



Título de tesis:

**Envolvente ligera en edificios de Oficinas existentes.
Hacia el control térmico en la Ciudad de México.**

Alumna:

Claudia Castillo Aguilar

**Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura
U N A M**



2012

**“Envolvente ligera en edificios de oficinas existentes.
Hacia el control térmico en la Ciudad de México”**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Biblioteca Central

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Título de tesis:

Envolvente ligera en edificios de Oficinas existentes.
Hacia el control térmico en la Ciudad de México.

**Tesis que para obtener el grado de Maestra en Arquitectura presenta:
Claudia Castillo Aguilar**

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura
U N A M

2012



Director de Tesis:

Dr. Agustin Hernández Hernández.

Sinodales:

Dr. Diego Morales Ramírez

Mtro. Francisco Reyna Gómez.

Dra. Ana Dolores Flores Sandoval

Mtro. Leonardo Zeevaert Alcántara.





C O N T E N I D O

INTRODUCCIÓN

1 MARCO TEÓRICO

Antecedentes conceptuales.

1.1 Envolvente Arquitectónica

1.1.1 Antecedentes de la envolvente arquitectónica

1.1.1.1 Antecedentes y evolución-----	5
1.1.1.2 Muros cortina y fachadas ligeras-----	9
1.1.1.3 Un problema terminológico-----	10
1.1.1.4 Maduración de una técnica-----	10

1.1.2 Función de la envolvente en el edificio existente.

1.1.2.1 La envolvente y el sistema natural-----	13
1.1.2.3 La envolvente como recurso de control pasivo de climatización-----	13

1.2 Sistemas ligeros en envolventes

1.2.1 Situación actual. Componentes de la envolvente ligera-----	15
1.2.2 Sistemas constructivos ligeros en envolventes-----	19
1.2.3 Soluciones que la industria actual ofrece-----	23

1.3 Rehabilitación de la envolvente.

1.3.1 El edificio existente. Cambio de uso-----	25
1.3.2 Rehabilitación de la envolvente en el ámbito Internacional-----	26
1.3.3 Rehabilitación de la envolvente en México-----	28
1.3.4 Técnicas de rehabilitación de envolvente actuales. Ejemplos de estimación de ahorros-----	28

1.4 Eficiencia energética en el edificio existente de oficinas.

1.4.1. Análisis energético en edificios de oficinas de la ciudad de México-----	30
---	----

1.5 Control térmico

1.5.1 Confort térmico-----	31
1.5.2 Cálculo térmico-----	33

1.6 Calificación, certificación y normatividad-----

2 CASO DE ESTUDIO - EDIFICIO DE OFICINAS.

Investigación y análisis de campo.

2.1 Propuesta metodológica para el análisis de factibilidad de Rehabilitación de la envolvente en edificios existentes. Análisis del caso estudio "Condominio Reforma".-----	40
--	----

2.2 Análisis del caso de estudio.

2.2.1. Sistema estructural resistente a la intervención-----	52
2.2.2. Estudio del Sistema de envolvente actual -----	64
2.2.3. Comodidad térmica de los habitantes -----	66
2.2.4. Sistemas de climatización insertados en la edificación -----	74

3 FACTIBILIDAD DE REHABILITACIÓN EN CONDOMINIO REFORMA.

Evaluación de Resultados.

3.1 Análisis de resultados ante la factibilidad sobre caso de estudio para una rehabilitación-----	77
--	----

4 DESARROLLO Y MODELADO DEL SISTEMA. Propuesta para mejorar el control térmico en el caso de estudio.

4.1 Generación de parámetros de diseño-----	81
4.2 Obtención del sistema envolvente ligero - Módulo-----	82
4.2.1 Análisis y selección de materiales-----	82
4.2.2 Definición geométrica-----	87
4.2.3 Definición mecánica-----	89
4.3 Simulaciones sobre la inserción del modelo aplicado - Cálculo térmico-----	95
4.4 Costo – Beneficio-----	114

5 CONCLUSIONES

5.1 Resultados sobre el desempeño térmico del edificio adaptado. -----	119
5.2 Análisis sobre la aplicación del modelo-----	121

Bibliografía-----	124
-------------------	-----

ANEXOS-----	Después de la pag 125
-------------	-----------------------



INTRODUCCIÓN

Es común que en México los edificios de oficinas existentes sufran más adiciones que sustracciones, en busca del confort ambiental, consumiendo el 50% de la energía total del edificio para crear ambientes artificiales despilfarradores de energía.

El empleo del “sistema envolvente ligero” en edificios existentes, (que en el 87% de los casos cambiaron su uso original), por medio de una rehabilitación, que no afecte su estructura principal, tendrá como resultado el aprovechamiento de recursos naturales, satisfaciendo las necesidades de confort térmico, sustituyendo los sistemas activos de climatización y generando una reducción del consumo energético y económico.

En éste documento se presenta una investigación aplicada, que puede confrontarse con la realidad, y tener un proceso experimental que permita comparar la información obtenida de los casos a estudiar, se realizarán mediciones y cálculos predictivos del comportamiento energético, selección de materiales, diseño del sistema envolvente ligero, y una comparación de resultados antes y después de implementar el modelo, generado a partir del estudio de materiales y su comportamiento estructural y energético, con la finalidad de proponerlo como alternativa de rehabilitación que contribuya a abatir los niveles de consumo energético, y genere un estado de confort en el ambiente laboral permitiendo la recuperación y conservación de edificios valiosos y funcionales de la Ciudad de México.

Palabras clave: envolvente ligera, ambiente, confort térmico.

ABSTRACT

It is common in Mexico than the existing office buildings suffer more additions to subtractions in search of environmental comfort, consuming 50% of the total energy of the building to create artificial environments wasteful of energy.

The use of “light surround system” in existing buildings through rehabilitation, which does not affect its main structure, will result in the exploitation of natural resources, meeting the needs of comfort in terms of light, heat, sound, and ventilation replacing the HVAC systems and generating assets to a reduction of energy consumption and economic development. It is applied research, which can confront reality and have a process for comparing experimental information obtained from the cases studied, measurements and calculations of energy performance prediction, selection of materials, lightweight structural system design and a comparison of results before and after implementing the model. It can create a surround system light from the study of materials and structural behavior and energy in order to propose an alternative rehabilitation to help bring down energy consumption levels, and generate a state of comfort in the workplace City of México.





Sin duda, el principal origen de este proyecto de investigación fue concebido por inquietudes personales, a partir de experiencias profesionales y como ciudadana, mismas que al reflexionar, relacionan entre sí una problemática actual en nuestra ciudad con la necesidad de ser estudiada.

Los edificios existentes que adquieren un nuevo uso, sufren más adiciones que sustracciones, por elementales consideraciones económicas, y de confort. Y considerando que:

- Estado de confort es “el punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno”¹
- y que el edificio es, entre otras cosas, el encargado de modificar el entorno natural exterior, moderar el clima y proporcionar protección y abrigo.

Resulta evidente que un edificio sea el agente con mayor potencial para generar una “zona de confort”, y es éste, generalmente, su principal objetivo, sin embargo, cuando alguna edificación no cumple por sí misma estas funciones ambientales, que respondan a las necesidades de una nueva actividad (laboral), recurre a la inserción de implementos que provean de buena calefacción, iluminación, ventilación y refrigeración, (sistemas de climatización) con el fin de generar un buen funcionamiento espacial y laboral, y por ende una máxima productividad.

Finalmente la instalación de sistemas de climatización artificial en los edificios de oficinas actuales, generan (según estudios realizados en el Banco Nacional de Energía, en México, Fig. 1) el 21% de la energía total que se consume en el país llevándonos a un incremento acumulado del gasto energético y a su vez económico, además de un daño estético y estructural relevante en el edificio, dando como consecuencia, el fracaso ante el confort del espacio interior y posteriormente su demolición total.

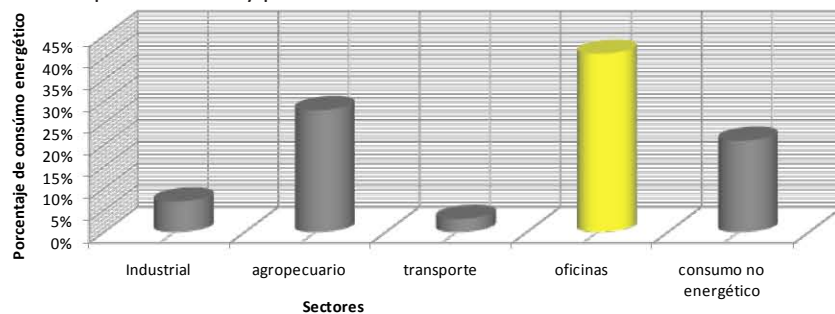


Fig 1. Consumo de Energía en México.

Fuente: Banco Nacional de Energía en México. 2011

Esta situación ha obligado al gobierno a tomar medidas de emergencia, como en el caso del Programa Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica para Edificaciones Públicas, el cual estuvo enfocado a reducir 20% del consumo en las edificaciones públicas a lo largo del año 2002, tomando en cuenta que para el 2030 se necesitará un reacondicionamiento de los edificios de oficinas, representando 225 millones de m² del total de la edificación.

Por otra parte, analizando que la política de zonificación urbana ha cambiado y los centros urbanos, edificios y espacios multiusos combinan usos cívicos, residenciales, empresariales, comerciales y de ocio; fomentando un único desplazamiento para realizar múltiples actividades, proporcionando, por ejemplo, un fácil acceso a los puestos de trabajo. Se puede decir que, ésta política se interpreta como un esfuerzo que insinúa una forma urbana sostenible, generando así, la búsqueda y adaptación de inmuebles en zonas céntricas y de fácil acceso que alberguen actividades variadas, lo cual parece propicio para nuestra ciudad y su desarrollo, sin embargo, la situación es relevante, porque al adentrarme a éste contexto resulta que hoy en día para varios congresos mundiales y nosotros los Arquitectos, la necesidad del ahorro energético, la salud de las ciudades, el desarrollo de la construcción sostenible, y la sostenibilidad son temas primordiales, teniendo la preocupación hacia el fenómeno del cambio climático como protagonista. Pero resulta intrigante que a pesar de esta visión en relación al planteamiento urbano, exista otra cara de la moneda, que refleja el mal funcionamiento de estos inmuebles de uso laboral, pues a pesar de beneficiar a nivel urbano, son perjudiciales al nivel hombre y llegan a tener un importante impacto ambiental². Ésto se debe a que en estos edificios, la actividad es solo durante una parte del día, los períodos de ocupación corresponden a horarios comerciales o laborales. Son edificios en donde el 50% de energía que requieren es utilizada para crear estos ambientes artificiales de confort³, por lo que se presentan como grandes consumidores, despilfarradores de energía ya que han sido acondicionados en la

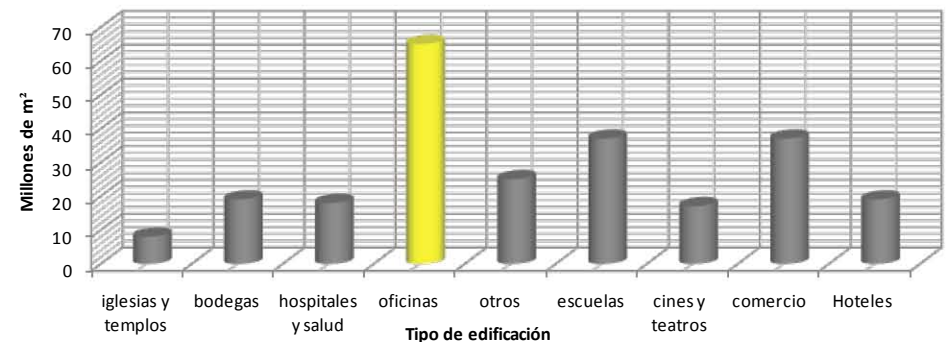


Fig. 2. Escenario energético de la edificación sustentable para el año 2030.

Fuente: Programa Nacional de Ahorro de Energía eléctrica para edificaciones públicas. 2011.



mayoría de los casos insertando elementos en fachadas y sistemas de climatización activos sin considerar la estructura o diseño para el cual fueron previstos, generando un impacto desfavorable para nuestro medio ambiente.

Es vital avanzar sobre las bases del empleo de sistemas pasivos de acondicionamiento ambiental y el empleo de energías alternativas; lo que incide de manera clara y directa en la optimización de los consumos energéticos.

Al analizar lo expuesto, y la causa dominante del mal funcionamiento de los espacios interiores de un edificio existente de oficinas, se puede determinar como principal responsable al elemento ENVOLVENTE del edificio, pues representa un significativo controlador del ambiente interior, en términos de luz, calor, sonido, ventilación y calidad del aire, además de tener un importante impacto en su eficiencia energética.⁴ Lamentablemente, si éste fue diseñado específicamente para cubrir necesidades ambientales convenientes para una actividad determinada, es inevitable que al cambiar de uso, o al paso del tiempo, el edificio se torne en un inmueble que no responda a las necesidades que se le imputan actualmente.

Es así que la problemática radica en este factor, “envolvente”, capaz de determinar y/o modificar el ambiente interior, pero ya no responde a la climatización necesaria para un edificio de oficinas, por lo tanto se le insertan implementos que ayuden a controlar y/o generar un nivel mínimo de confort, lo cual genera a su vez mayor gasto energético, económico y estructural del inmueble. Entonces, surge la necesidad inmediata de estrategias que favorezcan la eficiencia energética de inmueble. Entonces, nace la necesidad inmediata de estrategias que favorezcan la eficiencia energética de estos edificios existentes, generando una óptima climatización para la actividad que albergan y a su vez un impacto benévolo al medio ambiente.

Teniendo claro el papel que juega el edificio existente, ante el contexto urbano y ambiental, como un constante formador de ciudad, que aloja actividades laborales, y considerando que la mejor manera de adaptar un espacio es por medio de su rehabilitación, resultando el menor impacto posible en su estructura principal, y reduciendo el costo de inversión...

...¿qué tan factible sería mejorar su comportamiento energético y su nivel de confort en el ambiente laboral, por medio de la inserción de un sistema envolvente ligero ... que permita, además, abatir su impacto dañino al ambiente?

Se puede afirmar que aún estamos lejos de construir una ciudad con calidad ambiental, y aún más, de ser una ciudad sostenible. Lamentablemente en México la forma de construir no ha desarrollado una suficiente conciencia hacia el medio ambiente.

La energía que se consume en la industria de la construcción es del 17% de 1990 a 2000 para 2010 a 2020 será del 37% a nivel planeta, la industria y el transporte están controladas y su línea de crecimiento es paralela y no crece más; mientras que la arquitectura tiene una tendencia a aumentar en la grafica mundial, México e Inglaterra están en el mismo rango de gastos de energía, sin embargo Inglaterra está implementando estrategias para controlarlo, así que a futuro México rebasará a Inglaterra por mucho ya que Inglaterra tendrá mejor controlado sus gastos de energía.

La intervención sobre lo edificado es necesaria para reducir las emisiones debidas al uso de energía de los edificios. La eficiencia de los nuevos edificios reduce la magnitud de esa intervención, pero no la sustituye. Esto alarma y evidencia la gran importancia que adquiere el contribuir con investigaciones y modelos alternativos de rehabilitación que permitan abatir los niveles de consumo energético a nivel mundial.⁵

Es imprescindible tener en cuenta que la única opción para disminuir las emisiones del sector de la edificación es que la reducción del consumo energético de los edificios existentes supere a la reducción de consumo de los edificios de nueva construcción y el consumo generado para construirlos. Es ésta la mayor justificación que tiene este proyecto de investigación para realizarse, pues al llevarlo a cabo generará opciones que permitan abatir en parte esta problemática.

Tomando en cuenta los niveles energéticos generados por necesidades humanas, y que la mayoría de la sociedad promedio las genera en el espacio en donde pasa la mitad del día, al cual llamamos “oficina”, es necesario dar respuesta a las necesidades de estos espacios, en términos de confort, y lograr mejorar los espacios, con la calidad ambiental para los usuarios de estos edificios (de oficinas), generando un mejor funcionamiento general y beneficios como:

- Confort térmico en el ambiente interior
- Confort acústico
- Mejor y mayor ventilación
- Confort lumínico-visual



- Reestructuración de su fachada
- Menor gasto energético
- Menor gasto económico

Lo cual que se traduce en salud, productividad y calidad emocional, y representa el impacto directo de esta investigación. Sin dejar de lado el beneficio al medio ambiente.

El no realizar este tipo de investigación, repercutiría en varios aspectos, para empezar de tipo social ya que el confort en un ambiente laboral es de vital importancia para llevar a cabo de la mejor manera las actividades dispuestas, y la relación social entre los usuarios. A nivel urbano, el no rehabilitar este tipo de edificaciones despilfarradoras de energía generará que el inmueble genere un alto nivel de emisiones vertidas en nuestro medio, y de igual manera generará un elevado costo económico al requerir un mantenimiento mayor.

Esta investigación tiene como beneficio el promover el interés por la rehabilitación de edificios existentes, con enfoques tecnológicos⁶ y utilizando una nueva estrategia propuesta en su envolvente, lo cual pueda ser aplicada en otros proyectos (de otro género de construcción). Y sin duda aporta caminos de investigación adyacentes que coadyuven a generar nuevas alternativas para la sostenibilidad de las edificaciones existentes, y así asumir nuestra responsabilidad e interés como arquitectos.

Se genera un sistema envolvente ligero, a partir del estudio de materiales, y su comportamiento estructural y energético, con la finalidad de proponerlo como alternativa de rehabilitación capaz de abatir los niveles de consumo energético, y genere un estado de confort térmico en el ambiente laboral de la Ciudad de México.

Las directrices de investigación que me conducen a conseguir finalmente este objetivo son:

- El análisis de las características de la “envolvente” de un edificio existente, mediante el estudio de su relación con la estructura principal, con el fin de identificar su impacto en el ambiente interior.

• La evaluación del consumo energético del edificio de oficinas (Condominio Reforma), mediante un estudio de eficiencia energética, determinando la factibilidad de su rehabilitación.

• El análisis de las cualidades físicas y estructurales de distintos materiales, a través de diversas pruebas e investigaciones, calificando su potencial para la conductividad energética y térmica.

• Comprobación de resultados del comportamiento térmico y estructural del Sistema Envolvente Ligero (SEL) generado e insertado en la envolvente del caso estudio (Condominio Reforma).

Comprobando finalmente que:

El empleo de un sistema envolvente ligero en un edificio existente, mediante una rehabilitación que no afecta su estructura principal, permite aprovechar los recursos naturales, satisfaciendo así las necesidades de confort térmico, sustituyendo los sistemas activos de climatización y generando una reducción del consumo energético, y económico.



CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO Antecedentes Conceptuales.

1.1 Envolvente Arquitectónica

1.1.1. Antecedentes de la Envolvente Arquitectónica.

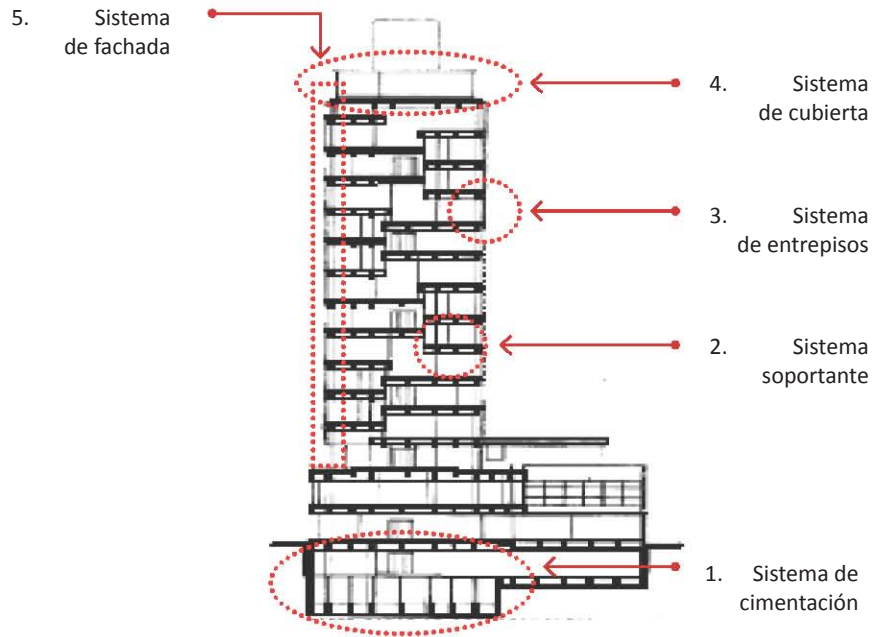


Fig. 3. Corte longitudinal del edificio "Condominio Reforma"

Fuente: Plano Original / Arq. Mario Pani. 1956. Modificación para fines ilustrativos.

Constructivamente un edificio está compuesto por diversos sistemas que trabajan en armonía para su óptimo funcionamiento, éstos son: el sistema de cimentación, el sistema soportante, el sistema entresijos, el sistema de cubierta, y el sistema de fachada o envolvente.

Particularmente la envolvente es la parte del edificio que se relaciona con el exterior, capaz de permitir la transición ambiental al brindar protección contra la intemperie y delimitar el espacio interior. Asimismo forma parte del contexto urbano, proyecta cultura y estética, definiendo el aspecto de una ciudad.⁷

1.1.1.1 Antecedentes y evolución.

Es por medio del estudio evolutivo del hombre, considerado como máximo creador, que podemos encontrar la verdadera historia de cualquier objeto.

Este apartado comienza por analizar las circunstancias que inscriben a la "envolvente ligera", tomándola como un elemento arquitectónico que, debido a la constante "necesidad" de mejorar el hábitat interior de cualquier espacio. Rozando el extremo de la metáfora ha llegado a ser considerada como una piel que nos alberga dentro de otro gran ser humano. La envolvente forma parte del repertorio de elementos tecnológicos fundamentados en ideales extensiones del cuerpo humano, que sin duda permiten el comienzo de una evolución.

Pero existe una transición entre las "ideas" y lo "formal", entre lo "necesario" y lo "prescindible"... Transiciones que generan una pérdida de la razón esencial, ante una creación útil y productiva, llegando a ser consideradas, aún así, puentes hacia la modernidad idealizada de la vida humana. Ante este panorama, la envolvente ligera, surge por la ausencia de un sistema de fachada industrializado que permita resolver los requerimientos del cerramiento, conjuntamente con los principios deseados y necesarios de ligereza, industrialización, especialización y modernidad **que la edificación existente necesita**. Concibiéndose finalmente un gran número de opciones, que mediante la industria, son reproducidos y adoptados en la familia de la tecnología⁸ que cuida del ser humano y su comodidad.

"Qué y cómo es la envolvente ligera", es un tema que, desde su origen, mantiene su objetivo (protección). Pero tratándose de un producto que se mantiene en constante renovación, el análisis y comprensión de sus principios por parte de nosotros los arquitectos es el único camino para determinar un sistema (productivo) verdaderamente coherente con las condiciones y necesidades actuales del espacio existente y por supuesto del ser humano.



*“La solución de las envolventes ligeras actualmente se basa en los principios de especialización y división de funciones, ordenando una serie de elementos encargados de resolver los aspectos estéticos, funcionales, de mantenimiento, etc. Formalizaciones concretas como la estructura auxiliar, los anclajes, los paneles y las juntas, serán el resultado de estos requisitos y planteamiento”.*⁹

La articulación entre cada uno de los elementos que componen a la envolvente ligera, es la carta fuerte que destaca el ingenio y gusto de los arquitectos enamorados del detalle, mismo que maximiza la función elemental del producto, forjando mediante su formalización final un producto capaz de controlar temperaturas, ruidos, luz...etc. Y contemplando sueños modelados en propuestas iniciales, es como llegan a generarse las necesidades de investigación. Me refiero a esos impulsos que justifican la búsqueda y experimentación de aquello que da una solución y mediante el cual se formalizan las ideas. Son los materiales, en el caso de propuestas de envolventes ligeras, los que hoy en día marcan la gran diferencia, su investigación y análisis ha generado una mayor velocidad en la creación de nuevas envolventes que pueden ser prácticamente creadoras de microambientes, independientes de todo contacto con el exterior, materiales que envuelven nuestro futuro interior.

Menciono ahora, el gozo ante el diseño de la unión entre la estructura principal de la edificación y la estructura auxiliar, que tratándose de cargas, permite la transmisión de esfuerzos del peso mismo, fuerzas del viento, y esfuerzos térmicos. Contemplando

metodologías de construcción industrializada, en la que la fachada se considera un sub sistema, siendo auto portante y respondiendo por sí misma. También está la unión entre paneles y estructura auxiliar que mantiene la tensión del problema, acentuada por la transformación geométrica: se pasa de lo superficial a lo lineal o puntual. Y por último, la junta entre paneles cierra el repertorio de lo que podemos considerar como complejidad técnica de este tipo de fachada.

Pero en aras de conocer qué puede definir a la envolvente ligera como “tecnología”¹⁰, o si no existe relación alguna, podrían analizarse los elementos que la componen, razón de ser, justificación científica, etc. Sin embargo el recuento de los pasos seguidos para su presente, el estudio de su historia, son su mejor definición.

El origen de lo que hoy conocemos como envolvente ligera fue concebido por innumerables fracasos y tentativas infructuosas que evidenciaron la mitificación de la tecnología y la escasa preparación técnica de los pioneros del Movimiento Moderno. Tales tentativas pusieron de manifiesto, la gran intuición y perspicacia que detentaban al señalar certeramente los objetivos de la nueva práctica constructiva para envolventes.

Al analizar las primeras envolventes modernas, se hace indispensable mencionar “el vidrio”, material considerado para superar la oposición entre el exterior y el interior, que permitía una transición transparente, y que según Mies Van de Rohe, en la década de los veinte, identificaba al edificio como una “construcción de piel y huesos”.

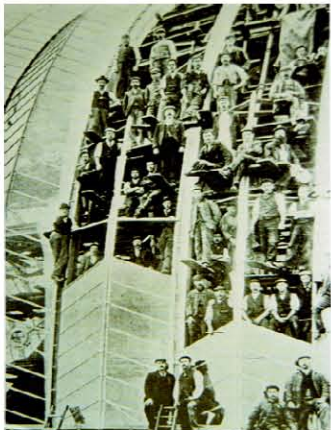


Fig. 4 El nuevo concepto técnico en la arquitectura. Joseph Paxton. Cristal Palace, Hyde Park, 1850.



Fig. 5 Second Leiter Building en Chicago de Jenney & Mundie



Fig. 6 Le Corbusier. La casa Dom-ino 1914-1915. Diferencia entre fachada y estructura.

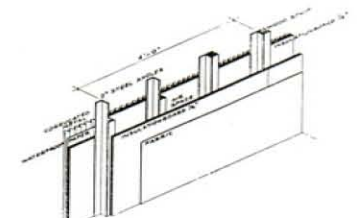


Fig. 7 Kocher y Frei. Aluminaire House. Long Island, 1931. Primeras propuestas construidas de envolventes ligeras, acabado metálico de aluminio.



Justo cuando la industria fue capaz de fabricar con garantías “vidrio estratificado” y “juntas perfectamente estancas al aire y al vapor”, es cuando el edificio de piel y huesos se convierte en una realidad.

Al poco tiempo la piel de vidrio es abandonada y se empiezan a contemplar envolventes en las que se alteran los paños transparentes con otros ciegos, aportando una inercia térmica mayor. Reaparece por consiguiente, el clásico tema de la composición del muro frente al hueco, y con ello una cierta estructuración del elemento constructivo que impedirá su isotropía y neutralidad.

En resumidas cuentas, podría decirse que el concepto de envolvente ligera, ya estaba determinado en el siglo XIX, pero se asociaba exclusivamente con el vidrio, que comenzó a quedar patente en construcciones de aquellos años, tales como los parámetros vítreos de la fábrica FAGUS de Walter Gropius, de 1910 (Fig. 8)

Pasan varias décadas para que se identifique lo que ya conocemos como “construcción reticular” en la que se dispone un esqueleto estructural cerrado y compartimentado, con piezas superficiales que actúan como membranas y que pueden ser transparentes u opacas. Dejando de ser un sólo elemento y comenzando a transformarse gracias a la evolución constructiva de la envolvente.

En realidad estas membranas podrían ser lo finas que se quisiera porque no afectan a la estabilidad de la construcción, y si no son como láminas de papel es por la necesidad de cumplir las funciones de aislamiento térmico y acústico. Problema que resuelven los nuevos productos químicos creados a lo largo del S XX que permiten reducir gruesos de fachadas y tabiques.

Otro principio por el que se debería regir esta nueva construcción sería, además de la ligereza, la tipificación sistemática de los elementos que permita la industrialización y fabricación en serie. Le Corbusier ya lo instruye cuando en 1922 habla de su casa Citrohan, llamada así en homenaje al conocido fabricante de automóviles y que aún poniendo sus miras en la funcionalidad de estos artefactos fue realizada en la WEISSENHOF en 1927 mediante técnicas convencionales (Fig. 9)

En el mismo lugar Walter Gropius proyecta su casa con muros exteriores de fibrocemento de 6cm de ancho rellenos de corcho prensado y en lazados con perfiles metálicos.

En 1939 Le Corbusier presenta otro proyecto de casas en el que habla de “montaje en seco” es decir a base de elementos constructivos prefabricados que se montan sin necesidad de argamasas. Estas técnicas no se desarrollan por completo hasta que el constructor-arquitecto Jean Prouvé experimenta las aplica con distintos materiales y sistemas de fabricación.

Prouvé determina a través de la experimentación en sus proyectos, el desarrollo de los nuevos elementos de fachada: en 1938 chapa plegada en la Maison du Pouppe de Clichy; años 40 Los paneles Rousseau de madera para naves prefabricadas; años 50 paneles de espuma plástica y contrachapado baquelizado en la Maison de A'bbe Pierre y paneles sandwich de chapa de aluminio con el relleno de poliéster expandido e interior de madera de okume en la Maison Dollander.

En Europa, destacan los proyectos de J. Prouvé con tecnologías prefabricadas en fachadas, algunos ejemplos son el Edificio de la Plaza Mozart, París 1953 que es una fachada polivalente y variable en función de distintas necesidades como visión, ventilación o protección solar, la casa del pueblo fue uno de los primeros edificios con paneles de cerramiento con los acristalamientos integrados con los sistemas independientes a la estructura se crearon cubiertas y grandes vestíbulos en los edificios

El ambiente exterior es controlado, la transición entre el exterior y el interior es manejada por envolventes que mediante la experimentación iniciada por Prouvé, logran ser consideradas como soluciones térmicas, acústicas y estéticas. Todo gracias al estudio de los materiales, y su comportamiento físico, sin dejar de lado el gran ingenio e inteligencia de quienes logran descubrir su utilidad en la edificación.

En el paso a paso de la historia de la envolvente se comienzan a detectar los problemas, en temas de las juntas, los puentes térmicos, el plegado de la chapa, o el ensamblaje de las piezas, todos referentes a la fabricación y transporte de materiales, situación que hoy en día sigue en el ojo del investigador.

La envolvente se ha desarrollado conforme a necesidades de protección, generadas por el ser humano, que lo llevaron a pensar, soñar y proponer nuevas soluciones ante una transición entre su exterior e interior, llegando a lo que tenemos hoy en día.



El desarrollo de ventanas, fachadas y acristalamientos presenta todas las características de una historia de alta tecnología que ha pasado casi desapercibida por la gran mayoría; en un espacio extraordinariamente restringido se combinan requerimientos como protección térmica y solar, difusión de la luz y seguridad. Las nuevas tecnologías hacen de las fachadas elementos constructivos inteligentes que pueden reaccionar, por sí solos o de forma controlada, a las influencias ambientales, de esta forma se incrementa notablemente el confort, la transmisión de los datos ambientales, como velocidades del viento o radiación solar, permiten un control eficaz de los elementos de sombra y apertura¹¹

En la arquitectura moderna las fachadas pueden ser multi funcionales, capaces de mejorar sus propiedades térmicas; transmitancia, absorción, permeabilidad, modificar su color, su transparencia y varias características ópticas entre muchas otras; también se integra a elementos físicos integrados hasta a un nivel manométrico con materiales de propiedades variables y habilidades dinámicas. Ahora existe un edificio con una envolvente que mediante sistemas integrados mejora los niveles internos de confort, ahorra energía, y en ausencia del usuario es capaz de autorregularse por sí sola y operar su sistema bajo inteligencia artificial, puede tener autonomía energética.¹²

Hoy se cuenta con una amplia gama de sistemas envolventes, disponibles a la carta de cualquier necesidad espacial

Industrialización capaz de producir casi toda propuesta de envolvente

Experimentación e ingenio ante nuevos materiales

Estudio de sistema envolvente y su comportamiento ante nuevas articulaciones, y composiciones independientes

Proyectos iniciales (piel idónea) que generan nuevas investigaciones

Necesidades
¿Qué lo genera?

Una vez que se conoce la ramificación auténtica que genera el presente de lo que conocemos como “envolvente”, es inevitable cuestionarse: ¿qué lo generó? Es entonces cuando más allá de una explicación científica, buscamos una justificación por medio de la historia.

Basado el camino a la respuesta, y tomando en cuenta la etapa de transición posterior al origen, se puede establecer como deseo antiguo para la arquitectura, buscar la piel idónea, que al paso del tiempo, de aciertos y fallas, ha logrado caracterizarse por técnicas de pieles¹³ o fachadas ligeras que protagonizan las imágenes arquitectónicas más representativas del S. XX.

La generación de una nueva forma arquitectónica o de una técnica constructiva no es nunca casualidad ni es consecuencia de una invención instantánea, sino que responde a un largo proceso, a la maduración de ideas, a veces, a un deseo intemporal que de repente encierran circunstancias o medios para poder desarrollarse. Es el caso de las fachadas ligeras, cuyos antecedentes han precisado no solo el desarrollo de la tecnología adecuada que las haga posibles, sino de una evolución de las ideas formales que se tenían de la arquitectura para poder asumirlas e integrarlas en un nuevo concepto estético y de confort.

Retomando que, desde una visión antropológica, todos los útiles humanos son extensiones de las propias capacidades corporales del hombre, y la arquitectura correspondería a una segunda piel capaz de crear mayor protección climática y un ámbito de privacidad, la traducción que hacen algunos pueblos primitivos de esta necesidad es tan literal como para emplear la propia piel de los animales en la creación de habitáculos, como hacen los tuaregs en el Sahara. Las Fibras vegetales en forma de tallos, hojas o ramas sirven al hombre para hacer chozas o cabañas que aún son vigentes en países como Irak.

Todas las técnicas de construcción ligera tienen, no obstante, poco papel en el desarrollo de la arquitectura mundial por su fragilidad, haciendo durante muchos años muros de carga compuestos por materiales pesados que forman el sistema estructural y a la vez el cerramiento.



Fig. 8 Fábrica FUGUS de Walter Gropius.
Fuente: <http://arte-historia.com>



Fig. 9 casa Citrohan por Le Corbusier.
Fuente: <http://www.c4des.com>



1.1.1.2 Muros cortina y fachadas ligeras

Surge posteriormente un movimiento constructivo como el gótico para que se pueda intuir de nuevo esa analogía biomórfica que separa las funciones protectoras de la piel de las sustentantes de la osamenta. En su afán de ligereza y luminosidad, este estilo creado en la edad media crea un sistema estructural de nervaduras que conducen las cargas a unos heces de columnas y a unos arcos inclinados o arbotantes, liberando a los muros de la necesidad de soportar las bóvedas, con lo cual estos pueden ser finos y transparentes, a veces tejidos como una filigrana de piedra y cristal que permite inundar de luz en el interior de los templos y palacios. Y es aquí donde se define con mayor fuerza la independencia entre estructura portante y envolvente, logrando una independencia benévola ante la edificación y el habitat humano. Debe de ser algo más que una casualidad que tras tantos siglos de arquitectura masiva volvieran a aparecer las construcciones ligeras con la recuperación que el siglo XIX hizo del gótico.

El nuevo gótico ahora replanteado por el teórico Viollet Le Duc, se puede contar con un material que habría sido el sueño de los canteros medievales: el hierro viene a revolucionar la historia de la construcción al permitir abordar mayores luces con unas estructuras que se afinan hasta lo inverosímil. Los muros desaparecen como tales, para convertirse en rejas formadas por vigas y soportes que propician la idea de crear fachadas ligeras, y surgen éstas de forma espectacular de las desprejuiciadas mentes de los ingenieros. Ésta sigue siendo la respuesta al origen, ¡el surgimiento y empleo de materiales!

Pensar en los grandes macizos y los grandes pesos nos llevan a pensar en una necesaria liberación, que permita un olvido de la arquitectura heredada, pero es ésta misma la que se basa en estilos que soportan una cultura. No sería fácil llegar entonces a una “liberación” en un sentido valorativo de la arquitectura, pero es posible hacer nuevas arquitecturas con el desarrollo de nuevos sistemas, de nuevos materiales...

El hombre ha construido con lo que ha encontrado a su paso... barro, piedras, y arboles en sus primeros tiempos. Y ha sido en gran parte gracias a su imaginación que logra la creación de nuevos materiales. Con el paso del tiempo fundió y elaboró metales, los forjó y laminó, inventó hormigones, los pretensó, inventó estructuras, olvidó los pesados muros, soñó... alcanzó la posibilidad de cerramientos inverosímiles....

La fachada ligera, asocia al desarrollo de los elementos metálicos e incremento de tamaño de los vidrios, tiene una larga historia técnica en el siglo XIX. los gigantescos invernaderos ingleses, las fachadas de los almacenes parisinos y hasta nuestras modestas construcciones en México ofrecen muestras de la difusión de esa técnica. Pero el modelo que nos afecta es el que definió el Movimiento Moderno introduciendo los grandes planos ligeros en la construcción urbana, en casos tan templados como la Fajos de Gropius de 1912.

A modo de ejemplificaciones de la evolución de la envolvente según proyectos realizados a nivel internacional se tiene que: A fines de los cuarenta, ya surge el trazado vertical de los montantes metálicos. El edificio se acabó en 1949 pero la escasez de acero de la posguerra obligó a sustituir la estructura metálica de proyecto, por una de hormigón con piel de ladrillo.

En 1951 se completaron las torres de dos edificios gemelos, en el 860-880 de Lake Shore Drive. El edificio expresa en fachada la sucesión de pilares cada 6.5 metros en cada vano hay 4 ventanas. “dado que los pilares, las jácenas y las ventanas están en el mismo plano, Mies decidió aumentar el poco relieve de la superficie de la fachada soldando perfiles a los montantes y a los pilares, el propio Mies dijo que los empleó primordialmente porque sin ellos el edificio no quedaba bien”.

El perfil en doble T añadido a los montantes podía interpretarse como un refuerzo frente a la acción del viento, pero no el que colocó sobre los propios pilares. La utilización estética del perfil de acero fue una de las características de sus obras. Mies exigió también idénticas cortinas en todas las ventanas para reforzar el papel del entramado sobre un fondo homogéneo.

Mientras tanto Jean Prouvé estaba construyendo unas envolventes ligeras de una calidad sorprendente en los ateliers de Maxeville. Desgraciadamente las obras de Prouvé, quizás por su origen industrial, no tuvieron la autoría y difusión como otros creadores pero no puede olvidarse su temprana fachada del edificio de la Fédération du Bâtiment (1948).



y sobre todo la revolucionaria piel del edificio de la plaza Mozart, para el arquitecto Mirabeau. Sus contraventanas de guillotina resuelven la protección solar, el oscurecimiento y la ventilación con un ingenio sorprendente (1953).

