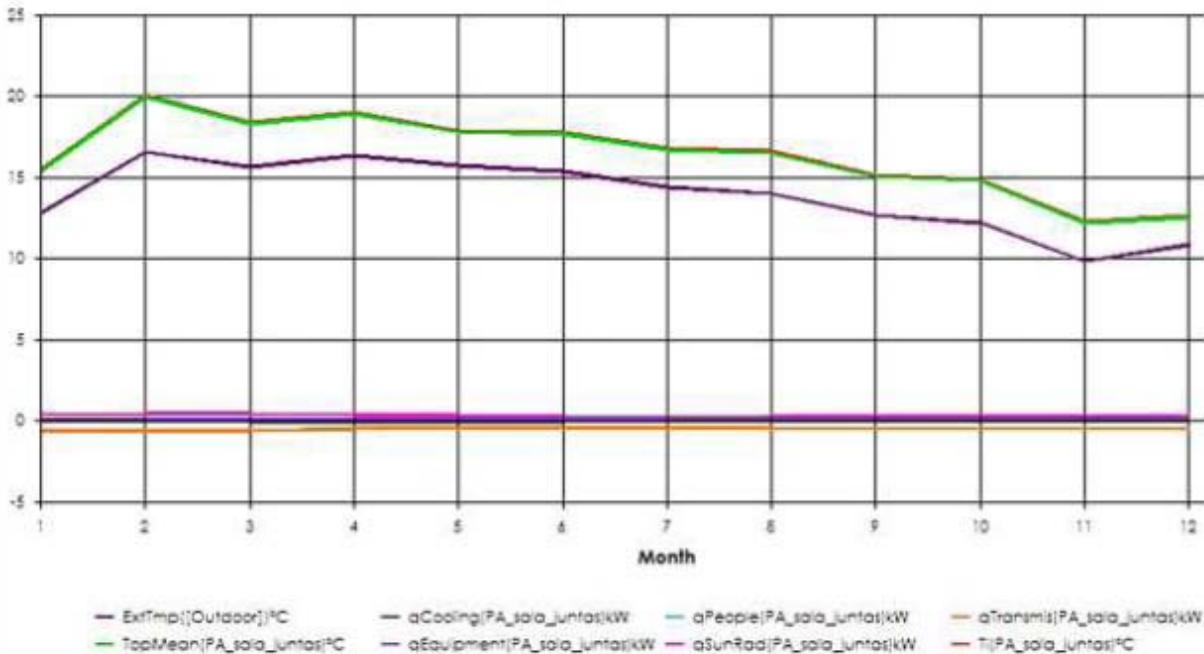
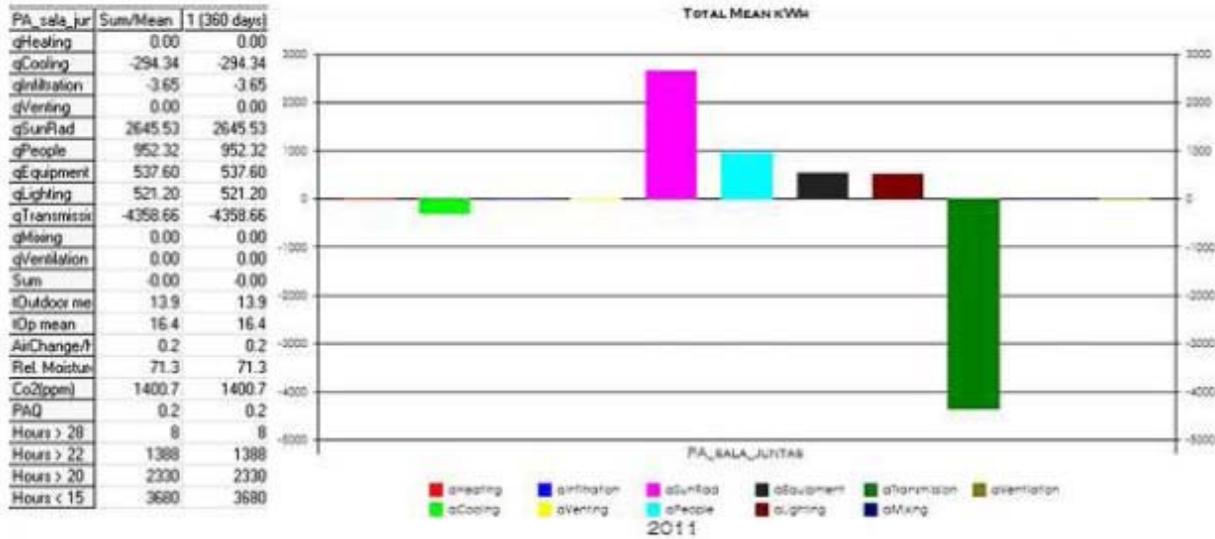
PB_area_ve	Sum	Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00		0.00
qCooling	-215.23		-215.23
qInfiltration	40.96		40.96
qVenting	0.00		0.00
qSunRad	3507.94		3507.94
qPeople	1075.20		1075.20
qEquipment	568.32		568.32
qLighting	467.45		467.45
qTransmission	-5436.02		-5436.02
qMixing	0.00		0.00
qVentilation	0.00		0.00
Sum	8.62		8.62
IOOutdoor me	13.9		13.9
IOp.mean	14.4		14.4
AirChange/h	0.1		0.1
Rel. Moistur	86.3		86.3
Co2(ppm)	2434.9		2434.9
PAQ	0.2		0.2
Hours > 28	8		8
Hours > 22	790		790
Hours > 20	1408		1408
Hours < 15	4911		4911



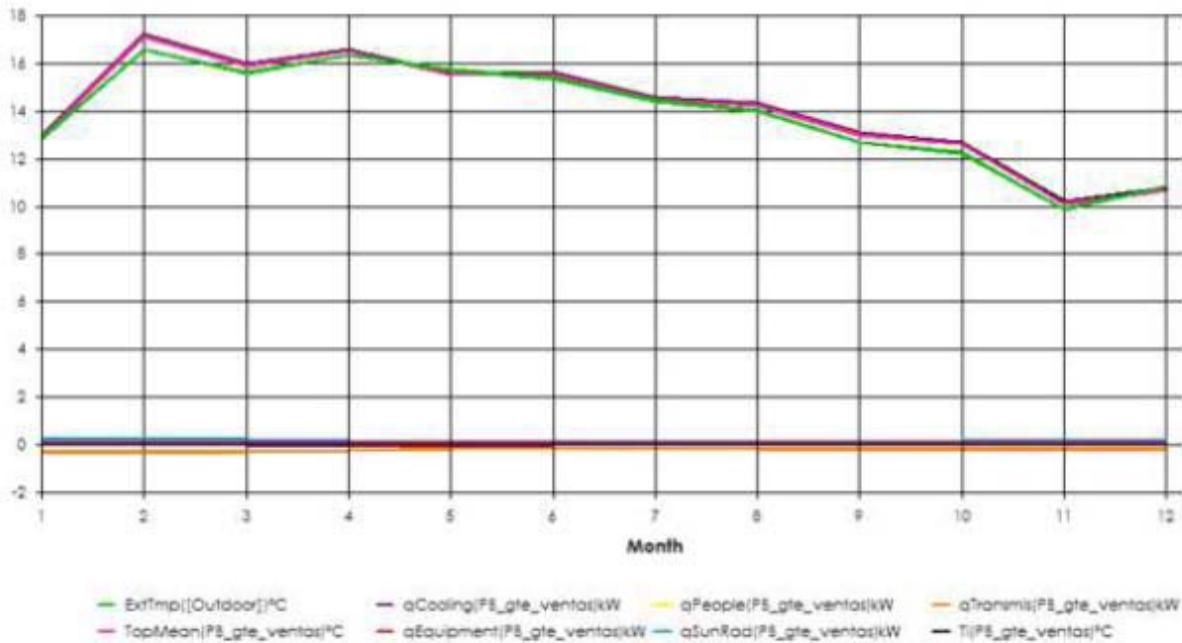
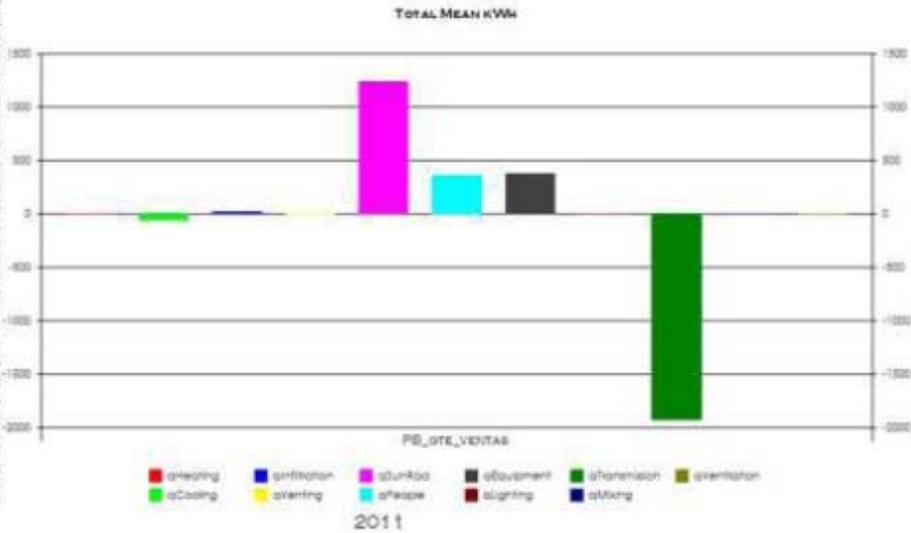
2011