1.1.1.3 Un problema terminológico.

El muro cortina de Mies se transformó en un reflejo de modernidad, la envolvente de vidrio confinada entre montantes refleja una visual arquitectónica diferente. Esa expresión “muro cortina”, fue muy útil en su momento, pero con el paso del tiempo generó varias confusiones. En efecto, el muro cortina, reúne varios conceptos:

- 1.El cerramiento de fachada se desplaza hacia afuera del edificio y pasa por delante de la testa de los forjados.
- 2.Todo el cerramiento está formado por elementos más o menos ligeros. No hay obra de fábrica.
- 3.En su versión original el soporte de las acciones horizontales se encomienda a unos montantes metálicos, en gran parte externos al propio cerramiento, que con su poderoso trazado vertical asumen todo el protagonismo en la composición del edificio.¹⁴

Con los años estos tres componentes han evolucionado muy diversamente: los montantes metálicos han ido perdiendo protagonismo. En la búsqueda de nuevas formas de expresión y obedientes a las exigencias del aislamiento térmico, los montantes se han ido desplazando hacia el interior del cerramiento. El correspondiente desplazamiento relativo del vidrio hacia el exterior plantea un problema de separación entre pisos, pues los montantes siguen tangentes al borde de forjado, y por lo tanto el cerramiento es el que se desplaza hacia afuera, separándose de esa testa del forjado. A pesar de todo se ha convenido llamar a esta solución también “muro cortina”.

En esas condiciones si no se busca la imagen vertical del montante, si este queda por detrás del cerramiento, ¿Qué más nos da insertarlo entre forjados y fijarlo en la parte superior del forjado inferior, y a la inferior del techo superior?

El cerramiento puede pasar todo, o en parte por delante del forjado y evitar la comunicación entre pisos con más facilidad. Las formas de fijación serán diferentes pero no plantean ningún problema insoluble.

Según ASEFAVE esto ya no debe llamarse muro cortina. Sin embargo al desarrollar detalladamente los sistemas de cálculo y construcción, esa asociación considera la solución

entre forjados como una mínima variante del muro cortina y desarrolla sobre todo el primero como genérico bajo el título único de sistemas stick, o sistemas de “montantes y travesaños”

A esa evolución de contenido de una expresión tan ambigua como “muro cortina” se suma el hecho de que, desde hace años, estamos colocando elementos pétreos o prefabricados de hormigón de cierto tamaño, en la retícula de montantes. Los pesos de esas piezas superan los límites de una fachada ligera, pero su concepción es exactamente la misma.

Sería razonable, pues, reservar el título de muro cortina para aquellas construcciones históricas que se difundieron los años 60 y 70 y utilizar la más genérica expresión de envolvente ligera para toda la compleja diversidad de cerramientos que hoy utilizamos.

Quizás aun sería más preciso aludir al hecho de que en todas esas fachadas los elementos que llevan la carga de viento hasta los forjados son “ligeros”, o más exactamente formas diversas de algunos metales.

1.1.1.4 Maduración de una técnica

Durante la década de los 60s los edificios bancarios cambiaron su imagen y exigencias funcionales. En los 50, según Urrutia, “la banca comenzó a identificar su tipología arquitectónica” con la de un edificio de oficinas más (..) y por lo tanto (...) a desechar los gruesos muros conforme se perfeccionan los sistemas de seguridad interiores. Las retorcidas rejas y las fuertes puertas flanqueadas por columnas gigantes.¹⁵

Pero en los 60 la fachada de un edificio bancario con la de las sedes de las grandes empresas, se convierte en una cuestión de prestigio, de exhibición, de poderío. La imagen del edificio es la tarjeta de visita de la empresa en la ciudad. Y nada parece responder mejor a esa exigencia que las grandes superficies de fachada vidriada.

En esos años de irresponsabilidad energética a nadie le parece importar los tremendos aportes térmicos solares. Todos desean una fachada muy vidriada. Toda la confianza para el control térmico del edificio se deposita en el aire acondicionado, que en muchos casos se resuelve con inductores adosados a esa misma fachada. Animados por esa confianza, los arquitectos encomiendan la protección solar a unos vidrios atermados o de algún tipo de protección interior.

Y no es que eso vidrios sean ineficaces, sino que su eficacia es paralela en los campos visual y térmico del espectro. Eso quiere decir que sólo perdiendo mucha iluminación natural



se conseguirá cierta eficacia en la protección solar. La falta de luz exigirá más iluminación artificial y por lo tanto más aportes térmicos. Sólo unos años más tarde se difundirán los vidrios que pueden hacer un filtrado selectivo primando la obstrucción a la radiación infrarroja.

El modelo de las cajas de vidrio se impone de la manera más irresponsable. Pero durante los últimos años 60 y primeros 70 la construcción de muros cortina madura, evolucionando hacia soluciones más consistentes técnicamente.

Los primeros muros cortina confiaban absolutamente en las propiedades de los productos elásticos para garantizar la estanqueidad al aire y al agua de las fachadas ligeras. Sobre todo en un nuevo y maravilloso material: la silicona, un polímero hecho principalmente de silicio, inerte y estable a altas temperaturas. La silicona posee una resistencia a la tracción de 70kg/cm² con una elongación promedio de 400 %. A diferencia de otros materiales la silicona mantiene estos valores aun después de largas exposiciones a temperaturas extremas.

Esa elongación la hacía adecuada para sellar juntas entre los componentes de la envolvente ligera, y resolver así todos los temas de estanqueidad. Sin embargo con la experiencia se comprobó la dificultad de asegurar su perfecta aplicación. Conseguir esas elongaciones supone una adherencia al soporte que pocas veces puede conseguirse en obra, puesto que exige del operario gran experiencia y responsabilidad. Sobre todo en algunos encuentros entre perfiles en la solución constructiva que toma su nombre de los “sticks” (perfiles).

La teoría de aplicación general de estanqueidad defiende que para evitar el progreso del agua hacia el interior del edificio, el sistema más seguro es anular los dos motores que la empujan en esa progresión: la capilaridad y la diferencia de presiones.

La llamada “cámara drenada” cumple el objetivo: equilibradas las presiones y suprimida la capilaridad, el agua puede ser conducida por gravedad hacia el exterior. Su historia es tan antigua como la de la construcción, pero, en el campo de las fachadas ligeras, esta teoría no tuvo inmediata incidencia en estos años, y los sellados químicos siguieron siendo el recurso habitual durante mucho tiempo. Tendrían que llegar los 80 para que se recuperase la teoría de las cámaras equilibrantes, y se empezase a utilizar realmente.

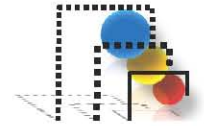
La ruptura del puente térmico y el vidrio reflectante.

La conductividad térmica del aluminio es muy elevada. Cuatro veces superior a la del acero y 1200 veces superior a la de la madera. En poco tiempo resultó evidente, sobre todo después de la difusión de los vidrios con cámara de aire, que los puentes térmicos que producían los perfiles de aluminio eran inaceptables, tanto por las condensaciones localizadas como por su incidencia en el balance energético del edificio. La primera respuesta estuvo en la difusión de unas laminas de baja conductividad térmica que se interponían entre los perfiles exteriores e interiores aprovechando la zona de fijación del vidrio, es decir separando el retenedor exterior del montante interior, al que se atornilla.

Posteriormente, gracias a una sofisticada maquinaria, fue posible insertar el material de rotura en unas acanaladuras de los perfiles de aluminio. La unión mecánica era suficiente como para tratar todo el conjunto, aluminio exterior, material de rotura, aluminio interior como un solo perfil con capacidad mecánica, como para transmitir las cargas del viento en el vidrio hasta la parte interior del montante. El material utilizado es una poliamida y el perfil resultante se comercializa como una sección conjunta. Este sistema ha encontrado su campo de difusión en las carpinterías de ventana.

Se introducen también los vidrios reflectantes. Son vidrios atérmicos a los que se añade una capa pirolítica llamada comúnmente capa dura. Esa capa reduce aún más, tanto la transmisión térmica como la visual. Si el vidrio atérmano había llevado al radiación térmica hasta el 46% con la capa dura llegará hasta el 39%. Pero a costa de reducir la visual del 43% al 35%. Esta capa puede colocarse en la cara 1, la más exterior, pero la reflexión es muy elevada del 23% con lo que el efecto espejo es excesivo. Su colocación en la cara 2, la cara interior del vidrio, reduce esa reflexión al 9%. La especularidad de la primera alternativa se explotó en edificios como el Blackbird de Bosch Aymerich de 1976, mientras que la segunda, más discreta, es la utilizada en la Mutua Metalúrgica.¹⁶

Cuando se trata de vidrios con cámara, la transmisión lumínica baja hasta el 19% y la térmica hasta el 31%. Es pues una solución muy oscura, en relación con la protección solar conseguida. Esta solución fue utilizada en la Adriática de Seguros de Carvajal de 1979, pero se sigue recurriendo a ella posteriormente hasta en edificios como las torres de Cerda de 1993.¹⁷



Movimientos y tolerancias.

Los industriales tuvieron en cuenta desde las primeras construcciones los dos problemas geométricos más importantes de la envolvente ligera: **la asunción de las tolerancias y la permisividad frente a los movimientos térmicos y mecánicos.**

El edificio Josa construido por Folcrá en 1968 es un ejemplo de solución a ambos problemas. Los angulares de fijación tienen los agujeros colisas para absorber las imprecisiones dimensionales del forjado y justo encima de la fijación se tiene el empalme en mechado, entre los montantes de dos pisos sucesivos. La fina junta entre los dos montantes deberá ser capaz de absorber los movimientos del muro cortina.

Sin embargo, con los años ambas previsiones se sofisticarán. **Se hará más simple el montaje en obra, procurando llevar la fijación a la parte superior del forjado, se hará más preciso utilizando placas ranuradas y se evolucionará hacia la fachada de paneles para llevar los movimientos a la junta** donde es más fácil solucionar la estanqueidad. En efecto, el sellado enmarcado por montantes está sometido a tensiones difíciles de prever.

1.1.2 Función de la envolvente en el edificio existente.

La envolvente es un elemento que realiza la función de envolver el espacio habitable, su diseño y construcción significan un potente controlador del medio ambiente interior; en términos de luz, calor, sonido, ventilación y calidad del aire; funciona con eficiencia para responder a los cambios de su medio ambiente en contexto, reduciendo el consumo de energía; también desempeña la tarea de protección contra las inclemencias del tiempo, regula el confort interior, permite la entrada de luz natural al espacio, contacto visual con el exterior, punto de intersección del interior con el exterior.

Considerando que un sistema es un conjunto ordenado de elementos organizados que contribuyen a un mismo objetivo, o bien, un conjunto de mecanismos que contribuyen a una misma acción, se tiene que la envolvente como sistema bioclimático, es un conjunto de elementos físicos diseñados bajo criterios arquitectónicos formales y funcionales, fusionados con diversas tecnologías que se integran a la envolvente para control climático y ahorro de energía.

Los elementos que la integran pueden ser dependientes o independientes entre sí, pero trabajan en conjunto hacia un mismo objetivo, crear una envolvente multifuncional, flexible, regulable, dinámica que reacciona ante el cambio permanente de las condiciones climáticas y las exigencias interiores.

El estudio independiente sobre cada elemento y después como parte del sistema en fachada tiene como objetivo reducir el consumo energético y mejorar las condiciones de confort del usuario, por medio del manejo de diversas variables como: temperatura, humedad, iluminación, ventilación, sensaciones, aspectos psíquicos, colores, etc., se trata de una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, enfocada a disminuir el consumo energético y contaminación ambiental.

En la actualidad la arquitectura Bioclimática considera al clima y tiene en cuenta condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort térmico interior, asimismo el diseño y los elementos arquitectónicos no se diseñan basados en un sistema mecánico, porque estos recursos sólo funcionan como sistemas de apoyo.¹⁸ Para reducir el consumo de energía durante su operación, costos de mantenimiento, conseguir mayor productividad en los usuarios por medio de un ambiente saludable, reduce costos de operación, aporta efectos positivos al entorno, menor dependencia energética y reduce costos de infraestructura.

La envolvente con otros elementos del edificio funcionan como un gran sistema en el que unos afectan a otros y en el que ciertas estrategias en conjunto generan mejoras importantes en la operación y ahorro de energía del mismo.



Fig.10 Esquema de sistema – envolvente Fuente: creación propia



1.1.2.1 La envolvente y el sistema natural.

Las “envolventes naturales”, son aquellas que rodean un espacio y tiempo, con sonidos, texturas, olores y formas, con temperatura, viento, humedad o luz. El ser humano está inmerso en su medio ambiente, viviéndolo todos los días, busca envolventes que respondan a sus necesidades físicas y psicológicas; sentirse protegido, estar encerrado o sentirse libre, estar seco o mojado, sentir frío o calor.¹⁹

Existen sistemas naturales que están en contacto con la envolvente como: temperatura, humedad, viento, radiación solar, iluminación, orientación, velocidad y trayectoria del viento, sombras, contexto, clima, flora, localización, así como el sistema del mismo ser humano que habita el espacio.

Los sistemas pasivos de climatización son estrategias que se pueden integrar al diseño de la envolvente de forma amigable al medio ambiente sin requerir energía para su operación.

Al lograr un contacto sensorial del interior con el exterior al usuario, se ofrece también un confort psicológico, con esto quiero decir que la envolvente además tiene una importante función que consiste en conectar al usuario con lo que sucede en el exterior, saber si hace frío o calor, ver si está lloviendo, ver un atardecer, un amanecer, ver caer la noche ya que al contar con sistemas mecánicos de climatización también se está modificando la conexión con el medio exterior.

La trayectoria solar y su relación con la envolvente es una herramienta básica para el diseño sustentable, la ganancia de calor por medio de la fachada es el principal objetivo a controlar en este sistema.

1.1.2.2 La envolvente como recurso de control pasivo de climatización.

Geometría.

El diseño de la envolvente de un edificio puede facilitar por ejemplo las ganancias térmicas en su superficie y la preservación del calor en su interior.

Para reducir al máximo las pérdidas de calor por transmisión indeseadas desde el punto de vista energético, se recomienda minimizar la envolvente que facilitan la protección térmica y contra el viento, aprovechamiento efectivo de la luz natural y el calor solar. Un valor de medición útil a la hora de determinar una forma constructiva energética es el llamado “factor de forma”, que relaciona la superficie envolvente de un edificio que irradia calor con el volumen envuelto.

“Un factor de forma bajo ahorra energía y costos, por ejemplo, la forma esférica presenta la mejor relación superficie-volumen, pero con desventajas en la superficie útil, la semi-esfera es la forma más próxima a la ideal. De esta manera el iglú aprovecha el factor de forma óptimo, adaptándose a la situación climática de regiones extremadamente frías, los volúmenes mayores de formas compactas, se reduce la proporción de superficie, minimizando así las pérdidas por transmisión térmica.”²⁰

Determinación de áreas.

Esta determinación parte de que los espacios cumplen exigencias de calidad distintas en relación a su uso y al clima exterior, siempre que existen diferentes actividades y exigencias de uso en edificios es necesario una apropiada zonificación según el uso. Una zonificación claramente articulada no sólo tiene sentido desde el punto de vista energético sino que además ordena las funciones, cuando la estructura del edificio es clara, la construcción y funcionamiento resultan rentables.

Control térmico.

Para el aprovechamiento pasivo de la energía solar, resulta importante la envolvente del edificio y su capacidad para mantener o eliminar el calor que se obtiene por medio de esta, generalmente toda envolvente recibe una protección térmica eficiente mediante elementos constructivos con alto grado de aislamiento, en las zonas opacas en las fachadas, en las zonas transparente con acristalamientos de gran calidad o capas aislantes.



En cualquier caso es importante evitar la formación de puentes térmicos, por medio de cálculos y simulaciones en programas.

Vanos.

La dimensión, disposición, forma, orientación adecuada ayudan al comportamiento térmico del edificio o generar importantes pérdidas de calor, enfriamiento o sobrecalentamiento. Como puntos intermedios entre el interior y el exterior las aberturas deberían poder dejar pasar o desviar la luz, el aire y la energía dependiendo de las condiciones exteriores y las exigencias internas de cada caso, por esta razón, en el punto central del desarrollo arquitectónico se encuentra la pared exterior adaptable, que se ajusta a las condiciones y exigencias cambiantes.

Acristalamientos / Invernaderos.

Son ventajosos desde el punto de vista energéticos, como zonas de temperatura o simples colectores de aire caliente, el aire puede ser distribuido a otros espacios por medio de elementos mecánicos o estáticos.

El acristalamiento en techos tiene la facilidad de sobre calentarse muy rápido en el verano y perder calor rápidamente durante el invierno; es decir se pueden generar invernaderos temporales.

Aislamiento térmico translucido.

Está disponible en diferentes materiales, como estructura de plástico transmisora y difusora de la luz solar, o en aerógeles de composición casi homogénea disponibles en placas granuladas, este aislamiento se coloca sobre una pared exterior absorbente que al calentarse con la luz solar incidente, ésta se convierte en una pared radiante especialmente en invierno, primavera y otoño, pero en verano debe de ser protegido para no ocasionar un sobrecalentamiento en el interior.



Fig. 11 Commerzbank Headquarters, Germany Foster & Partners Architect.
Fuente de imagen: <http://www.fosterandpartners.com>

El aislamiento térmico translucido también puede ser ocupado como vidrio difusor de luz, principalmente en las partes altas de las ventanas, así se obtiene una iluminación más homogénea sobre todo en espacios profundos, si se compara con vidrios de gran calidad, con capas selectivas y relleno de gases, resulta un acristalamiento con aislamiento térmico translucido que permite una mayor profundidad de construcción pero con mayores costos, por esta razón, son frecuentes los acristalamientos de vidrio grabado, chorreado de arena o impreso.

Almacenamiento térmico.

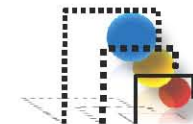
Tienen la función de estabilizar la temperatura en el interior del edificio frente a oscilaciones climáticas en el exterior, la radiación solar y las fuentes de calor internas, ésta mantiene el clima interior constante y puede contribuir al aprovechamiento de potenciales energéticos.

El almacenamiento por inercia térmica aprovecha la energía solar mediante piezas constructivas macizas con gran inercia térmica, la capacidad de almacenamiento se encuentra favorecida por una gran superficie, capacidad térmica del material y soleamiento directo. Los sistemas de almacenamiento latente usan la transformación del estado físico de sustancias, especialmente del estado sólido a líquido, para el almacenamiento de calor en poca materia, al recibir el calor el material empieza a fundirse sin que aumente la temperatura hasta su completa fundición.

Dado que no se percibe un cambio de temperatura pese a la aportación de calor, el calor almacenado durante el cambio de estado físico se denomina latente. Para este tipo de almacenamiento se puede utilizar la parafina, que presenta una capacidad térmica diez veces mayor que el hormigón, por ejemplo una pared de tablaroca con 3 cms. de parafina llega a alcanzar la capacidad de almacenamiento de una pared de concreto de 40 cms, integrada en el vidrio la parafina también puede ofrecer un efecto interesante; en verano se percibe desde el interior como opaca, en días soleados de invierno se hace más clara, tras una temporada de mal tiempo se vuelve a oscurecer, helándose al ceder energía al espacio interior.



Fig. 12 Detalles de fachada de Aurora Place Sydney Australia de Renzo Piano.
Fuente de imagen : <http://www.somfyarquitectura.es>



Refrigeración nocturna.

Es la ventilación a través de ventanas y compuertas o aberturas en la envolvente del edificio diseñadas de tal forma que no rompan con la seguridad de la envolvente y no dejen de cumplir una de sus principales funciones que es la protección, además deben calcularse las dimensiones para evita fuertes corrientes de viento al interior.

Todos estos conceptos se pueden integrar en el diseño de un sistema envolvente ligero que permita establecer un ahorro energético por medio de estrategias de diseño que no requieren de energía para su funcionamiento, en donde se ponga total atención en las características del medio natural para funcionar a favor, con el diseño del edificio existente; y resumiendo, estas estrategias suelen ser: orientación, ventilación natural, invernaderos, refrigeración nocturna y geometría.

1.2 Sistemas ligeros en Envolventes

1.2.1 Situación actual. Componentes de la envolvente ligera.

Como se mencionó anteriormente, el sistema constructivo del edificio es uno de los factores que influyen en el diseño y función de la envolvente, por lo tanto me adentraré en el análisis de lo que conforma la estructura principal de una edificación, para lo cual comenzaré por definir los conceptos básicos que la conforman.

Podemos definir estructura; como la parte de la edificación que recibe, soporta y transmite las cargas a través de sus elementos hasta el terreno. En la construcción la estructura tiene un mejor comportamiento cuando más directa y lógica así como cuando transmite los esfuerzos desde los elementos que la componen hasta el terreno.

La forma y conservación de los espacios arquitectónicos depende directamente de la estructura que la sustenta, esto convierte a la estructura en un elemento espacial, compuesto esencialmente de materia y forma, asimismo la podemos dividir en: Sub-estructura y Súper-estructura.

Cuando hablamos de súper-estructura, nos referimos a todos los elementos necesarios para sostener, (el peso propio del edificio, los muebles y personas que realizarán alguna función en él); y transportar dichas cargas a los elementos de la sub-estructura. Y se compone de elementos como Columnas, muros portantes, trabes, losas, y cubiertas.

La sub-estructura en un edificio, está constituida por un conjunto de elementos (zapatas, pedestales, vigas de amarre etc.), relacionados entre sí, y de acuerdo con su capacidad de trabajo, forma y resistencia. Su presencia es indispensable en todo edificio que tenga que responder a cargas y al desgaste.

Componentes de una súper- estructura

Columnas

Elementos verticales aislados, cuya sección es pequeña con respecto a su longitud; transportan las cargas de las losas al pedestal. Las columnas se encuentran sometidas principalmente a esfuerzos de compresión. En sus dimensiones se deben tener en cuenta factores como la relación entre su áreas y su longitud, para evitar problemas de pandeo; en relación a su momento de inercia.

Muros de carga

Son estructuras que basan su comportamiento como un conjunto integrado que conduce esfuerzos verticales y horizontales al terreno. Los muros estructurales son planos verticales capaces de absorber las cargas, siendo ideales para trabajar a compresión y cortante; los muros pueden sufrir ante cargas horizontales esfuerzos de flexión, vuelco o pandeo como si fuese una losa puesta a trabajar de sentido vertical y no horizontal como es común. Es por esto que en la construcción de estos muros se debe considerar el material, la longitud y la existencia de refuerzos que ayuden a su soporte.

Vigas

Son elementos que tienen como función, distribuir esfuerzos mediante elementos lineales. De igual forma ayudan a la transmisión de cargas a las columnas, de esta forma configuran un pórtico y actúan generalmente bajo cargas verticales que le provocan esfuerzos de flexión.

Losas

Elementos estructurales horizontales que constituyen los pisos de los edificios, generalmente son planos e indeformables, con largo y ancho de mayor tamaño que el espesor; las losas están compuestas por otros elementos más pequeños que le aportan rigidez (vigas, viguetas, aligerantes, recubrimiento, etc.). Bajo cargas verticales actúan principalmente a flexión, o torsión cuando hay sismos



Cubiertas

Parte de las funciones que desempeña una cubierta son las de protección al medio ambiente, evacuar el agua lluvia y servir de aislamiento térmico. Los elementos de cubierta o techos, forman parte importante de la estructura y deben integrarse a ella, ya que estructuralmente su finalidad y función es la de conformar y unidad y carácter.

La estructura ligera en la envolvente es:

Una retícula de elementos constructivos verticales y horizontales, conectados conjuntamente, y anclados en la estructura del edificio, posiblemente rellena finalmente con paneles ligeros de cerramiento, hasta formar una superficie continua y ligera que delimita completamente el espacio interior respecto al exterior del edificio. Esta envolvente aportaría, por sí misma o conjuntamente con algún elemento estructural del edificio, todas las funciones normales que corresponden a un muro exterior, pero no asume ninguna característica de soporte de cargas de la estructura principal del edificio

A la envolvente se han integrado elementos que han formado parte de su evolución, incluso se integran a ella elementos que tenían otro propósito, las aportaciones importantes han sido la fabricación en serie, elementos diseñados para la industria automotriz y aeronáutica que se integran a la envolvente como el vidrio doble, volados y aletas, el uso del acero y aluminio con estructuras ligeras auto soportante hacen posible el sistema prefabricado.

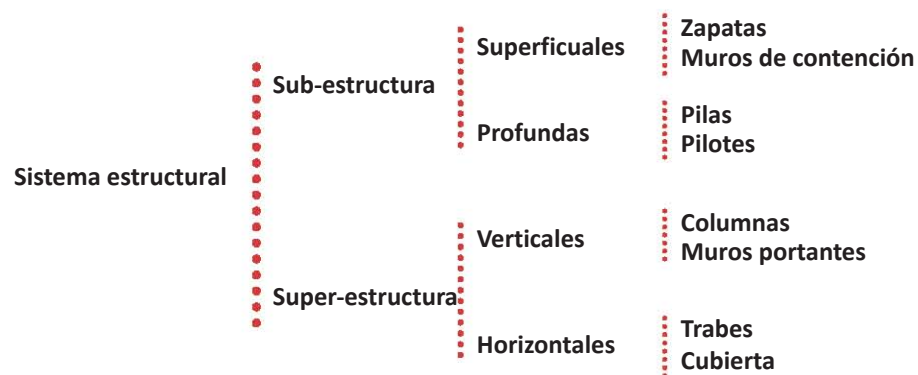


Fig. 13 Clasificación del sistema estructural: fuente: creación propia

Las ENVOLVENTES ligeras funcionan como una piel pasiva colgada o adherida al edificio. Como su propio nombre indica, son ligeras, y no contribuyen a la estabilidad estructural. Debido a su poca masa, son malos aislantes del ruido, por lo que no son aplicables para edificios que requieran ambientes silenciosos, como por ejemplo el uso residencial. Tampoco suelen funcionar bien como aislantes térmicos, exigiendo generalmente un gasto extra en calefacción o aire acondicionado. Sin embargo, su reducido peso, su gran capacidad para permitir la entrada de luz, y rapidez de montaje, las hacen idóneas para rascacielos y una gran variedad de espacios públicos.

Se componen de tres elementos:

Montantes: elementos de sujeción verticales que se anclan a la estructura del edificio.

Travesaños o perfiles secundarios: elementos horizontales anclados a los montantes, y que terminan de conformar el armazón.

Cerramiento: puede ser de vidrio o paneles ligeros (madera, aluminio). Éstos pueden ser fijos o practicables.

En función de si la “piel de fachada” es continua o se interrumpe en cada forjado, las fachadas ligeras se pueden clasificar en “muros cortina” o “fachada panel”, respectivamente.

Teniendo entonces que las envolventes ligeras son el producto de una especialización y división de funciones desempeñadas por una serie de elementos encargados de resolver los aspectos estéticos, funcionales, de mantenimiento etc, formalizaciones concretas como la estructura auxiliar, los anclajes, los paneles y las juntas serán el resultado de estos requisitos y planteamientos.

La estructura auxiliar.

La concepción de ligereza en el cerramiento y la diferencia con la función de la estructura (característica del Movimiento Moderno) evidencia la necesidad de transmitir los esfuerzos provenientes del cerramiento a la estructura principal. La respuesta se encuentra en una estructura auxiliar “ligera”, fabricada comúnmente de aluminio, acero inoxidable o galvanizado e incluso entramado de madera.



Los paneles.

Es éste elemento el que determina el acabado y función de la envolvente ligera. Actualmente existe una gran diversidad de materiales y acabados manufacturados en la composición de los paneles, capaces de resistir las exigencias de funcionamiento del cierre. Dentro de estos paneles se pueden encontrar dos grandes grupos, respecto a su problemática técnica e implantación: los metálicos y los de otros compuestos, éstos últimos más novedosos pero de menor implantación.

Paneles metálicos.

Son los de aplicación más generalizada, y se utilizan en una composición de aluminio (Alucobond, Manhattan, etc.) el acero galvanizado (Formawall, Robertson, etc.) o soluciones mixtas (aluminio-acero), siendo menos utilizado el acero inoxidable o el cobre y el zinc, pues el uso depende de las empresas comerciales y el coste del material. Aunque en la mayoría de los casos se utilizan con acabados anodizados de aluminio, la mayoría de las aplicaciones se revisten de una pintura de acabado específico que necesariamente tiene que ser resistente a los movimientos de la chapa, sin posibilidad de fisurarse o de desprenderse, por lo que la dimensión es un factor determinante.

Dentro de estos paneles metálicos se encuentran los paneles unicapa, formados por una sola chapa metálica muy ligera, pero con problemas de condensaciones y dilataciones térmicas, presentando ondulaciones en su superficie. Por lo regular estas problemáticas se resuelven realizando paneles más pequeños, lo cual aumenta el número de juntas por metro cuadrado. Por otro lado, están los paneles multicapa, formados por dos chapas metálicas unidas por un material que puede ser diverso, y en base a esta condición se pueden definir dos variantes: los que son inertes térmicamente y los aislantes. Los que son inertes térmicamente, se refieren a los paneles en los que el material de unión no brinda un aislamiento térmico, dejando ésta función al trasdosado. En el caso de los aislantes, el material de unión está formado por una sustancia capaz de dotar al panel de características mejoradas de aislamiento térmico y acústico. La solución que se obtienen al resolver el aislamiento térmico conjuntamente con el acabado de fachada (cerramiento) plantea dos cuestiones a analizar: la necesidad de mantener las chapas aisladas en su borde, para evitar la generación de puentes térmicos, y el comportamiento térmico diferencial entre las dos chapas del panel (interior y exterior) que al estar a distintas temperaturas pueden generar efectos de curvatura que el material mismo puede no tolerar.

Paneles no metálicos.

Estos paneles se conforman por materiales de nueva generación, que se fabrican con tecnologías específicas de fabricación. Se pueden subdividir en tres grupos:

1. Paneles de madera de alta densidad, con espesor diverso, con unión en contrachapado y láminas de madera. Obviamente tiene mal comportamiento al fuego, y alcanza dimensiones máximas de 2.44 X 1.22m.
2. Paneles de fibra de celulosa reforzada. Tienen una alta densidad, coloreados en masa y homogéneos. Ofrece dimensiones máximas de 3.65 X 1.83m.
3. Paneles de materiales plásticos. Uno de los más conocidos está formado por la combinación de poliéster y fibra de vidrio, la posibilidad de moldeo para adaptarse a cualquier tipo de forma es una cualidad valiosa de este tipo de panel.

Los anclajes.

Los anclajes son elementos que no tienen expresión formal en la fachada, pero si en la carga tecnológica, ya que tienen como función la unión entre los paneles y la estructura auxiliar o el trasdosado. Actualmente se desarrollan anclajes capaces de permitir regular la planeidad del panel independientemente de su soporte, por lo que su calidad se define en función del ajuste, la posibilidad de montaje y desmontaje y la absorción de esfuerzos.

De la exactitud de su funcionamiento y su durabilidad se implica una construcción en materiales metálicos como el aluminio, acero inoxidable o galvanizado y alguna pequeña pieza elástica de unión.

La junta.

Ésta está pensada para resolver los problemas de transporte que se ocasionan al tratar de transportar una fachada continua, resolviendo la unión entre distintos paneles y garantizando la continuidad de los requerimientos exigidos por el cerramiento. Tiene una indiferencia posicional. Para determinar el tamaño de la junta es necesario atender aspectos relacionados con la dimensión de los paneles la orientación de la fachada, y el color del panel. Atendiendo al tipo de junta pueden presentarse dos tipos: la impermeable, misma que ofrece una estanqueidad de la junta frente a los fenómenos atmosféricos, y se utiliza regularmente un sellado con materiales como el neopreno o caucho, y la no permeable, que se desarrolla en base a las presiones dinámicas y gravitatorias, integrándose como una junta abierta, permitiendo la respiración de la fachada, a lo que se llama "fachada transventilada".

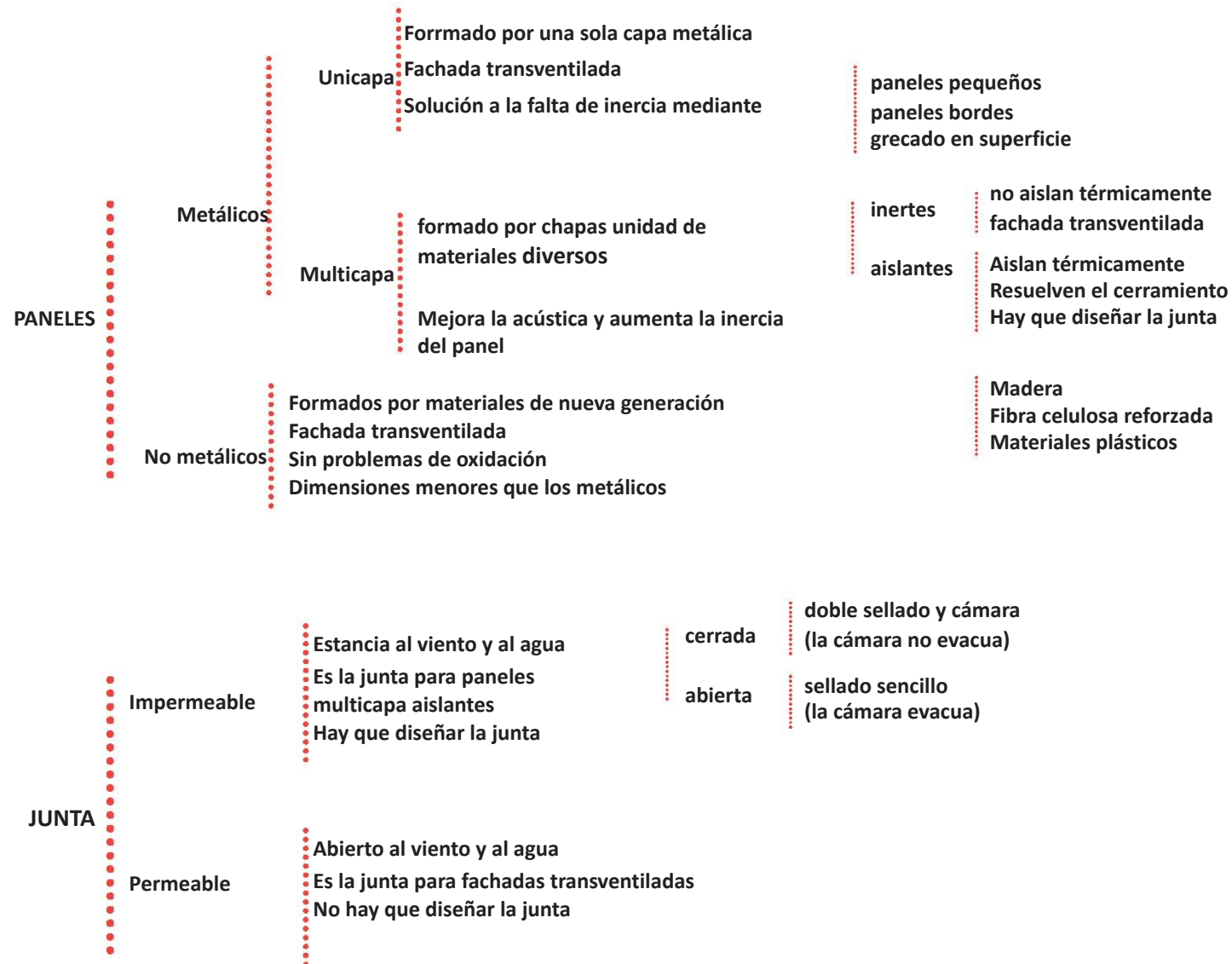


Fig. 14 Clasificación de componenetes en la envolvente ligera: fuente: creación propia con información obtenida de Tectónica (1) Envolventes. Fachadas ligeras. Ed. Tectónica. 2011



1.2.2 Sistemas constructivos Ligeros en Envolventes.

Un sistema constructivo es un conjunto, compuesto por elementos organizados, que responde a una función constructiva concreta. En el caso de sistemas constructivos de elementos para fachadas, constan de mecanismos de anclaje y fijación con especial manejo de juntas entre sí, por lo que sus características dependen, principalmente, de los materiales constitutivos de estas tres partes, su forma, procedimiento de ejecución y su comportamiento con el paso del tiempo.

El tamaño de los elementos constitutivos de una envolvente depende de muchos factores. Los medios de producción, los procedimientos de corte o fabricación, las características físicas y mecánicas del material constitutivo y los medios de transporte, elevación y manipulación y tecnología constructiva condicionan el diseño y utilización de un sistema constructivo en un edificio determinado.²¹

La forma de los elementos está limitada por la tecnología de corte o moldeo, de las necesidades formales del diseño y del sistema constructivo.

Por otra parte, el material constitutivo de los elementos depende de la disponibilidad de materias primas, los requisitos constructivos, compositivos, estructurales y de la tecnología de fabricación y ejecución disponible en un lugar y un momento concretos. Otros condicionantes de selección del sistema constructivo utilizado en una fachada son de tipo estético, de entorno cultural, arquitectónico y urbanístico.

En los sistemas constructivos de paneles para fachada actuales se tiende a separar las funciones de soporte y estanquidad en los anclajes y las juntas respectivamente. Así, los paneles, que se producen en planta, constituyen la mayor parte de la fachada, sin embargo las fijaciones y juntas se realizan in-situ. El uso de materiales diferentes al de los paneles, más la diferencia de ejecución en planta e in-situ, hacen de los anclajes y las juntas los puntos más débiles del sistema.²²

Tipología de sistemas constructivos de paneles para fachada.

Los sistemas constructivos

Paneles para fachada se pueden clasificar en función del tipo de paneles que lo constituyen. Se pueden establecer diferentes categorías según su función resistente, portante, peso.

, composición, configuración, su posición con respecto a los elementos estructurales lineales y su material constitutivo

Por su función resistente.

Los paneles pueden ser capaces de transmitir acciones verticales, acciones horizontales (perpendiculares a su plano), o no estar diseñados para transmitir acciones diferentes a su peso propio y a la acción del viento sobre su superficie.

Por su función portante.

Los paneles pueden ser portantes, auto portantes o no portantes. En el caso de las fachadas portantes, los paneles soportan su propio peso, el peso de los paneles situados en niveles superiores y parte de las cargas gravitatorias de los forjados, mientras que las fachadas auto portantes, los paneles de los niveles inferiores soportan el peso de los paneles superiores, pero no cargas gravitatorias y en los no portantes, cada panel transmite su peso directamente a la estructura.

Por su peso.

Los paneles se pueden clasificar en pesados y ligeros, según dependiendo si pesan más o menos de 200 kg/m². Las fachadas pesadas son principalmente las compuestas por paneles de hormigón, mientras que las fachadas ligeras pueden estar constituidas por paneles de chapa de acero, hormigón ligero, GRC, plásticos reforzados con fibras, laminados de madera, vidrios, etc.²³

Por su composición.

Los paneles de fachada se pueden clasificar en dos tipos: homogéneos, constituidos por una capa y multicapa, formados por varias capas de diferentes materiales. Los paneles homogéneos son fundamentalmente elementos de forro exterior que tienen que completarse con trasdosados in-situ e inclusión de materiales aislantes. Los paneles multicapa llevan incorporado el material de aislamiento y el acabado interior y exterior, por lo que sólo es necesario la fijación y ejecución de las juntas in-situ.



Por su configuración.

Los paneles se clasifican como cerrados o abiertos. Los primeros son paneles de dimensiones suelo - techo y suelen incorporar las carpinteras. Los paneles abiertos pueden adoptar tamaños y formas muy variadas, que pueden ir desde los sencillos paneles de peto hasta elementos de tipo macro celosía.

Por su posición respecto a los elementos estructurales lineales.

Los paneles pueden ser pasantes verticalmente (fijados a elementos estructurales lineales verticales), pasantes horizontales (fijados a elementos estructurales horizontales como forjados o vigas de borde) o insertados.

El desarrollo de los sistemas prefabricados tiende a incrementar de tamaño de los paneles, la reducción del peso propio y los paneles multicapa, también llamados paneles sándwich, incluyendo el acabado exterior, el aislamiento y el trasdosado en las piezas prefabricadas.

Los sistemas más avanzados incluyen chapas o laminado de piedra como acabado exterior (hormigón prefabricado laminado), pandeado metálicos de aluminio o acero y una subestructura de acero o técnicas de pretensado que permiten fabricar paneles de varias alturas.²⁴

El uso de hormigones ligeros permite reducir el peso de los paneles y aumentar el aislamiento térmico, aunque también aumenta la permeabilidad al agua, reduce la resistencia mecánica y encarece el costo final.²⁵

Juntas en sistemas de paneles para fachada.

Las juntas son los encuentros entre los paneles de fachada. Son consecuencia de la limitación, de su tamaño, por lo que cuanto más grandes son los paneles, menor es el número de juntas. Por otra parte, mientras que dichas piezas se producen en fábrica y pueden someterse a estrictos controles de calidad, las juntas se ejecutan insitu, por lo que son más difícilmente controlables. Por esta razón, son el punto del sistema constructivo más sensible a errores de ejecución y, por tanto, a fallas funcionales.

Las juntas entre paneles de fachada deben de cumplir una serie de requisitos, tal y como lo establece la normativa internacional ISO 3447²⁶ referente a uniones y juntas en general. Específicamente, las cuestiones más importantes a tener en cuenta son:

Mantener las mismas características de los paneles en cuanto a cumplimiento de las exigencias funcionales para fachada y, en especial, del aislamiento acústico, higrotérmico y de comportamiento frente acciones de fuego.

- Garantizar la estanquidad al agua y el viento.
- La estanquidad frente al agua, viento y el aislamiento higrotérmico ha de resolverse mediante elementos diferentes dentro de la junta, de manera que una falla local no se generalice.
- El aspecto de las juntas ha de ser tal que mejore los valores plásticos del cerramiento, realizando un oportuno tratamiento arquitectónico.
- Compensar los movimientos producidos por las oscilaciones de la temperatura y los asentamientos.
- Absorber las diferencias dimensionales, dentro de las tolerancias de fabricación y montaje.
- Posibilitar la reparación o reposición económica de los materiales que las constituyen.
- Permitir y colaborar en las funciones portantes de los paneles. el incremento del costo de los sistemas de arriostramiento a acciones de viento y el efecto del cerramiento compuesto por paneles en la respuesta dinámica de los edificios.²⁷

Los sistemas de paneles para fachada son habitualmente definidos como elementos no estructurales y no forman parte del sistema resistente de los edificios. En contra de esta interpretación, numerosos estudios han demostrado que las fachadas prefabricadas contribuyen de manera apreciable en la resistencia de los edificios a acciones horizontales.²⁸

Los métodos de análisis estático que se establecen en la normativa, no reflejan la realidad del comportamiento dinámico de los edificios a acciones dinámicas.



Sin embargo los métodos de análisis dinámico que contemplan el amortiguamiento, los desplazamientos y el balance energético, permiten diseñar mecanismos que respondan a las acciones sin aumentar las secciones de los elementos estructurales.²⁹

La localización óptima de los sistemas de amortiguamiento se sitúa en el perímetro de los edificios. Al aumentar el amortiguamiento de un edificio se reduce el desplazamiento diferencial entre forjados y, por tanto, el daño cuando se ve sometido a acciones dinámicas horizontales. Elsser propone que el diseño de los cerramientos por paneles se ha de coordinar con el sistema de amortiguamiento para conseguir mejorar el comportamiento.

De acuerdo con Arnold (1989), existen diferentes niveles de contribución de un cerramiento compuesto por paneles en la respuesta del edificio a acciones horizontales:³⁰

Separación teórica de los paneles con la estructura.

Se trata de los sistemas convencionales de fijación de paneles no portantes. En teoría, los anclajes separan la estructura con el cerramiento, impidiendo que los desplazamientos diferenciales entre los diferentes forjados provocados por cargas horizontales induzcan tensiones en los paneles. Pero los anclajes tienen una cierta rigidez para mantener los paneles en su posición, por lo que, en un edificio con cientos de anclajes, la separación no es completa. Siempre se transmiten tensiones entre estructura y cerramiento, con lo que la rigidez del edificio es mayor que la teoría de diseño.

Contribución accidental.

En los sistemas teóricamente separados donde las fuerzas actuantes son mayores a las de diseño o la separación entre los paneles menor que la de diseño, pueden producirse contactos entre paneles o entre paneles y estructura. La contribución es, en este caso, incontrolada y modifica el comportamiento del edificio.

Amortiguamiento o rigidez controladas

Los elementos de fijación de los paneles a la estructura están diseñados de tal manera que modifican el amortiguamiento o la rigidez del conjunto.

Contribución estructural completa

Los paneles y la estructura integran un sistema compuesto, en el que cada elemento lleva a cabo una tarea específica. El cerramiento puede tener funciones portantes, con lo que su contribución total está garantizada.

En teoría, el cuarto nivel de contribución es el más económico y el que tiene el mejor comportamiento dinámico, ya que el cerramiento pierde su carácter de carga permanente y pasa a formar parte del sistema estructural. *“En la práctica, este nivel es de difícil consecución y, actualmente, el primer nivel de contribución es más económico, aunque no el más eficaz. Los estudios realizados en otras estructuras sometidas a acciones dinámicas, tales como las aeronaves o los automóviles, han producido la evolución desde el primero al cuarto nivel. Los sistemas de paneles para fachada que se utilizan en la actualidad son comparables con las estructuras de madera de los aviones de los años 20”.*³¹

Anclajes avanzados como sistema de amortiguamiento pasivo.

Los paneles de fachada se fijan a la estructura del edificio mediante anclajes. Suelen ser metálicos y se sitúan cerca de los vértices de los paneles, se colocan cuatro anclajes por panel, aunque pueden ser más en el caso de paneles de forma alargada, ya sea horizontal o verticalmente. Las funciones de estos anclajes son principalmente.³²

- Fijar los paneles a la estructura, evitando su caída, vuelco o, simplemente, su movimiento respecto a su posición de diseño, dentro de un margen determinado.
- Permitir la colocación, replanteo y fijación de los paneles en obra.
- Soportar el peso propio, en el caso de paneles no portantes.
- Transmitir los esfuerzos producidos por las acciones horizontales.
- Absorber las deformaciones producidas por las variaciones higrotérmicas.
- Absorber las deformaciones producidas por los movimientos de la estructura, debidos, por ejemplo, a asientos diferenciales, deformaciones diferidas.

Para cumplir estas funciones, los anclajes han de tener una cierta rigidez para evitar desplazamientos importantes del panel y una cierta ductilidad, para poder absorber las deformaciones.

Con la evolución de los sistemas en envolvente y los materiales, también han cambiado los sistemas constructivos, muchos de ellos son más complejos y trabajan acorde toda la envolvente, el sistema constructivo se define en base al diseño, dimensiona de módulos, peso, materiales, diseño por viento, también depende de la tecnología con la que se cuenta y de la creatividad del diseño.

Los sistemas constructivos representan la materialización de todas las ideas, criterios y estrategias bioclimáticas, la óptima fabricación, montaje y puesta en marcha de sistemas envolventes constituyen el éxito su funcionamiento. Es por eso que en este apartado se



tratan diferentes tipos de sistemas constructivos aplicados a envolventes utilizados en la actualidad, con el fin de analizar su posible aplicación en edificios existentes, tomando en cuenta la ligereza estructural y conductividad térmica.

Los sistemas en envolventes siguen la línea de evolución de los procesos constructivos, que requieren mano de obra especializada y trabajo en equipo de varias ingenierías; a continuación se describen los sistemas más utilizados en envolventes.

El sistema de doble fachada consiste en dos paredes de vidrio separadas por una cavidad de aire, la fachada principal tiene propiedades aislantes y el espacio de aire entre ambas funciona como protección contra las temperaturas extremas, viento y sonido, los dispositivos de control solar y varios elementos pueden ser integrados, en diferente número, formas y materiales. Existen variaciones en este sistema donde el espacio de aire encapsulado y permite mejorar el flujo de aire, control del sonido y otros beneficios; esta cavidad puede ser continua en sentido vertical dividido por cada losa de entrepiso o puede ser dividida en sentido vertical con el fin de tener protección contra fuego y aislar mejor el sonido.

Un ejemplo de variación de este sistema, consiste en dos capas de de vidrio montadas de 250 a 750 mm de separación aproximadamente, con un espacio de aire entre ambas, éste es el sistema más viejo y ha sido usado por cerca de 100 años, desarrollada antes del vidrio aislante sin reducir la cantidad de luz que entra al edificio, un ejemplo actual es centro Químico Occidental Hooker Building en Niagara Falls de Nueva York.³³

Una alternativa con fines de extracción y manejo de aire consiste en un sistema de envolvente principal con vidrio aislante y una segunda piel interior con vidrio convencional donde el espacio de aire entre ambas, tiene una función de aire acondicionado, el aire caliente se extrae del interior por medio de una cámara plena en el plafón y se conduce a la cavidad por medio de ventiladores, después se envía al exterior a través de la cavidad entre las dos fachadas, mientras que la fachada aislante exterior minimiza la transmisión de calor, este sistema es utiliza cuando la ventilación natural no es posible en sitios con mucha contaminación, ruido o fabricas, también se pueden implementar dispositivos de sombra en el interior del sistema, un ejemplo es el Helicón en Londres Inglaterra.

Un sistema de doble fachada también puede formarse a partir de un sistema cortina en el exterior, ésta funciona primero como protección solar de los sistemas integrados en la cavidad de aire y la fachada interior funciona entonces como

aislante para minimizar la ganancia de calor; así las ventanas del interior pueden ser abiertas mientras que la piel exterior funciona como regulador de temperaturas extremas, las ventanas abiertas durante la noche permiten la pérdida de calor dentro del edificio también funciona con el sistema de aire.

Una envolvente multifuncional y un sistema híbrido combinan una o más de las características básicas para formar un nuevo sistema, un ejemplo de esta fachada es el edificio RWE en Alemania y el Tjibaou Cultural Center of New Caladonia.

La envolvente doble con cavidad no dividida tienen en la parte superior un sistema de extracción de aire caliente que funciona en verano para mantener fresco el interior y en invierno permanecen cerradas para mantener el calor, un ejemplo es el edificio Telus Farrel Building en Vancouver.

Mientras que las fachadas moduladas en sentido horizontal tienen un mejor aislamiento de sonido, evitan el sobrecalentamiento, brindan un mejor control por zonas o áreas, protección contra fuego y también generan un gasto menor en el sistema y es más eficiente la ventilación natural, un ejemplo de fachada dividida es el edificio RWE de Alemania.

“Con la evolución de los sistemas en envolventes y nuevos materiales, también han cambiado los sistemas constructivos, muchos de ellos son más complejos y trabajan con el funcionamiento de toda la envolvente, el sistema constructivo se define en base al diseño, dimensiones de módulos coherentes con el peso, materiales, también se diseñan por viento, sin embargo su manufactura depende de la tecnología con la que se cuenta y de la creatividad de arquitectos y habilidad de ingenieros”.³⁴

Ahora bien, tomando en cuenta lo anterior, es importante también considerar en las edificaciones existentes, el estado de la estructura principal, para que en base a esto se pueda determinar una modulación adecuada.



1.2.3 Soluciones que la industria actual ofrece

En la actualidad existe a disposición de cualquier profesional de la arquitectura o la construcción un amplio universo de opciones a elegir entre revestimientos contemplados para la fabricación de envolventes ligeras. Dentro de la investigación de productos y servicios que ofrece el mercado, se identificaron cinco variantes según sus características:

Fachadas singulares: Reune a las empresas especializadas en la construcción de envolventes ligeras de acuerdo a las necesidades del cliente, asesorándolo desde el proyecto previo hasta la ejecución. (tabla 1.2)

Materiales: elementos simples que deben combinarse entre sí para la formación del cerramiento, pudiendo ser manipulados directamente a pie de obra.

Chapas Nervadas: paneles ligeros monocapa, aptos para el revestimiento de fachadas transventiladas, aisladas o sin aislar.

Paneles sándwich: productos con mayor complejidad técnica que resuelven, en una sola pieza y sin necesidad de trasdosado.

Sistemas: encierra diversos revestimientos prefabricados que ofrecen una solución integrada para la formación de envolventes.

Materiales	Descripción	Chapas Nervadas	Descripción	Páneles Sándwich	Sistemas	Descripción
A- Look	núcleo de polietileno revestido de aluminio en ambas caras	Europafil	Acero galvanizado, con acabados de plastisol, PVDF, prelacado poliéster y duranar	Aspersa	Alumetal	Bandejas de aluminio, prelacado al horno
Acero Vitrificado	chapa de acero (inoxidable o no)	GT1	Acero galvanizado, con acabado de PVDF y duranar	Formawall 1000	Luxalon 84 R	Lamas de aluminio, prelacado al horno
F22	chapa de aluminio	Inespal	Aluminio con acabado anodizado, gofrado rugoso	Glamet A38-P1000-G4	Luxalon	Paneles de aluminio con núcleo de nido de abeja
Alpolic	núcleo de polietileno revestido de aluminio en ambas caras	Intertelha PS/IT 114	Acero galvanizado, acabado natural lacado en color opcional	Luxalon	Paneles múltiples	Paneles engatillados de aluminio, prelacado al horno.
Alucobond	núcleo de polietileno revestido de aluminio en ambas caras	Onduline	De fibras naturales y vegetales, color en masa	Guardian	Pohl Europanel	Bandejas de aluminio, latón, cobre y bronce.
Composite Rheinzink	núcleo de resina termoplástica revestida interiormente de aluminio / ext de cobre, zinc y titanio.	RV-48	De acero galvanizado, acabado en aluzinc, y policolor.	Paroc	Schüco C4	Bandejas de aluminio. Anodizado.
Alucore	panel multicapa de aluminio, núcleo en nido de abeja revestido por dos capas del mismo material	Tolmega	Acero inoxidable, acabado pulido brillante.	PC-1000 PF1000	Schüco K3 Inox	Bandejas de acero inoxidable. Acabado natural.
Glasal	lámina inorgánica revestida con fibra	Minionda Naturvex	Fibrocemento reforzado con fibras naturales de crisotilo y plásticas	Perfrisa	Vetisol Clin	Placas machihembradas de poliestireno, con chapa de aluminio.
Lexan	Polycarbonato termoplástico reforzado con fibra de vidrio.			Plus Perfrisa		
Max Exterior	laminado de alta presión a base de celulosa y resinas sintéticas			Promisol 1004B		
Parklex 1.000	tablero estratificado tratado con resinas fenólicas			Promisol Fi4CN		

Tabla 1.1 Revestimientos comerciales, para la fabricación de envolventes ligeras. Fuente: creación propia, con información obtenida de ALEJANDRO DE LA SOTA, "Tectónica, Fachadas Ligeras 1" 2011



En cuanto a empresas dedicadas a la fabricación de envolventes ligeras se tiene:

Empresa	Descripción
Kawneer	Dispone de doce tipos de fachadas y muros cortina de aluminio y fachadas mixtas sobre estructuras primarias de madera o acero. Tienen más de 80 soluciones personalizadas.
Bellapart	Empresa catalana, dedicada a la concepción y realización a medida de todo tipo de cerramientos, empleando sistemas patentados de muro cortina con perfiles de diseño propio, normalmente de aluminio extruido.
Marla	Elabora estudios y proyectos de fachadas ventiladas que fabrica a base de paneles en acero cortén, latón, bronce, zinc, cobre, aluminio anodizado, chapa galvanizada u otros materiales metálicos con acabados esmaltados.
Inasus	Firma especializada en el proyecto y ejecución bajo pedido de acuerdo a lo requerido por el cliente, utilizando modelos patentados. Controla el montaje de fachadas desde la concepción de los perfiles estructurales hasta los perfiles de aluminio extruido.

Tabla 1.2 Empresas dedicadas a la fabricación de envolventes ligeras. Fuente: creación propia, con información obtenida de ALEJANDRO DE LA SOTA, "Tectónica, Fachadas Ligeras 1"2010

En las tablas anteriores (tablas 1.1 y 1.2) se puede observar la gran variedad de modelos patentados actualmente por la industria constructiva, que a pesar de formar parte de las opciones que un arquitecto puede solicitar para la fabricación de una envolvente ligera, no cuentan con gran variedad de materiales, es notable el uso continuo del aluminio, acero galvanizado, y materiales compuestos para la obtención de un material que se comporte con la resistencia deseada. Y es éste último aspecto el que sobresalta la ausencia de un análisis térmico.

La industria constructiva dedicada a la fabricación de envolventes ligeras se ha enfocado a una producción en serie que permita a las nuevas construcciones llevar a cabo soluciones prácticas y técnicamente eficaces, contemplando costos y soluciones constructivas ágiles, lo cual puede valorarse como una aportación a la productividad.



Fig. 15 Material: Acero Vitrificado. Fuente: Tectónica (1) Envolventes. Fachadas ligeras. Ed. Tectónica.



Fig. 16 Chapas nervadas: RV-48

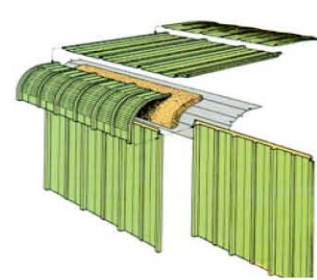
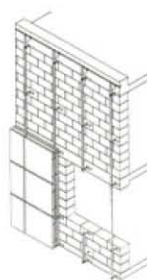


Fig. 17 Paneles sándwich: Glamet A38_P1000_G4

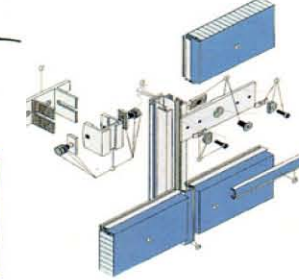


Fig. 18 Sistema: Luxalon Fachada Ventilada / sub estructura de anclaje.



Sin embargo, la construcción actual necesita, además de soluciones que aumenten la ganancia económica, soluciones que permitan recuperar la mayor parte de la construcción existente.

En conclusión.

En las soluciones de envolventes ligeras se manifiesta la gran lejanía que existe entre la ligereza y el control térmico, ya que todas las soluciones que exponen los modelos mencionados anteriormente contemplan la fabricación de elementos que puedan generar envolventes premontadas, y aunque se contempla la ligereza, no se destaca ni se considera el aspecto más importante, al igual que el control térmico, ya que los materiales empleados así como las sub estructuras que se necesitan añadir en algunos de ellos generan puentes térmicos que desfavorecen el comportamiento térmico de la envolvente en general.

Está claro que las condiciones de las envolventes existentes en el mercado están pensadas hacia la nueva construcción, en la que se pueda diseñar y ejecutar sin restricciones. Lamentablemente, aunque muchos de los modelos existentes tienen la viabilidad de aplicarse en una edificación existente, no tendrían la capacidad de respetar el contexto de la misma.

Por otro lado, a pesar de que existen diferentes sistemas para la elaboración de envolventes ligeras, como los materiales, las chapas nervadas, y paneles sándwich, ninguno de ellos contempla los espacios translúcidos de las envolventes. Es decir, son soluciones específicas para los macizos, y podría deducirse que son así porque están pensadas para una fachada nueva, con vanos determinados y pensados para recibir una fachada prefabricada, dejando de lado la visión ante una utilidad en la rehabilitación. Sería cuestión del diseñador y/o constructor pensar en una aplicación como el "revestimiento" en una envolvente existente utilizando los modelos presentes en la industria (tabla 1.2), no obstante, al no considerarse una ligereza y la generación del control térmico dentro de sus características.. ¿qué sentido tendría rehabilitar cualquier envolvente?.



1.3 Rehabilitación de Envolventes

El Reutilizar un edificio existente es una de las estrategias más sostenibles que podrían implementarse en el ámbito de la construcción existente. Se reducen los materiales, la energía, y la contaminación generada en la construcción³⁵

En la actualidad, la rehabilitación de la envolvente no representa más de un medio de la producción del sector de la construcción, pero prevé que este aproximado aumente a medida que aumenta la población, y el conocimiento de las ventajas que se obtienen. Los propietarios y los usuarios son los más aventajados obteniendo: confort, salud, eficacia, calidad estética en algunos casos, prestigio y valor, además de menos costo en las fluctuaciones del precio de la energía.

Los aspectos económicos de medidas de ahorro energético en vivienda, son temas de estudio que ya tienen mucha ventaja ante los temas que alberguen el estudio de edificaciones de mayor altura o superficie.

En las ocasiones en que existe la posibilidad de decidir entre rehabilitar un edificio existente o construir o comprar una nueva edificación; es importante considerar si es posible conseguir el ambiente interior deseado, cuánta energía se podría ahorrar, cuánto podría reducirse la emisión de CO₂ u otros contaminantes, se implica algún riesgo añadido, saber se requerirá un mantenimiento adicional, considerar los beneficios que podrían adquirirse en relación a la energía, y sobre todo analizar la rentabilidad de la intervención. En base a lo anterior, el Presidente de la Comisión de Preservación del Medio Ambiente, Protección Ecológica y Cambio Climático, de la ALDF, comentó que “Los edificios que sus propietarios adapten para considerarlos sustentables,... a través de energía solar... entre otras características gozarán de incentivos fiscales muy importantes.”³⁶

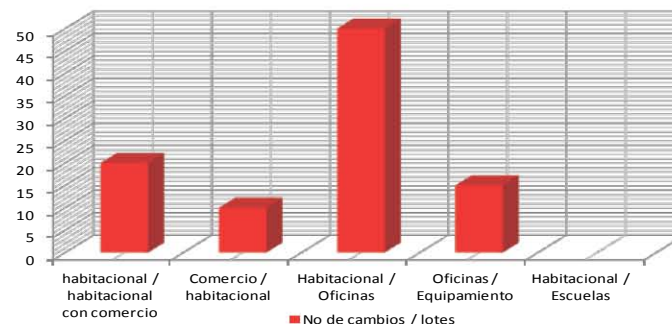
Según la Gaceta Oficial del D.F. se tiene que: “La revitalización económica y urbana iniciada a finales del siglo XX ha generado un mejoramiento progresivo del sitio y que en los últimos años se ha extendido hacia las áreas del sur poniente y sur oriente, propiciando la participación de un mayor número de propietarios, inversionistas, asociaciones civiles e Instituciones de Asistencia Privada en la rehabilitación de edificios y apertura de nuevos negocios, incluyendo la habilitación de inmuebles para vivienda. Habrán de potenciarse los estímulos fiscales y generarse facilidades administrativas para sostener estas acciones, sobre todo en las zonas donde se está comenzando a detonar la revitalización urbana y económica”.... “Deberá provocarse en todos los ámbitos de la propiedad inmobiliaria, la rehabilitación de los edificios y la asignación de destino que permita su aprovechamiento y mantenimiento”³⁷

1.3.1 Cambio de uso del edificio habitacional / Oficinas.

En México, D.F., los edificios de Oficinas existentes que se encuentran en un uso desmedido de infort y continuo desperdicio de energía representan el universo de casos que determinan que aproximadamente el 50% de las edificaciones verticales destinadas a un uso habitacional, adquieren actualmente un uso de oficinas, provocado por varios factores económicos, sociales y culturales, debido a que la política de zonificación urbana ha cambiado, sin dejar de lado la gran facilidad que se ha otorgado en algunas colonias por parte de la Ley de Desarrollo Urbano (LDUDF), así como el Programa General de Desarrollo Urbano, para el cambio de uso de suelo.

Los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano (PDDU), los Programas Parciales y las normas de ordenación tanto generales como particulares, establecen las condiciones de ordenación territorial basados en el Programa General de Desarrollo Urbano, entre otras cosas establecen los usos de suelo permitidos en cada una de las zonas, la mayoría de los PDDU datan de 1997 y a la fecha se han sido actualizados los planes de Venustiano Carranza (2004), Magdalena Contreras (2004), Benito Juárez (2005) y Xochimilco (2005), entre otros.

“El área de este Programa presenta en los últimos años importantes cambios en los usos de suelo, principalmente de habitación a comercio, oficinas y equipamientos educativos. Esto ha llevado a una reducción de la población que habita en la zona y a que exista una intensa actividad durante todos los días de la semana a excepción del domingo. La población flotante son principalmente empleados y estudiantes.”... “El mayor número de predios que cambiaron su uso en estos últimos años fueron los que pasaron de uso habitacional unifamiliar-plurifamiliar a oficinas, la realización de actividades productivas en el interior de las casas habitación y la expansión de los servicios educativos. “Un estudio realizado arroja la siguiente información respecto al uso del suelo.”³⁸



Gráfica 2 Cambio de usos del suelo en el D.F

Fuente: Creación propia con información de la Gaceta Oficial de D.F No 133



1.3.2 Rehabilitación de la envolvente en el ámbito Internacional.

Madrid. Aislamiento en edificios: Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios

Se trata de una colección de guías técnicas centradas en cada tipo de material aislante y están dirigidas a los profesionales del sector de la edificación, con información más detallada en el plano técnico.³⁹

Se puede solicitar la versión impresa a través del Departamento de Publicaciones o descargarse los PDF's que están disponibles en la Web de ANDIMAT (Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes), a través de los enlaces:

- Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Expandido
- Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Extruido
- Soluciones de Aislamiento con Poliuretano
- Soluciones de Aislamiento con Acristalamiento y Cerramiento Acristalado
- Soluciones de Aislamiento con Espumas Flexibles
- Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral

Suiza. Fachada invernadero en Spiez

Este edificio, construido en los años setenta, alberga las oficinas administrativas de una gran empresa de suministro de electricidad. Recientemente se ha realizado una drástica renovación del mismo, añadiéndole un muro cortina de acero galvanizado.

El uso de un muro cortina en esta construcción ha resuelto simultáneamente los problemas de renovación de la fachada existente, que no cumple con los actuales requerimientos de aislamiento térmico convencional, de aislamiento acústico del edificio y de contaminación.



Fig. 19 Fachada invernadero. Suiza.



Fig. 20 Las Casa Zúrci, Hamburgo



Fig. 21 Las Casa Zúrci, Hamburgo

Cuando se planificó la modernización del exterior del edificio, los socios del negocio adoptaron una solución nueva y poco convencional. Se suspendió una “piel de vidrio” delante de la fachada existente, que ofrece protección eficaz frente al ruido y la polución que generan el denso tráfico a la Estación de Ferrocarril de Spiez y la carretera principal que bordea el edificio.

La estructura de acero acristalada del muro está constituida por pilastras rígidas de pletinas de acero, que están fijadas a la fachada existente de hormigón y que se proyectan hacia el exterior en un plano inclinado mediante perfiles horizontales en voladizo y ménsulas. La estructura completa se fabricó por elementos independientes, siguiendo un plan lógico, y se montó en obra mediante uniones atornilladas. De esta manera fue más fácil aplicar la protección frente a la corrosión antes del montaje de los elementos y, en segundo lugar, todas las imprecisiones dimensionales de la subestructura existente pudieron compensarse.

La dimensión modular del antiguo entramado estructural de hormigón se asumió de forma lógica. Las rejillas o entramados que se apoyan en ménsulas horizontales, sirven para proporcionar sombra y facilitar las operaciones de limpieza. Todos los perfiles de la estructura del muro cortina expuesta a la intemperie y todas las rejillas del perímetro de dicho muro se ha protegido frente a la corrosión de forma durable y económica mediante galvanización en caliente.⁴⁰

Las Casa Zúrci, Hamburgo

Una compañía de seguros con sede en Zúrci ha construido una nueva oficina de gran interés en Hamburgo, Alemania, en una vía concurrida (la East-West) que cuenta con ocho carriles para el tráfico. La Casa Zúrci tiene un muro cortina curvo de cuatro plantas de altura que la protege del ruido y los gases de escape.



Esta fachada, transformada en un jardín de invierno en toda la altura del edificio, ha recibido el nombre de “la banana” por su forma curva. Un basamento de dos plantas de altura, de hormigón armado revestido de ladrillo, sirve de apoyo a esta fachada. Por otra parte, la construcción tiene otros dos jardines de invierno, también de la misma altura que el edificio, situados entre las tres alas de oficina. Estos jardines están aislados de la calle Domstrasse por una fachada de vidrio que recubre las cinco plantas superiores y van cubiertos por un techo abovedado de vidrio de 22 m de altura.

La estructura portante primaria de la fachada en forma de “banana” consiste en 12 pilares encastrados, cuyas bases están provistas de una bisagra para permitir una cierta variación de su inclinación, mientras que sus cabezas están ancladas en su parte posterior al núcleo de hormigón del edificio mediante vigas transversales en U 300/100. Estos soportes de la fachada están compuestos por dos mitades de un perfil de ala ancha (IPB 300), unidas ala con ala por medio de perfiles horizontales de sección en T. Las vigas que sustentan el acristalamiento de esta cubierta, con forma de dientes de sierra y sección ligeramente decreciente, están soportadas por las vigas transversales de cabeza. La estructura portante primaria de la fachada se estabiliza por medio de arriostramientos situados dentro del arco de la fachada, realizados mediante barras de selección circular de 30mm y fijadas a ambas alas de la fachada por medio de anclajes de edificio.

La ejecución de la estructura de las fachadas de los otros dos jardines de invierno es similar la de la “banana”. La fachada de vidrios en toda la altura, requirió sin embargo un cierto refuerzo a una cota de 18,5m sobre el terreno, a causa de su considerable superficie expuesta a la acción del viento (más de 22 m de ancho por 14,20 m de alto). Esto se realizó mediante una viga horizontal atirantada mediante barras, firmemente ancladas al edificio en uno de sus extremos y dotada de apoyo desplazable longitudinalmente en el otro extremo.

Esta viga, que es doble al igual que los pilares, está constituida por dos perfiles 260 x 150 obtenidos por soldadura de chapas, unidos entre si mediante montantes verticales.

Las vigas curvas de la cubierta se han realizado en dos mitades para facilitar su fabricación, el manejo, el transporte y la galvanización.

Sede central del CDU en Berlín

El partido político alemán, el CDU, se trasladó recientemente a sus nuevas oficinas federales en el barrio gubernamental de Berlín. “La Casa Konrad Adenauer”, como se la denominó, está bordeada en un lado por el Canal Landwehr y la calle Cornelius Strasse, y en el otro lado por el tramo de la Klingelhö ferstrasse que conduce a la Columna de la Victoria⁴¹

Del mismo modo que en los edificios existentes del entorno, la altura máxima del edificio ha sido limitada a 18 m (cinco plantas sobre el nivel de la calle). Las oficinas del CDU están divididas en tres secciones, concretamente: el ático con dos plantas abuhardilladas de forma oval, el cuerpo central del edificio igualmente oval constituido por cuatro plantas tras el cerramiento de vidrio y, finalmente, la base del edificio en forma de rombo que está revestida de piedra caliza y con puertas acristaladas. El edificio adopta la forma de rombo solar urbano en el que se asienta.

Como resultado de este diseño, los arquitectos han conseguido un aspecto y una iluminación óptimos para las oficinas, y al mismo tiempo han separado el edificio lo más posible de los solares adyacentes. Para acceder a las oficinas del CDU se dispone entre otras de una escalera exterior que conecta la planta baja con la planta primera. Bordeando todas las plantas se sitúan galerías de acceso en torno al patio de luz de forma prezoidal que se prolonga hacia abajo mediante una cubierta ligera y transparente que forma un jardín de invierno no calefactado. Este jardín hace función de tampón acústico y térmico entre el corazón del edificio y la fachada exterior. La estructura portante de acero galvanizado en caliente de esta fachada aislante está formada por soportes verticales de cuatro plantas de altura con travesaños en sus cabezas que los conectan con la fachada principal del edificio. El acristalamiento es de 12 mm de espesor.

Bayer AG en Wuppertal

La carretera B7 entre Hagen y Dusseldorf, Alemania, atraviesa la ciudad de Wuppertal en un tramo de al menos 15 km. Es una de las carreteras más transitadas de la región. Por ello, con la intención de reducir los inconvenientes del ruido, el polvo y los gases de escape de los automóviles, Bayer AG ha protegido una fachada existente cerca de su puerta número 3, añadiéndole un muro cortina de vidrio y acero de 12 m de ancho por 12 m de alto.



Fig. 22 Sede central del CDU en Berlín



Fig. 23 Bayer AG en Wuppertal



El nuevo muro cortina aísla ocho grandes ventanas de dos plantas y las protege de la calle, de su ruido y de sus humos. Está apoyado sobre tres filas de vigas perforadas en voladizo, con nueve vigas por fila, a una distancia de aproximadamente un metro de la vieja fachada. Las filas se conectan unas a otras verticalmente en el lado que mira a la calle, por medio de nueve barras de suspensión de 80 mm de diámetro. Las filas se conectan unas a otras verticalmente en el lado que mira a la calle, por medio de nueve barras de suspensión de 80 mm de diámetro. Las vigas en voladizo están unidas horizontalmente en los tres niveles (superior, inferior y central) con perfiles huecos de sección rectangular, sobre los que se apoyan paneles de rejillas de acero para facilitar las operaciones de mantenimiento y limpieza.

El frente del muro cortina, en su cara exterior que da a la carretera, ha sido cerrado con una retícula de 8 x 8 paños de vidrio casi cuadrados, cada uno de los cuales está sujeto por sus cuatro esquinas. El techo, el fondo y las dos superficies laterales de esta fachada saliente también se han cubierto mediante paños de cristal.c

1.3.3 Rehabilitación de la envolvente en México.

Pascal Arquitectos - Méxic. Renovación de envolvente del edificio "Gor"

La intervención en este edificio de veinticinco años de antigüedad responde a la decadencia de los materiales originales, a la necesidad de introducir mejoras termo-acústicas y al objetivo de dotar al edificio de una imagen actualizada.

La obra se llevó a cabo sin desocupar las oficinas. Las mejoras termo-acústicas se resolvieron con una envolvente hermética, una doble fachada de aluminio, parasoles horizontales de madera melaminizada (Prodema) y cristal laminado con una película de polivinil-butilo. Los parasoles están sujetos por perfiles de aluminio anclados a la estructura mediante ménsulas de acero cada 1.22m.⁴²

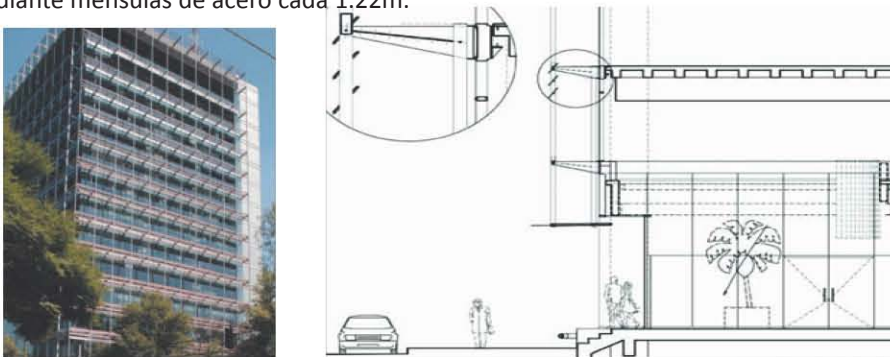


Fig. 24. PEdificio "Gor." Fachada y detalle constructivo. Fuente: <http://www.arkinetia.com/Brevart88>.

1.3.4 Técnicas de rehabilitación de envolvente actuales.

Ejemplos de estimación de ahorros

Cuando llega la hora de renovar la fachada de un edificio, sea cual sea su uso, no solo debemos tener en cuenta los aspectos puramente estéticos que afectan a enfoscados y pinturas. Si la intervención requiere la colocación de andamios (uno de los costes mas importantes en la reparación de una fachada), es muy recomendable la mejora de las características de eficiencia energética y así conseguir importantes ahorros en las facturas de las compañías energéticas.

Tal como comprobaremos en este sub capitulo, dependiendo de los tipos de fachadas existentes, las facturas energética se reducen en la mayoría de le los casos en porcentajes muy superiores al 50%. Intervenir por el exterior del cerramiento soporte presenta las siguientes particularidades:

- La obra de rehabilitación se ejecuta con la mínima interferencia para los usuarios del edificio, no hace falta trabajar por el interior.
- En el caso de edificios con un grado de protección como parte del patrimonio histórico-artístico, será muy difícil, o incluso imposible, practicar la intervención por el exterior, dada la alteración que supondría de las fachadas.
- Al ejecutarse la intervención por el exterior, afectará a la totalidad del inmueble, no sólo a un local en particular. Por consiguiente, se requerirá, previo a la intervención, el acuerdo expreso de los usuarios. Tras la rehabilitación de la fachada el inmueble queda globalmente revalorizado en sus características estéticas y de durabilidad puesto que la capa de aislamiento protege el conjunto del edificio de manera muy efectiva de las inclemencias meteorológicas.
- El aislamiento sobre las fachadas, no reduce la superficie útil del edificio .
- Se corrigen todos los puentes térmicos, de modo que se evitan las paredes "frías", la falta de confort asociada a ellas y, sobre todo, el riesgo de formación de condensaciones y mohos superficiales. Este aspecto es especialmente importante ya que en las fachadas se producen casi todos los puentes térmicos: encuentros con la estructura (pilares, vigas, frentes de forjado) y formación de huecos (alféizares, mochetas, dinteles, capialzados).



- Se aprovecha la inercia térmica del cerramiento existente (capacidad calorífica de los materiales de construcción). Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando el edificio es de ocupación permanente. De este modo, se consigue utilizar toda la masa del cerramiento para estabilizar las temperaturas y así conseguir una reducción adicional en el consumo de combustible para la climatización (calefacción + refrigeración) del edificio.

Estudiando la transmisión energética de los cerramientos típicos de las edificaciones mas habituales existentes en nuestras ciudades, y su posteriormente las transmitancias de las fachadas mejoradas obtenemos los siguientes valores:

Caso 1: cerramiento original sin aislamiento vs cerramiento aislado por el exterior con 10cm de poliestireno expandido.

La perdida de energía de un cerramiento de doble hoja sin aislamiento, comparado con el mismo cerramiento aislado con 10cm por el exterior se reduce en un 82.18%.

Cerramiento original sin aislamiento térmico.						
	material	espesor	conductividad	Densidad	Cp	Res. Térmica
1	1/2 pie Lp métrico 40mm	0.115m	0.667	1140	1000	
2	cámara de aire vertical 1cm					0.075
3	tabique sencillo 40mm	0.040m	0.445	1000	1000	
4	yeso, dureza media 600	0.020m	0.300	750	1000	
						U: 1.74w/m²K

Cerramiento original sin aislamiento térmico + 10cm de aislamiento exterior						
	material	espesor	conductividad	Densidad	Cp	Res. Térmica
1	mortero de árido ligeros	0.003m	0.410	900	1000	
2	EPS poliestireno expandido	0.100m	0.038	30	1000	
3	1/2 pie Lp métrico 40mm	0.115m	0.667	1140	1000	
4	cámara de aire vertical 1cm					0.075
5	tabique sencillo 40mm	0.040m	0.445	1000	1000	
6	yeso, dureza media 600	0.020m	0.300	750	1000	
						U: 0.31w/m²K

Caso 2: cerramiento original con aislamiento de 2cm en cámara vs cerramiento aislado por el exterior con 10cm de poliestireno expandido.

Con este estudio podemos concluir que la perdida de energía de un cerramiento de doble hoja con 2cm de aislamiento en su cámara de aire, comparado con el mismo cerramiento aislado con 10cm por el exterior se reduce en un 72.73%.

Los ahorros energéticos conseguidos son en todos los casos superiores al porcentaje calculado, el aislamiento exterior de fachadas elimina la mayoría de los puentes térmicos existentes, tales como encuentros de forjados, pilares, cajas de persianas,etc.

Este cálculo ha sido realizado teniendo en cuenta la parte opaca de los cerramientos. Para conocer el ahorro energético exacto que supondría la rehabilitación de la fachada en un edificio concreto, se debe calcular la parte proporcional de ventanas y su posible sustitución.

Cerramiento original con 2cm de aislamiento en cámara..						
	material	espesor	conductividad	Densidad	Cp	Res. Térmica
1	1/2 pie Lp métrico 40mm	0.115m	0.667	1140	1000	
2	EPS poliestireno expandido	0.020m	0.046	30	1000	
3	cámara de aire vertical 1cm					0.075
4	tabique sencillo 40mm	0.040m	0.445	1000	1000	
5	yeso, dureza media 600	0.020m	0.300	750	1000	
						U: 0.99w/m²K

Cerramiento original con 2cm + 10cm de aislamiento exterior						
	material	espesor	conductividad	Densidad	Cp	Res. Térmica
1	mortero de árido ligeros	0.003m	0.410	900	1000	
2	EPS poliestireno expandido	0.100m	0.038	30	1000	
3	1/2 pie Lp métrico 40mm	0.115m	0.667	1140	1000	
4	EPS poliestireno expandido	0.020m	0.046	30	1000	
5	cámara de aire vertical 1cm					0.075
6	tabique sencillo 40mm	0.040m	0.445	1000	1000	
7	yeso, dureza media 600	0.020m	0.300	750	1000	
						U: 0.27w/m²K

Los diferentes sistemas de rehabilitación existentes requieren instaladoras especializadas, de modo que se garantice la compatibilidad de todos los productos integrantes del sistema. A tal fin, algunos Institutos de Construcción proporcionan para tales sistemas constructivos los llamados Documentos de Idoneidad Técnica (DIT).