— TopMean(PB\_area\_ventas)°C   
 — qEquipment(PB\_area\_ventas)kW   
 — qSunRad(PB\_area\_ventas)kW   
 — ExtTmp(Outdoor)°C  
— qCooling(PB\_area\_ventas)kW   
 — qPeople(PB\_area\_ventas)kW   
 — qTransmis(PB\_area\_ventas)kW   
 — Ti(PB\_area\_ventas)°C



PB_gte_ver	Sum	Mean	1,360 days
qHeating	0.00	0.00	
qCooling	-59.78	-59.78	
qInfiltration	18.46	18.46	
qVenting	0.00	0.00	
qSunRad	1231.45	1231.45	
qPeople	358.40	358.40	
qEquipment	378.88	378.88	
qLighting	0.00	0.00	
qTransmis	-1927.38	-1927.38	
qMixing	0.00	0.00	
qVentilation	0.00	0.00	
Sum	0.03	0.03	
iOutdoor me	13.9	13.9	
iOp mean	14.1	14.1	
AirChange/h	0.1	0.1	
Rel. Moistur	86.0	86.0	
Co2(ppm)	2301.9	2301.9	
PAQ	0.2	0.2	
Hours > 28	2	2	
Hours > 22	649	649	
Hours > 20	1253	1253	
Hours < 15	5142	5142	



## Anexo 5. Saint Gobain Glass Air Diamant Double (Ficha técnica, balances y simulaciones)

### SGG COOL-LITE®

#### Solar control glass

##### Description

SGG COOL-LITE is a solar control glass manufactured by depositing a coating of metallic oxides by magnetically enhanced cathodic sputtering under vacuum conditions onto clear or body tinted glass. This coating gives the glass its solar control properties and its distinctive appearance.

There are many types of SGG COOL-LITE coated glass:

- SGG COOL-LITE K and SK provide a spectrally selective solar control performance together with excellent thermal insulation properties.
- SGG COOL-LITE KT is a new generation of "toughenable" SGG COOL-LITE K coatings.
- SGG COOL-LITE ST is unique in that it can be toughened and curved after the coating has been applied.
- SGG COOL-LITE CLASSIC offers an extensive selection of appearance and performance options.

##### Applications

- Offices and commercial buildings
  - Industrial buildings
  - Hotels and restaurants
  - Schools and hospitals
  - Conservatories and atria glazing
- SGG COOL-LITE can be installed in many glazing applications:
- Windows in traditional facades
  - Curtain walling
  - Exterior structural sealant glazing
  - Exterior bolted glass assemblies
  - Double-skin applications
  - Cladding of external walls
  - Overhead and atria glazing

The most appropriate glass is selected using 2 criteria:

- Solar control performance: relative to the amount of direct sunlight, the orientation of the facade and the area to be glazed, the specifier can select the best compromise between the light transmittance (LT) and the amount of solar energy entering the building (solar factor g). Overhead glazing should generally have a much lower light transmittance than facades.
- Appearance (when viewed from the exterior): the aesthetic appearance of the glass (colour, intensity, reflection) depends on 4 factors:
  - Orientation of the building
  - Surrounding environment
  - Glare
  - Amount of direct sunlight

The final choice must be made after viewing samples of the proposed glass types in their intended location.

## Advantages

- Solar control: energy saving and more economical use of air conditioning.
- Improved "visual comfort" by reducing glare.
- Multifunctional glazing: when assembled into double-glazed units, *SGG COOL-LITE* can become a multifunction glass, for example providing enhanced safety, security or comfort (thermal or acoustic).

---

### *SGG COOL-LITEK and SK*

- Higher light transmission levels and more transparent than other solar control glasses.
- Spectrally selective glasses combining high light transmission levels with a low solar factor, thus reducing air conditioning costs.
- Provide excellent thermal insulation properties when assembled into double-glazed units.
- Have a neutral appearance with low light reflectance when produced on a clear substrate.

---

### *SGG COOL-LITE KT*

- These selective coatings are very similar in performance and appearance to the *SGG COOL-LITE K* range.
- They have the added advantage of being "toughenable", so can be held on stock and supplied on a short lead time when toughened glass is required.

---

### *SGG COOL-LITE ST*

- The *ST* range can be toughened, curved, enamelled or screen-printed, therefore offering architectural creativity and versatility.
- When used in double or single glazing the coating is always located on face 2 (facing towards the interior of the building).
- Laminated versions: the coating may also be positioned facing the PVB interlayer thus producing a laminated solar control glass with no coating on the outer face. It must be noted that its appearance and performance will differ from a similar laminated product with the coating located on the outer face.
- The *SGG COOL-LITE ST* coating must not be edge-deleted, when used in double-glazed units or in exterior structural sealant glazing.

---

### *SGG COOL-LITE CLASSIC*

- Double or single glazing the coating must always be positioned on face 2.
- To obtain facades with a uniform appearance (traditional curtain walling or exterior structural sealant glazing), the same *SGG COOL-LITE CLASSIC* glass can be used in spandrel areas, by using either opacified single, or double-glazed units when this is permitted by current national regulations.
- The *SGG COOL-LITE CLASSIC* coating must not be edge-deleted, when used in double-glazed units or in exterior structural sealant glazing.

## Range

The following substrate glasses are used for SGG COOL-LITE coated glass:

- SGG PLANILUX clear glass
- SGG DIAMANT extra clear glass
- SGG PARSOL body-tinted glass

- Using an extra clear glass emphasises the neutrality and transparency of high performance solar control glasses.
  - Using a body-tinted base substrate will offer a vibrant reflected colour.
  - Some coatings give a coloured reflection even when applied to clear glass. This is the case with the SGG COOL-LITE STB 136 and STB 120 coatings, which have a distinctive bluish reflection.
  - A neutral glass always has a slight greenish, bluish, or greyish residual reflected colour. The neutrality of the glass must be checked using a sample of the proposed glass in its intended location.
  - Certain SGG COOL-LITE coatings can be applied to the reverse face of SGG BIOCLEAN self-cleaning glass.
- Please contact SAINT-GOBAIN GLASS for further details.



*Frankfurt Police Headquarters,  
Germany  
Architects : KSP Engel and Zimmerman*

## Processed Product Variations

Although the main function of SGG COOL-LITE is solar control, after processing it can be used single or double-glazed to provide multifunctional glazing.

### Double glazing

- SGG COOL-LITE ST and CLASSIC coatings do not need to be edge-deleted. However, SGG COOL-LITE K, KT and SK must be edge-deleted.
- The coating must always be positioned on face 2 of the double-glazed unit.
- To obtain SGG CLIMAPLUS SOLAR enhanced thermal insulation double-glazed units, SGG COOL-LITE ST or CLASSIC glass must be combined with a low-emissivity glass such as SGG PLANITHERM TOTAL.
- SGG COOL-LITE K, KT or SK coatings have integral thermal insulation properties, therefore a low-emissivity glass is not required.