1.4 Eficiencia energética en edificio existente de oficinas

1.4.1 Análisis energético en edificios de oficinas de la ciudad de México

Santa Fe, México DF.

Rorre ZENTRUM

Edificio con 27,890m² rentables de oficinas, 53,178.15 m² construidos, con 15,000 m² de envolvente con un sistema de muro cortina. La orientación de la fachada principal es noroeste, el área sur está cubierta de panel de aluminio y el resto de vidrio doble thermak de baja emisividad, que cubren los 107 metros de altura de la torre.

El sistema de aire acondicionado y ventilación mecánica está integrada por dos equipos de enfriamiento, 45 Unidades Manejadoras de Aire, 8 bombas que integra el sistema primario, secundario y de transferencia del suministro de agua helada, 48 ventiladores para extracción en sanitarios, 18 ventiladores de extracción y 27 de Inyección en estacionamientos. La demanda energética que requiere el sistema de aire acondicionado y ventilación mecánica son los siguientes:

- Equipo central de refrigeración 874.00kw
- Unidades Manejadoras de Volumen de Aire 297.405 kw.
- Sistema de Bombas 254.505 kw.
- Cajas de Volumen de Aire en Oficinas 4.35 kw.
- Sistema de presurización 21.941 kw.
- Extracción mecánica en sanitarios 13.92 kw.
- Extracción mecánica en sótanos 42.56kw.
- Inyección mecánica en sótanos 23.238 kw.
- Total de energía requerida en el sistema: 1,531.919 kw.

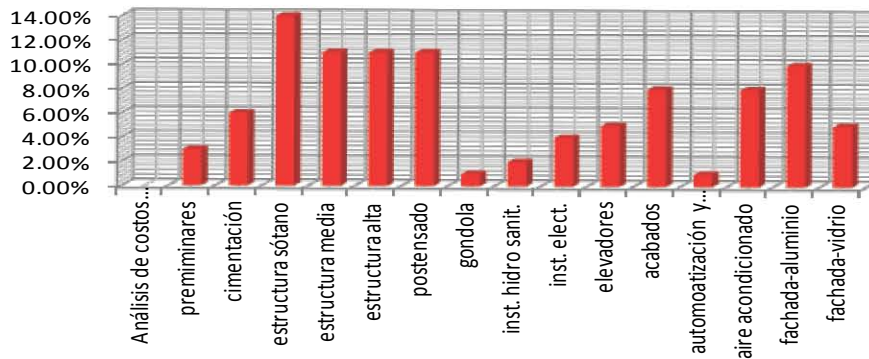
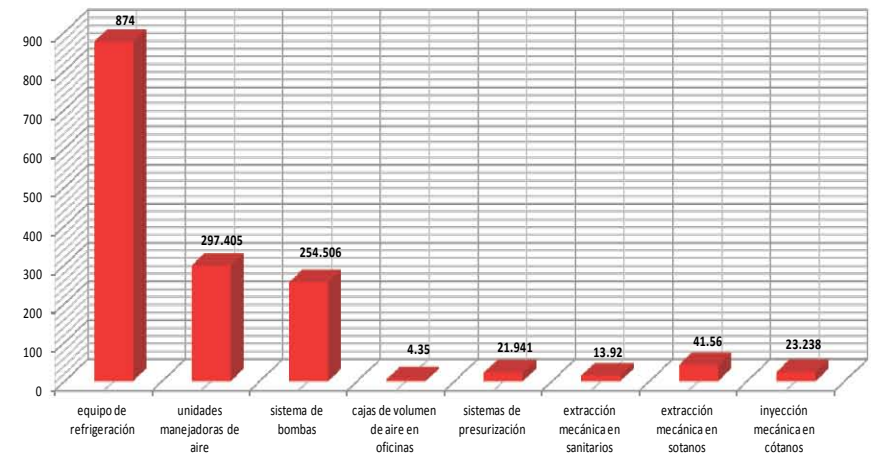


Fig 26 Análisis de costos.. Torre Zentrum. Fuente: creación propia con información obtenida de personal administrativo de la Torre Zentrum.

La demanda total energética del edificio es de 3,738kw., de los cuales el 59% es para dotar de energía eléctrica a instalaciones y equipos del edificio, y el 41% es para servicio de oficinas. Si se analiza por separado la energía requerida para los servicios, equipos de aire acondicionado y ventilación representa un 70% del total de la energía demandada por instalaciones y servicios y un 40% del total de energía demandada en el edificio.

El Sistema de fachada y el sistema de aire acondicionado y ventilación representan el 23% del costo total de la obra.

Demanda de energía del sist. de aire y ventilación mecánica



Demanda eléctrica Torre Zentrum

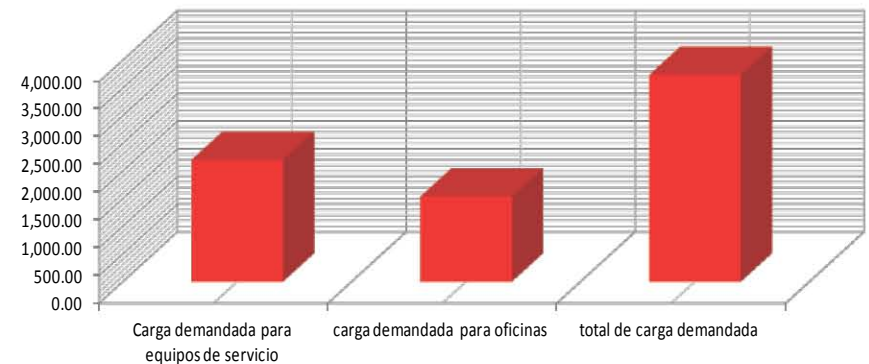


Fig. 27 y 28 Fuente: creación propia con información obtenida de personal administrativo de la Torre Zentrum.



Torre World Plaza Santa Fe México DF.

Edificio para uso de oficinas, cuenta con 21 niveles de oficinas de 1,097m² y un pent office de 1,513m², lobby, diez niveles de estacionamiento subterráneo, con un total de 50,231.00m² construidos.

Su planta es alargada con la fachada principal con una curva que se desarrolla en todo lo largo de esta fachada 60 metros lineales, la parte central tiene un ancho de 18 a 22 ml que disminuyen en según el desarrollo de la curva, los servicios se localizan en la fachada sur oeste hacia la colindancia, esto genera el efecto de percibir el volumen muy delgado visto lateralmente, con mucho dinamismo y ligereza. Su fachada principal está orientada al noreste, el sistema utilizado en la fachada es con marcos de aluminio y vidrio thermak de doble vidrio termo acústico, panel de aluminio en esquinas y columnas y finalmente elementos prefabricados en la fachada sur, cuenta con un total de 17,510m² de fachada.

El sistema de climatización del edificio es por medio de aire acondicionado y un sistema de ventilación mecánico en los sótanos de los diez niveles de estacionamiento. El sistema se integra de 52 unidades manejadoras de aire distribuidos dos por nivel de oficina, diseñadas para verano, con capacidad de enfriamiento de 130 hasta 280 BTU/HR según la ubicación de cada manejadora.

También cuenta con 32 ventiladores de inyección centrífugo en línea, y 18 ventiladores de extracción para el área del estacionamiento, también se integran 23 unidades fan&coil para servicio al lobby y vestíbulo de elevadores, 4 mini-split, 2 torres de enfriamiento tipo paquete, 1 unidad generadora de agua helada.

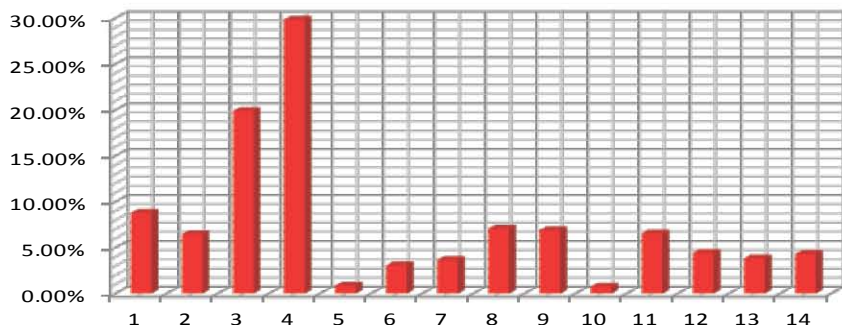


Fig. 29 Gráfica de análisis de costos Torre World Plaza Santa Fe. Fuente: Sistemas en Fachadas. Hacia la Bioclimática Vertical en la Ciudad de México”, Arq. Vargas Palma Gloria A.; UNAM.

1.5 Control Térmico

1.5.1 Confort térmico

“La zona de confort podría describirse como el punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno” ⁴³ La norma ISO 773 define como comodidad térmica a “aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico”.

Por otro lado está la definición de comodidad térmica en el humano: “El cuerpo humano es, entre otras cosas, una bomba de calor, el cual necesita perder constantemente y a una rapidez determinada y fija por medio del metabolismo de la persona que permita mantener la temperatura corporal interna entre 36.5° y 37.5° C, con el mínimo esfuerzo, permitiendo el desarrollo de las actividades diarias.”⁴⁴

Los mecanismos de la regulación de la temperatura corporal tienen como finalidad equilibrar la pérdida y producción de calor. (tabla 1.3)

Ganancias

1.- El metabolismo basal es el valor mínimo de energía necesaria para que la célula subsista. Esta energía mínima es utilizada por la célula en las reacciones químicas intracelulares necesarias para la realización de funciones metabólicas esenciales.

2.-La Actividad muscular. En un edificio cada ocupante realiza una actividad específica y el calor que genera depende del nivel de esta actividad. Aquí entran los rangos de confort que van de 22 a 28°C y de 30 a 50% de Humedad Relativa. Por otra parte, el escalofrío es un mecanismo de regulación de la temperatura que está motivado por rápidas relajaciones y contracciones de los músculos y no son otra cosa que una forma de generar calor cuando el cuerpo siente que hace frío

Balace de calor en el Humano.	
Pérdidas	Ganancias
1. Radiación	1. Metabolismo basal
2. Evaporción-Convección	2. Actividad muscular
3. Conducción-convección	3. Efecto de tiroxina sobre las células
4. Trabajo mecánico	4. Efecto de adrenalina sobre las células
	5. Efecto de la temperatura en las células

Tabla 1.3 Balance de calor en el humano. Pérdidas y Ganancias. Fuente: ASHRAE Handbook & Product directory, 1977, Fundamentals Volúmen 2.



3.- El Efecto de tiroxina sobre las células se presenta cuando la hormona trabaja al ingerir alimentos, generando calor.

4.- El Efecto de la adrenalina sobre las células. En el organismo, la estimulación del sistema nervioso simpático puede incrementar la producción de adrenalina y noradrenalina, ocasionando un aumento de metabolismo celular y, por ende, del calor producido, pues el consumo de oxígeno dentro de las células es un proceso exotérmico. El metabolismo (controlado por la glándula tiroides) es quien regula en la mayor parte de los casos la temperatura corporal.

5.- El Efecto de la temperatura sobre las células. La temperatura de cada individuo depende de su organismo, de su complexión o de dónde venga.⁴⁵

Pérdidas

1.- La radiación es una transferencia de energía térmica de un objeto a otro, sin contacto físico entre ambos (cuerpo-pared fría). Lo que nos llega del sol es radiación de onda corta-infrarrojo. Y una vez que esta radiación llega a los materiales, éstos irradian onda larga (pérdida).

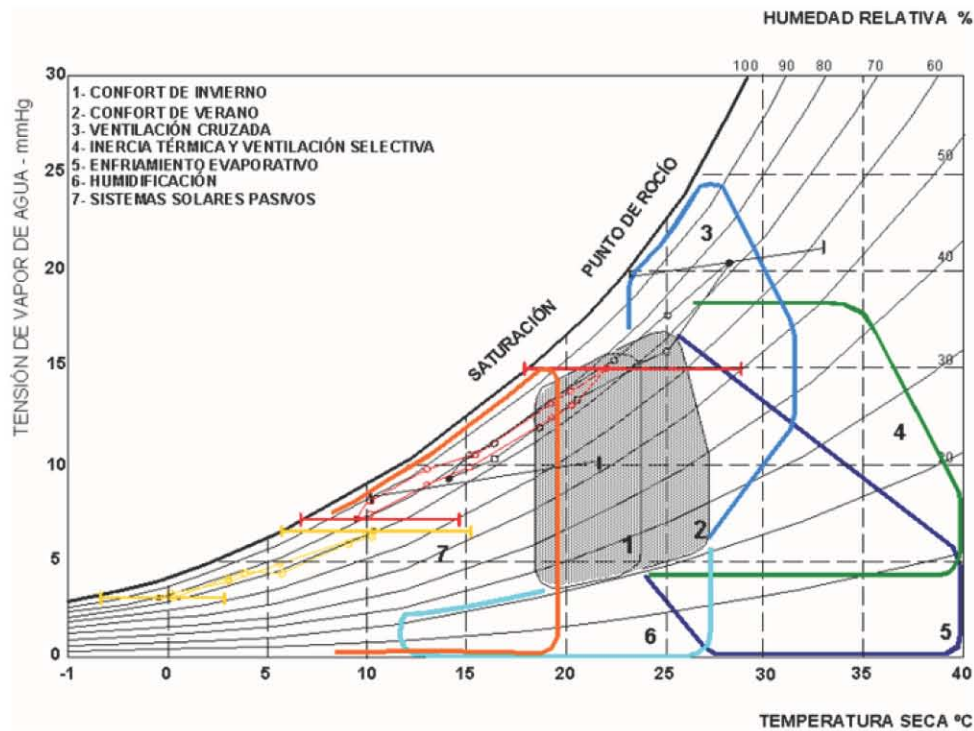


Fig. 30 Confort de Givoni. Fuente: <http://zean-renovables.blogspot.com>

2. La Evaporación-convección. La evaporación es la conversión de un líquido en vapor, fenómeno en el que la sustancia al evaporarse se lleva consigo el calor corporal. Y la convección es la conducción de calor cuando el aire frío entra en contacto con el calor corporal y después se aleja por virtud de las corrientes de convección, que sería cuando la temperatura aumenta y tenemos una vasodilatación y empezamos a sudar. A través de la evaporación, el sudor enfría la piel y ésta la sangre, pudiendo perderse hasta 585 calorías por litro de sudor. Si la humedad atmosférica es superior al 60% y la temperatura ambiental por encima de 32°C, el sudor no se evapora, no disipándose el calor. Así pues, la Humedad es un factor fundamental.

3. La Conducción-convección. La conducción es la transferencia de calor corporal por contacto físico con un objeto (cuerpo-ropa). Se cede calor a las partículas de aire que están sobre la piel y es muy rápido el equilibrio.

4. Trabajo mecánico. Al realizar un trabajo mecánico hay una pérdida de calor, y depende si vamos en la misma dirección de la gravedad o no.⁴⁶

Givoni plantea un rango de comodidad para los habitantes que van de 22 a 28°C y de 30 a 50% de Humedad Relativa. (Fig 30)

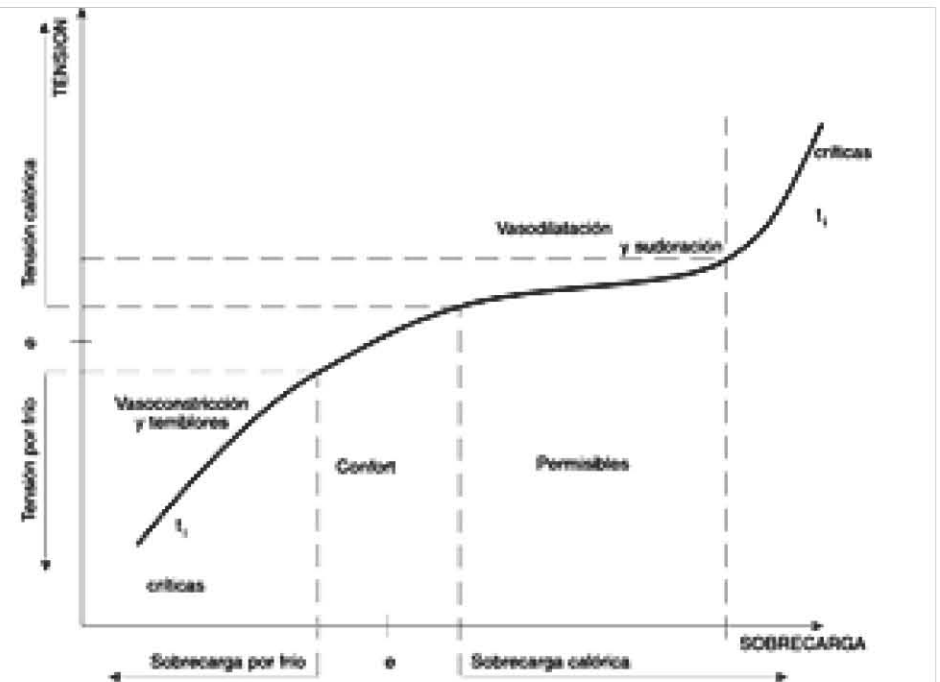


Fig. 31 Tipos de ambientes térmicos. Fuente: ASHRAE Handbook & Product directory, 1977, Fundamentals Volume 2.



Auliciems, propone una ecuación para determinar el rango de comodidad térmica (Tn) en el humano:

$$T_n = (17.6 + 0.31T_e) \pm 2.5^\circ\text{C}$$

Donde Te= temperatura media promedio mensual.

Por otro lado, Fanger define tres condiciones para que una persona se encuentre en confort térmico:

1. Que se cumpla el equilibrio térmico
2. Que la tasa de sudoración esté dentro de los límites de confort
3. Que la temperatura media de la piel esté dentro de los límites de confort

Se considera que el ambiente térmico puede ser de cuatro tipos (Fig 31):

- De bienestar y confort
- Permisible
- Crítico por calor
- Crítico por frío

Balance térmico.

$$M \pm R \pm C - E = A$$

Donde:

A sería el saldo final, teniendo que hay calor acumulado si A>0 , calor perdido si A<0, si A=0 entonces se habla de equilibrio térmico.

Donde:

(M) Metabolismo (siempre es ganancia de calor)

(R) Radiación (ganancia si hay mayor temperatura de los cuerpos de su entorno, ropa, sillas, joyería)

(C) Convección (ganancia si el aire o agua están a mayor temperatura)

(E) Evaporación por sudor (siempre es una pérdida)

Ecuación de balance térmico:

$$M \pm W \pm R \pm C - E_{\text{RES}} - E_{\text{RES}} - E_{\text{d}} \pm C_{\text{COND}} = C_{\text{COND.CLO}} = A$$

ISR (Índice de sobre carga calórica)

Se utiliza para estimar el grado de estrés térmico al que está expuesta una persona.

$$ISC = (E_{\text{req}} / E_{\text{max}}) \cdot 100$$

En donde estas dos evaporaciones se calculan mediante:

$$E_{\text{req}} = M \pm R \pm C \quad (\text{W/m}^2)$$

$$E_{\text{max}} = K1 \cdot v_a^{0.6} \cdot (56 - P_a) \quad (\text{W/m}^2)$$

1.5.2 Cálculo térmico

El cálculo térmico de los edificios, es el procedimiento por el cual se determina el contenido de calor de un edificio. Todo edificio tiene cierto comportamiento térmico particular que está determinado por sus características constructivas (material, geometría, volumen) y por su ubicación y orientación. De acuerdo con esto el edificio presenta ganancias y pérdidas de energía que influyen en las condiciones de temperatura y de confort que los usuarios perciben.

Ganancia de calor (Carga Térmica) a través de la Envolvente

Cuando el sol incide sobre la envolvente de un edificio, esta se carga con calor que eventualmente se transfiere al interior. La parte de la envolvente que más incidencia recibe, es el techo, que recibe insolación durante unas tres cuartas partes del día. La ganancia de calor por conducción a través de la envolvente del edificio (paredes, techos, pisos y ventanas) se calcula con la ecuación:

$$Q_{\text{cond}} = U \cdot A \cdot (T_s/a - T_{\text{int}})$$

Donde:

- A= Área de muros, techo o ventana (m²)
- T2= Temperatura del aire exterior (°C)
- T1= Temperatura del aire interior (°C)
- U= Coeficiente de transferencia de calor (watts/m²°C)

$$U = 1 / (1/h_e + e_n/k_n + 1/h_c + e_n/k_n + 1/h_i)$$

Donde:

- ho= Coeficiente de conveccion del aire exterior en muros, ventanas y techo
- ventanas= 34.06 (watts/m²°C)
- techo= 17.03 (watts/m²°C) ambos a una velocidad del aire de 6.7 m/s
- hl= Coeficiente de conveccion de aire interior muros y techo= 9.36 (watts/m²°C)
- ventanas= 9.08 (watts/m²°C) ambos en presencia de aire quieto
- kn= Conductividad termica de la capa n de material muro, techo o ventana en= Espesor de la capa n de material muro, techo o ventana
- hc= Coeficiente de calor del aire interior por conveccion para espacios de aire, verticales y horizontales.



Efecto del Soleamiento sobre la Envolvente del Edificio (Temperatura Sol-Aire)

Para tomar en cuenta el efecto de radiación que es emitida y reflejada por los muros o las superficies cercanas al edificio sobre la temperatura del aire exterior, en el cálculo de la carga térmica de muros, techos, etc., se recomienda utilizar el concepto de la temperatura “sol-aire”, que constituye a la temperatura del exterior de diseño

$$T_{s/a} = T_{amb} + HT * \alpha / h_o - DR * \epsilon / h_o$$

Donde:

- T_{sa} = Temperatura Sol-Aire
- T_{amb} = Temperatura ambiente
- H_t = Radiación solar incidente sobre la superficie horizontal
- h_o = Coeficiente de transferencia de calor por convección y radiación
- ϵ = Emitancia de la superficie
- α = Absortancia de la superficie

$$DR = \delta ((1 + \cos SLP)/2)(t_{sky4} - t_{amb4}) + ((1 - \cos SLP)/2)(t_{surr4} - t_{amb4})$$

Donde:

- T_{sky} es la temperatura del cielo
- $T_{sky} = 0.0552 * T_{amb} + 1.5$
- T_{surr} es la temperatura de los alrededores
- $T_{surr} = T_{amb} + 10$ (°K)
- h_w es la conductancia de capa exterior y se calcula como una función de la velocidad del viento:
- $h_w = 32.7 + 13.7 * w$ (kJ/hr m²°C)
- $h_w = h_w / 3.6$ (watts/ hr m²°C)
- La radiación infrarroja se calcula por un coeficiente de transferencia de calor por radiación, h_{lr} :

$$h_o = h_w + h_{lr} \quad h_w = 32.7 + 13.7W \quad h_{lr} = 4 \delta \epsilon T^3$$

Donde:

$$T = (T_{amb} + T_{pared})$$

= Constante de Stefan- Boltzman (5.669E-08 watts/ hr m²°K⁴)

ϵ = Emitancia infrarroja de la superficie

Ganancia de calor (Carga Térmica) Solar

Es la carga que ingresa a la edificación a través de los vidrios y depende de la geometría de las ventanas, del tipo de vidrio, su espesor y de la orientación. También se debe tener en cuenta el sombreado alrededor del área con ventanas, pues las aéreas sombreadas reducen las cargas térmicas (por esto se recomienda que la ventana se construya en la parte interna de la pared y pueden construirse sobre ella aleros e instalar persianas).

$$Q_{shg} = A_v * F_e * HT$$

Donde:

A_v = Área de la ventana (m²)

H_t = Radiación incidente sobre una superficie horizontal

F_e = Fracción de radiación solar que pasa por la ventana al espacio acondicionado, multiplicado por la transmitancia del vidrio (0.20 a 0.025 para ventana sombreada)

Ganancia de calor (Carga Térmica) por Ventilación

Q_{VENTS} = Ganancia de calor sensible debida al aire exterior

$$Q_{VENT(s)} = 0.278 * \rho * C_{pa} * G (T_{amb} - T_{int})$$

Donde:

G = Flujo de aire que proviene del exterior (m³/min)

ρ =Densidad del aire (kg/m³)

C_{pa} = Calor específico del aire (°C)

T_{amb} = Temperatura del aire exterior (°C)

T_{cuarto} = Temperatura del aire interior (°C)

$$Q_{VENT(l)} = 0.278 * \rho * H_{vap} * G (w_{amb} - w_{int})$$

Donde:

W_o = Humedad específica del aire exterior (kg de agua/kg de aire)

W_i = Humedad específica del aire interior (kg de agua/kg de aire)

H_{vap} = Calor latente de vaporización (kJ/kg)

Ganancia de calor (Carga Térmica) por Infiltración

Es la carga térmica asociada a la pérdida de climatización de un recinto por infiltración de aire del exterior (ya sea frío o caliente). Es prácticamente imposible evitar esto, pues cualquier edificación presenta fugas a través de grietas, juntas, alrededor de puertas y ventanas y por supuesto al abrir las puertas y ventanas.



$$QINF(s) = 0.278 \cdot \rho \cdot C_{pa} \cdot G \cdot (T_{amb} - T_{int})$$

$$QINF(l) = 0.278 \cdot \rho \cdot H_{vap} \cdot G \cdot (w_{amb} - w_{int})$$

Donde:

CAMB= Numero de cambios de aire por hora debidos a infiltracion (hr-1)
Vol= Volumen del cuarto (m3)
Cpa= Calor especifico del aire (kJ/kg°C)
p= Densidad del aire (kg/m3)
Hvap= Calor latente de vaporizacion (kJ/kg)
Tamb= Temperatura ambiente (°C)
Tcuarto= Temperatura del cuarto (°C)
Wamb= Humedad especifica del aire ambiente (kg de agua/kg de aire seco)
Wcuarto= Humedad especifica del aire en el cuarto (kg de agua/kg de aire seco)

Ganancia de calor (Carga Térmica) por Personas

El organismo humano como consecuencia de sus procesos metabólicos produce continuamente una cierta cantidad de calor, la cual varía según el tipo de individuo y la actividad que desarrolla;

$$Q_{metS} = [W/(personas)] \cdot (No. personas)$$

Ganancia de calor (Carga Térmica) por Iluminación y Equipos

La carga térmica generada por la iluminación y los equipos, se debe a la energía radiante que estos generan al momento de estar en funcionamiento en el momento del análisis, constituyendo una fuente de calor sensible;

$$Q_{light} = Pot \cdot (No. aparatos)$$

Flujo de calor Total

Una vez realizado el cálculo de las cargas térmicas de la envolvente, el metabolismo, la iluminación y equipos, la ventilación e infiltración se reúnen para aplicar las formulas finales del cálculo.

$$Q_{load} = Q_{cond} + Q_{shg} + Q_{vent} + Q_{inf} + Q_{met} + Q_{light}$$

$$t_{cuarto8:00} = t_{cuarto7:00} + Q_{load}/capacitancia$$

1.6 Calificación, certificación y normatividad

NOM-008-ENER

Eficiencia energética en edificaciones, envolventes de edificios no residenciales.

El objetivo de la norma NOM-008-ENER es limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con la disminución del uso de energía que consumen los sistemas de enfriamiento. Esta norma aplica a edificios no residenciales nuevos y existentes. Es emitida por la secretaría de energía, por conducto de la CONAE, desarrollada por el comité consultivo Nacional de Normalización para la preservación y uso racional de los recursos energéticos, organismo presidido por el director General de la comisión nacional del agua para el ahorro de energía.⁴⁷

La normalización para la eficiencia energética en edificios está encaminada a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía. Como se a visto en éste capítulo, en México el mayor consumo de energía en las edificaciones es por concepto de equipos de aire acondicionado durante las épocas de mayor calor. La ganancia por radiación solar es la fuente más importante a controlar, lo cual se logra con un diseño adecuado de la envolvente.⁴⁸

El método de cálculo para cumplir esta norma consiste en realizar un cálculo de ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado, éste con respecto a un edificio de referencia. Para cumplir con la norma, la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado debe ser menor o igual a la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia.

EFICIENCIA ENERGÉTICA	
Ganancia de Calor	
Determinado como se establece en la NOM-008-ENER-2001	
Ubicación de la Edificación	
Nombre:	Corporativo Energético
Dirección:	Av. Ahorro de Energía Sur N° 1582
Colonia:	Uso Eficiente de la Energía
Ciudad:	México
Delegación y/o Municipio:	Distrito Juárez
Entidad Federativa:	Distrito Federal
Código Postal:	06800
Ganancia de Calor del Edificio de Referencia (Watts)	346 392
Ganancia de Calor del Edificio Proyectado (Watts)	287 483
Ahorro de Energía	
Ahorro de Energía de este Edificio	
17%	
Fecha:	9 de marzo de 2011
Nombre y Clave de la Unidad de Verificación:	Juan Pérez López UVU-008
Importante	
Cuando la ganancia de calor del edificio proyectado sea igual a la del edificio de referencia el ahorro será del 0% y por lo tanto cumple con la norma. La etiqueta no debe retirarse del edificio.	

Fig 32. Ejemplo de distribución de información en el formato requerido por la NOM-008-2001



Se entiende como edificio de referencia aquel que conservando la misma orientación, las mismas condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación que el edificio proyectado, considera las siguientes especificaciones para las componentes de las envolventes: Este cálculo se puede realizar por medio del software que CONAE emite vía Internet, para después realizar un reporte de resultados de esta forma se incorpora una etiqueta que proporcione a los refleja una relación de las ganancias de calor del edificio proyectado con respecto al edificio de referencia.

Reglamento de construcción del Distrito federal.

Título VI “seguridad estructural de las construcciones”

Capítulo II

Características generales de las edificaciones.

Artículo 179.- “Los elementos no estructurales que puedan restringir las deformaciones de la estructura, o que tengan un peso considerable, muros divisorios, de colindancia y de fachada, pretilas y otros elementos rígidos en fachadas, escaleras y equipos pesados, tanques, tinacos y casetas, deberán ser aprobados en sus características y en su forma de fijación por el Director Responsable de Obra y por el Corresponsable en Seguridad Estructural en obras en que éste sea requerido”.

Capítulo VI diseño por sismo Artículo 210.-

En fachadas tanto interiores como exteriores, la colocación de los vidrios en los marcos o la liga de éstos con la estructura serán tales que las deformaciones de ésta no afecten a los vidrios. La holgura que debe dejarse entre vidrios y marcos o entre éstos y la estructura se especificará en las Normas Técnicas Complementarias.

Capítulo IV Art. 35 “Restricciones a las construcciones”

... “para la Rehabilitación del Patrimonio Histórico, no podrán ejecutarse nuevas construcciones, obras o instalaciones de cualquier naturaleza sin recabar previa a la autorización del Departamento, la del Instituto Nacional de Antropología e Historia o del Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura, en los casos de su competencia”. Lo cual nos deja ver que es posible realizar la rehabilitación en este tipo de inmuebles si se presenta una cierta justificación.

Título VII. Construcción.

Capítulo VIII “Fachadas”

Asamblea legislativa del distrito federal. Comisión de ciencia, tecnología e informática 74

Artículo 276.- Las placas de materiales pétreos en fachadas, se fijarán mediante grapas que proporcionen el anclaje necesario, y se tomarán las medidas necesarias para permitir los movimientos estructurales previsibles, así como para evitar el paso de humedad a través del revestimiento.

Artículo 277.- Los aplanados cuyo espesor sea mayor de tres centímetros deberán contar con dispositivos de anclaje, que garanticen la estabilidad del recubrimiento, y en caso de ser estructuras, que garanticen el trabajo en su conjunto.

Artículo 278.- Los vidrios y cristales deberán colocarse tomando en cuenta los posibles movimientos de la edificación y contracciones ocasionadas por cambios de temperatura. Los asientos y selladores empleados en las colocación de piezas mayores de uno y medio metros cuadrados deberán absorber tales deformaciones y conservar su elasticidad.

Artículo 279.- Las ventanas, cancelas, fachadas integrales y otros elementos de fachada, deberán resistir las cargas ocasionadas por ráfagas de viento, según lo que establece el Capítulo VII del Título VI de este Reglamento y las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento.

Artículo 281.- Los inmuebles no podrán dedicarse a usos que modifiquen las cargas vivas, cargas muertas, o el funcionamiento estructural del proyecto aprobado. Cuando una edificación o un predio se utilice total o parcialmente para algún uso diferente del autorizado, sin haber obtenido previamente la licencia de cambio de uso establecida en el artículo 54 de este Reglamento, el Departamento ordenará, con base en el dictamen técnico, lo siguiente:

I. La restitución de inmediato al uso aprobado, si esto puede hacerse sin la necesidad de efectuar obras, y

II. La ejecución de obras, adaptaciones, instalaciones y otros trabajos que sean necesarios para el correcto funcionamiento del inmueble y restitución al uso aprobado, dentro del plazo que para ello se señale.⁵⁰



Referencias. Capítulo I.

1. THERMIE; "Un Vitruvio ecológico, Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible" G. Gili S.A. Barcelona. 2008 pág 38 Cit.
2. THERMIE; "Un Vitruvio ecológico, Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible" G. Gili S.A. Barcelona. 2008 pág 51 Cit.
3. THERMIE; "Un Vitruvio ecológico, Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible" G. Gili S.A. Barcelona. 2008 pág 38
4. THERMIE; "Un Vitruvio ecológico, Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible" G. Gili S.A. Barcelona. 2008 pág 40
5. Technal "Manual de Fachadas Ligeras. Introducción tecnológica" Technal Edición 2010. Cit.
6. La tecnología se puede visualizar por su origen de diferentes maneras, Se declara como fenómeno porque sus características nos dan como indicio qué es, o qué creemos que es. Una de las características es que es multicamática, cada quien la entiende distinto, es dinámica, el entenderla como la generación de instrumentos necesarios que facilitan la vida del hombre es uno, pero entenderla como la oportunidad de solución ante problemáticas es otro. En ocasiones, la evolución del hombre ha manifestado la necesidad generada, que va de la mano con la evolución tecnológica y lo que ésta trae consigo, el enriquecimiento de industrias no siempre visualizan en sus objetivos la preservación humana. Ortega y García, Quintanilla, son autores que hablan de la responsabilidad en la tecnología... En el transcurso de la evolución del hombre, se tenía claro que lograríamos resolver los problemas que se presentasen en la humanidad, sin embargo hemos sido incompetentes para lograr resolver los problemas que se presentan hoy en día, y los que se tienen ya comprobados un lugar en nuestro futuro.
7. "Sistemas en Fachadas. Hacia la Bioclimática Vertical en la Ciudad de México", Arq. Vargas Palma Gloria A.; Universidad Nacional Autónoma de México.
8. Antes del Neolítico el ser humano tenía una total dependencia con el medio, el térmico "comodidad" era inexistente. Con la evolución, y la generación de la técnica el hombre genera oficios, domesticación e industrialización, y en combinación con la ciencia se genera la tecnología que forja cada vez más instrumentos "útiles" (no siempre necesarios) para hacer de la vida diaria del ser humano en ocasiones una duda metódica pero ventajosa, situación que puede lograr que el ser humano se desarrolle sin percibir los problemas circunstanciales (como la falta de confort) que él mismo se genera.
9. Tectónica (1) Envolventes. Fachadas ligeras. Ed. Tectónica.
10. según Quintanilla (2001), las grandes enfoques en las teorías sobre la tecnología, pueden ser agrupadas en tres apartados: la orientación instrumental, la cognitiva, y la sistémica. Coincide con Mitcham (1994), sobre las diferentes formas de manifestación de la tecnología: como conocimiento, como actividad (producción, uso), como objetos (artefactos), y como volición.

11. Window Systems for High Performance Buildings, Carmondy Selkowitz Lee Ed. Norton 2004
12. High Rise Manual, Typology&Design, Construction&Technology. Johan Eisele, Ellen Kloft
13. GRUNDLINIEN / PHILOSOPHIE DER TECHNIK/ Kapp Define a la técnica como la función de la externalidad de nuestros órganos, idea de un agricultor que está trabajando/ explotando mediante todas las herramientas. "cuando no alcanzan nuestras extremidades recurrimos a la técnica" "la técnica es un espíritu, algo que es muy propio de la intención o la naturaleza humana"..." La inteligencia se generó a a través del poder de la mano"...es lo superfluo... la creación de la segunda naturaleza "tecnosfera=ciudad"
14. Ignacio Paricio, "La Piel Ligera. Maduración de una técnica constructiva" Ed.Grupo Folcra. 2011. Pag. 38.
15. Ignacio Paricio, "La Piel Ligera. Maduración de una técnica constructiva" Ed.Grupo Folcra. 2011. Pag. 61.
16. Ignacio Paricio, "La Piel Ligera. Maduración de una técnica constructiva" Ed.Grupo Folcra. 2011. Pag. 62
17. Ignacio Paricio, "La Piel Ligera. Maduración de una técnica constructiva" Ed.Grupo Folcra. 2011. Pag 62-63
18. <http://www.sustainableabc.com> (30 de abril)
19. Sistemas en Fachadas. Hacia la Bioclimática Vertical en la Ciudad de México", Arq. Vargas Palma Gloria A.; Universidad Nacional Autónoma de México. Pág.
20. Arquitectura Solar, Christian Schittich Ed. Birkhauser Detail 2003
21. "La Junta en los Sistemas de Elementos para Fachada: Función Constructiva, Compositiva y Estructural.", Arq. Gonzalo Barluenga Badiola.; Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2002. Pag 33
22. La Junta en los Sistemas de Elementos para Fachada: Función Constructiva, Compositiva y Estructural.", Arq. Gonzalo Barluenga Badiola.; Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2002. Pag. 42
23. NBE-CT-79; Condiciones Térmicas de los Edificios, MOPU, 1979. s/p.
24. KUKA, R.A.; Design of Exterior Cladding: Overview of Cladding System Selection, Non-Structural Components: Design and Detailing, Eng. Ass. of Northern CA, 1993. Pag 115
25. WEIGLER, H y SIEGHART, K; Hormigones ligeros armados, Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1974.
26. ÁGUILA, A; Industrialización y prefabricación; ETSAM, Madrid, 1986.
27. THIEL, C. C, ELSESSER, E., LINDSAY, J., KELLY, T., BERTERO, V. V.,
28. GOODNO, B y CRAIG, J; Historical Overview of Studies on the Contribution of Cladding to Lateral Resistance of Buildings, Proc. Architectural Precast Concrete Cladding, PCI Chicago, 1989.