SGG CLIMAPLUS COOL-LITE K											
Double Glazing											
Aesthetic appearance in external reflectance		NEUTRAL				SILVER	BLUE	GREEN			
External pane SGG COOL-LITE		KN 169	KN 155	KN 069	KN 055	KS 147	KB 159	KN 469	KN 455	KS 477	
Internal pane		SGG PLANILUX				SGG DIAMANT		SGG PLANILUX			
Composition		6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	
Solar control and Low-E coating position		face	2	2	2	2	2	2	2	2	
Light factor											
LT	%	61	50	64	53	43	52	50	41	35	
LRe	%	17	17	17	18	44	28	13	13	31	
LRI	%	11	10	11	10	40	15	10	10	40	
UV	%	17	18	28	29	11	19	7	7	4	
Energy factor											
T	%	38	33	46	39	25	35	24	21	16	
Re	%	23	22	30	27	45	28	10	10	18	
A1	%	34	42	23	33	27	32	64	68	65	
A2	%	5	4	1	1	3	5	2	2	1	
Solar factor g		0,44	0,38	0,49	0,42	0,29	0,41	0,30	0,27	0,21	
Shading Coefficient		0,51	0,44	0,56	0,48	0,33	0,48	0,34	0,31	0,24	
U-value		W/(m².K)									
Air		1,5	1,6	1,5	1,6	1,4	1,6	1,5	1,6	1,4	
Argon 90%		1,3	1,4	1,3	1,4	1,1	1,4	1,3	1,4	1,1	

(1) Cavity width 15 or 16 mm

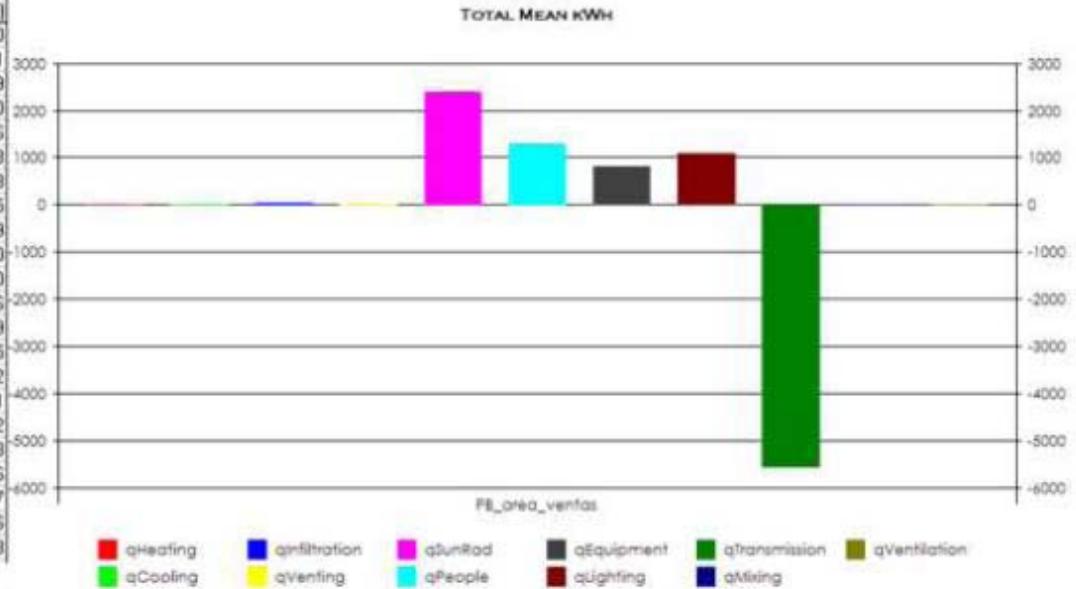
(2) The SGG COOL-LITE K coating must be positioned on face 2 of double-glazing (never on face 1)

SGG CLIMAPLUS COOL-LITE SK											
Double glazing											
Aesthetic appearance in external reflectance		NEUTRAL			NEUTRAL			GREEN			
External pane SGG COOL LITE		SKN 169	SKN 165B	SKN 154	SKN 072	SKN 065B	SKN 054	SKN 472	SKN 465B	SKN 454	
Internal pane		SGG PLANILUX				SGG DIAMANT			SGG PLANILUX		
Composition(1)		6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	6(16)6	
Solar control and Low-E coating position (2)		face	2	2	2	2	2	2	2	2	
Light factor											
LT	%	66	60	50	69	63	53	54	49	41	
LRe	%	9	16	18	10	16	18	8	12	13	
LRI	%	11	17	20	11	18	21	10	16	19	
UV	%	14	9	9	22	15	14	5	4	3	
Energy factor											
T	%	36	30	24	41	33	26	25	21	17	
Re	%	25	31	32	34	42	43	8	10	11	
A1	%	37	37	42	25	24	30	66	68	71	
A2	%	3	2	2	1	1	0	2	1	1	
Solar factor g		0,40	0,32	0,27	0,43	0,35	0,28	0,30	0,26	0,22	
Shading Coefficient		0,46	0,38	0,31	0,49	0,40	0,33	0,34	0,29	0,25	
U-value		W/(m².K)									
Air		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
Argon 90%		1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	

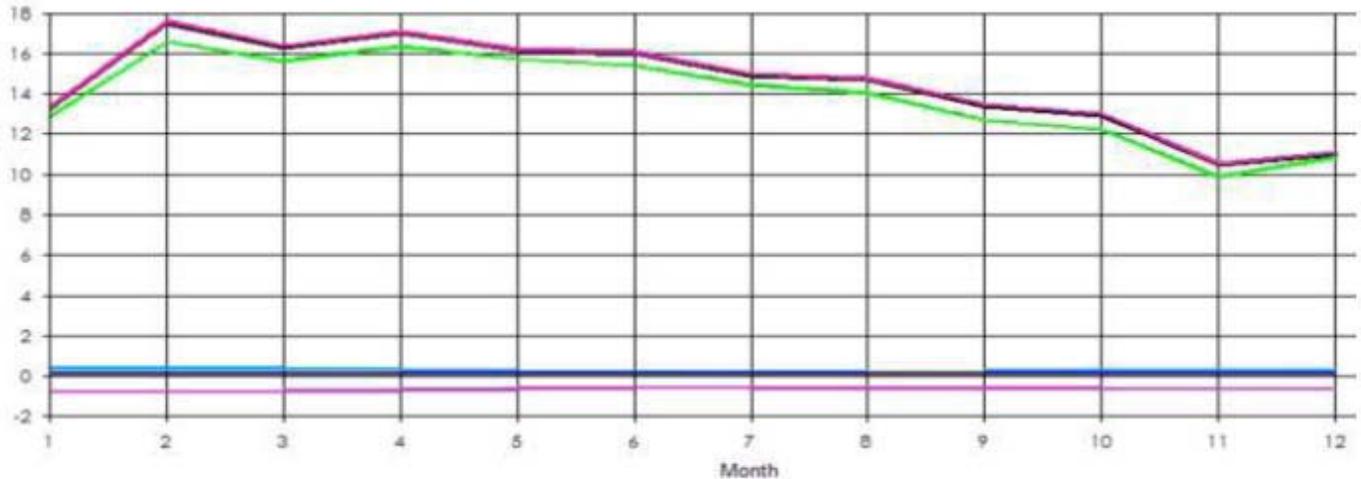
(1) Cavity width 15 or 16 mm

(2) The SGG COOL-LITE SK coating must be positioned on face 2 of double-glazing (never on face 1)

PB_area_ve	Sum	Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00	0.00
qCooling	-0.01	-0.01	-0.01
qInfiltration	26.79	26.79	26.79
qVenting	0.00	0.00	0.00
qSunRad	2377.96	2377.96	2377.96
qPeople	1274.88	1274.88	1274.88
qEquipment	814.08	814.08	814.08
qLighting	1077.95	1077.95	1077.95
qTransmission	-5565.89	-5565.89	-5565.89
qMixing	0.00	0.00	0.00
qVentilation	0.00	0.00	0.00
Sum	5.76	5.76	5.76
tOutdoor me	13.9	13.9	13.9
tOp mean	14.5	14.5	14.5
AirChange/h	0.2	0.2	0.2
Rel. Moisture	81.1	81.1	81.1
Co2(ppm)	1775.2	1775.2	1775.2
PAQ	0.3	0.3	0.3
Hours > 28	36	36	36
Hours > 22	757	757	757
Hours > 20	1396	1396	1396
Hours < 15	4828	4828	4828

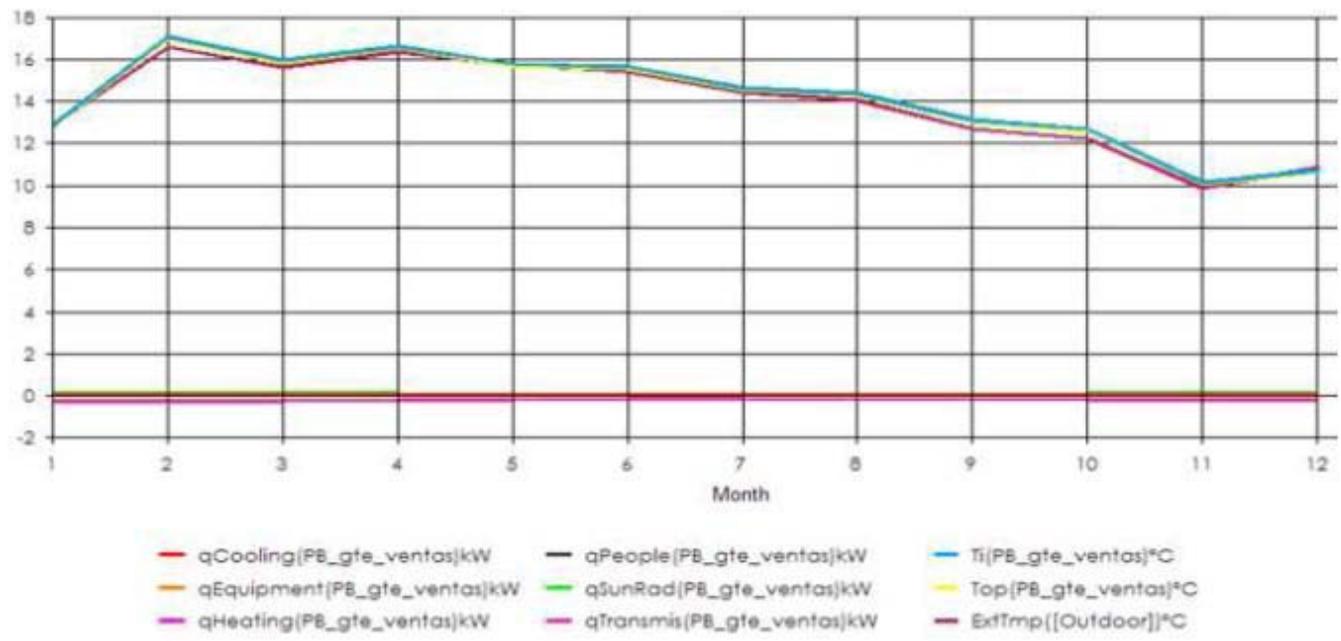
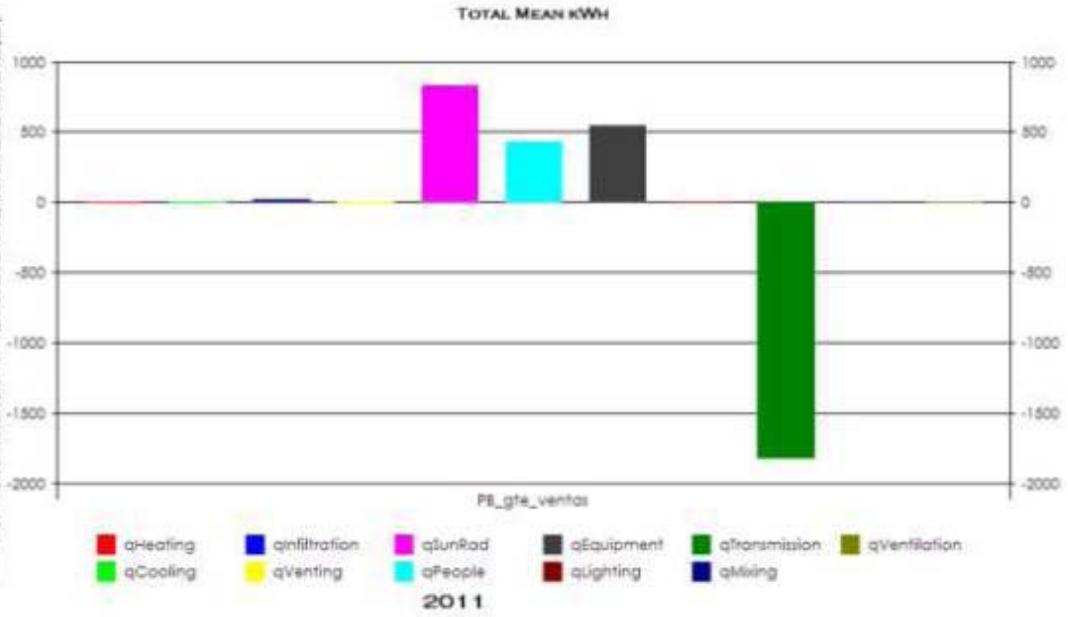


2011

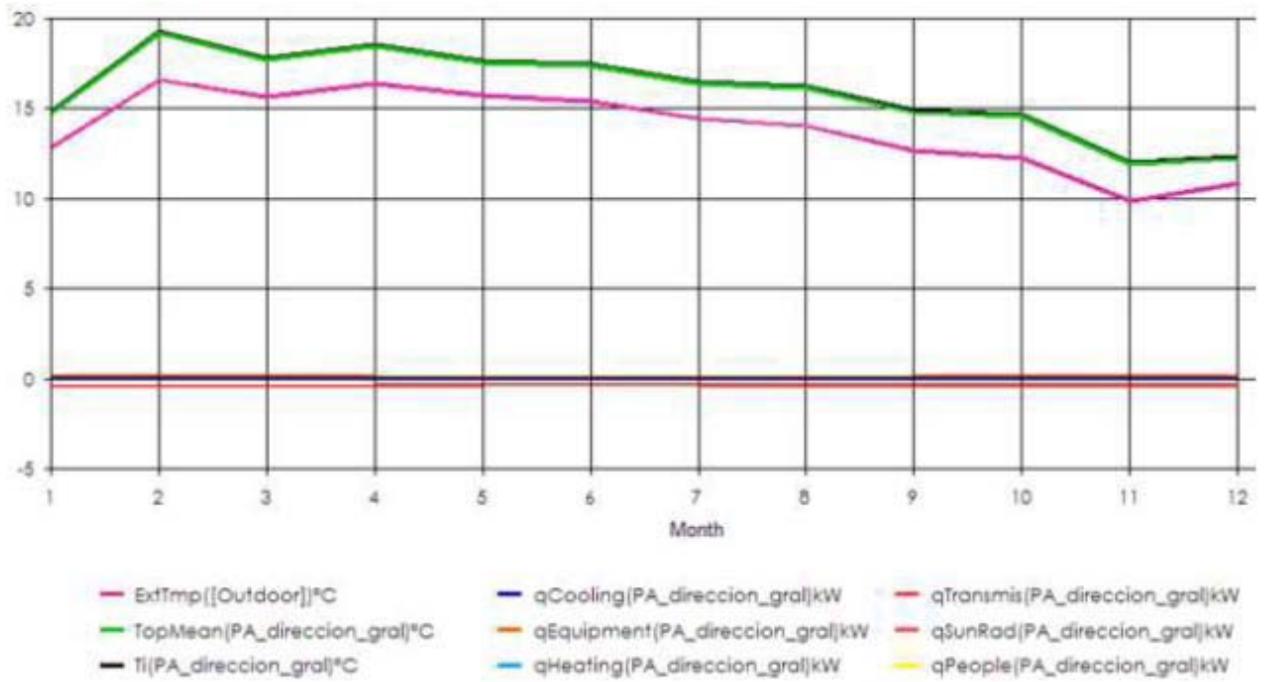
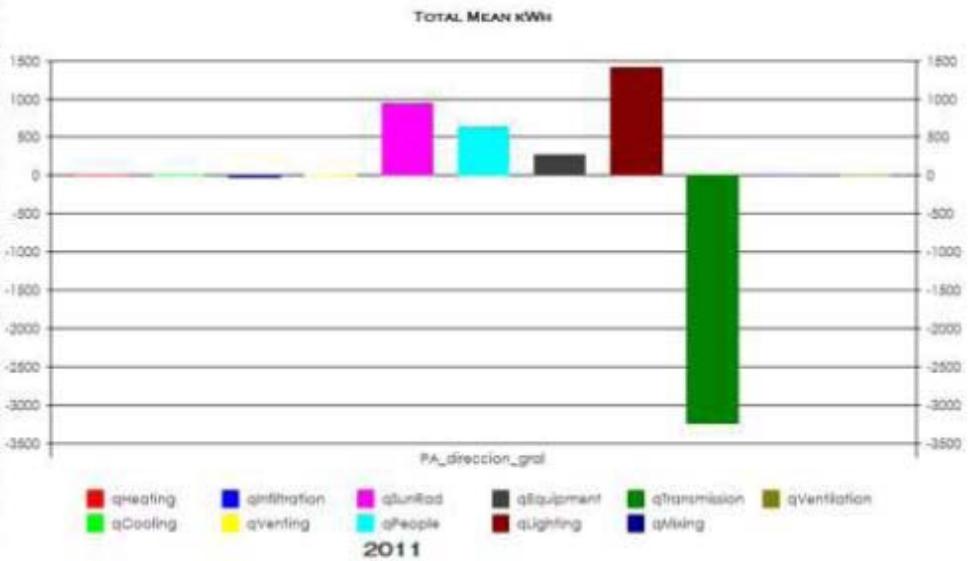


- ExtTmp([Outdoor])\*C
- qCooling(PB\_area\_ventas)kW
- qPeople(PB\_area\_ventas)kW
- Ti(PB\_area\_ventas)\*C
- qEquipment(PB\_area\_ventas)kW
- qSunRad(PB\_area\_ventas)kW
- TopMean(PB\_area\_ventas)\*C
- qHeating(PB\_area\_ventas)kW
- qtransmis(PB\_area\_ventas)kW