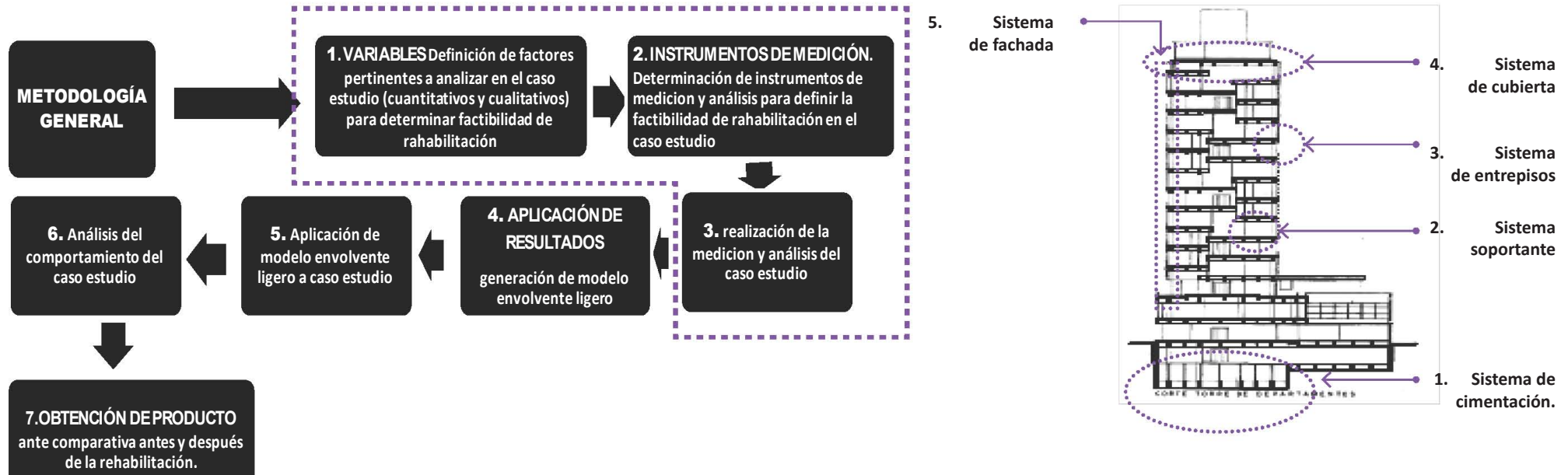
29. ELSESSER, E; Survey of Seismic Structural Systems and Design Implications, Proc. ATC-17 Seminar and Workshop on Base Isolation and Passive Energy Dissipation, ATC, San Francisco, CA, 1986.
30. ARNOLD, C; Cladding Design: Recent Architectural Trends and Their Impact on Seismic Design, Proc. Architectural Precast Concrete Cladding, PCI Chicago, 1989.
31. ARNOLD, C; Cladding Design: Recent Architectural Trends and Their Impact on Seismic Design, Proc. Architectural Precast Concrete Cladding, PCI Chicago, 1989. Cit.
32. NIST , Literature Review on Seismic performance of Building Cladding Systems, Cladding Research Institute, NIST GCR 95-681, 1995, <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build95/art056.html>
33. The Tectonics of the environmental skin, Kate Harrison y Terri Meyer Boake,. University of Waterloo School of Architecture 2002.
34. Sistemas en Fachadas. Hacia la Bioclimática Vertical en la Ciudad de México”, Arq. Vargas Palma Gloria A.; Universidad Nacional Autónoma de México. Cit.
35. Mc. Nicholl, A; Lewis, J. Owen (Edits)
36. El arsenal.net / Diario Digital. Cit.
37. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2011. No 126
38. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2011. No 133
39. <http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/relcategoria.1030/id.48/reلمenu.53> (28 nov 10)
40. http://www.construnario.com/notiweb/tematicos_resultado.
41. http://www.construnario.com/notiweb/tematicos_resultado
42. <http://www.arkinetia.com/Breves/art88.aspx>
43. OLGAYAY VÍCTOR, “Arquitectura y Clima. Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Ed Gustavo Gill. Barcelona 2010.
44. ASHRAE Handbook & Product directory, 1977, Fundamentals Volúmen 2
45. Apuntes del Seminario “Sistemas Pasivos de Climatización” Impartida por el Dr. Diego Morales Ramírez
46. Apuntes del Seminario “Sistemas Pasivos de Climatización” Impartida por el Dr. Diego Morales Ramírez
47. Normalización energética en las edificaciones, Análisis de la Nom-008-Ener, Ivonne Santiago Cruz, Tesis de maestría en arquitectura UNAM.
48. Norma oficial mexicana NOM-008-ENER-2001 Diario Oficial Miércoles 25 de Abril de 2001
49. Norma oficial mexicana NOM-008-ENER-2001 Diario Oficial Miércoles 25 de Abril de 2001
50. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Titulo sexto. 2004.



CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE CAMPO

Edificio de oficinas existente





CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE CAMPO

Edificio de oficinas existente

2.1 Propuesta Metodológica para el análisis de la factibilidad de Rehabilitación de la envolvente, en edificios existentes

El objetivo de este apartado es que, una vez conocido el estado del arte, se proceda a:

- Definir las características a analizar del caso a estudiar.
- Establecer el trabajo de campo para mejorar el comportamiento térmico en el caso estudio.
- Medir causas y efectos del comportamiento térmico

Para lograr llegar al objetivo de ésta tesis se plantea el análisis de un caso (“Condominio –Oficinas”) importante para investigar diversas hipótesis que se describen anteriormente, en donde se aprecian fácilmente las condiciones que le genera haber cambiado de uso, y por supuesto lo que estas añadiduras representan. Es por esto que se propone una metodología en la que se definen los factores que intervienen en éste proceso y se lleva a cabo una investigación aplicada, en la que se recaba toda la información de campo necesaria, aplicando instrumentos de medición con sus análisis adecuados, y finalmente obteniendo como una interpretación del caso estudio sobre la factibilidad de éste para una rehabilitación. Para posteriormente realizar propuestas de mejoramiento por medio de un sistema envolvente ligero y finalmente una comparativa de los resultados obtenidos.

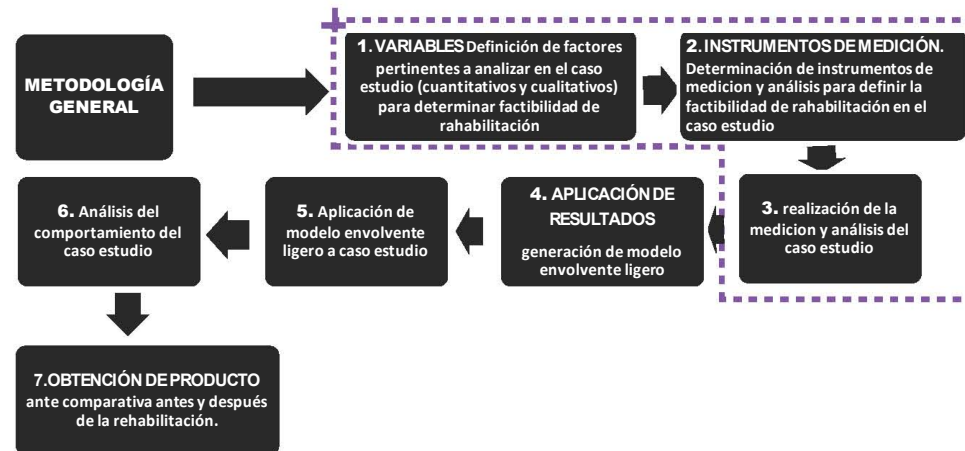


Fig. 2.1 Diagrama de flujo para metodología a seguir. Fuente: creación propia.

En la Figura 2.1 se presenta un diagrama de flujo sobre las actividades principales que integran la metodología general, y posteriormente se desglosará cada una para determinar cada alcance a realizar.

2.1.1.- Variables

Definición de factores pertinentes a analizar en el caso estudio (cuantitativos y cualitativos) para determinar factibilidad de rehabilitación.

Es importante definir los factores que deben ser considerados en la selección del edificio a intervenir o analizar, tales como: edad de la edificación, concepto de diseño, materiales, condiciones estructurales, presencia de sistemas de climatización, ubicación, situación legal etc. Es por esto que a continuación se determinan los aspectos para determinar si un edificio es candidato a mejorar su desempeño térmico por medio de la rehabilitación de su envolvente. A continuación se presentan las variables determinadas para su posterior análisis en el caso estudio determinado.

Clave de variable	Variable determinanda.
V. 1	Sistema estructural portante de la intervención.
V. 2	Edad de la edificación. Situación legal.
V. 3	Sistema de fachada actual. Control térmico.
V. 4	Respuesta térmica de los habitantes.
V. 5	Sistemas de climatización presentes.

V1. Sistema estructural portante de la intervención.

Partiendo del desempeño mecánico, los elementos estructurales del edificio se pueden dividir en dos sub-sistemas:

- Sistema estructural del edificio,
- Sub-sistema estructural que soporta a la fachada... (envolvente)



Esta identificación permite visualizar que ambos sub-sistemas además de integrar la estructura propia del edificio, también poseen funciones independientes, que permiten por un lado generar una estabilidad estructural a la edificación y por otro el control ambiental del espacio interior.

Y es aquí en donde la envolvente ligera se concibe como el subsistema que al controlar el ambiente interior tiene la virtud de manipular de manera indirecta el consumo energético del mismo, aprovechando los recursos naturales. Por lo tanto este subsistema llamado Envolvente tiene que poseer determinadas características en los elementos y materiales que lo constituyen, así como su orientación, forma, diseño, (fijación y anclaje) y conductividad térmica.

Este sub-sistema al ser auto-portante, tiene como beneficio simultáneo no generar una carga estructural extra a la edificación, lo cual es un plus al considerarlo dentro de la rehabilitación de fachadas, pues genera a su vez un ahorro económico, al evitar la necesidad de reforzar la estructura principal, y todo lo que esto implicaría.

Lo más importante es no perder de vista que esta tesis plantea una rehabilitación de la fachada por medio de un sistema envolvente ligero, como un sub-sistema que no represente gastos de reforzamiento estructural, y que a su vez genere un control térmico, mediante el manejo de sus materiales y formas.

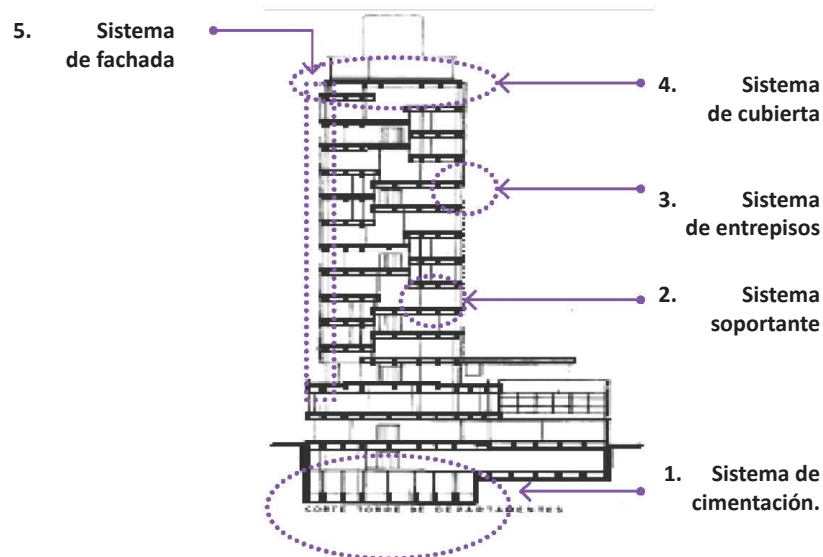


Fig. 2.2 Componentes del Sistema estructural en la edificación existente. Fuente: creación propia.

Recordando que Constructivamente un edificio está compuesto por diversos sistemas como: 1. el sistema de cimentación, 2. el sistema de entrepisos, (No. de niveles) 3. el sistema soportante, 4. el sistema de cubierta y 5. el sistema de fachada o envolvente. En la determinación del candidato a rehabilitar se tendrá que tener un previo análisis de cada uno de éstos, y de su estudio actual (patologías), haciendo posible el estudio de la capacidad portante máxima, y la capacidad utilizada del edificio.

Criterios para la evaluación

Procedimiento.

La evaluación estructural del edificio existente “Condominio Reforma” se realizará, mediante una verificación cuantitativa de su capacidad portante. Para ello, se adoptará un procedimiento de evaluación por fases que tenga en cuenta las condiciones actuales del edificio, definiendo cada una de las fases en función de las circunstancias y condiciones específicas de la misma, tales como la disponibilidad del proyecto original, la observación de daños estructurales, el uso del edificio, etc., acorde a los objetivos de la evaluación.

En el caso de que no resulte posible una verificación cuantitativa, o si el edificio ya demostró un comportamiento satisfactorio en el pasado (resistencia a algún sismo), podrá realizarse una evaluación cualitativa de la capacidad portante.

El proceso de evaluación se considerará finalizado cuando cada fase se alcance una conclusión inequívoca sobre la seguridad estructural del edificio o sobre las medidas a adoptar.

Análisis estructural

1 Para el análisis estructural del caso estudio puedo emplear modelos que reflejen adecuadamente el estado actual del edificio y se consideren los procesos de deterioro que puedan resultar importantes en caso de una rehabilitación en la fachada.

2 En el análisis se tendrá en cuenta el nivel de incertidumbre relativo a las condiciones y al estado de los elementos. A estos efectos, se podrá ajustar la dispersión asumida, entre otros, para la capacidad portante de los elementos, o para las dimensiones de sus secciones transversales.

3 Si se observa el deterioro estructural del edificio, deben identificarse los mecanismos de deterioro y determinarse modelos de deterioro que permitan predecir el



el comportamiento futuro del mismo.

Evaluación cualitativa

Capacidad portante

1 Puede suponerse que el edificio que haya sido dimensionado y construido de acuerdo con las normas antiguas, tendrá una capacidad portante adecuada, si se cumplen las siguientes condiciones:

- El edificio se ha utilizado durante un periodo de tiempo suficientemente largo sin que se hayan producido daños o anomalías (desplazamientos, deformaciones, fisuras, corrosión, etc.);
- Una inspección detallada no revele ningún indicio de daños o deterioro;
- La revisión del sistema constructivo permitirá asegurar una transmisión adecuada de las fuerzas, especialmente a través de los detalles críticos;
- Teniendo en cuenta el deterioro previsible así como el programa de mantenimiento previsto se puede anticipar una durabilidad adecuada;
- Durante un periodo de tiempo suficientemente largo no se han producido cambios que pudieran haber incrementado las acciones sobre el edificio o haber afectado su durabilidad;

Resultados de la evaluación

1 Los resultados de la evaluación se documentarán en anexos que incluirán los trabajos efectuados, que traten al menos los siguientes aspectos:

- objetivos de la evaluación
- descripción del edificio y de sus elementos estructurales; síntomas y lesiones
- recopilación de información y adquisición de datos:
- documentación recopilada y analizada (matrices)
- objetivos y planificación
- realización de inspecciones, calas y ensayos
- resultados
- análisis

- verificación
- diagnóstico
- opciones de intervención en fachada
- recomendaciones.

2 Cuando se demuestre una seguridad estructural adecuada, el edificio se podrá seguir usando en las condiciones establecidas. En estos casos, se definirá estructuralmente apto para la rehabilitación de su fachada.

3 Cuando no se pueda demostrar una seguridad estructural adecuada, los resultados de la evaluación se podrán utilizar para la elaborar las recomendaciones constructivas oportunas sobre medidas a adoptar. En algunos casos, las conclusiones de una evaluación preliminar pueden aconsejar la adopción de medidas preventivas sobre aseguramiento estructural del edificio.

Fases de evaluación

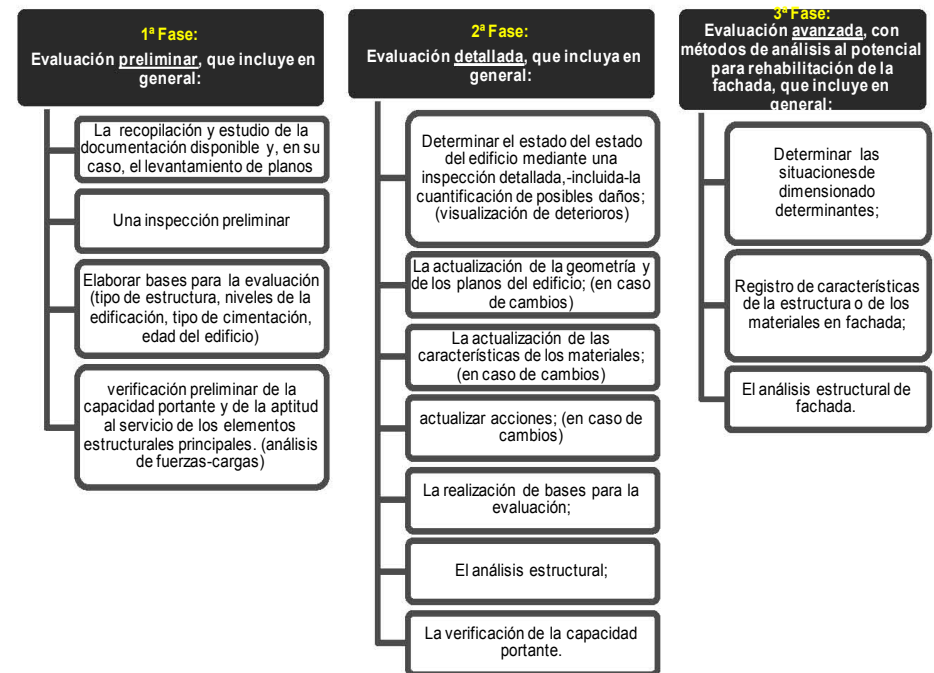


Fig. 2.3 Fases componentes del análisis estructural. Fuente: creación propia.



2.- Edad de la edificación

Situación legal.

Al tratarse de un sistema de estructura ligera no se representa un mayor impacto, sin embargo la edad del inmueble a estudiar tendría que estar considerada dentro del rango legal razonable para ser intervenido.

Puede presentarse el caso en el que la estructura a pesar de ser vieja pueda adquirir algún sistema de reforzamiento que le ayude a soportar este tipo de intervención, y que a largo plazo pueda redituarse más beneficios e incluso contribuir en su conservación.

En el Reglamento de Construcción del Distrito Federal, en su Capítulo IV Art. 35 “Restricciones a las construcciones” cita que:

... “para la Rehabilitación del Patrimonio Histórico, no podrán ejecutarse nuevas construcciones, obras o instalaciones de cualquier naturaleza sin recabar previa a la autorización del Departamento, la del Instituto Nacional de Antropología e Historia o del Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura, en los casos de su competencia”. Lo cual nos deja ver que es posible realizar la rehabilitación en este tipo de inmuebles si se presenta una cierta justificación.

3.- Sistema de fachada actual para el control térmico.

Descripción de fachada tiene, e identificar cómo funciona ante el control térmico. Materiales y Orientación

Conocer la fachada del edificio es de suma importancia, y es válido señalar que los edificios cada aproximadamente 25-30 años requieran una rehabilitación o cuanto menos una reparación parcial, identificada por medio de su análisis es como se detectan las patologías y los probables aciertos ante el puente térmico que ésta genera, lo cual llevará en esta tesis a generar una gama de posibles soluciones que involucren a la fachada actual o bien adecuar por completo de una nueva envolvente.

La orientación es en este caso una característica que determina los materiales y el diseño de fachada, en este análisis se observará el comportamiento del puente térmico en cada fachada, lo cual evidentemente será directamente proporcional con la comodidad térmica de los habitantes.

4.-Respuesta térmica de los habitantes.

El nivel y calidad de las actividades que se llevan a cabo dentro del edificio siempre están influidos por el nivel de confort (el punto en el que un individuo gasta la mínima energía para lograr adaptarse a su medio circundante) de los usuarios.

Hablando del “confort térmico” como la comodidad en términos de temperatura, al lograr un balance entre el calor que produce el cuerpo humano y lo que disipa al ambiente, se toman en cuenta parámetros tanto del individuo mismo (metabolismo, la ropa, temperatura de la piel) como del entorno (temperatura del aire, humedad relativa, temperatura superficial de elementos y velocidad del aire). Lamentablemente, muchas de las oficinas no consideran estas características como parámetros en el momento de ser diseñadas o adaptadas.

En este caso, la determinación del caso estudio con un funcionamiento influido por la respuesta térmica de los habitantes será determinado previamente con la valoración de los mismos, tomando en cuenta tiempo que ocupen las instalaciones, el tipo de actividad que realizan, e incluso la ropa, el sexo, y la edad promedio, lo cual por medio de un censo nos arrojará en términos paramétricos el nivel de comodidad de los usuarios, y si es que se necesita enfriamiento, calentamiento o entra dentro de un rango de confort o de estrés térmico ¹.

Medición.

Se considera que el ambiente térmico puede ser de cuatro tipos:

- De bienestar y confort
- Permisible
- Crítico por calor
- Crítico por frío

Se utilizará la ecuación de Balance térmico.----- $M \pm R \pm C - E = A$

Donde:

“A” sería el saldo final:

- calor acumulado se $A > 0$
- calor perdido si $A < 0$
- si $A = 0$ entonces se habla de equilibrio térmico.

(M) Metabolismo (siempre es ganancia de calor)

(R) Radiación (ganancia si hay mayor temperatura de los cuerpos de su entorno, ropa, sillas, joyería)

(C) Convección (ganancia si el aire o agua están a mayor temperatura)



Se considera que el ambiente térmico puede ser de cuatro tipos:

- De bienestar y confort
- Permisible
- Crítico por calor
- Crítico por frío

Se utilizará la ecuación de Balance térmico:----- $M \pm R \pm C - E = A$

Donde:

“A” sería el saldo final:

calor acumulado se $A > 0$

calor perdido si $A < 0$

si $A = 0$ entonces se habla de equilibrio térmico.

(M) Metabolismo (siempre es ganancia de calor)

(R) Radiación (ganancia si hay mayor temperatura de los cuerpos de su entorno, ropa, sillas, joyería)

(C) Convección (ganancia si el aire o agua están a mayor temperatura)

(E) Evaporación por sudor (siempre es una pérdida)²

Ecuación de balance térmico:

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm CRES \pm ERES - E d \pm CCOND = CCOND.CLO = A$$

• Mediciones de parámetros del entorno

(Temperatura del aire, humedad relativa, temperatura superficial de elementos y velocidad aire)

Temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del aire se medirán con la estación meteorológica Vaisala WXT510. Y se considerará que la temperatura del aire tendrá que:

- Para la temperatura: El parámetro de confort anual para la ciudad de México va de 19.74°C a 24.74°C, en este ejercicio se establecerá una temperatura óptima de 20°C
- Para la Humedad Relativa: el estado de confort ambiental quedará determinado por la relación entre un 50% de humedad Relativa.
- Con humedad relativa alta, mayor a 60%, la humedad y temperatura de la piel aumentan. El aire se siente más caliente y se produce sudor que no se evapora fácilmente. Bajo estas

El aire se siente más caliente y se produce sudor que no se evapora fácilmente. Bajo estas circunstancias un aumento en la velocidad del aire incrementa el grado de evaporación y contrarresta al efecto de humedad.

Con humedades relativas superiores al 80%, la evaporación se restringe y ni siquiera el movimiento del aire puede aumentar el efecto de enfriamiento en forma adecuada. Bajo estas condiciones se puede decir que el estado de confort ambiental queda determinado por la relación entre un 50% de humedad Relativa y 20°C de Temperatura.

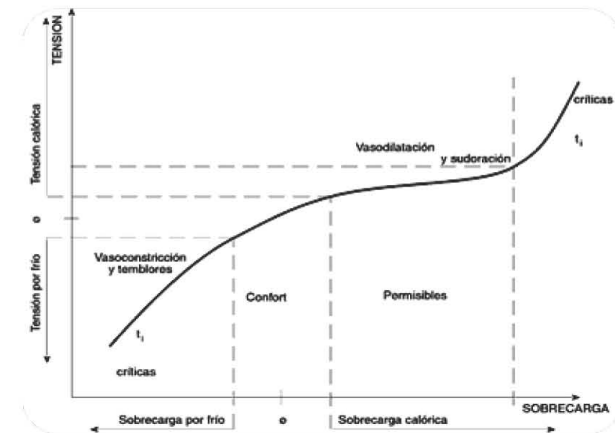


Fig. 2.4. Diagrama de GIVONI. Fuente: ASHRAE

- Para la velocidad de aire: crea sensación de frescor gracias a la pérdida de calor por convección y el aumento de la evaporación. En el interior del caso estudio se determinará una velocidad normal de 0,2 m/s.
- Para la temperatura de las superficies, o temperatura radiante se medirá con un termopar³
-

5.- Sistemas de climatización

Resulta evidente que si el edificio cuenta con sistemas de climatización artificial instalados, tendrá ganada una característica que lo hace vulnerable a la rehabilitación. Será muy claro el consumo energético que estos sistemas representan de acuerdo al total de su consumo energético, pero esto no se comprobará hasta realizar un diagnóstico energético considerando todos los factores influyentes.



Ahora bien el buen o mal funcionamiento de los sistemas instalados serán otro punto convincente para la rehabilitación, pues pueden manifestar por si mismos lo obsoletos que pueden resultar al fin de una jornada laboral. El edificio a seleccionar presentará a primera vista un deterioro de su estructura causado por la falta de planeación, origina una carga más para la estructura quitándole al edificio la posibilidad de tener mejor funcionamiento y a su vez más vida útil.

2.1.2 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Determinación de instrumentos de medición y análisis para definir la factibilidad de rehabilitación en el caso estudio

Matrices en base a las variables obtenidas.

Matrices (matriz de Leopold, o de doble entrada para cualificar y cuantificar)
Las matrices pueden ser consideradas como listas de control bidimensional; en una dimensión se muestran las aracterísticas individuales de un proyecto (actividades propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en la otra dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto.

De esta manera los efectos o impactos potenciales son individualizados confrontando las dos listas de control. Las diferencias entre los diversos tipos de matrices deben considerar la variedad, número y especificidad de las listas de control, así como el sistema de evaluación del impacto individualizado. Con respecto a la evaluación, ésta varí desde una simple individualización del impacto (marcada con una suerte de señal, una cruz, guión, asterisco, etc.)⁴

1.- Matriz para evaluar el Sistema estructural resistente a la intervención.

Una vez realizado el análisis descrito en las tres fases, se procederá a vaciar la información en una matriz que arroje resultados cualitativos y cuantitativos dependiendo de la escala que se genera a continuación

Capacidad portante adecuada Variables.

- desplazamientos, deformaciones, fisuras, corrosión, etc. (mediante análisis en planos e inmueble físico)
- una transmisión adecuada de las fuerzas en estructura principal (mediante la revisión del sistema constructivo).

- una transmisión adecuada de las fuerzas en sistema de fachada
- una durabilidad adecuada (Teniendo en cuenta el deterioro previsible así como el programa de mantenimiento previsto)

Por medio de esta matriz se determinará si cumple o no con su función estructural y las condiciones en las que se encuentra el sistema estructural del edificio.

		Sistemas estructurales				TOTAL capacidad portante adecuada
		sistema de cubierta	sistema de entrepiso	sistema soportante	sistema de fachada	
Características	Transmisión de fuerzas	X	X	X	X	
	Daños físicos-estructurales	X	X	X	X	
	Impacto a fachada (+ / -)	X	X	X		
	Vida útil - Durabilidad	X	X	X	X	X

Fig. 2. 5 Matriz de Leopold, diseñada para el análisis estructural. Fuente: creación propia.

Parámetros de medición. Escalas de cualificación.

•Transmisión de fuerzas:
no transmite (1) mal (2) regular (3) bien (4)

•Daños físicos - estructurales:
daños graves(1) daños leves (2) permisibles (3) daño (4)

•Impacto a fachada (+/-):
impacto negativo (1) impacto positivo (4)

•Vida útil – Durabilidad:
sin futuro (1) corta vida útil(2) larga vida útil (3) muy larga vida útil (4)

De acuerdo a la puntuación de mínima (4) se considerará un sistema obsoleto que requiere una rehabilitación y máxima (16) será contemplado para seguir trabajando como hasta el momento sin necesidad de rehabilitar.



Estado actual		Componentes del sistema de fachada							TOTAL función estructur al adecuad a
		Impactante sistema de fachada	sistema autosport		materiales				
			montantes	cerramientos	celosía	macizos	cristales		
características	Trabajo adecuado	X	X	X	X	X	X	X	
	Daños físicos	X	X	X	X	X	X	X	
	Pronóstico de vida útil	X	X	X	X	X	X	X	

Fig. 2. 6Matriz de Leopold, diseñada para el análisis estructural del sistema de fachada
. Fuente: creación propia.

Estas puntuaciones arrojarán el potencial que tiene el edificio para considerarlo apto a una rehabilitación en su fachada, que le genere un mejoramiento funcional, térmico, etc. De no ser el caso el edificio resultará obsoleto ante una mejoría.

Por otro lado es importante determinar las características del sistema de fachada presente, sus características, el estado en el que se encuentra. En caso de que la función estructural de la fachada sea ideal, se concluirá que la estructura portante no limita mejorar la problemática de control térmico en el edificio.

El edificio ya cuenta con un sistema particular de fachada, que intercala vanos y macizos a lo largo de su altura, es posible que ésta misma represente una parte de solución a la problemática, al estudiarla más a fondo

Parámetros de medición. Escalas de cualificación.

Trabajo adecuado

- No trabaja (1)
- Mal (2)
- Regular (3)
- Bien (4)

Daños físicos - estructurales:

- Daños graves (1)

- Permisibles (2)
- Pocos daños (3)
- sano (4)

Vida útil – Durabilidad:

- Sin futuro (1)
- Corta vida útil (2)
- Larga vida útil (3)
- Muy larga vida útil (4)

2.- Matriz para evaluar Sistema de fachada actual obsoleta para el control térmico.

Qué tipo de fachada tiene, y cómo se desempeña térmicamente. Materiales y Orientación

En este apartado se calificará a la fachada actual determinando:

- Su función ante el control térmico (verificación si genera una climatización natural/pasiva)
- Materiales aptos para la orientación que se tiene en determinada fachada.
- Orientación de cada fachada/estudio de incidencia solar en los espacios.

		Fachadas					TOTAL
		Fachada Norte	Fachada Sur	Fachada Oriente	Fachada Poniente		
características	impactos	Orientaciones					
	% de climatización natural	X	X	X	X	X	
	Materiales aptos	Térmicamente	X	X	X	X	X
		Lumínicamente	X	X	X	X	X
	Incidencia solar en horario laboral (+/-)	X	X	X	X	X	
							X

Fig. 2. 7Matriz para evaluar Sistema de fachada actual obsoleta para el control térmico.
. Fuente: creación propia.



3.- Respuesta térmica de los habitantes.

Se medirá mediante el estudio del clima, dependiendo de la zona, y datos que proporcione la estación meteorológica más cercana.

Una vez determinados los estados de confort según el clima que se encuentre en cada época de año, por medio de diagramas de GIVONI Y OLGAY, además de una tabla de ISORREQUERIMIENTOS térmicos, se determinarán los meses de frío y calor, en los que se necesite controlar el ambiente térmico del espacio, obviamente por medio de la fachada, es por esto que esta investigación indicará qué tipo de fachada se necesita en cada orientación.

Por otra parte, se realizará la Medición de parámetros del individuo: (Metabolismo, ropa, temperatura de la piel), por medio de la fórmula Ecuación de balance térmico:

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm CRES \pm ERES - Ed \pm CCOND = CCOND.CLO = A$$

En caso de no conseguir la información necesaria para aplicar la fórmula se contará solo con cuestionarios realizados a los usuarios.

Cuestionario aplicado a usuarios del edificio “Condominio Reforma”

Dentro del espacio de oficinas pueden ser cuantificables los parámetros de temperatura, humedad relativa, nivel de iluminancias, nivel de ruido o temperatura radiante, mediante termohigrómetro, luxómetro, sonómetro y termómetro de infrarrojos respectivamente. No obstante, lo que este tipo de instrumentos no son capaces de evaluar o medir es la opinión de los usuarios, respecto a las condiciones energéticas presentes en su entorno laboral.

Por este motivo y, en función de las condiciones establecidas para cada una de las energías, citadas en el capítulo anterior, se buscó la creación de una herramienta (cuestionario) cuya finalidad fuera la de conocer la opinión de los usuarios respecto a los diferentes niveles energéticos establecidos en su espacio de trabajo, tales como temperatura del aire (Ta), humedad relativa (HR), nivel de iluminación y de ruido. Es importante señalar que para hacer una evaluación global del confort térmico se debe complementar el análisis con los factores de vestimenta y de actividad, entre otros. Sin embargo, algunos de estos parámetros y factores se les asignó un valor determinado.

Es el caso de la vestimenta se asignó un valor obtenido de los valores establecidos, lo cual nos arrojó una magnitud media del arropamiento de 0,8 Clo para verano y 1,3 Clo para invierno. Para el nivel de actividad, el valor considerado fue el preestablecido de 1,3 Met., por lo tanto, la influencia de la vestimenta y la actividad sobre la sensación de Ta en principio se consideró como no determinante.

Con respecto al parámetro de la calidad del aire, esta se relaciona con la renovación de aire y a la velocidad a la que se lleva a cabo. Esta velocidad es la que puede alterar la sensación de temperatura; no obstante, como se trata de un ambiente ventilado artificialmente, la velocidad del aire no supera los 0,15 m/s, con lo cual no afecta la sensación de temperatura en el interior de las oficinas analizadas. En cuanto al parámetro de la temperatura media radiante (Tr), podemos decir que es similar a la del aire, por tanto no se puede considerar como un componente alterador de la sensación de calor, ya sea positiva o negativamente. Esta conclusión se obtuvo del siguiente cálculo:

$$K = (T_i - T_e) = 1 / RS_i (T_i - T_{sup})$$

Donde:

K Índice de resistencia de la ventana.

T_i Temperatura interior.

T_e Temperatura exterior.

RS_i Resistencia superficial interior.

T_{sup} Temperatura de superficie.

T_{sup} de Invierno:

$$3(24 - 0.8) = 1/.15(24 - T_{sup})$$

$$69.9 - 0.15 = 24 - T_{sup}$$

$$10.44 = 24 - T_{sup}$$

$$T_{sup} = 13.56^\circ\text{C}$$

Tr durante el Invierno:

$$Tr = 24.5 + 13.56 / 6$$

$$Tr = 22^\circ\text{C}$$

T_{sup} de verano:

$$3(23 - 36) = 1/.15(23 - T_{sup})$$

$$-39.015 = 23 - T_{sup}$$



Tr durante verano:

$Tr = 23.5 + 28.85 / 6$

$Tr = 24^{\circ}C$

La definición del cuestionario está enfocada a analizar las tres áreas energéticas presentes en el entorno laboral administrativo establecido, es decir para edificio y oficinas consolidadas, pues como hemos mencionado anteriormente, la finalidad de esta medición es la de conocer la opinión de los usuarios que actualmente laboran en este tipo entornos de trabajo. A partir de aquí, se buscaron diferentes tipo de encuestas aplicadas en espacios de oficina con una finalidad similar, considerando finalmente como referencia el cuestionario desarrollado por Andrew Lang, Francis Duffy, Denice Jaunzens y Steve Willis ⁵

Descripción del cuestionario.

La evaluación del confort energético de oficinas se llevó a cabo mediante la técnica de encuesta por cuestionario. La cual se dividió en 5 partes, donde en cada una de ellas se evaluó:

- 1ª parte: sexo y edad.
- 2ª parte: confort térmico y lumínico en invierno.
- 3ª parte: confort térmico y lumínico en verano.
- 4ª parte: confort acústico.
- 5ª parte: posición del usuario dentro de espacio de oficina.

Diseño de la aplicación del cuestionario.

Para la aplicación del cuestionario se contaron con tres fases, en cada una de las cuales se buscó un espacio de oficinas diferente al anterior. Así se eligió, en primer lugar, para la Fase Piloto, espacios de oficina contenidos en un inmueble cuya función principal no es la administrativa.

En segundo lugar, para la Fase Preliminar, se contaron con dos espacios en edificios administrativos diferentes.

Finalmente para la Fase Definitiva, se contó con un edificio de oficinas al completo (caso estudio).

Fase piloto.

La herramienta de evaluación pasará una serie de correcciones. La primera de ellas será en la fase de aplicación piloto, la cual se llevará a cabo dentro de las instalaciones administrativas del Condominio Reforma, teniendo como muestra un grupo de 36 personas encuestadas. El principal objetivo de su aplicación es el de evaluar el contenido del cuestionario, es decir, comprobar que las preguntas estuvieran redactadas de una forma correcta, en el sentido de claridad, sencillez y objetividad; para evitar en lo posible, confusiones, de los temas en cuestión, los cuales representan una dificultad de entendimiento para las personas encuestadas.

Fase preliminar.

Para esta fase se contará con un cuestionario más depurado tras la evaluación llevada a cabo en la fase anterior, con lo cual se dará mayor rigurosidad al cuestionario. Durante el desarrollo de esta fase se contará con dos espacios de oficina diferentes, dentro del Condominio Reforma. El primero de ellos donde la muestra obtenida sea de 25 individuos, mientras que el segundo tendrá una participación de 13 personas.

Fase definitiva.

Una vez que se depuro en dos ocasiones el cuestionario, se paará su aplicación definitiva. Los resultados de esta fase serán utilizados para el análisis posterior, el que a su vez fundamentara las propuestas para mejora de las condiciones energéticas en las oficinas.

En el Condominio Reforma laboran aproximadamente 300 personas, entre técnicos y administrativos, de los cuales se pretende obtener una muestra de 75 personas equivalentes al 26%.

Cuestionario muestra:

Usuarios.

- Sexo: Femenino / masculino
- Edad: menos de 25 / de 25-35 / 35-45 / 45-55 / mayor 55



Confort ambiental en invierno.

La temperatura en un día típico le parece:

Calurosa
algo caluroso
Normal
Fría
muy fría

Habitualmente, cuánta humedad siente en el ambiente:

muy baja
baja
normal
mucho
demasiada

Califique la iluminación general de la oficina:

muy oscuro
Oscuro
Normal
Iluminado
muy iluminado

Califique la iluminación particular en su lugar de trabajo:

muy oscuro
oscuro
normal
iluminado
muy iluminado

Confort ambiental en verano.

La temperatura en un día típico le parece:

Calurosa
algo caluroso
Normal
Fría
muy fría

Habitualmente, cuánta humedad siente en el ambiente:

muy baja
baja
normal
mucho
demasiada

Califique la iluminación general de la oficina:

muy oscuro
Oscuro
Normal
Iluminado
muy iluminado

Califique la iluminación particular en su lugar de trabajo:

muy oscuro
Oscuro
Normal
Iluminado
muy iluminado



Confort acústico.

- **Se siente cómodo con el ambiente sonoro de su lugar de trabajo:**

en absoluto
Ligeramente
Satisfecho
muy cómodo
completamente

Posición.

Cómo está ubicado su lugar de trabajo en relación a...:

- Pasillo:

Cerca
lejos
- Ventana

Cerca
lejos
- Centro del edificio:

Cerca
lejos

Método de evaluación de resultados

Para el análisis de las encuestas se utilizarán dos métodos. El primero, el análisis de conjunto, habiendo una sumatoria de los valores para establecer las tres zonas de confort, y, el segundo, el análisis individual de cada uno de los resultados con la finalidad de determinar comportamientos y tendencias poco visibles en el análisis de conjunto.

1.- Análisis de conjunto.

Todas las preguntas fueron en función de cinco opciones, comprendidas por dos zonas extremas, una de confort y dos intermedias. Estas dos últimas se dividieron por la mitad, cada una de las cuales se sumo al valor inmediato superior e inferior, es decir, al extremo y a la zona de confort. Esto nos permitió establecer tres zonas de sensación que, en el caso de la temperatura fueron:

- Zona cálida (ZC): encuestados que se ubiquen en la clasificación “calurosa” y “algo calurosa”. Obtenida de la suma del 100% de la primera más el 50% de la segunda.
- Zona Media de confort (ZMC): encuestados que se sitien en la clasificación “algo calurosa”, “normal” y “fría” . Obtenida del 50% de la primera, más el 100% de la segunda, más el 50% de la tercera.
- Zona Fría (ZF): Encuestados que se encuentren en la clasificación “fría” y “muy fría”. Obtenida de la suma del 50% de la primera, más el 100% de la segunda.

Con relación a la Humedad Relativa (HR) las zonas establecidas fueron:

- Zona seca (ZS): encuestados que se encuentren en la clasificación “muy baja” y “baja”. y la zona surge de la suma de los 100%de la primera encuesta más el 50% de la segunda.
- Zona media de Confort (ZMC): encuestados situados en la clasificación “baja”, “normal” y “mucho” obtenida de la suma del 50% de l primera y tercera y el 100% de la segunda clasificación.
- Zona Húmeda (ZH): Encuestados que se encuentran en la clasificación “mucho” y “demasiada”. Obtenida de la sumatoria del 50% de la primera más el 100% de la segunda.