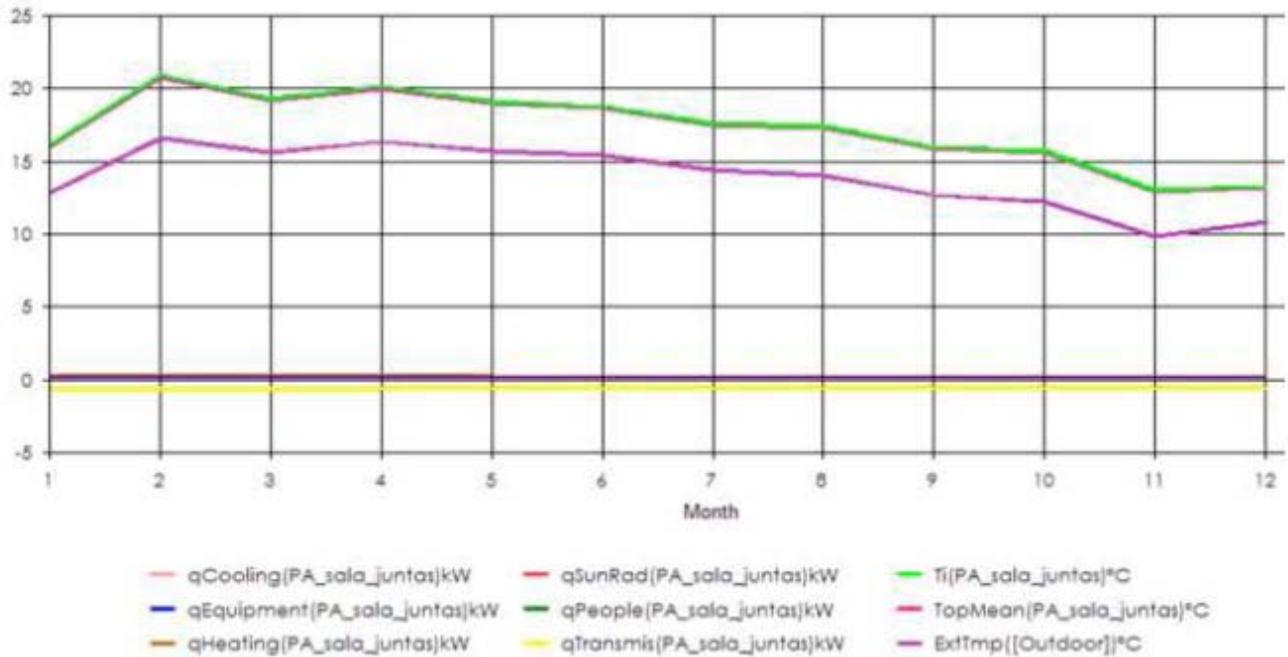
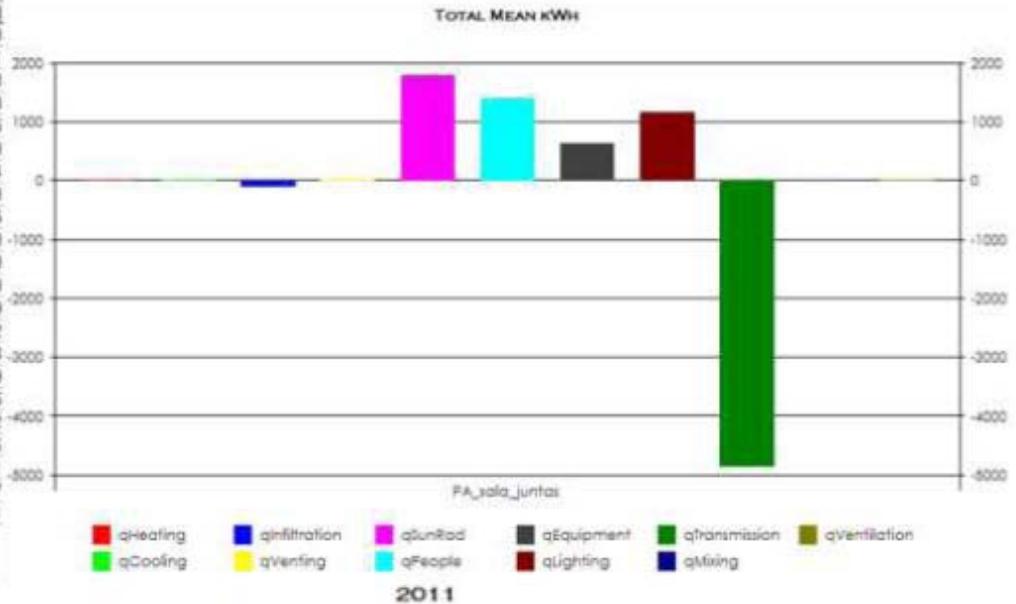
PB_gte_ver	Sum/Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00
qCooling	-0.00	-0.00
qInfiltration	18.78	18.78
qVenting	0.00	0.00
qSunRad	829.50	829.50
qPeople	424.96	424.96
qEquipment	542.72	542.72
qLighting	0.00	0.00
qTransmission	-1815.94	-1815.94
qMixing	0.00	0.00
qVentilation	0.00	0.00
Sum	0.02	0.02
tOutdoor me	13.9	13.9
tOp mean	14.1	14.1
AirChange/t	0.1	0.1
Rel. Moistur	86.6	86.6
Co2(ppm)	2303.6	2303.6
PAQ	0.2	0.2
Hours > 28	24	24
Hours > 22	605	605
Hours > 20	1201	1201
Hours < 15	5117	5117



PA_direccio	Sum	Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00	
qCooling	-0.00	-0.00	
qInfiltration	-26.91	-26.91	
qVenting	0.00	0.00	
qSunRad	938.36	938.36	
qPeople	637.44	637.44	
qEquipment	271.36	271.36	
qLighting	1411.20	1411.20	
qTransmission	-3231.45	-3231.45	
qMixing	0.00	0.00	
qVentilation	0.00	0.00	
Sum	-0.00	-0.00	
tOutdoor me	13.9	13.9	
tOp mean	15.9	15.9	
AirChange/h	0.4	0.4	
Rel. Moistur	55.6	55.6	
Co2(ppm)	704.1	704.1	
PAQ	0.5	0.5	
Hours > 28	12	12	
Hours > 22	907	907	
Hours > 20	1837	1837	
Hours < 15	3812	3812	



PA_sala_jur	Sum	Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00	0.00
qCooling	-0.01	-0.01	-0.01
qInfiltration	-100.13	-100.13	-100.13
qVenting	0.00	0.00	0.00
qSunRad	1786.35	1786.35	1786.35
qPeople	1382.40	1382.40	1382.40
qEquipment	637.44	637.44	637.44
qLighting	1148.20	1148.20	1148.20
qTransmission	-4854.25	-4854.25	-4854.25
qMixing	0.00	0.00	0.00
qVentilation	0.00	0.00	0.00
Sum	-0.00	-0.00	-0.00
IO outdoor me	13.9	13.9	13.9
IOp mean	17.2	17.2	17.2
AirChange/h	0.3	0.3	0.3
Rel. Moisture	70.9	70.9	70.9
CO2(ppm)	1467.5	1467.5	1467.5
PAQ	0.2	0.2	0.2
Hours > 28	116	116	116
Hours > 22	1681	1681	1681
Hours > 20	2637	2637	2637
Hours < 15	3101	3101	3101



**Anexo 6. Pilkington Architectural Glass Low-E (Ficha técnica, balance y simulaciones)**

**Pilkington Architectural Specialty Glass**



**Pilkington Texture™ Glass**

**Product Description**

The Pilkington line of Texture™ Glass products provides a range of designs and varying degrees of translucency. These products combine elegance and decorative effects, and give architects and designers functional options that emphasize the natural light-enhancing properties of glass.

Pilkington Texture™ Glass is a rolled, textured glass which has a specific pattern or design impressed into one surface. Pilkington Texture™ Glass allows the passage of light, but varying levels of obscuration, depending on the depth and configuration of the pattern. It's available in numerous designs and finishes, including an antique style that recreates the unique appearance of traditional hand-blown glasses.

**Product Features**

- **DESIGN FLEXIBILITY** ensures there is a pattern to complement every architectural style. Choose from numerous Pilkington Texture™ Glass designs.

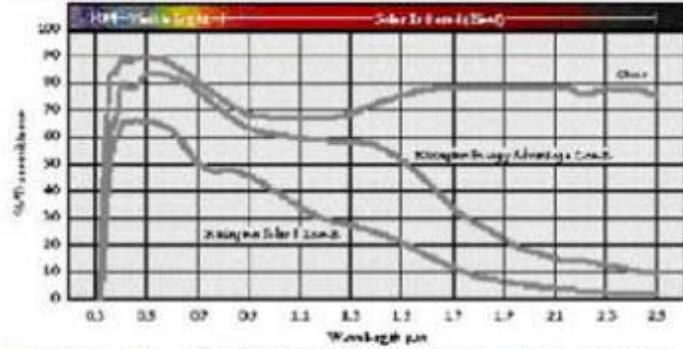
- **UNIQUE VISUAL EFFECTS** are possible using focused lighting and different levels of privacy and obscuration.
- **OPTIMIZE DAYLIGHT** while designing with patterned patterns that provide obscuration yet emphasize the natural light-enhancing properties of glass.
- **FOR APPLICATION VERSATILITY**, Pilkington Texture™ Glass can be incorporated into insulating units for thermal insulation and noise control.
- **IDEALLY SUITED** for interior and exterior use, including doors, windows, sidelites, entrances, hallways, partitions, bathrooms, stairs and conservatories.
- **FOR SAFETY AND SECURITY**, all Pilkington Texture™ Glass products can be tempered and laminated.
- **AVAILABLE IN A RANGE OF THICKNESSES**: Contact Pilkington or see our website for further details. Also please contact Pilkington regarding availability of specific patterns as product stock is subject to change.

Exercise your imagination with Pilkington Texture™ Glass, available for interior and exterior applications in a wide range of traditional and contemporary designs.

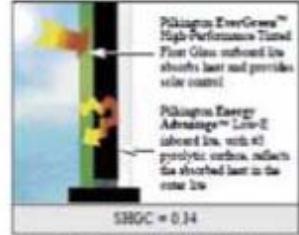
Pilkington Texture™ Glass



Solar Energy Transmittance – Pilkington 1/4" (6mm) Clear, Solar E™ and Energy Advantage™ Low-E Glass



This graph shows how Pilkington Solar E™ Solar Control Low-E Glass reduces solar heat gain by blocking more of the solar infrared wavelengths while still transmitting a high percentage of visible light. Pilkington Energy Advantage™ Low-E, by contrast, transmits significantly more visible and infrared energy. This is the beneficial passive solar energy that it contributes to heating domestic climates. Clear glass, by comparison, transmits the most energy, but, lacking a low emissivity coating, it causes reduce unwanted summer heat gain or costly winter nighttime heat loss.



Because of its color neutrality, Pilkington Energy Advantage™ Low-E Glass can be combined with a wide range of tinted and reflective outdoor films for excellent performance and high visible light transmittance.

## Pilkington Profilit Glass

An exciting alternative to glass block and other translucent materials, Pilkington Profilit™ Profiled Glass offers a wide range of design options.



Pilkington Profilit™ Profiled Glass

Pilkington Profilit™ Profiled Glazing System

The Pilkington Profilit™ Glazing System consists of unique self-supporting glass channels and an extruded metal perimeter frame, which combine to create opaque but light-transmitting walls, facades and partitions.

- **Profilit™ PROFILED GLASS** actually is an elongated "U-shaped" cast glass providing structural properties beyond normal flat glass.
- **PERIMETER FRAME** and self-supporting channels offer excellent flexibility to meet many radii and a wide range of design options.
- **SIMILAR TO Pilkington Texture™ Glass**, Pilkington Profilit™ Glass naturally transmits a high level of daylight, yet provides privacy due to its translucency.

- **EXCELLENT ALTERNATIVE** to glass block and other translucent materials for use in commercial and residential applications.
- **IDEAL FOR** large exterior glass facades, interior walls and glass partitions in a wide range of building types.
- **PROVEN PERFORMANCE**, the Pilkington Profilit™ Glazing System has been widely used in Europe for more than 30 years.

Engineering, installation and technical support for Pilkington Profilit™ Glass is coordinated by Westcrowns, Inc. For additional information, visit [www.westcrowns.com](http://www.westcrowns.com) or telephone 910 579 4441.

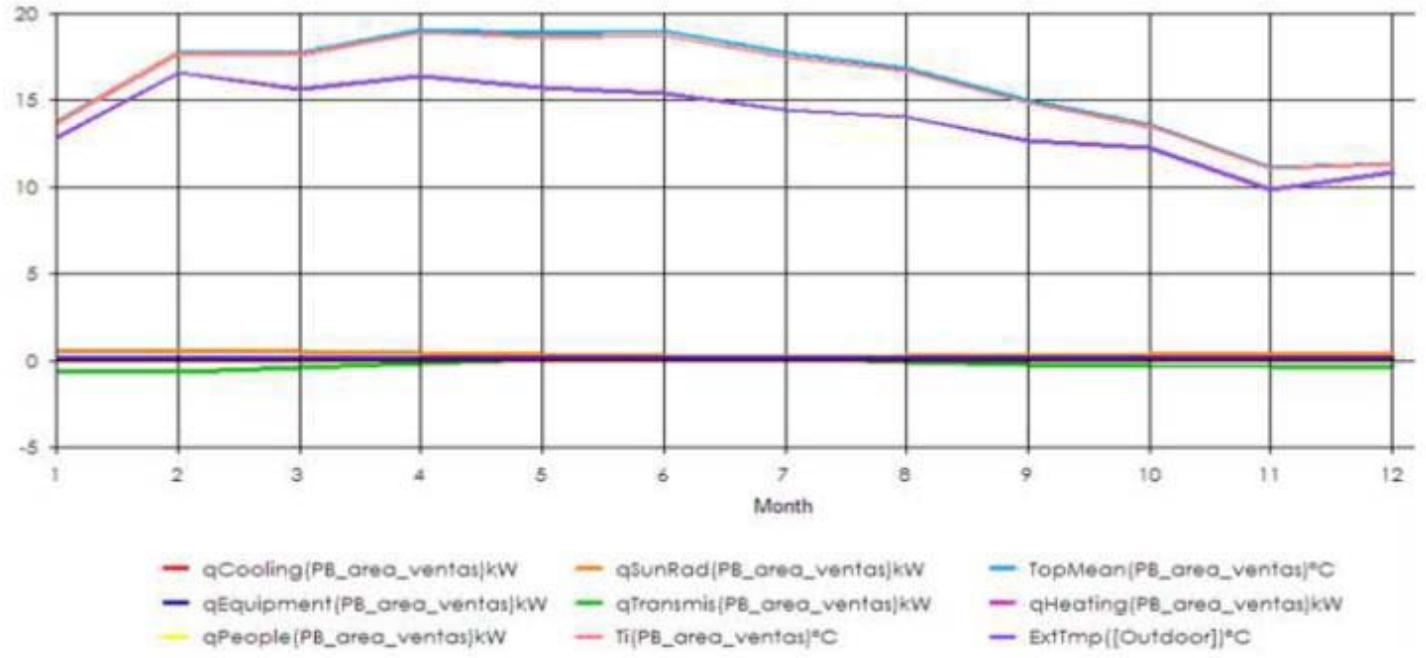
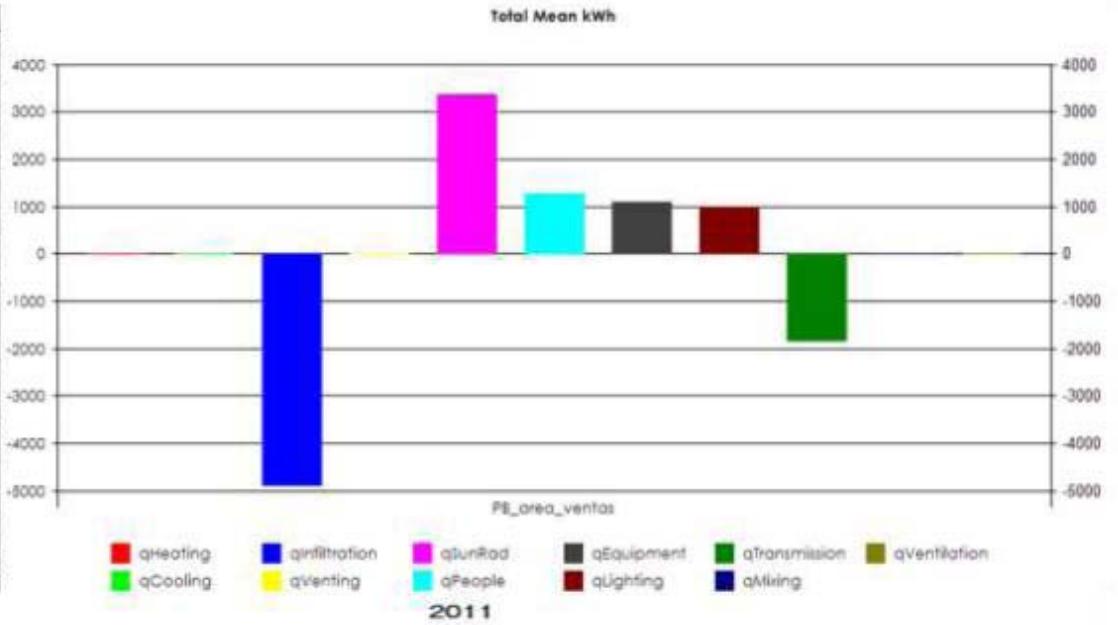
### Pilkington Texture™ Glass