3. Análisis individual

Este sistema de análisis, como su nombre lo indica, consiste en estudiar por separado cada una de las categorías, como el seco y la edad con la finalidad de establecer los posibles vínculos entre las diferentes 9variables. Además de permitir obtener las tendencias, difíciles de establecer con el sistema de conjunto. La abreviatuda utilizada durante la redacción del texto para cada grupo de edades y en ambos sexos fue el siguiente:



De 25 a menores de 25

Entre 25 y 35

Entre 35 y 45

Entre 45 y 55

Cabe señalar que en el grupo de mujeres sólo se analizaron tres grupos de edades (25, 25-35 y 35-45) pues en los dos restantes el número de personas era muy bajo.

En el análisis de los hombres se incluirán las mismas franjas de edades que en el de las femeninas, además del rango de 45-55.

4.- Sistemas de climatización en la edificación.

En esta variable intervienen dos sub variables a analizar.

- I. Consumo energético
- II. Impacto estructural por cajas de aire acondicionado.

I. Consumo Energético.

Para analizar el efecto que tienen los sistemas de aire acondicionado y el sistema de iluminación utilizados se tendrá como instrumento de medición para esta variable un Diagnóstico Energético Nivel 1.

Para el análisis de los sistemas de climatización existentes en el inmueble a estudiar, se realizará un diagnóstico energético nivel 1 en el que se llevará a cabo el siguiente programa:

1.- se realizará un censo, en el que se identificarán todos los equipos que requieren de energía, dividiéndolos en tres rubros principales:

- Iluminación
- Aire acondicionado
- Misceláneos

2.- se verificará el consumo energético mensual, obteniendo indicadores de Índice de Consumo Energético, establecidos en las normas NOM-007 y STP-025-2008

3.- Conociendo el consumo y la demanda máxima de energía, se procederá a separarla por usos finales, obteniendo así el consumo de energía requerida por el aire acondicionado e iluminación, detectando fugas y excesos en su uso.

4.- Detectados los derroches de consumo energético se dará paso a proponer medidas de ahorro en los sistemas de iluminación básicos.

Posteriormente estos derroches darán parámetros de diseño específicos que la envolvente tendrá que solventar mediante su forma, diseño y materiales.

II. Impacto estructural por cajas de aire acondicionado.

Para analizar el daño que causan los elementos de soporte del aire acondicionado en la estructura portante principal del edificio, se procederá a:

- Calcular el peso de cada caja insertada
- Cuantificar el número de cajas en ambos volúmenes
- Determinar el peso final por la instalación de AC
- Cuantificar el porcentaje de carga con respecto a la carga del sistema estructural portante principal



2.2 ANÁLISIS DEL “CONDOMINIO REFORMA”.

2.2.1. Sistema estructural resistente a la intervención.

FASE 1

A. La recopilación y estudio de la documentación disponible y, en su caso, el levantamiento de planos.

En la recopilación de información no se logró encontrar planos arquitectónicos y mucho menos estructurales, por lo que se procedió a digitalizar planos arquitectónicos hallados en una revista del mismo Arquitecto, Mario Pani.

Caso estudio “Condominio Reforma”.

En la ciudad de México, existen varios edificios de Oficinas, que anteriormente fueron creados para albergar departamentos, y hoy en día resultan prácticamente obsoletos para cubrir necesidades operativas. En la mayoría de los casos, este tipo de inmuebles adicionan a sus estructuras portantes sistemas de climatización artificial en busca del confort térmico, sin embargo, ésta desesperada solución les genera desgaste estructural, gasto económico y “fugas” en su consumo energético total, condiciones que los señalan como casos de estudio útiles para esta tesis.



Fig 2.8 Imagen aérea de ubicación del Caso Estudio. Fuente: Creación propia.

No fue difícil encontrar un sin número de edificios con características clave que los insertaran dentro de la problemática estudiada en esta tesis, la mayoría de los edificios existentes en México tienen en su pasado algún uso distinto al actual, principalmente en colonias que, con el paso del tiempo se convirtieron en zonas de alto potencial comercial, como lo son la colonia Condesa, Polanco, del Valle, Roma, entre otras.

Y por otro lado se encuentran los frentes urbanos de nuestra ciudad, que determinan su plusvalía dependiendo de la Avenida que los configure, un claro ejemplo de esto es el frente urbano generado por la traza de las Avenidas Insurgentes o Reforma. Es en ésta última avenida que se enfocó la búsqueda del caso a estudiar, pues en éste frente urbano (Av. Reforma) se han presentado la mayor cantidad de trámites para un “cambio de uso de suelo” ante la Secretaría de Desarrollo urbano y Vivienda del Distrito Federal.

Es precisamente en Av. Reforma No 369 esquina con Guadalquivir donde se encuentra ubicado el caso estudio seleccionado, “Condominio Reforma”, el cual fue uno de los primeros edificios de su tipo construido en la Ciudad de México, gracias a la compañía “Condominio S.A.” que fundó el Arquitecto Mario Pani, en la que se establece una propiedad por piso.

Este edificio fue construido en el año de 1956, precisamente por el Arquitecto Mario Pani en colaboración con el Arquitecto Santiago Ortega en un lote de terreno cuya superficie es de 2,160.00 m², y consta en su proyecto original de las siguientes partes:

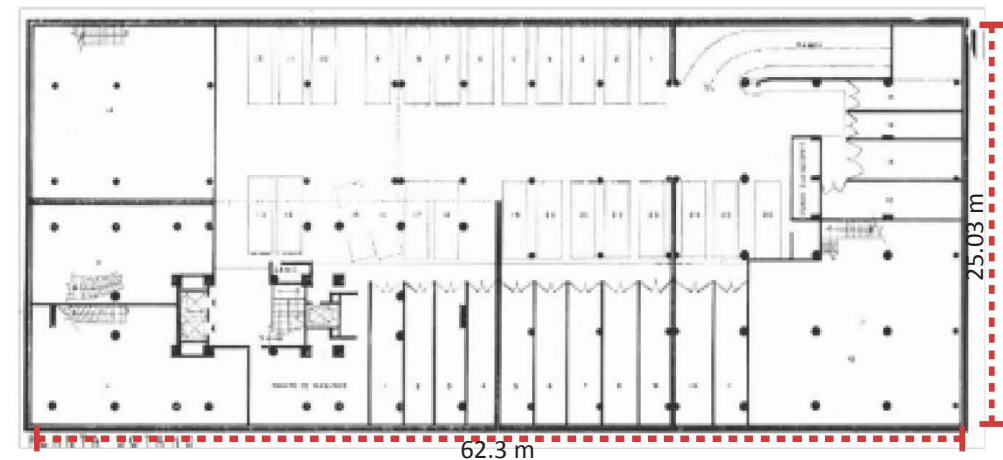


Fig 2.9 Planta de Sótano del Caso Estudio. Fuente: Creación propia.



a) **La planta de sótano** con estacionamiento, bodegas, cuarto de máquinas y dependencias de algunos de los locales de la planta baja

b) **La planta baja**, que comprende cuatro entradas: una por el Paseo de la Reforma, dos por la calle del Guadalquivir y la última por la calle del Volga; comprende también un pasaje que al Paseo de la Reforma; en ella se encuentran, además, 23 locales para comercio y dos sanitarios.

c) **La planta mezzanina**, que amplía locales de la planta baja y que contiene, además, la oficina del administrador.

d) Sobre la planta baja, entre las dos torres, **una planta intermedia** también de despachos

e) **Un edificio alto hacia el Paseo de la Reforma, de trece pisos**, de los que doce son de departamentos (22 en total), y el último contiene un pent-house, cuartos de servicio, baños y sanitarios para la servidumbre, lavaderos y jaulas para la ropa. Sobre el pent-house, así como en el octavo piso de la torre de despachos, están las casetas de los ascensores.

g) Un edificio alto hacia la calle del Volga, de ocho Pisos.

La dos torres que conforman este edificio heredan la experiencia de las circulaciones en altura de los multifamiliares (Miguel Alemán) y tiene solo una parada de elevador cada tres pisos, así como los departamentos son de dos niveles. El podio del basamento se encinta con unas franjas blancas y unas celosías que enfatizan la condición continua de todo el conjunto y su horizontalidad. **Los prismas vítreos se desplantan sobre un nivel remetido que deja ver la estructura.**

Este singular proyecto de Mario Pani, alberga diferentes actividades, como se puede percibir en los planos, existen espacios para comercio, despachos y departamentos en su gran mayoría, como actividad protagonista. Sin embargo hoy en el 2011, es utilizado como Oficinas y despachos únicamente, debido al gran potencial comercial que comprende la zona en la que se ubica, es por eso que ahora se le conoce como “Condominio Oficinas”. A razón de éste cambio de uso, tramitado en SEDUVI (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda), el inmueble cuenta con añadiduras perceptibles en su fachada, como cajas de aire acondicionado, y algunas luminarias extras, así como una fachada norte en la que durante las 24hrs del día se mantienen cerradas persianas térmicas para evitar el paso de radiación solar.

Es evidente que el diseño de la fachada original del edificio no responde a las actividades que alberga al día de hoy. Y es seleccionado para ser el caso estudio debido a que en un primer análisis cumple con las siguientes características:

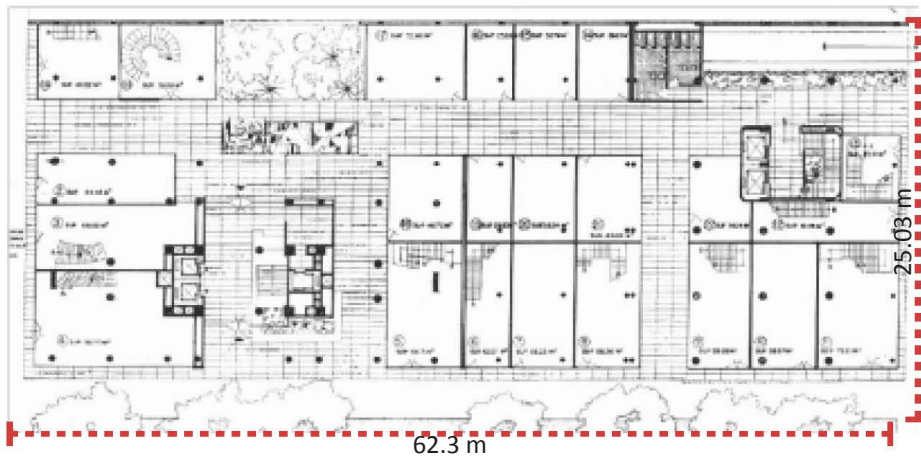


Fig 2.10 Planta Baja. del Caso Estudio. Fuente: Creación propia.

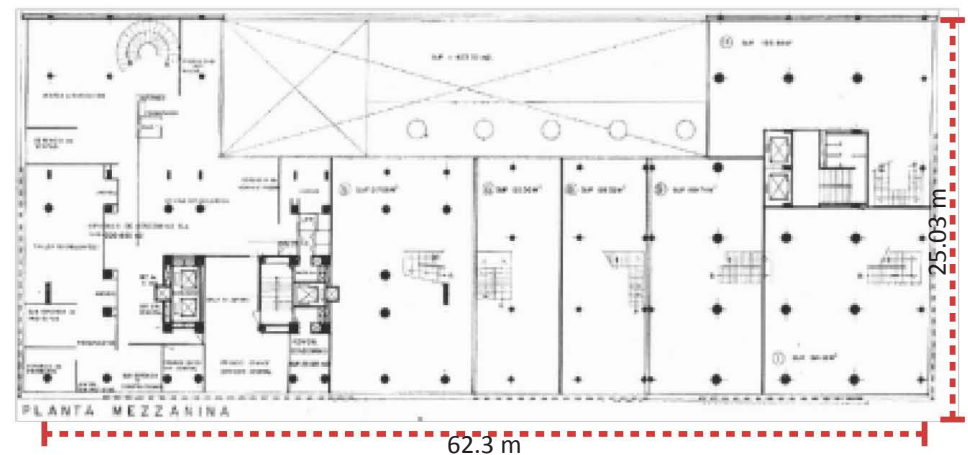


Fig 2.11 Planta de mesanina del Caso Estudio. Fuente: Creación propia.



- Cambio de uso de suelo de habitacional a Oficinas en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Carga extra a estructura principal debido a la Inserción de elementos extras para mejorar las condiciones térmicas en el espacio interior. (instalaciones de sistemas activos de climatización)
- Deterioro de la fachada generado por elementos de soporte para climatización adicionados.
- Gasto económico excesivo debido al consumo energético, mismo que tiene un impacto negativo hacia el medio ambiente.

B. Una inspección preliminar

Realizada la inspección preliminar se logró obtener datos acerca del sistema estructural del edificio, así como algunos datos más específicos en cuanto a materiales.

De igual modo se logró determinar una escala gráfica que permita establecer medidas generales de la edificación.

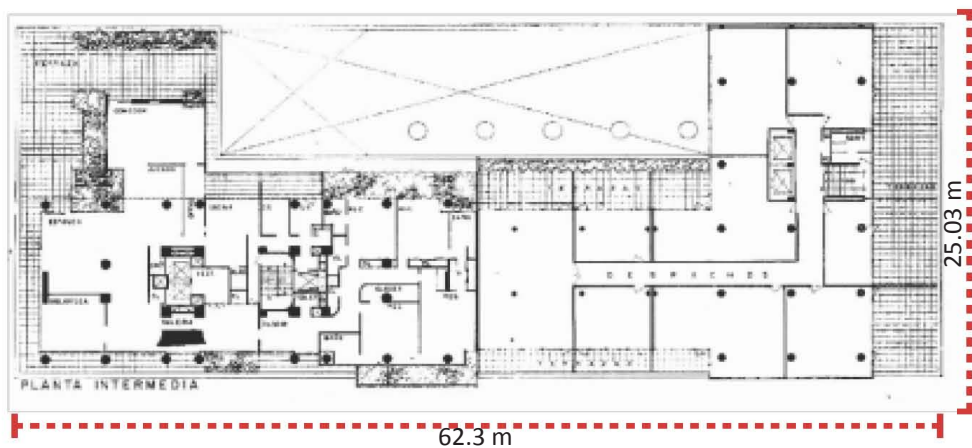


Fig 2.12 Planta Intermedia del Caso Estudio. Fuente: Creación propia.

C. La elaboración de las bases para la evaluación (tipo de estructura, niveles de la edificación, tipo de cimentación, edad del edificio)

Se obtienen las bases para la realización del análisis tales como:

- Tipo de estructura: Columnas y trabes de concreto armado, losa maciza.
- Niveles de la edificación: la original tiene dos torres una de trece niveles y otro de 8. Actualmente son dos torres de 13 niveles. Teniendo una altura total aproximada de 45.5m
- Tipo de cimentación: cajón somero
- Edad del edificio: 53 años

Identificación de los subsistemas que integran la estructura del edificio:

Sistema estructural del edificio: Estabilidad de la edificación

Este edificio fue construido con una estructura de concreto, de características simétricas, con elementos portantes de sección circular y cuadrada. El procedimiento de construcción dejó como último concepto a la fachada, la cual fue diseñada e insertada una vez que la estructura principal estaba completa. A continuación se identifica el sistema estructural portante del edificio, representado en sus diferentes niveles.

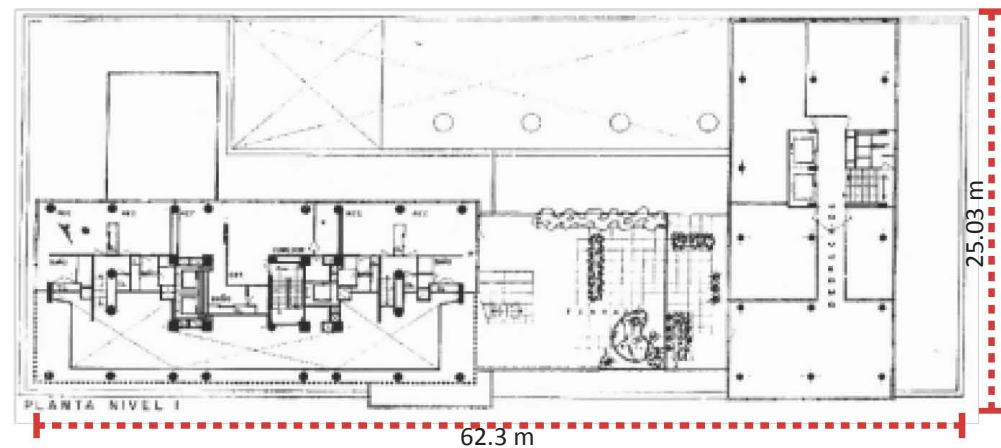


Fig 2.13 Planta tipo del Caso Estudio. Fuente: Creación propia.



1.- Sótano.

Con base en los planos proporcionados por el archivo del Arq. Mario Pani se procedió a analizarlos gráfica y geométricamente, se marca en color rojo lo que representa a la estructura definida en los mismos. (Fig. 2.15)

Se puede apreciar que es una estructura regular compuesta por columnas circulares de concreto armado y en diferentes secciones, así como columnas de sección cuadrada que albergan el cubo de circulaciones verticales (elevadores y escaleras). La planta del sótano está destinada al estacionamiento, se ocupa el 100% de la superficie del terreno y bajo de ésta se encuentra un sistema de cimentación a base de cajón somero. (Fig. 2.14)

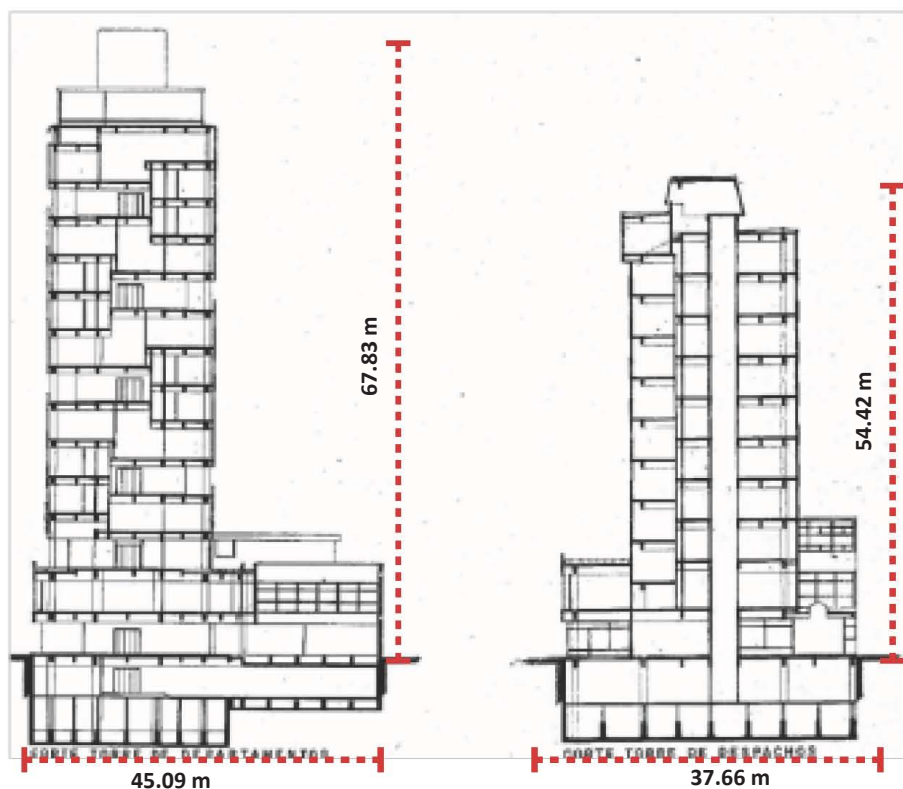


Fig 2.14 Cortes transversales del Caso Estudio. Fuente: Creación propia.

2.- Planta baja.

En este nivel de planta baja se continúa la estructura simétrica, desapareciendo columnas en zonas que se destinan a áreas verdes, y que posteriormente no serán necesarias para soportar niveles superiores. (Fig. 2.17)

En este nivel se encuentran los locales comerciales, definidos por la retícula estructural, misma que genera las áreas a utilizar.

Actualmente los usos de estos espacios siguen siendo los mismos.

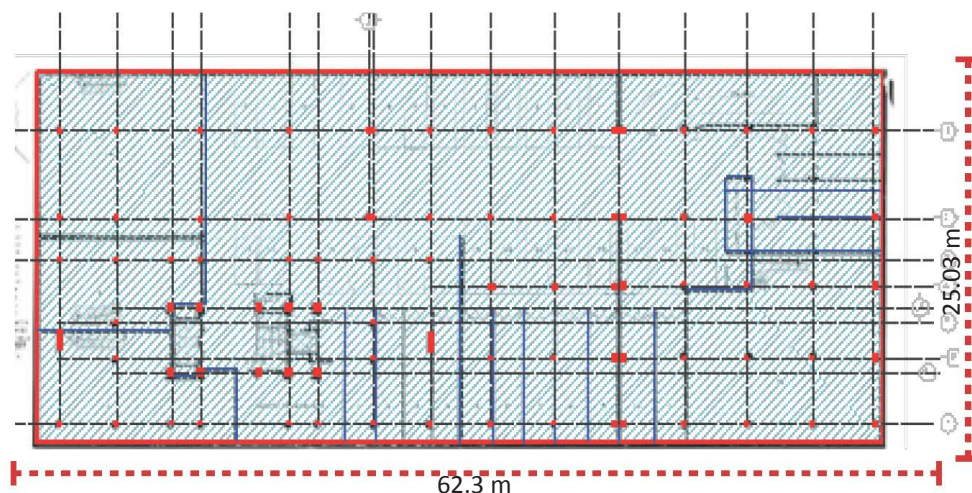


Fig 2.15 Plano de sótano. Modificado para fines académicos. En éste plano se marca con rojo la estructura y en sombreado cian las áreas ocupadas Fuente: creación propia



Fig 2.16 Levantamiento fotográfico de Caso Estudio. Fuente: Creación propia.



Se puede apreciar de manera más clara cómo es que se va conformando lo que será la estructura que sube hasta el último nivel, las columnas de sección más pequeña enmarcadas en el cuadrado azul desaparecerán a medida que los niveles aumentan. Por otro lado en el cuadrado magenta se encierra el área en la que las columnas ya no son necesarias, es decir, sólo fueron contempladas para soportar los entrepisos del estacionamiento y planta baja, ya que en esta planta intermedia termina su función soportando una terraza. El mismo caso se presenta en la planta Intermedia en la que desaparecen más columnas, mismas que se enmarcan en recuadro tono naranja. (Fig. 2.19)

El edificio se divide finalmente en dos torres, una para departamentos (1) y una para despachos (2). Debido a ésto, las secciones verticales de estructura que suben en todo lo alto del edificio son las que en este nivel se marcan en rojo, dejando los últimos entrepisos soportados con uso de terraza. (Fig. 2.20)

Debido a que en este nivel se muestra la estructura tipo que predomina a lo alto del edificio estudio, se tomará como planta estructural a analizar, esto con la finalidad de estudiar la envolvente de cada uno de los cuerpos, la manera en que se sujeta, y los puntos de posible intervención, una vez que la estructura sea considerada apta para soportar la rehabilitación. (Fig. 2.20)

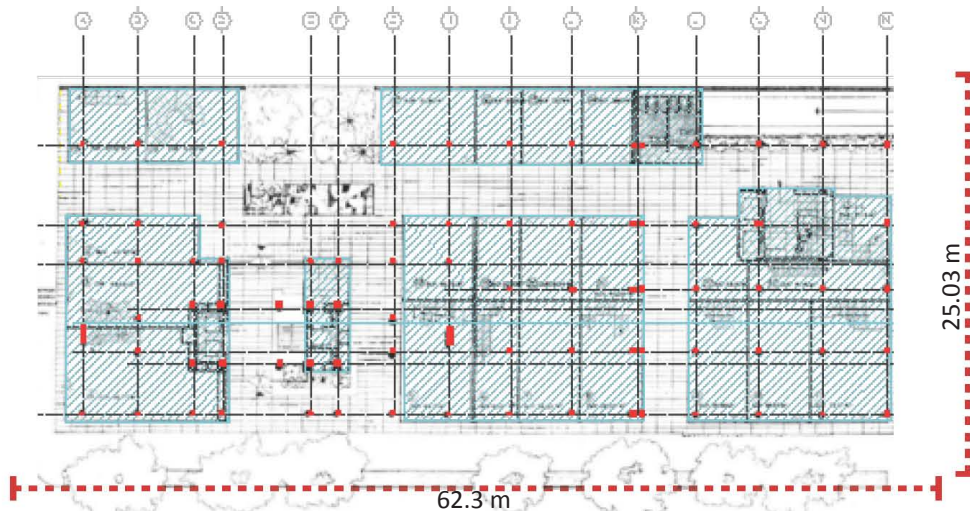


Fig 2.17 Plano de P.B. modificado para fines académicos. En éste plano se marca con rojo la estructura y en sombreado cian las áreas ocupadas Fuente: creación propia

Actualmente ambos edificios cuentan con el mismo número de niveles, teniendo como estructura de entrepiso traveses de concreto armado a diferentes niveles, que se intercalan formando espacios con dobles alturas y departamentos u oficinas de dos niveles.

El tipo de piso está diseñado con losas de concreto que responde a las secciones longitudinales dadas por las traveses de cada nivel. Finalmente el sistema portante del edificio está conformado por una estructura regular de concreto, con un sistema portante de secciones circulares y cuadradas, variables, dependiendo de los niveles que soportarán en cada sección del edificio. Y entrepisos definidos por traveses primarios (longitudinales) y secundarios (transversales) también de concreto armado. Esto lo deduzco porque se muestran traveses de mayor sección (primarios) en los extremos.

FASE 2

A. La determinación del estado del edificio mediante una inspección detallada, incluida la cuantificación de posibles daños; (visualización de deterioros posibles)

De acuerdo a las visitas de campo realizadas y al análisis de la estructura, no se han percibido daños en la estructura portante, sin embargo en la estructura que soporta a la fachada se presentan cajas que soportan sistemas de aire acondicionado que añaden carga extra. (El cálculo del peso extra se calcula en el análisis estructural y portante)

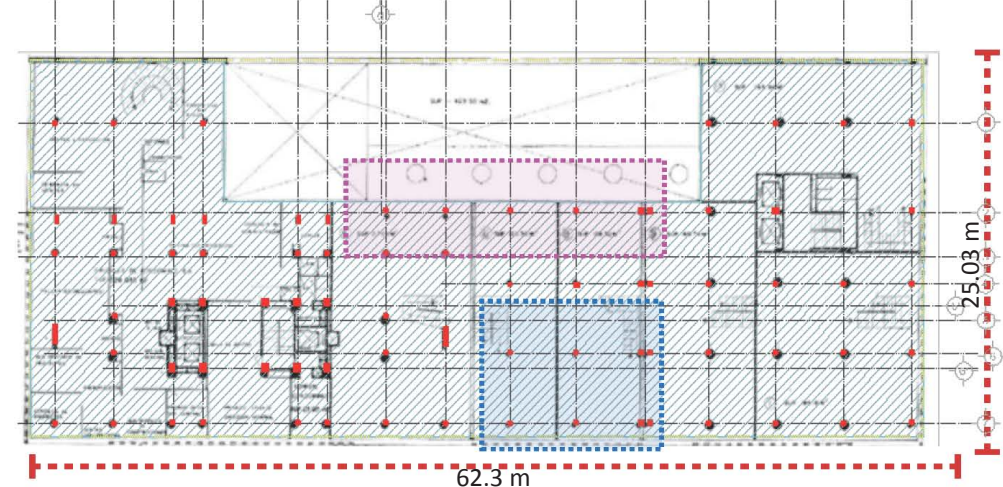


Fig 2.18 Plano de Planta Mezzanine. Modificado para fines académicos. En éste plano se marca con rojo la estructura y en sombreado cian las áreas ocupadas Fuente: creación propia

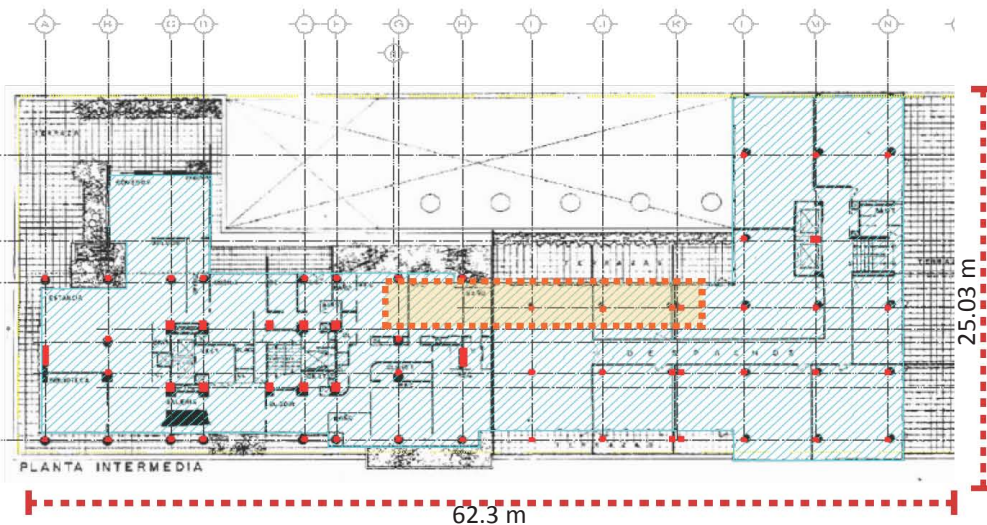


Fig 2.19 Plano de Planta Intermedia. Modificado para fines académicos. En éste plano se marca con rojo la estructura y en sombreado cian las áreas ocupadas Fuente: creación propia

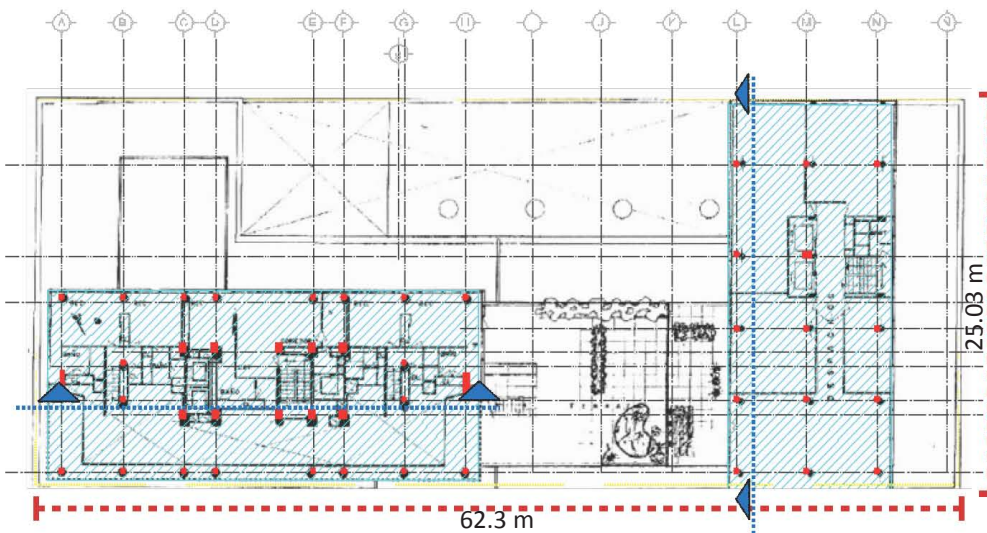


Fig 2.20 Plano Nivel 1. Modificado para fines académicos. En éste plano se marca con rojo la estructura y en sombreado cian las áreas ocupadas Fuente: creación propia

B. La actualización de la geometría y de los planos del edificio; (en caso de cambios)

La única modificación de la geometría general del edificio es el aumento de niveles en la torre que antes era de 8 niveles y ahora es de 13, llegando a una altura de 45.5m aproximadamente.

C. La actualización de las características de los materiales; (en caso de cambios)

No se presentan cambios de materiales, sin embargo se presenta un deterioro en el estado de cada uno. Se presentan módulos de cristal en diferentes tonalidades, y módulos de materiales porosos que aún no se logran identificar.

D. La actualización de las acciones; (en caso de cambios)

En la edificación se presentó un aspecto que lo hizo totalmente vulnerable, el cambio de uso de suelo, de habitacional a oficinas en ambos volúmenes. Ésta, es la causa de los diversos daños que presenta la estructura de fachada, ya que la falta de confort en el ambiente interior generó una necesidad de inserciones de sistemas de climatización, mismos que fueron anclados a la manguitería de aluminio de la fachada (Fig.2.16 y 2.23).

E. Análisis estructural

Para el análisis estructural del caso estudio solo se consideró la información que pueda resultar importante en caso de una rehabilitación en la fachada.

Analizando el sistema estructural del edificio ya se tienen identificados los cinco sistemas que lo componen. En éste caso se toma en cuenta solo el corte del volumen 1, y la planta tipo definida anteriormente.

Como lo indica la Figura 2.21 existen en el sistema portante 4 tipos de columnas, cada una con una sección distinta dependiendo de la carga que reciben, y van desde C1 de .40 de diámetro hasta C4 de .45 x.45, de sección cuadrada. Así, mismo se cuentan con traveses principales y secundarios, que permiten establecer la variación de niveles que se describe en el análisis anterior, por medio de losas macizas de 10cm que se distribuyen en niveles distintos, de acuerdo al diseño entrelazado de los departamentos y las dobles alturas. (Ver cálculo de bajada de cargas en anexos).

En conclusión la súper-estructura que incluye al sistema portante vertical y horizontal del Condominio Reforma, presenta una condición bastante regular en su forma y solución, no presenta anomalías, en cuanto a desplazamientos, y las cargas recibidas puntualmente por cada elemento vertical corresponde a la sección para la cual fue diseñada.

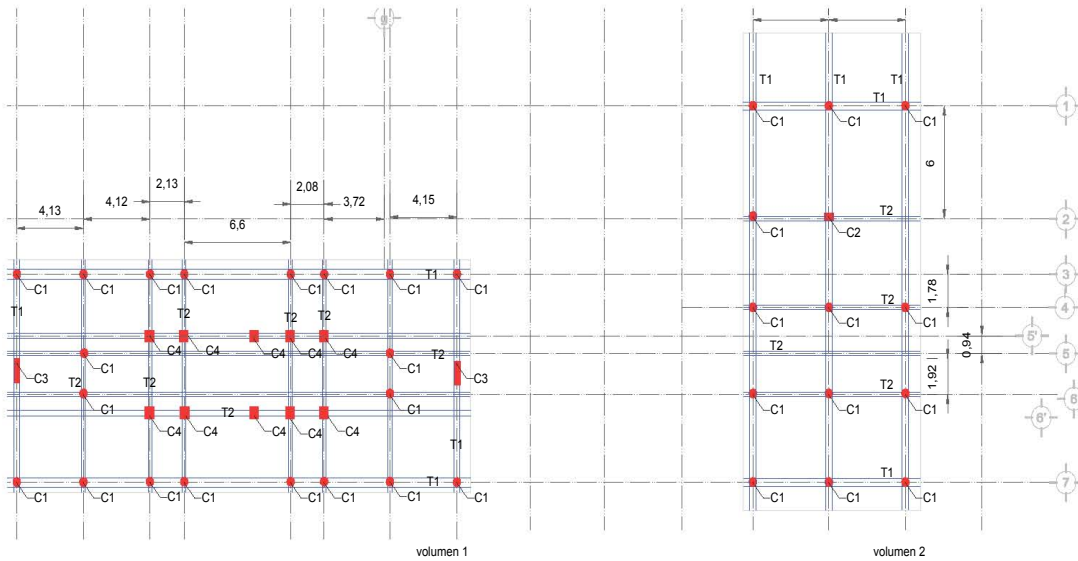


Fig 2.21 Planta estructural volumen 1 y 2. Fuente: creación propia

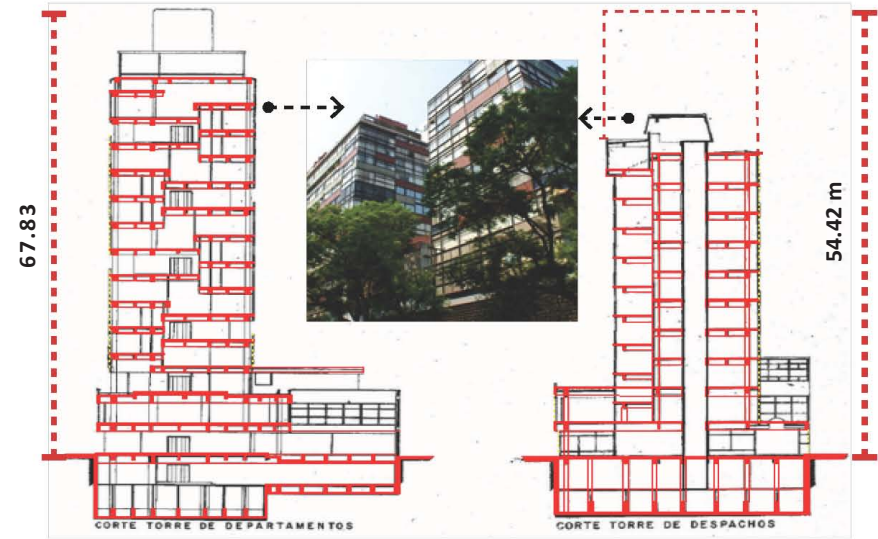


Fig 2.22 Cortes transversales. Modificado para fines académicos. Fuente: creación propia



Fig 2.23 Cajas de aire acondicionado en fachadas. Fuente: creación propia.

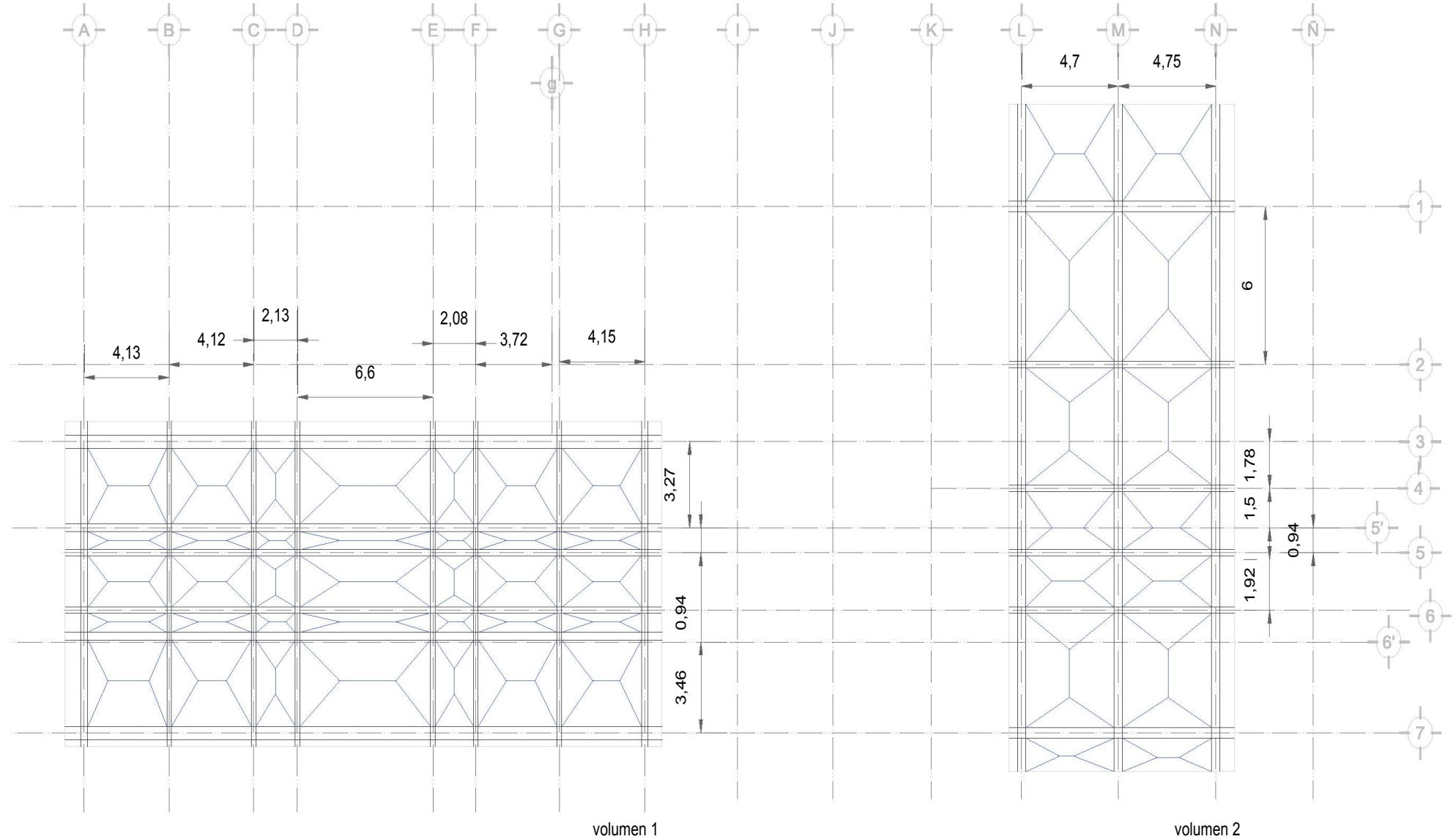


Fig2.24 Planta estructural volumen 1 y 2. Fuente: creación propia



Sistema estructural que soporta a la fachada... (Envolvente): control ambiental del espacio interior.

Ahora bien, hablando del sistema de fachada con el que cuenta, después de analizados los planos anteriores y concluyendo que el edificio fue construido en dos etapas en las que la segunda era colocar la fachada al sistema estructural terminado, se puede observar en el siguiente plano un corte por fachada que explica la manera en que se articulan ambos sistemas.

A pesar de que esta edificación fue elegida como caso estudio por contener en su conjunto la mayor puntuación hacia la problemática y no funcionar ante la generación del confort térmico del espacio interior, resulta que realizando un análisis estructural, se descubre que en esta fachada se maneja una envolvente que puede considerarse ligera por el sistema constructivo que maneja (fijación) y por los materiales que la constituyen

Sin embargo es una envolvente que ha recibido cargas extras en su estructura general, al añadirse cajas que soportan mini splits de aire acondicionado, a continuación se determinan los puntos específicos de la estructura que permitirían la sujeción de un nuevo envolvente, el cual si funciona con respecto a la orientación y ambiente que pueda controlar. Evidentemente para el diseño del nuevo envolvente se tendrá que seleccionar los materiales adecuados, así como el sistema de sujeción en los puntos determinados.

Una vez determinados los puntos de posible sujeción de una nueva propuesta de envolvente que responda a las necesidades térmicas del espacio interior, se procede a vaciar los resultados del análisis

- revisión del sistema constructivo).
- una transmisión adecuada de las fuerzas en sistema de fachada

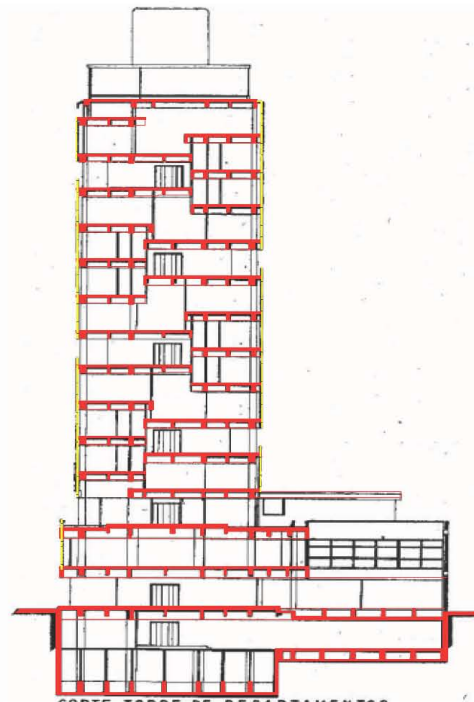


Fig2.25 Corte volumen 1 Fuente: creación propia

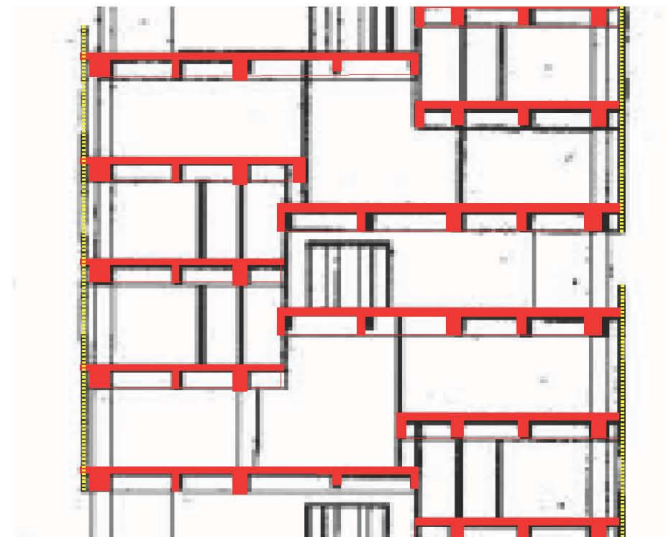


Fig2.26 Detalle de entresijos. Fuente: creación propia

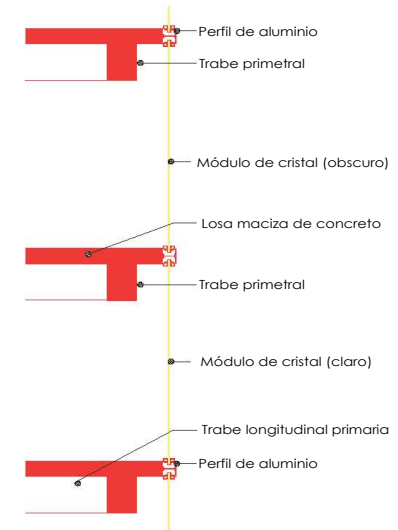


Fig2.27 Corte por fachada de volumen 1. Fuente: creación propia.

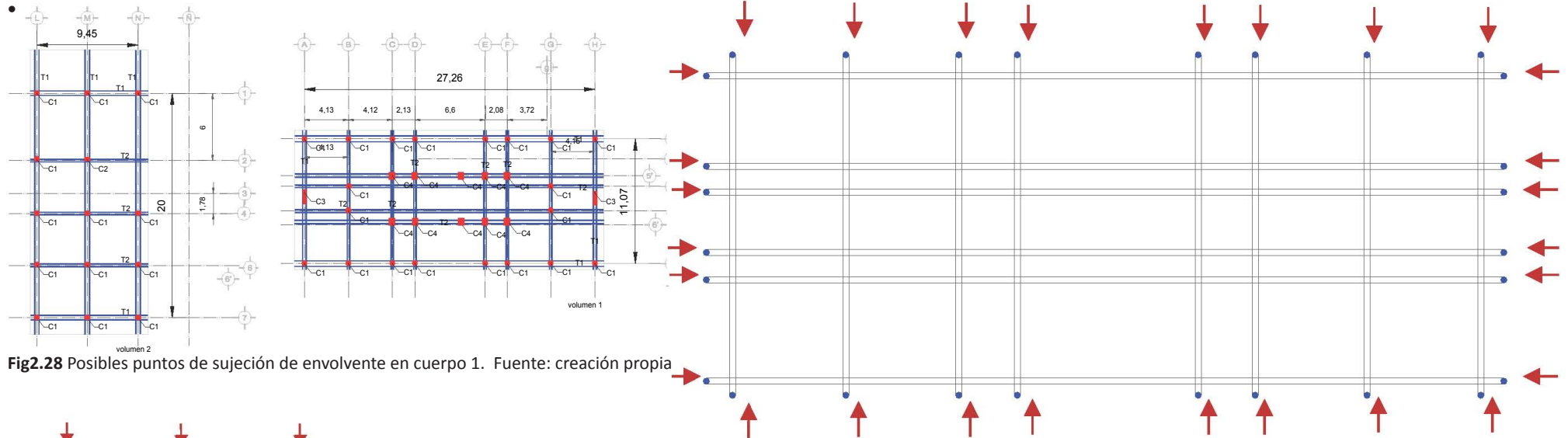


Fig2.28 Posibles puntos de sujeción de envoltura en cuerpo 1. Fuente: creación propia

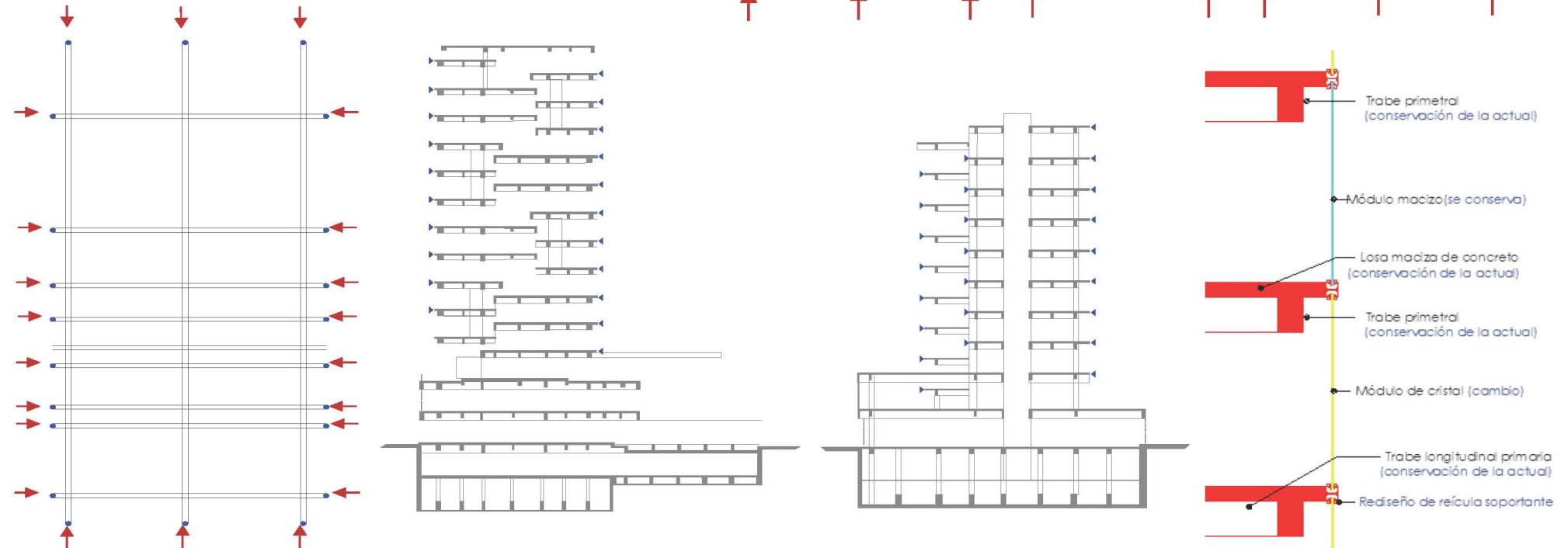


Fig2.29 Posibles puntos de sujeción de envoltura en planta cuerpo 2



Evaluación cualitativa Capacidad portante

1 El edificio fue construido y dimensionado de acuerdo a las normas antiguas, por lo tanto se establece que tiene una capacidad portante adecuada, ya que se cumplen las siguientes condiciones:

- El edificio se ha utilizado durante un periodo de tiempo suficientemente largo sin que se hayan producido daños o anomalías (desplazamientos, deformaciones, fisuras, corrosión, etc.)
- La inspección preliminar no revela ningún indicio de daños o deterioro
- La revisión del sistema constructivo permita asegurar una transmisión adecuada de las fuerzas.
- Teniendo en cuenta el deterioro previsible así como el programa de mantenimiento previsto se puede anticipar una durabilidad adecuada

Resultados del análisis del Sistema estructural factibilidad de resistencia a la intervención.

Capacidad portante adecuada Variables.

- e) desplazamientos, deformaciones, fisuras, corrosión, etc. (mediante análisis en planos e inmueble físico)
- f) una transmisión adecuada de las fuerzas en estructura principal (mediante la revisión del sistema constructivo).
- g) una transmisión adecuada de las fuerzas en sistema de fachada
- h) una durabilidad adecuada (Teniendo en cuenta el deterioro previsible así como el programa de mantenimiento previsto)

Capacidad portante adecuada		Sistemas estructurales				TOTAL capacidad portante adecuada
características		sistema de cubierta	sistema de entrepiso	sistema soportante	sistema de fachada	
	Transmisión de fuerzas	4	4	4	2	
	Daños físicos-estructurales	3	4	4	1	
	Impacto a fachada (+ / -)	1	1	1	1	
	Vida útil - Durabilidad	4	4	4	2	
	total	12	13	13	6	44

Fig2.30 Resultados de Matriz de Leopold. Análisis estructural.

Parámetros de medición. Escalas de cualificación.

- Transmisión de fuerzas: no transmite (1) mal (2) regular (3) bien (4)
- Daños físicos - estructurales: graves(1) leves (2) permisibles (3) sano (4)
- Impacto a fachada (+/-): negativo (1) positivo (4)
- Vida útil – Durabilidad: sin futuro (1) corta vida útil(2) larga vida útil (3) muy larga vida útil (4)

De acuerdo a la puntuación de mínima (4) se considerará un sistema obsoleto para ser contemplado en una rehabilitación y máxima (16) será contemplado para seguir trabajando como hasta el momento sin necesidad de rehabilitación.

- Por medio de esta matriz se determina que de acuerdo a la puntuación obtenida en el sistema de cubierta, de entrepiso, y soportante, existe un trabajo estructural adecuado, que no ha sufrido daños que puedan intervenir en su vida útil futura y se determinan como aptos para seguir trabajando como sistema, obteniendo puntuaciones de entre 12 y 13.

En el caso del sistema de fachada, mismo que obtuvo una puntuación de 6 puntos, se determina que no trabaja estructuralmente en conjunto con los demás sistemas, y tampoco como sistema particular.

No se proyecta una vida futura conveniente, ya que cuenta con daños en sus elementos portantes y soportantes. Debido a lo anterior se considera sistema candidato a rehabilitación, ya que éste concepto impactaría de manera positiva al conjunto de sistemas que trabajan con éste.

Estado actual		Componentes del sistema de fachada						TOTAL función estructural adecuada
		sistema auto soporte	materiales					
característica		montantes	cerámico	celosía	macizos	cristales		
	Trabajo adecuado	3	3	1	1	2	1	X
	Daños físicos	1	1	1	3	3	2	X
	Pronóstico de vida útil	2	2	1	2	3	3	X
	total	6	6	3	6	8	6	35

Fig2.31 Resultados de Matriz de Leopold. Análisis estructural de componentes de fachada.



Parámetros de medición. Escalas de cualificación.

Trabajo adecuado

- No trabaja (1)
- Mal (2)
- Regular (3)
- Bien (4)

Daños físicos - estructurales:

- Daños graves (1)
- Daños leves (2)
- Pocos daños (3)
- sano (4)

Vida útil – Durabilidad:

- Sin futuro (1)
- Corta vida útil (2)
- Larga vida útil (3)
- Muy larga vida útil (4)

De acuerdo a la puntuación de mínima (3) se considerará un sistema obsoleto para ser contemplado en una rehabilitación y máxima (12) será contemplado para seguir trabajando como hasta el momento sin necesidad de rehabilitación.

En conclusión la matriz anterior nos permite concluir que el sistema de sujeción se encuentra en un estado intermedio de funcionalidad, así como los montantes, celosías y los cristales, tal resultado evidencia la necesidad y potencialidad de rehabilitación al ser elementos que no trabajan adecuadamente con respecto al conjunto y que en un corto tiempo representarán más daño tanto para el sistema de fachada como para la relación con el espacio interior.

[De lo anterior se establece el diagnóstico preliminar: (Determinación de parámetros de diseño)]

- Conservar la estructura portante principal en el estado actual
- Tomar en cuenta las secciones de la fachada que se encuentran en buen estado y podrían ser conservadas (macizos)
- Sustituir en un 85% el sistema portante de estructura de fachada, contemplando los (montantes, travesaños y cerramientos del sistema envolvente ligero)

- Diseñar el sistema auto portante tomando en cuenta la modulación establecida en un principio, o bien, considerando los puntos de sujeción pertinentes establecidos por la estructura principal (entrepisos)
- Contemplar una sujeción coherente con el sistema estructural actual (secciones y materiales) que permita una fusión lo más imperceptible posible para evitar un impacto dañino.
-

Análisis

(Considerando parámetros de diseño)

Se conservará la estructura portante principal en el estado actual.

En el volumen No1 y No 2 se conservará la estructura portante de cada volumen, tomando en cuenta que tiene una transmisión de cargas adecuada (del elemento portado y al tablero de losa correspondiente). Se conservará el sistema estructural siguiente:

Una vez que se ha establecido el sistema estructural actual sin problema alguno ante la modificación de la envolvente del edificio, se procede a establecer las secciones de la fachada que pueden ser conservadas al igual que esta estructura portante principal. (B)

Secciones de la envolvente original que se conservarán.

La envolvente está constituida por una retícula metálica que soporta todos los módulos de cerramiento. Y esa es la respuesta que irónicamente arroja el estudio de éste inmueble.

Modulación y puntos de sujeción.

Tomando en cuenta que la modulación se llevará a cabo tomando en cuenta el modelo existente (punto B). Se conservarán los mismos puntos de sujeción. Una vez identificados y se realizará el diseño de un nuevo tipo de sujeción benéfica para el edificio y el soporte de la fachada.

Sin olvidar el objetivo de la envolvente ligera, se plantea el mínimo número de elementos, a manera de reducir o evitar la carga extra o considerable ante la estructura portante existente, que en base a su anclaje o fijación represente ligereza,. Hacia el control térmico, disminuyendo los elementos de estructura, es decir peso, y aumentando elementos de control térmico, logrando así una mayor ligereza y una disminución en la carga estructural, tomando en cuenta elementos horizontales para su estabilidad.



2.2.2. Sistema de fachada

Qué tipo de fachada tiene, y porqué no funciona ante el control térmico. Materiales y Orientación

En éste apartado se considerará el análisis de:

- Estudio de orientación
- Análisis de materiales (aún no se cuenta con las especificaciones necesarias)

Se realizó un estudio del recorrido solar dependiendo de la orientación de la edificación, tomando en cuenta el volumen uno y dos, y se determinó si las fachadas son coherentes con la radiación solar que reciben.

En cuanto a los materiales, se toman en cuenta cristales de diferentes tonalidades, así como una modulación variable dependiendo de los niveles, y paneles de ferrocemento de 2cm de espesor.

Estudio de solarimetría. Trazo de gráfica solar

De acuerdo al estudio de asoleamiento se pueden percibir los diferentes niveles de radiación solar que recibe cada uno de los volúmenes y la manera en que incide en sus fachadas es aunque con la misma inclinación, sin embargo de mayor o menor magnitud, es decir, en el volumen No2 la sombra del 27 de Julio a las 8hrs presenta una mayor incidencia

En conclusión de éste estudio, se puede decir que las distintas orientaciones de los volúmenes les genera una incidencia solar distinta en cada una de sus fachadas, lo cual evidentemente representa la necesidad de un control distinto en cada una de ellas.

Lamentablemente éste edificio, aunque cuenta con intensiones de jugar con diversos materiales para optimizar la iluminación dependiendo del espacio habitacional para el que fue diseñado, se evidencia la falta de control térmico, ya que las fachadas de las cuatro orientaciones en ambos volúmenes tienen el mismo tratamiento, los mismos materiales, y la misma modulación, evitando que el edificio funcione térmicamente bien.

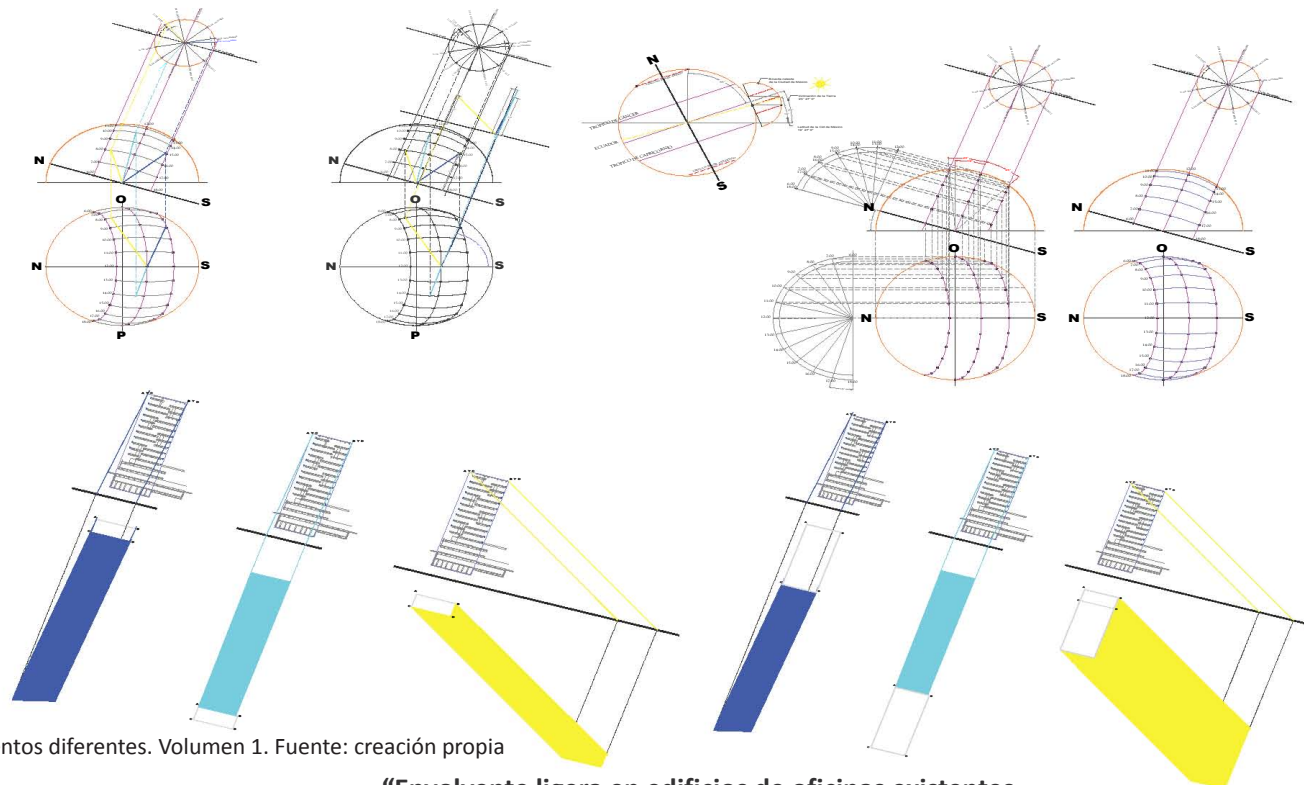


Fig2.32 Sombras en tres momentos diferentes. Volumen 1. Fuente: creación propia



Ahora bien, si se trata de la incidencia al interior de los espacios dependiendo de la inclinación del sol con respecto a una hora y día del año juliano determinado, se percibe en la fachada poniente que dependiendo de la hr varía la iluminación natural en el interior, y se percibe que la fachada última no recibe iluminación natural debido a la hora en la que se graficó (8hrs).

Podría decirse que es una buena cantidad de luz la que se logra aprovechar, sin embargo, la cantidad de iluminación, si se midiera el luxes (actividad que se realizará posteriormente) resultaría ser la mitad de la radiación térmica que incide en el espacio (medida en grados Celsius), esto nos deja ver que debido a éste problema es que se generó la necesidad de insertar sistemas de climatización activa que ayudara a controlar el ambiente interior.

Una vez analizado el edificio en cuanto a la orientación que tiene y la forma en que incide el sol sobre el mismo se procede a vaciar los datos en la matriz, determinando:

- Su función ante el control térmico, verificando si genera una climatización natural/pasiva es del 30%
- Materiales no son aptos térmica ni lumínicamente para la orientación que se tiene en determinada fachada
- La Orientación de cada fachada/estudio de incidencia solar en los espacios, es muy demasiada en horario laboral.

Se obtiene una puntuación de 5, con lo que se determina definitivamente como candidato a la rehabilitación, **de acuerdo a la puntuación de mínima (1) se considerará un sistema obsoleto y es candidato para ser contemplado en una rehabilitación, y máxima (16) será contemplado para seguir trabajando como hasta el momento sin necesidad de rehabilitación.**

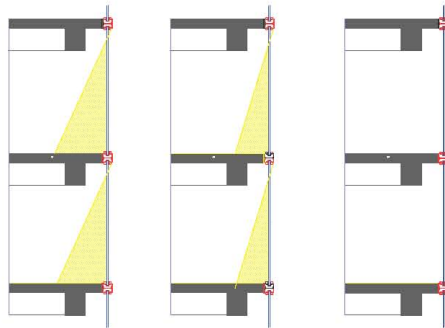


Fig2.33 Sombras en alzado en tres momentos diferentes. Volumen 1. Fuente: creación propia

Parámetros de medición. Escalas de cualificación.

Porcentaje de climatización natural

- 0% (1)
- 30% (2)
- 50% (3)
- 70% (4)

Materiales aptos térmicamente:

- No funcionan (1)
- Mal (2)
- Bien (3)
- Muy bien (4)

Materiales aptos lumínicamente:

- No funcionan (1)
- Mal (2)
- Bien (3)
- Muy bien (4)

Incidencia solar en horario laboral:

- Demasiada (1)
- Mucha (2)
- Cómoda (3)
- Favorable (4)

		Fachadas					TOTAL
		Orientaciones					
características	impactos		Fachada Norte	Fachada Sur	Fachada Oriente	Fachada Poniente	
	% de climatización natural		2	2	2	2	
	Materiales aptos	Térmicamente	X	X	X	X	
		Lumínicamente	X	X	X	X	
	Incidencia solar en horario laboral (+/-)		2	1	2	2	1

Fig2.34 Resultados de Matriz de Leopold. Análisis confort térmico.



2.2.3 Comodidad térmica de los habitantes.

Análisis climático.

Temperatura

El edificio se encuentra en la siguiente ubicación:

Latitud 19° 35' N

Longitud 99° 10'

Altitud 2237 m

	Temperatura normal máxima °C	Temperatura normal media °C	Temperatura normal mínima °C
enero	22.3	15.3	8.3
febrero	24.1	16.7	9.3
marzo	27.1	19.4	11.7
abril	28	20.6	13.3
mayo	27.7	21.4	14.3
junio	25.4	19.9	14.3
julio	24.1	18.7	13.4
agosto	24.3	18.9	13.6
septiembre	23.7	18.6	13.5
octubre	23.5	17.9	12.3
noviembre	23.1	16.7	10.3
diciembre	22.1	15.6	9.1

Fig2.35 Datos de Temperatura normal máxima, normal media y normal mínima. Fuente: Estación meteorológica No 00009012

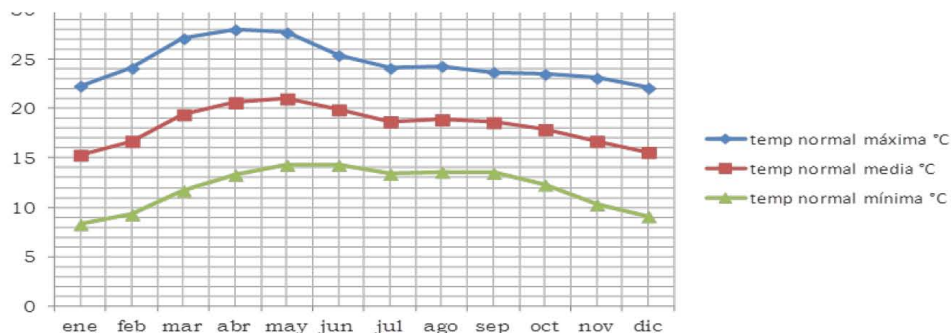


Fig2.36 Datos de Temperatura normal máxima, normal media y normal mínima. Fuente: Estación meteorológica No 00009012

Precipitación Pluvial

Para el estudio de los datos climatológicos se tomaron los datos de la estación climatológica más cercana la cual es: 00009012 con una latitud: 19°25'00" N., una longitud: 099°10'00" W, y una altura: 2,245.0 MSNM

	Precipitación normal	temp normal máxima °C	temp normal media °C	temp normal mínima °C	Precipitación normal
ene	10.7	22.3	15.3	8.3	10.7
feb	8	24.1	16.7	9.3	8
mar	10.1	27.1	19.4	11.7	10.1
abr	21.3	28	20.6	13.3	21.3
may	60.3	27.7	21	14.3	60.3
jun	150	25.4	19.9	14.3	150
jul	167.8	24.1	18.7	13.4	167.8
ago	135.3	24.3	18.9	13.6	135.3
sep	125.4	23.7	18.6	13.5	125.4
oct	125.4	23.5	17.9	12.3	125.4
nov	6.4	23.1	16.7	10.3	6.4
dic	6.1	22.1	15.6	9.1	6.1

Fig2.37 Datos de precipitación normal media Fuente: Estación meteorológica No 00009012

Precipitación normal

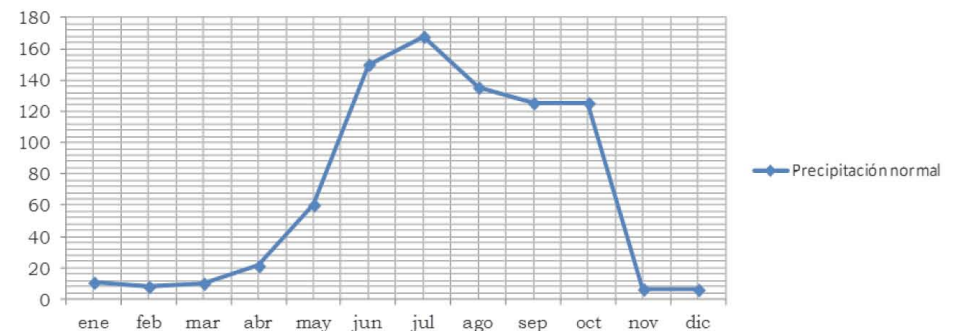


Fig2.38 gráfica de Datos de precipitación normal media Fuente: Estación meteorológica No 00009012



En el caso de los datos de **Humedad Relativa**, en varias de las estaciones meteorológicas no se practica mediciones de humedad, y los datos que se ofrecen de temperatura son promedios de temperatura. Aunque es necesario para el diagnóstico datos horarios. Existen modelos numéricos, como el de Tejeda (1991), nomogramas y actualmente software para dicha simulación como el Mardia de Tejeda (1991) con los que se puede obtener dicha información.

HORA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
00:00	8.95	10.48	12.43	13.91	14.82	14.82	14.01	14.16	14.39	13.02	11.36	9.70
01:00	8.04	9.57	11.54	13.12	14.11	14.21	13.42	13.54	13.77	12.31	10.51	8.80
02:00	7.27	8.81	10.80	12.45	13.52	13.70	12.92	13.03	13.25	11.71	9.80	8.04
03:00	6.63	8.18	10.19	11.90	13.04	13.28	12.52	12.60	12.83	11.22	9.22	7.40
04:00	6.10	7.66	9.69	11.46	12.64	12.93	12.19	12.26	12.48	10.81	8.73	6.88
05:00	5.67	7.24	9.28	11.09	12.32	12.65	11.92	11.97	12.19	10.48	8.34	6.46
06:00	5.32	6.89	8.95	9.74	11.31	11.92	11.15	10.99	11.10	10.21	8.02	6.11
07:00	4.26	6.19	8.87	11.62	13.61	14.21	13.24	12.70	12.17	9.82	7.11	4.99
08:00	6.84	9.32	12.57	15.53	17.45	17.70	16.56	15.90	14.95	12.48	9.65	7.38
09:00	11.06	13.80	17.23	19.93	21.46	21.23	19.94	19.36	18.28	16.09	13.62	11.47
10:00	15.43	18.17	21.52	23.74	24.77	24.07	22.69	22.29	21.26	19.53	17.66	15.77
11:00	19.02	21.62	24.74	26.44	27.01	25.94	24.52	24.32	23.45	22.21	20.95	19.33
12:00	21.43	23.84	26.68	27.94	28.14	26.83	25.42	25.41	24.72	23.89	23.12	21.76
13:00	22.64	24.84	27.42	28.34	28.31	26.89	25.51	25.65	25.16	24.60	24.19	23.00
14:00	22.80	24.82	27.17	27.89	27.74	26.31	24.98	25.22	24.91	24.52	24.29	23.21
15:00	22.15	24.01	26.20	26.81	26.64	25.29	24.02	24.33	24.16	23.83	23.65	22.62
16:00	20.94	22.68	24.74	25.34	25.22	24.01	22.81	23.14	23.09	22.74	22.50	21.46
17:00	19.39	21.04	23.02	23.67	23.66	22.60	21.47	21.81	21.85	21.41	21.04	19.95
18:00	17.67	19.26	21.19	21.94	22.06	21.18	20.11	20.44	20.55	19.98	19.43	18.28
19:00	15.92	17.48	19.38	20.25	20.51	19.82	18.80	19.11	19.27	18.56	17.81	16.57
20:00	14.24	15.77	17.67	18.67	19.08	18.55	17.59	17.87	18.06	17.20	16.25	14.91
21:00	12.68	14.20	16.10	17.24	17.78	17.42	16.50	16.75	16.95	15.96	14.80	13.37
22:00	11.27	12.78	14.70	15.96	16.64	16.42	15.54	15.76	15.97	14.84	13.49	11.98
23:00	10.02	11.54	13.48	14.86	15.66	15.56	14.71	14.90	15.12	13.87	12.35	10.76

Fig2.39 Datos calculados de temperatura, a partir de las normales climatológicas de la estación meteorológica más cercana. (°C/hr/mes)

HORA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
00:00	66.22	64.02	62.54	64.69	68.66	72.16	72.46	72.20	72.67	69.49	65.70	65.63
01:00	67.70	66.24	64.60	66.61	70.53	73.94	74.21	74.04	74.55	71.55	67.92	67.98
02:00	71.60	68.10	66.33	68.22	72.08	75.41	75.67	75.57	76.13	73.28	69.78	69.96
03:00	72.36	69.65	67.76	69.55	73.36	76.63	76.87	76.83	77.44	74.71	71.33	71.60
04:00	73.73	70.92	68.93	70.63	74.40	77.62	77.85	77.86	78.50	75.89	72.60	72.95
05:00	74.85	71.96	69.88	71.51	75.25	78.42	78.65	78.70	79.37	76.85	73.64	74.06
06:00	75.76	72.80	70.65	74.77	77.91	80.55	80.92	81.63	82.70	77.62	74.49	74.95
07:00	78.52	74.53	70.82	70.23	71.85	73.94	74.72	76.54	79.43	78.75	76.86	77.86
08:00	71.81	66.85	62.21	60.77	61.70	63.83	64.92	67.05	70.94	71.07	70.20	71.66
09:00	60.82	55.88	51.38	50.15	51.12	53.65	54.91	56.76	60.79	60.64	59.74	61.05
10:00	49.45	45.15	41.41	40.95	42.39	45.45	46.77	48.06	51.69	50.67	49.10	49.89
11:00	40.13	36.69	33.91	34.42	36.48	40.05	41.35	42.02	45.01	42.95	40.47	40.63
12:00	33.85	31.25	29.39	30.81	33.49	37.46	38.70	38.80	41.12	38.09	34.74	34.32
13:00	30.71	28.80	27.67	29.82	33.04	37.29	38.43	38.09	39.79	36.02	31.95	31.09
14:00	30.29	28.86	28.25	30.93	34.56	38.97	39.99	39.35	40.55	36.27	31.68	30.55
15:00	31.98	30.83	30.52	33.52	37.46	41.92	42.82	42.00	42.83	38.26	33.37	32.10
16:00	35.13	34.09	33.91	37.07	41.19	45.62	46.42	45.52	46.09	41.42	36.39	35.11
17:00	39.17	38.12	37.92	41.10	45.33	49.68	50.38	49.47	49.88	45.25	40.23	39.02
18:00	43.63	42.47	42.17	45.29	49.55	53.79	54.40	53.86	49.37	44.45	42.37	41.37
19:00	48.18	46.85	46.38	49.37	53.63	57.73	58.27	57.49	57.78	53.49	48.72	47.81
20:00	52.56	51.04	50.37	53.19	57.41	61.38	61.85	61.18	61.47	57.41	52.83	52.10
21:00	56.63	54.90	54.01	56.66	60.83	64.66	65.08	64.51	64.83	61.01	56.64	56.10
22:00	60.29	58.36	57.26	59.74	63.84	67.55	67.92	67.46	67.82	64.23	60.07	59.70
23:00	63.53	61.40	60.10	62.41	66.44	70.04	70.37	70.02	70.43	67.06	63.09	62.88

Fig2.40 datos calculados de HR, a partir de las normales climatológicas de la estación meteorológica más cercana.

Análisis de la temperatura de confort mediante la fórmula de Aluciem

Los elementos del clima: Temperatura, viento y radiación, Influyen en el confort del cuerpo humano, el cual debe mantener una temperatura interna entre 36.5° y 37.5° C, para el funcionamiento adecuado de la termo fisiología. Para determinar la zona de confort es necesario primero determinar la Temperatura de confort (Tp) o Termopreferendum.

Estudios hechos por Humphreys (1978) y Aluciem (1990), determinan que la temperatura de confort varía de lugar en lugar y de estación en estación. Por tanto para el cálculo del Termopreferendum (anual o mensual) se aplica la fórmula propuesta por Aluciem (1990), la cual determina la zona de confort para cada mes en función de la temperatura media ambiente (Tma).

$$Tp = 17.6 + 0.31 (Tma)$$

Según Szkolay (1980), el Termopreferendum (Tp) acepta un umbral de confort de 2.5° C por arriba de la temperatura de confort como límite superior, y de 2.5° C por debajo de Tp como límite inferior, es decir un rango de 5° C que representa la zona de confort. Las temperaturas ambiente por arriba de este umbral indican sobrecalentamientos y por debajo indican periodos fríos.

A continuación se realiza el estudio de las temperaturas correspondientes a la zona en la que se encuentra ubicado el caso estudio, con el fin de encontrar las temperaturas que entran dentro del rango de confort para los meses más críticos.

mes	termopreferendum	Zona de confort		
		TP	+ 2.5 °C	- 2.5 °C
ene	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 13.50)$	22.343	24.843	19.843
feb	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 16.7)$	22.777	25.277	20.277
mar	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 19.4)$	23.614	26.114	21.114
abr	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 20.6)$	23.986	26.486	21.486
may	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 21)$	24.11	26.61	21.61
jun	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 19.9)$	23.769	26.269	21.269
jul	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 18.7)$	23.397	25.897	20.897
ago	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 18.9)$	23.459	25.959	20.959
sep	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 18.6)$	23.366	25.866	20.866
oct	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 17.9)$	23.149	25.649	20.649
nov	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 16.7)$	22.777	25.277	20.277
dic	$Tp = 17.6 + (0.31 \times 15.6)$	22.436	24.936	19.936

Fig2.41 Cálculo del termopreferendum y zona de confort para cada mes. Fuente: creación propia con datos obtenidos de la estación meteorológica No 00009012.



Una vez desarrolladas las ecuaciones correspondientes para obtener los rangos de confort en cada mes, se identifican como meses más críticos: enero y mayo, en los cuales se establecen temperaturas mínimas de confort, mismas que serán tomadas como temperaturas propuestas para el estudio del cálculo térmico.

CARTA CLIMÁTICA DE OLGYAY

Zona de confort en época del año.

De acuerdo al análisis anterior se puede observar que el mes donde el Termopreferendum arroja los valores máximos es en el mes de Mayo ($T_p = 26.61$) y mínimos en el mes de Enero ($T_p = 24.843$).

Por medio del diagrama de Olgay, se puede determinar el centro de la zona de confort, dado por la intersección de la línea que representa T_p para el mes elegido (Temperatura en $^{\circ}\text{C}$) y la línea que representa el 50% de humedad relativa. Se vacían los datos de temperatura y humedad horarios del mes.