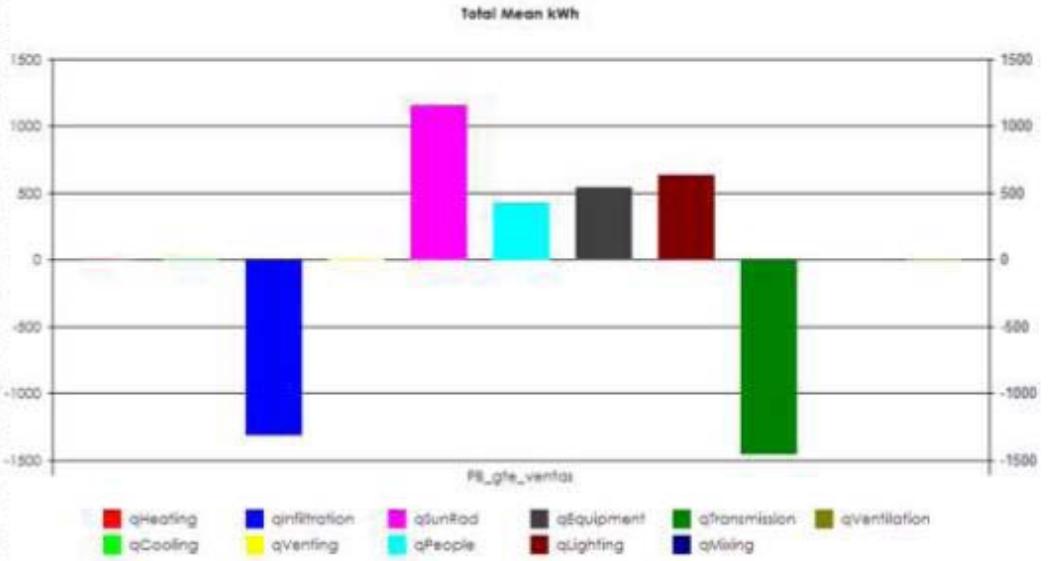
1 Laminating units constructed of equal glass thicknesses and 1/2" (12.7mm) airspace.]

Product	Nominal Glass Thickness in mm	Visible Light <sup>1</sup>			Total Solar Energy <sup>2</sup>			U-Factor <sup>3</sup>					Solar Heat Gain Coeff. (SHGC) <sup>4</sup>	Shading Coeff. (SC) <sup>5</sup>		
		Transmittance <sup>1</sup> %	Reflectance <sup>1</sup> % Outside	Transmittance <sup>1</sup> % Inside	Radiation <sup>2</sup> kWh/m <sup>2</sup> day	UV Transmittance <sup>2</sup> %	U.S. Summer Air	U.S. Winter Air	European Air	European Air						
<b>Pittlington Uncoated Float Glass Outer Lite and Energy Advantage™ Low-E Glass Inner Lite (#3 Surface)</b>																
Opulent Clear	3/32	2.5	76	18	17	62	17	48	0.33	0.28	0.34	0.29	1.9	1.6	0.73	0.84
	1/8	3	75	18	17	59	16	45	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.71	0.82
	5/32	4	74	17	16	56	16	42	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.69	0.80
	3/16	5	74	17	17	55	15	41	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.68	0.79
	1/4	6	73	17	16	52	14	36	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.66	0.76
	5/16	8	71	16	15	47	13	32	0.33	0.28	0.33	0.28	1.9	1.5	0.63	0.72
	3/8	10	69	16	15	44	12	30	0.32	0.28	0.33	0.28	1.9	1.5	0.60	0.70
	1/8	3	50	10	15	41	11	24	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.53	0.61
	3/16	5	42	8	15	32	8	17	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.45	0.51
	1/4	6	35	7	14	27	7	13	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.39	0.45
Opulent Grey Tint	1/8	3	57	12	15	45	12	25	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.57	0.66
	3/16	5	49	10	15	38	10	19	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.50	0.58
Opulent Bronze Tint	3/16	5	44	9	14	32	8	14	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.45	0.52
	1/4	6	42	13	13	34	9	20	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.45	0.52
Opulent Blue-Green Tint	1/8	3	64	14	16	35	9	18	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.46	0.53
	3/16	5	61	13	16	31	8	14	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.41	0.47
EvoGreen High-Performance Tint	1/4	6	54	11	14	24	7	9	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.34	0.39
	1/4	6	45	9	14	24	7	14	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.35	0.40
Arctic Blue High-Performance Tint	1/8	3	21	5	14	15	5	4	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.26	0.30
	3/16	5	10	4	14	7	4	2	0.33	0.28	0.33	0.29	1.7	1.6	0.18	0.21
SuperGrey High-Performance Tint	1/4	6	7	4	13	5	4	1	0.33	0.28	0.33	0.29	1.7	1.6	0.15	0.18
	1/4	6	7	4	13	5	4	1	0.33	0.28	0.33	0.29	1.7	1.6	0.15	0.18
<b>Pittlington Eclipse Advantage™ Reflective Low-E Glass Outer Lite (#2 Surface) and Energy Advantage™ Low-E Glass Inner Lite (#3 Surface)</b>																
Eclipse Advantage Clear	1/4	6	96	27	29	39	21	18	0.30	0.25	0.31	0.26	1.7	1.4	0.51	0.59
	1/4	6	27	10	28	20	9	7	0.30	0.25	0.31	0.26	1.7	1.4	0.31	0.36
Eclipse Advantage Grey	1/4	6	33	12	28	24	11	7	0.30	0.25	0.31	0.26	1.7	1.4	0.36	0.41
	1/4	6	47	21	28	25	12	10	0.30	0.25	0.31	0.26	1.7	1.4	0.36	0.41
Eclipse Advantage Blue-Green	1/4	6	41	17	28	18	9	5	0.30	0.25	0.31	0.26	1.7	1.4	0.27	0.31
	1/4	6	34	13	28	18	8	7	0.30	0.25	0.31	0.26	1.7	1.4	0.28	0.32
<b>Pittlington Energy Advantage™ Low-E Glass Outer Lite (#2 Surface) and Clear Float Glass Inner Lite</b>																
Energy Advantage Low-E	3/32	2.5	76	17	18	62	16	48	0.33	0.28	0.34	0.29	1.9	1.6	0.67	0.77
	1/8	3	75	17	18	59	15	45	0.33	0.28	0.33	0.29	1.9	1.6	0.65	0.75
	5/32	4	74	16	17	56	14	42	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.63	0.73
	3/16	5	74	17	17	55	14	41	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.63	0.73
	1/4	6	73	16	17	52	13	36	0.33	0.28	0.33	0.29	1.8	1.6	0.61	0.71
	5/16	8	71	15	16	47	12	32	0.33	0.28	0.33	0.28	1.8	1.5	0.58	0.67
3/8	10	69	15	16	44	12	30	0.32	0.28	0.33	0.28	1.8	1.5	0.56	0.65	

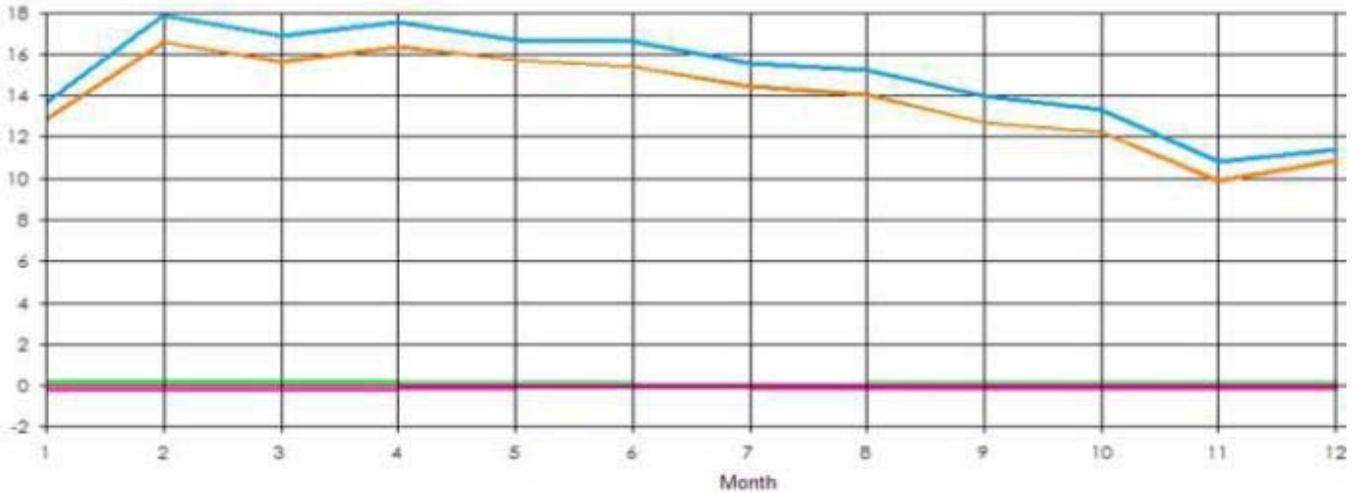
PB_area_ve	Sum/Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00
qCooling	0.00	0.00
qInfiltration	-4867.71	-4867.71
qVenting	0.00	0.00
qSunRad	3357.09	3357.09
qPeople	1274.88	1274.88
qEquipment	1085.44	1085.44
qLighting	987.70	987.70
qTransmissi	-1831.39	-1831.39
qMixing	0.00	0.00
qVentilation	0.00	0.00
Sum	6.01	6.01
iOutdoor me	13.9	13.9
iOp mean	16.0	16.0
AirChange/t	10.4	10.4
Rel. Moistur	46.3	46.3
Co2(ppm)	410.0	410.0
PAQ	0.6	0.6
Hours > 28	137	137
Hours > 22	1203	1203
Hours > 20	2023	2023
Hours < 15	3630	3630



PB_gte_ver	Sum/Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00
qCooling	0.00	0.00
qInfiltration	-1307.74	-1307.74
qVenting	0.00	0.00
qSunRad	1154.75	1154.75
qPeople	424.96	424.96
qEquipment	542.72	542.72
qLighting	636.20	636.20
qTransmission	-1450.62	-1450.62
qMixing	0.00	0.00
qVentilation	0.00	0.00
Sum	0.28	0.28
tOutdoor me	13.9	13.9
tOp mean	15.0	15.0
AirChange/h	10.4	10.4
Rel. Moistur	49.5	49.5
Co2(ppm)	402.9	402.9
PAQ	0.6	0.6
Hours > 28	91	91
Hours > 22	1066	1066
Hours > 20	1669	1669
Hours < 15	4357	4357

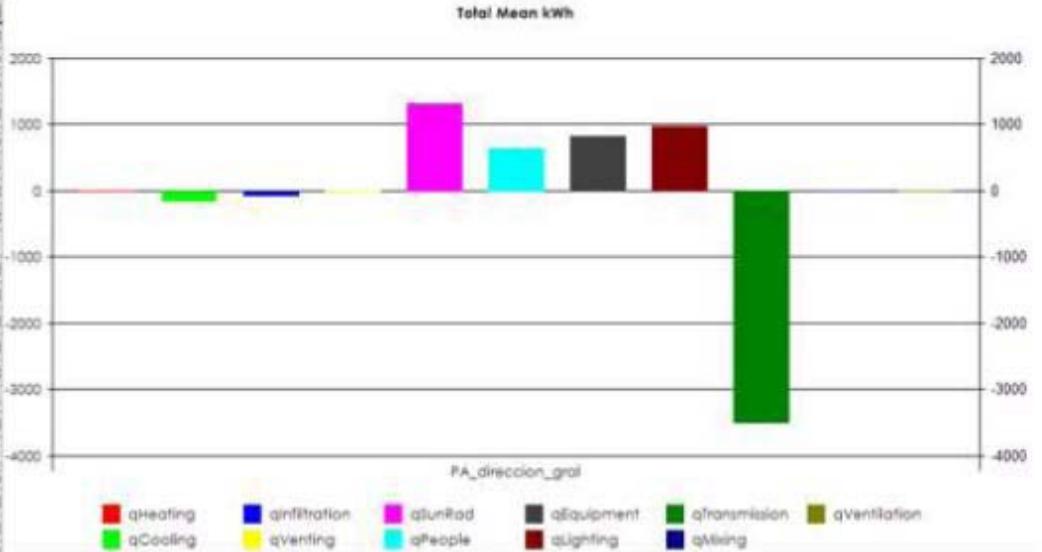


2011

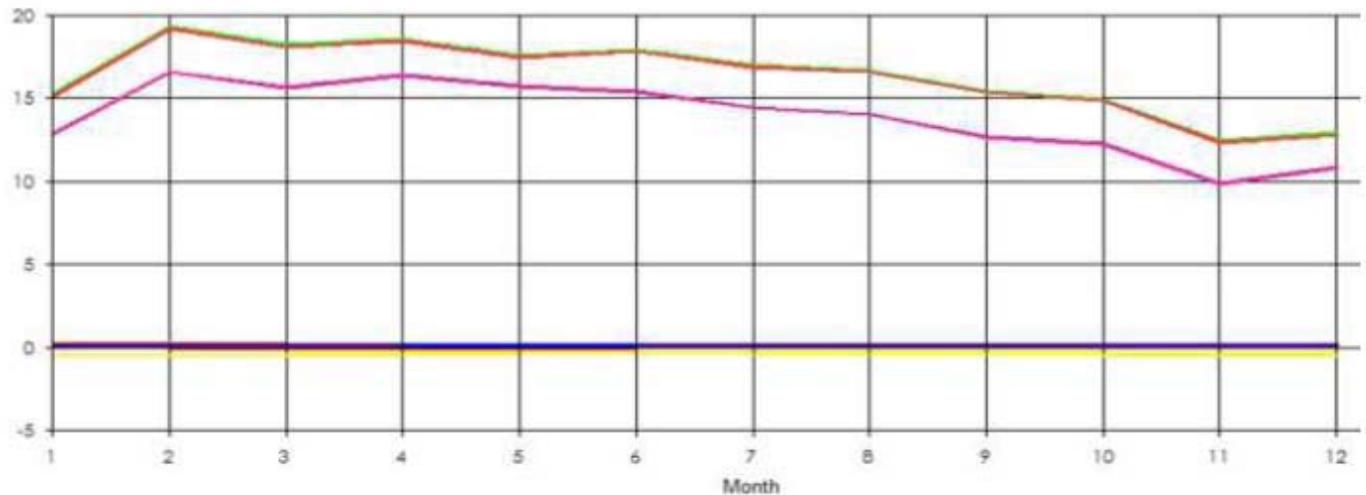


- ExtTmp([Outdoor])\*C
- qCooling(PB\_gte\_ventas)kW
- qTransmis(PB\_gte\_ventas)kW
- Ti(PB\_gte\_ventas)\*C
- qEquipment(PB\_gte\_ventas)kW
- qSunRad(PB\_gte\_ventas)kW
- TopMean(PB\_gte\_ventas)\*C
- qHeating(PB\_gte\_ventas)kW
- qPeople(PB\_gte\_ventas)kW

PA_direccio	Sum/Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00
qCooling	-158.62	-158.62
qInfiltration	-69.12	-69.12
qVenting	0.00	0.00
qSunRad	1313.75	1313.75
qPeople	637.44	637.44
qEquipment	814.08	814.08
qLighting	965.48	965.48
qTransmissk	-3503.01	-3503.01
qMixing	0.00	0.00
qVentilation	0.00	0.00
Sum	0.00	0.00
tOutdoor me	13.9	13.9
tOp mean	16.3	16.3
AirChange/h	0.4	0.4
Rel. Moistun	55.0	55.0
Co2(ppm)	725.1	725.1
PAQ	0.5	0.5
Hours > 28	0	0
Hours > 22	1158	1158
Hours > 20	2002	2002
Hours < 15	3433	3433



2011



- qCooling(PA\_direccion\_gral)kW
- qEquipment(PA\_direccion\_gral)kW
- qHeating(PA\_direccion\_gral)kW
- qPeople(PA\_direccion\_gral)kW
- qSunRad(PA\_direccion\_gral)kW
- qtransmis(PA\_direccion\_gral)kW
- TopMean(PA\_direccion\_gral)°C
- Ti(PA\_direccion\_gral)°C
- ExtTm([Outdoor])°C

PA_sala_jur	Sum	Mean	1 (360 days)
qHeating	0.00	0.00	
qCooling	-637.93	-637.93	
qInfiltration	-120.84	-120.84	
qVenting	0.00	0.00	
qSunRad	2502.67	2502.67	
qPeople	1382.40	1382.40	
qEquipment	637.44	637.44	
qLighting	1055.95	1055.95	
qTransmission	-4819.69	-4819.69	
qMixing	0.00	0.00	
qVentilation	0.00	0.00	
Sum	0.00	0.00	
iOutdoor me	13.9	13.9	
iOp mean	17.1	17.1	
AirChange/h	0.3	0.3	
Rel. Moistur	71.7	71.7	
Co2(ppm)	1567.7	1567.7	
PAQ	0.2	0.2	
Hours > 28	31	31	
Hours > 20	1749	1749	
Hours > 22	2574	2574	
Hours < 15	2974	2974	