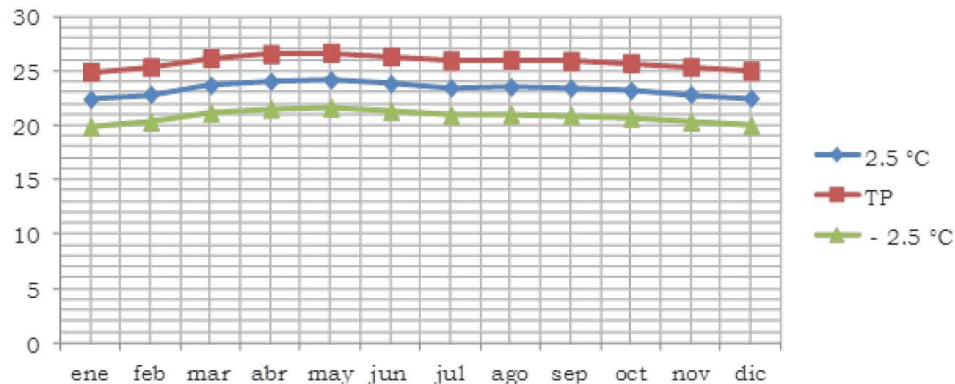


Fig.2.42 Gráfica del termopreferendum y zona de confort para cada mes. Fuente: creación propia con datos obtenidos de la estación meteorológica No 00009012.

Mes de enero

Para el mes de enero la zona de confort se presenta entre las 12:00 am y las 16:00 pm aunque no parezca presentar una variante muy fuerte con respecto al mes de marzo, si se observa que las siguientes horas presentan temperaturas muy por debajo de la zona de confort, incluso en horas de actividad, en el amanecer (6:00 am) la temperatura llega a ser alrededor de los 4° y 5°C , temperaturas que producen una sensación de entumecimiento, a las 9:00 am y 10:00 pm la sensación es de frío muy penetrante.

Para ambos casos la recomendación de la carta bioclimática es de Radiación (la cual puede ser proporcionada de manera pasiva) en rangos de entre los 490 W/m^2 y los 350 W/m^2 .

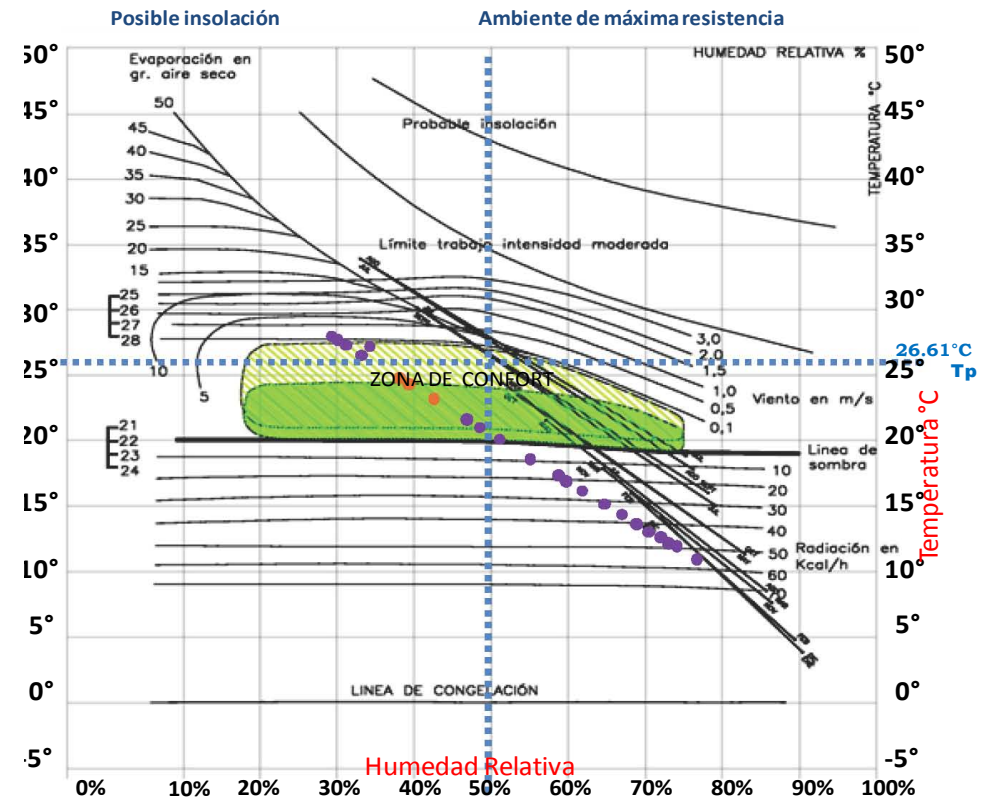


Fig.2.43 CARTA CLIMÁTICA DE OLGYAY
Zona de confort en enero. Fuente: creación propia



Mes de mayo

la Carta de Olgyay para el mes de Mayo, con una Temperatura de Confort de 26.61, se puede observar que de acuerdo con las temperaturas horarias, la zona de confort se encuentra entre 10:00 y las 17:00 hrs.

Y en las temperaturas de madrugada y amanecer, 1:00hrs a 7:00 hrs, se perciben muy por debajo del rango de confort.

Se puede determinar que la hora en que se rebasa las condiciones de confort es la 1:00 pm por lo que se necesitaría de una ventilación de 0.3 m/s para regresar al rango de confort.

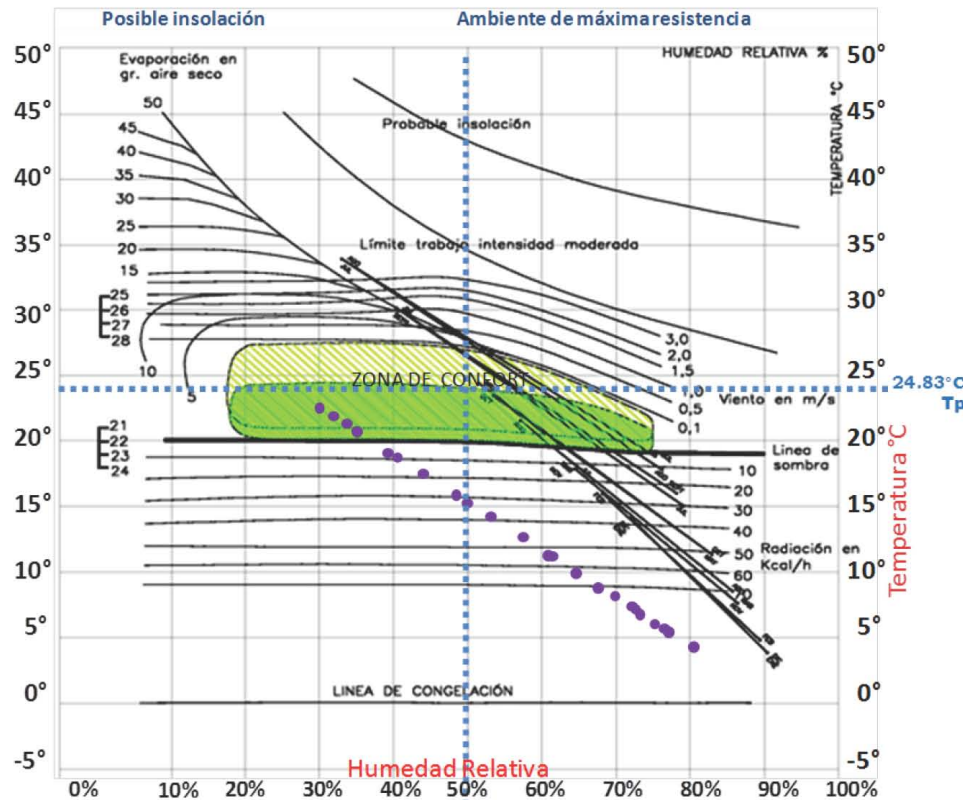


Fig2.44 CARTA CLIMÁTICA DE OLGYAY

Zona de confort en mayo. Fuente: creación propia

Diagrama de confort bioclimático - GIVONI

Mediante el diagrama de confort bioclimático en edificaciones de Givoni se determino que la zona de confort en el mes de Mayo en el que el Termopreferendum es de 26.21°C se presenta entre 9:00 am y las 3:00 pm.

Para las horas restantes según el diagrama se requiere de calentamiento pasivo para alcanzar la zona de confort.

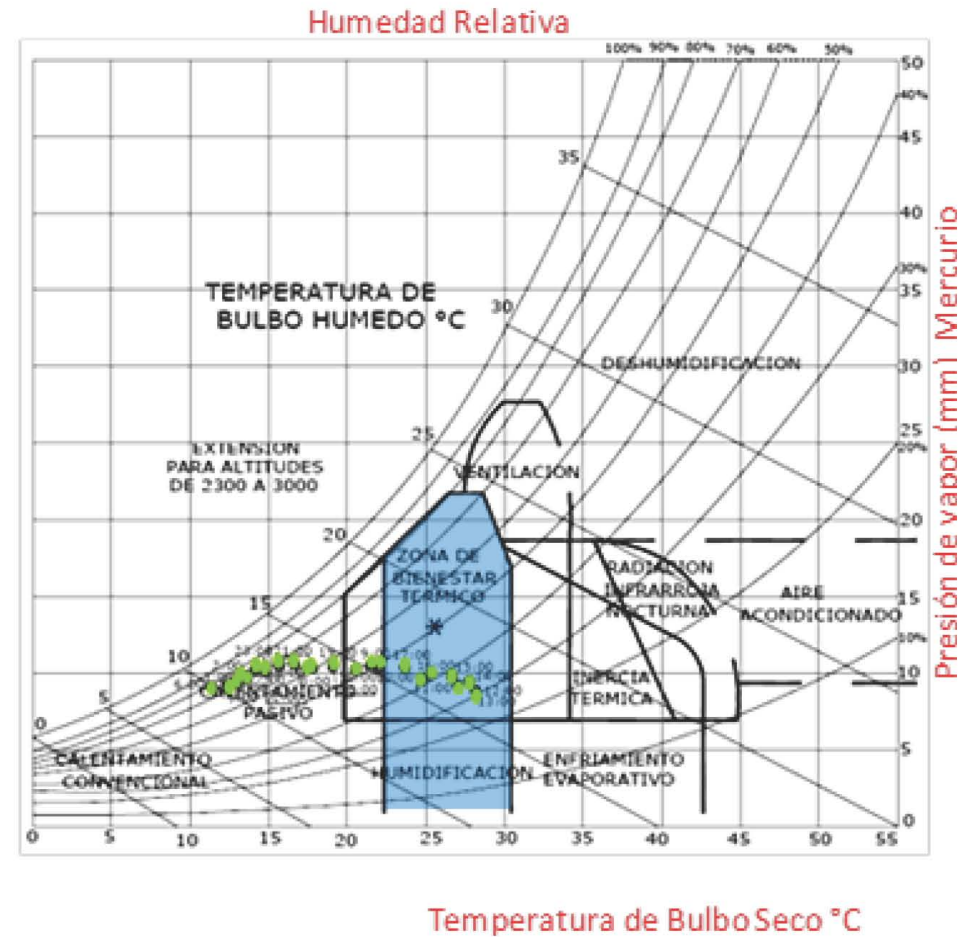


Fig2.45 Diagrama de confort bioclimático - GIVONI en mayo. Fuente: creación propia



Mientras que para el mes de enero cuando el Termopreferendum es de 24.49° C, la zona de confort se presenta entre las 11:00 am y las 4:00 pm, sin embargo los requerimientos que se presentan dada las temperaturas bajas en el amanecer es de calentamiento convencional, entre las 6:00 am y las 8:00 am y de calentamiento pasivo entre las 8:00 am a las 11:00am y 5:00 pm y las 12:00 pm, hora en que el usuario aun se encuentra en actividad

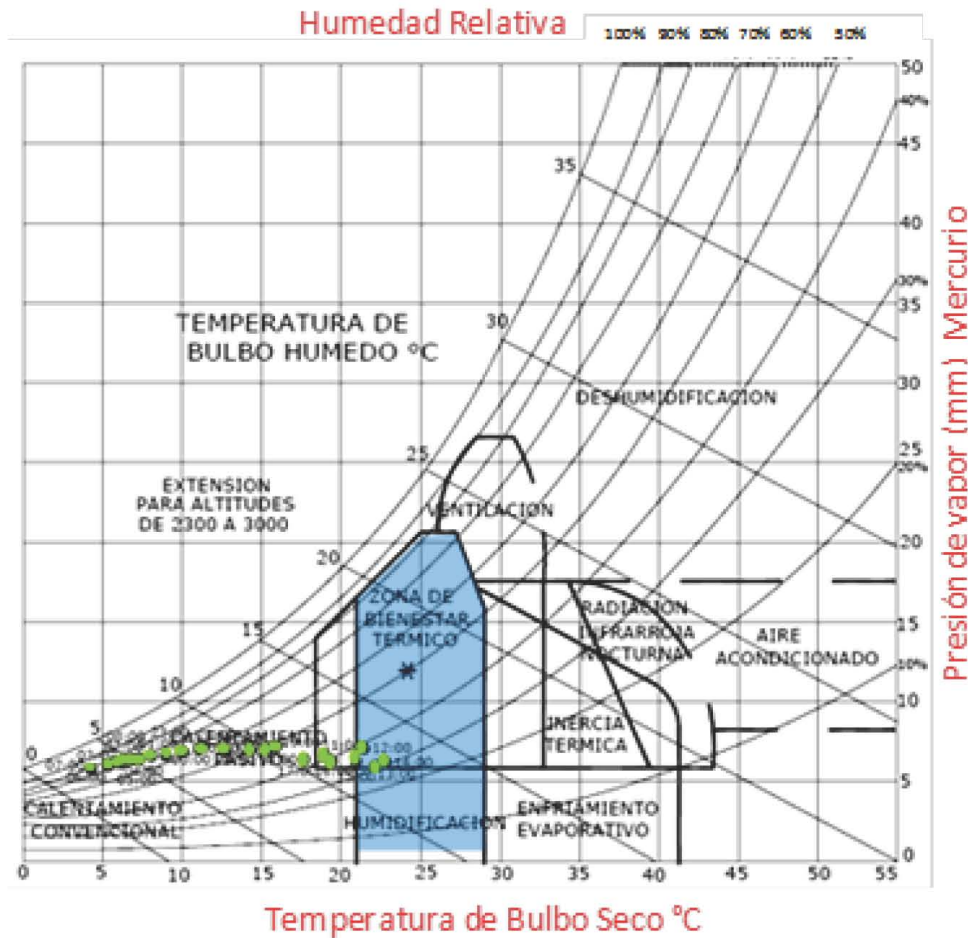


Fig2.46 Diagrama de confort bioclimático - GIVONI en enero. Fuente: creación propia

Diagrama de Isorrequerimientos.

Con la información de temperatura horaria por mes, así como la temperatura de confort y el rango de 5° C obtenido por medio de la ecuación de Aluciem, podemos conformar el Diagrama de Isorrequerimientos, donde observamos gráficamente, la zona de confort, frío y calor durante el día en los diferentes meses del año.

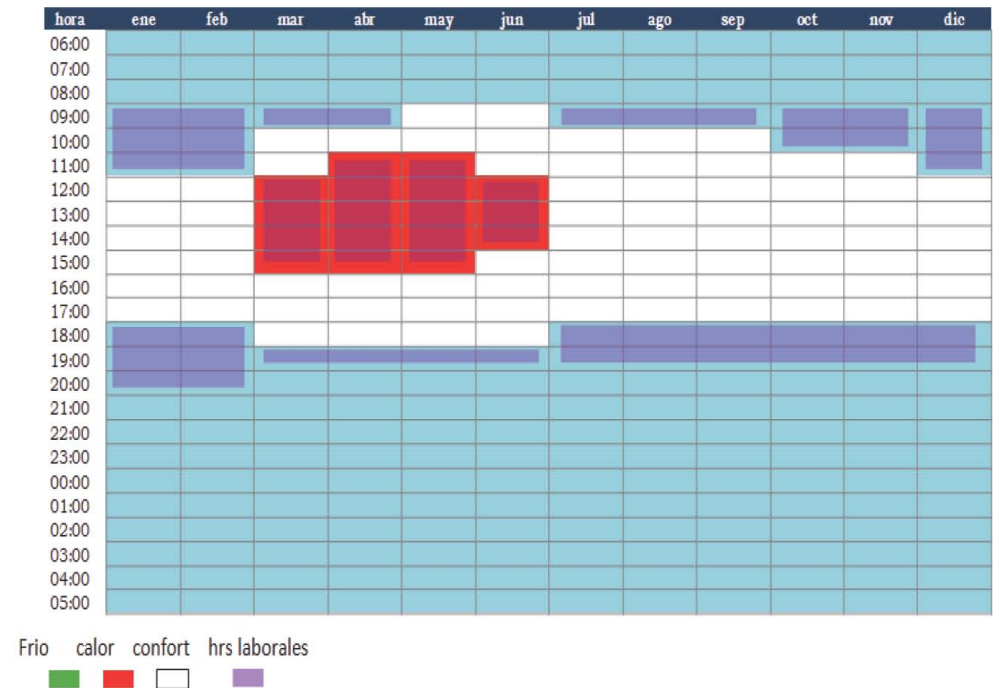


Fig2.47 Diagrama de Isorrequerimientos. Fuente: creación propia con datos obtenidos de la Estación meteorológica No 00009012 (Humedad Relativa /hr/mes)



Diagnóstico

Requerimientos por género de edificio.

Condiciones de comodidad de los usuarios.

De acuerdo al clima encontrado en donde la temperatura máxima es de 26.61°C y la mínima es de 24.81° C, teniendo como rango de confort los rangos entre las 10-17hrs durante el mes de mayo y un rango de 9-11 hrs durante el mes de enero. Se tiene que un edificio de este género establece que las condiciones de confort para los usuarios dependen del rango de tiempo en el que se encuentren en dicha edificación ya que en el edificio se labora durante una jornada de 8 hrs diarias. De acuerdo al resultado del análisis realizado al clima de la ciudad de México – zona de estudio (Reforma y Guadalquivir), en la estación meteorológica más cercana al sitio (00009012 con: latitud: 19°25'00" N., longitud: 099°10'00" W, altura: 2,245.0 MSNM) y los métodos utilizados anteriormente , es muy evidente que las condiciones climáticas son muy favorables, ya que se presenta un comportamiento de temperatura, muy nivelado, sin extremos en su comportamiento diario.

Sin embargo El confort se percibe durante un rango de hrs de 5 hrs en mayo y 6 hrs en invierno. Tomando en cuenta que la jornada laboral solo tiene estas hrs de confort y que en enero tiene 6 hrs de frío extremo y en mayo 5 hrs de calor extremo se puede determinar que alrededor de un 50% de la temperatura ambiente es benévola con los habitantes (ver diagrama 10). Lamentablemente a pesar de que estas temperaturas sean favorables, la edificación cuenta con materiales que pueden convertir estas condiciones en ambientes insoportables. Me refiero a que pueden ocasionar que el confort que genera la temperatura ambiente se distorsiona con la baja o alta conductividad por ejemplo.

Debido al análisis realizado, y tomando en cuenta que la edificación ya cuenta con un sistema de aire acondicionado generado por la incomodidad térmica al interior del mismo, se establece que es necesario controlar los cambios de temperatura que se generan mediante la envolvente, y de ésta manera establecer una envolvente en la que se tendrán que tener medidas de control ante la radiación solar, principalmente en el inicio del atardecer (12:00) y la hr. en la que el sol incidirá con más intensidad (14:00_15:00 hrs), (ésto de acuerdo al análisis realizado anteriormente). Y tenga la capacidad de conservar el calor para las hrs de bajas temperaturas, que para este caso serían consideradas en el mes más crítico: enero (9:00_11:00 hrs y 18:00_20:00 hrs en enero) en los meses más críticos.

Resultados del Cuestionario aplicado a usuarios del edificio “Condominio Reforma” durante la época de primavera, tomando como referencia preguntas formuladas para temporada de calor (verano).

El cuestionario se aplicó con ausencia del Aire acondicionado, para tener pureza en los datos obtenidos.

Sensación de temperatura durante PRIMAVERA según el sexo.

El comportamiento de los encuestados durante la primavera en su mayoría califica su situación dentro de la ZMC. El resto de los individuos se ubica, por un lado, en la ZC, en un 20%, mientras que por el otro lado, el 8% restante dijo situarse en la ZF. Con relación a las mujeres, poco más de 6 de cada 10 de las encuestadas dijo ubicarse dentro de la ZMC (62%). Sin embargo, se puede distinguir una tendencia a percibir el ambiente laboral como frío, pues hay un grupo de casi 30 de cada 100 mujeres que dicen estar en la ZF de la clasificación (28%), situándose en el otro extremo, en la zona cálida, el 10% restante.

El análisis individual mantiene cierta similitud con la evaluación de conjunto, al menos en cuanto a los hombres, pues hay un 60% de éstos que califica la temperatura como “Normal”. Los resultados también indican una ligera tendencia a sentir calor. Un 14% califica la temperatura de “Algo calurosa”, mientras un 13% como “Calurosa”. Por el otro lado, un 11% considera la temperatura como “Fría” y un 3% como “Muy fría”. Por el contrario, los resultados obtenidos de las mujeres difieren de los obtenidos en la evaluación de conjunto.

El porcentaje que califica la temperatura como “Normal” baja hasta un 35%, mostrando una clara tendencia a sentir frío. Un alto porcentaje señala que sienten “Frío”, el 43%, además del 7% que la califica de “Muy fría”.

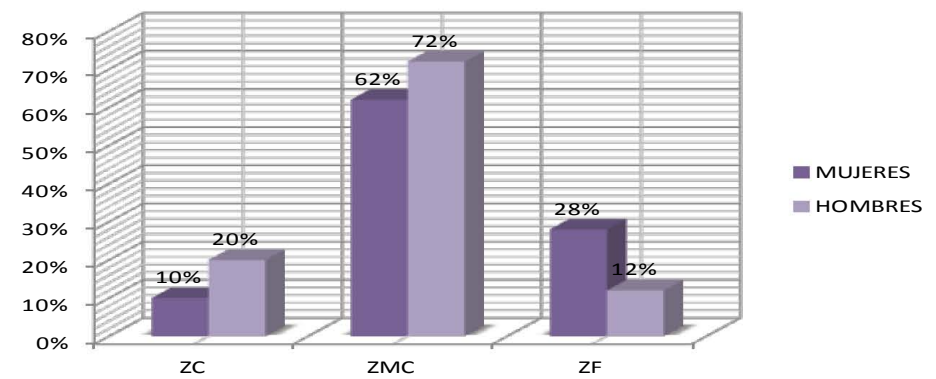


Fig2.48



Comparativamente resultan inferiores las valoraciones cálidas ya que sólo un 11% manifiesta sentir la temperatura como “Algo calurosa”, en tanto que el restante 5%, la califica de “Calurosa”.

Estos datos revelan que la temperatura establecida para la temporada de primavera, no es adecuada para ambos géneros, puesto que mientras una ligera mayoría de los hombres la encuentra “Normal” con tendencia a sentir calor, el comportamiento de las mujeres es a la inversa, pues la tendencia mayoritaria es a sentir frío.

De acuerdo a unas preguntas no contenidas en el cuestionario, de acuerdo a sensaciones generales en invierno se puede afirmar que durante existe un cierto consenso en ambos sexos con respecto a la temperatura que sienten en las oficinas donde trabajan.

Tanto hombres como mujeres, aunque éstas en menor cuantía, coinciden en que el valor establecido es alto, es decir, que los dos grupos preferirían una temperatura más baja, siendo esto más evidente en los hombres que en las mujeres. Durante la temporada calurosa (primavera), los hombres consideran bien el nivel de temperatura, a pesar del grupo de encuestados que califica la temperatura de alta. Entre las respuestas de las mujeres, se encuentra un mayor porcentaje de insatisfacción.

Elas prefieren una temperatura más alta, lo cual se desprende del alto porcentaje de encuestadas que experimentan frío durante esta época del año. Por lo tanto, se puede reafirmar que los hombres prefieren una temperatura más baja que las mujeres; de aquí que se sugiera reconsiderar los niveles de temperatura; durante la época estival habrá de establecerse un nivel medio que satisfaga a ambos sexos.

La sensación la humedad relativa en el ambiente de trabajo durante los meses cálidos del año es, como se puede observar en el gráfico, considerablemente análogo a lo que ocurriría durante la temporada invernal.

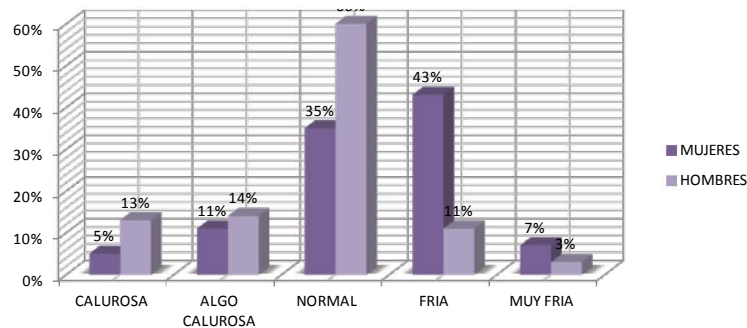


Fig2.49

Mediante la evaluación de conjunto nuevamente encontramos que hasta un 75% de la muestra, llega a juzgar que la humedad de su entorno esta dentro de la ZMC. La mayoría que encuentra que las condiciones de humedad corresponden con sus expectativas, podría impedir ver el origen del malestar del resto de la muestra, no obstante es innegable el hecho de que, al no ubicarse el total de la muestra en este sector, hay una parte que no se encuentra de acuerdo con las condiciones existentes.

Esto se observa pues en el 22% que califica la humedad dentro de la ZS, al cual hay que añadir el sector de la muestra que se encuentra inconforme y que se ubicaba dentro de la ZH, correspondiente al 3%.

Este comportamiento mostrado en la evaluación de conjunto mantiene una similitud cuando el análisis se lleva a cabo mediante el método individual, pues hasta un 60% de la muestra considera que la humedad relativa de su entorno laboral es “Normal”.

Sin embargo, el resto de la población encuestada no tiene la misma opinión y, se observa una tendencia que señala, al igual que la evaluación de conjunto, a percibir el ambiente carente de la humedad necesaria para habitar confortablemente un espacio de trabajo. Esto es evidente pues un 26% de los encuestados juzga que dicho nivel de humedad es “Bajo”, incluso, se complementa con el 9% que señala la opción “Muy bajo”.

Estos porcentajes advierten del malestar que puede provocar un ambiente seco, no obstante y, aunque estadísticamente poco significativo, encontramos el personal que opina lo contrario, es decir, aquellos que dicen que la humedad es “Alta” alcanzan un 4%, mientras que los que dicen que era “Muy alta” es un 1%.

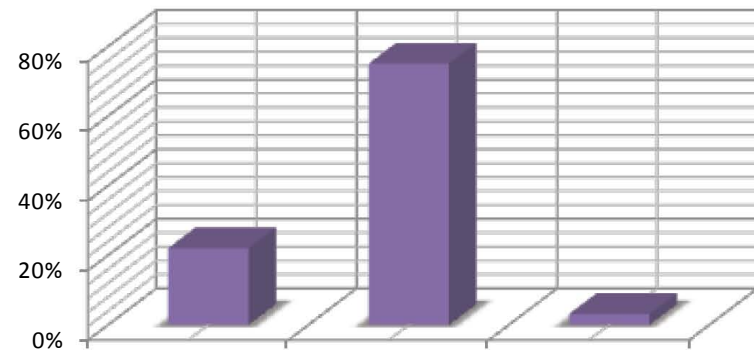


Fig 2.50

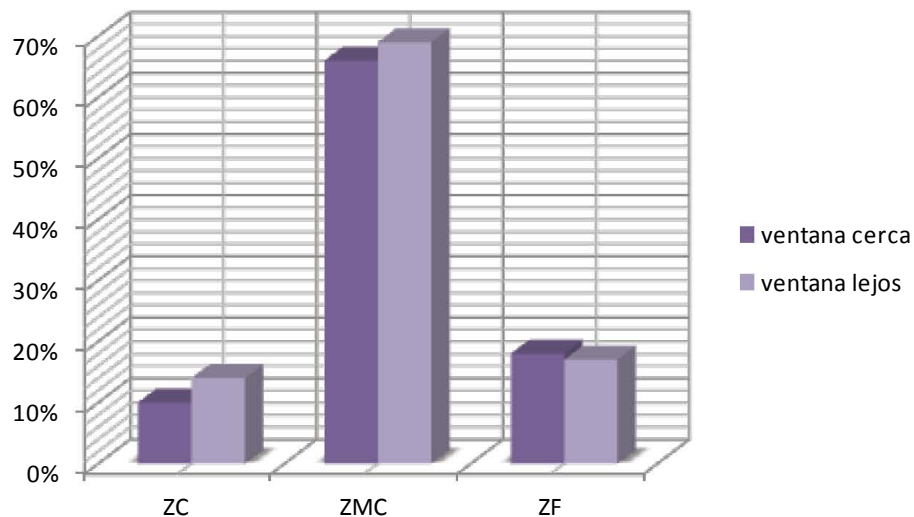


Fig 2.51

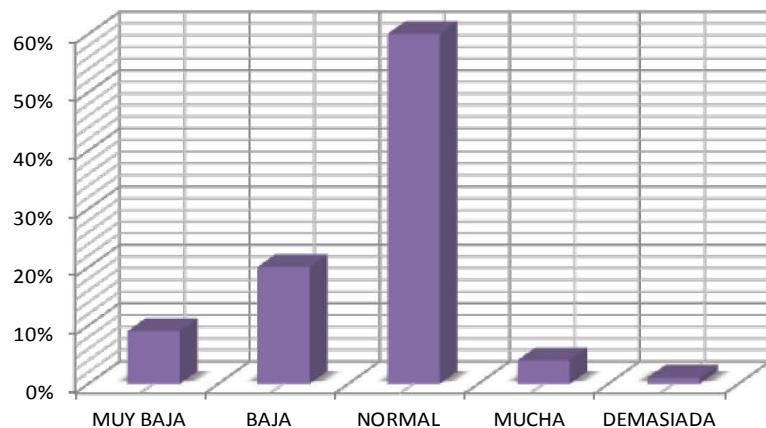


Fig 2.52

Sensación de la temperatura en función de la ubicación durante primavera

Durante la temporada calurosa, el análisis de conjunto nos revela que la mayoría considera la temperatura dentro de la ZC, tanto los que se sitúan cerca, como los ubicados lejos de las ventanas, 66 y 69% respectivamente.

Además, el resto de los porcentajes no muestra una clara tendencia, ya que entre las dos zonas extremas de la clasificación (ZMC y ZF), los porcentajes se reparten casi a partes iguales.

Conclusiones preliminares.

Parámetros de diseño-variable No 3.

Una vez realizado el análisis del clima, en donde se encuentran las temperaturas y rangos de confort que se encontraran a lo largo del año, y el cuestionario realizado a la muestra de usuarios que habita el Condominio Reforma se puede obtener que a pesar de que los rangos de confort se encuentran en el periodo de la tarde, en los meses de abril y mayo, la población no se identificó al 100% en un ambiente térmicamente cómodo.

No estaría lejos de la verdad el afirmar que lo anterior se debe al trabajo escaso de la envolvente con respecto a la climatización del espacio interior, sin embargo aún no se puede tener una certeza, ya que la aplicación del cuestionario presentó una anomalía en la comprobación de respuestas, al corroborar los horarios laborales del personal que colaboró. De cualquier manera éste caso solo representa un 5% de error en los datos graficados.

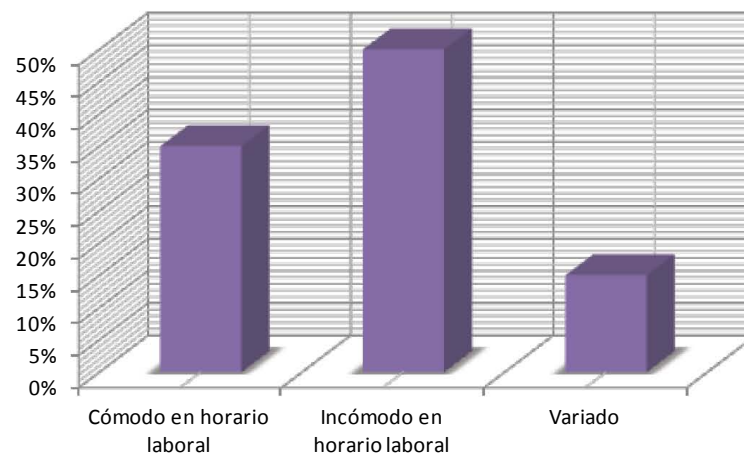


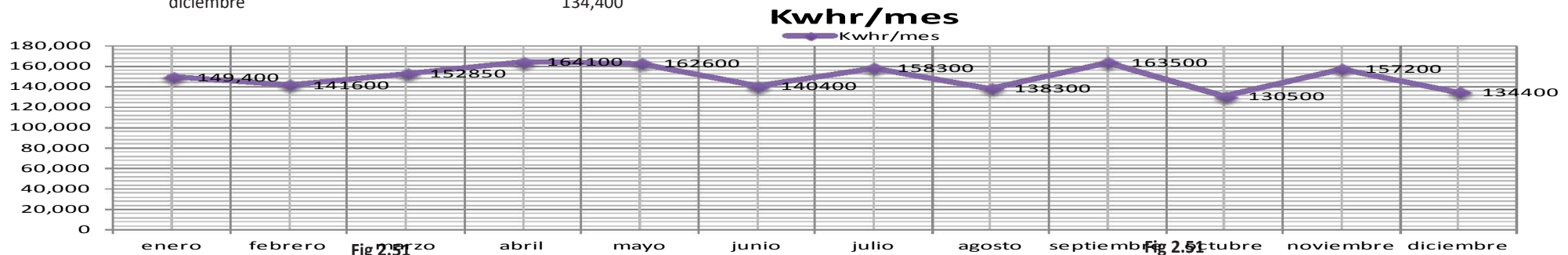
Fig 2.53



2.2.4.- Sistemas de climatización en la edificación Diagnóstico Energético.

Los recursos energéticos no renovables para la generación de energía están presentando un problema grave para las compañías generadoras de energía eléctrica, debido a que dichos recursos cada día son más escasos y la demanda de energía crece cada año. Para solucionar el problema de desabasto de energía los gobiernos de los países apuestan su futuro en dos estrategias: la primera es la búsqueda y aprovechamiento de fuentes de energía renovable, tales como la energía eólica, solar y biomasa principalmente; la segunda estrategia es la cultura del uso eficiente de energía, es decir, la disminución del consumo energético al implementar estrategias de uso inteligente de energía con la finalidad de utilizar menos energía sin afectar la seguridad, la comodidad y la productividad de los usuarios

Consumo energético	
mes	Kwhr/mes
enero	149,400
febrero	141,600
marzo	152,850
abril	164,100
mayo	162,600
junio	140,400
julio	158,300
agosto	138,300
septiembre	163,500
octubre	130,500
noviembre	157,200
diciembre	134,400



En el siguiente análisis se presenta el diagnóstico energético, nivel I, en el que se realizó el censo en los principales equipos, un análisis de la factura eléctrica durante 12 meses, y la medición eléctrica en la acometida de las instalaciones del Condominio Reforma, mismo que incluye el análisis de facturación, la situación energética actual, el análisis de porcentaje de variación entre los análisis de Medición, facturación y censo, así como la identificación de áreas de oportunidad para el uso eficiente de energía eléctrica y la presentación de las principales propuestas de ahorro de energía que se pueden generar sustituyendo sistemas de iluminación y ventilación por medio de el sistema envolvente ligero en la edificación.

En la tabla anterior y gráfica posterior se obtienen como resultado las ostensibles variaciones que se presentan en el consumo energético a lo largo de 12 meses en los que evidentemente las temperaturas variaron generando la necesidad del uso permanente de aire acondicionado en los meses de mayor radiación solar, como lo son abril y mayo manteniéndose en 160 mil y 165 mil kw/hr/mes, al igual que en el mes de septiembre. En contraste con meses como febrero en donde el consumo baja a 140 mil kw/hr/mes. La manera en que trabajó el aire acondicionado durante el lapso observado fue irregular totalmente, ya que al parecer hubo un periodo en el que a pesar de presentarse altas temperaturas al interior, no se mantuvo una línea recta que demuestre que se mantuvo encendido durante las 24 hrs del día, esto permite llegar a la conclusión que el mecanismo con el que se opera el Sistema de Aire acondicionado es de forma intermitente, (o al menos así lo fue durante este año), lo cual puede representar alguna de las variaciones en las temperaturas a estudiar dentro del inmueble.

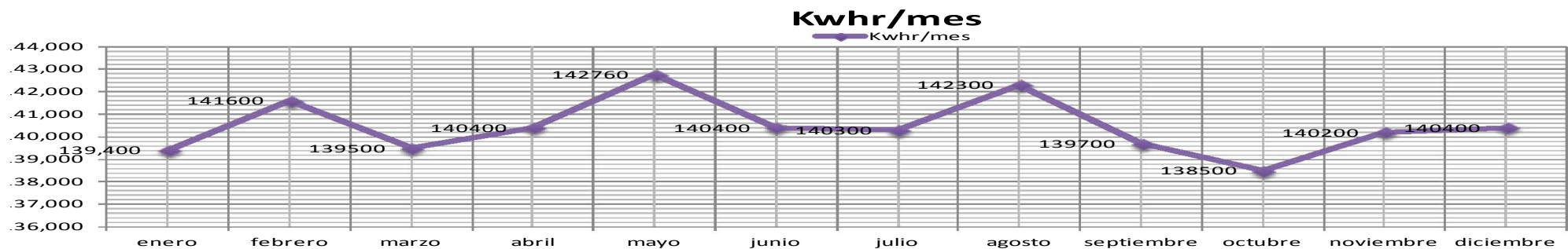
En conclusión, el estudio de éste factor “consumo energético” generado por la operación de sistemas de enfriamiento, evidencia la generación de un derroche energético y a su vez económico, que manifiesta la necesidad imponderable de propuestas de ahorro. Pero es imprescindible señalar que el derroche económico también se debe a la utilización de los equipos de cómputo principalmente además de los misceláneos que se encuentran en cada una de las plantas del edificio.



Y si tomamos en cuenta que el cálculo térmico considerará a los equipos que se encuentran actualmente como un potente conductor térmico en el interior del edificio, será difícil proponer un cambio de equipos, pues es la manera en cómo ha estado funcionando el edificio por años, y el consumo de los mismos no representa más del 50% del consumo energético, así que en un primer acercamiento a proponer se presenta la posibilidad de disminuir el consumo energético quitando el sistema de aire acondicionado, considerando que es el sistema que ocupa más de 50% de energía en kw/hr/mes.

Una de las pautas más importantes es entonces, eliminar el consumo energético generado por el sistema de enfriamiento, y a continuación se presenta la respuesta que se generaría ante esta propuesta.

Consumo energético	
mes	Kwhr/mes
enero	139,400
febrero	141,600
marzo	139,500
abril	140,400
mayo	142,760
junio	140,400
julio	140,300
agosto	142,300
septiembre	139,700
octubre	138,500
noviembre	140,200
diciembre	140,400



Si se observa la gráfica siguiente se puede percibir la clara disminución del gasto en kw/hr/mes, en los meses en los que se contemplaba un derroche. Y de igual manera, se percibe un consumo menor al mantenerse un consumo menos variado entre cada mes. Por lo tanto en un próximo análisis de Costo-Beneficio se podrá contemplar el ahorro, siempre y cuando la nueva envolvente propuesta sustituya las condiciones de confort que generaba el Aire Acondicionado.

Conclusiones

Diagnóstico Energético. Variable 4.

Hasta éste apartado se han determinado las variables que definen a una edificación como “candidato a rehabilitación en su envolvente”.

Se llega finalmente a una contundente comprobación de la problemática que existe actualmente en la edificación seleccionada (Condominio Reforma) en la que se determina que en efecto, el edificio alberga un espacio que carece del confort térmico mínimo deseado y necesario para los usuarios, y que debido a ésto se pagan altos costos de facturación eléctrica, al contemplar sistemas de climatización, situación que se comprueba al hacer la comparativa con la simulación de facturación en ausencia de aire acondicionado.

Entonces, una vez analizado el edificio y los pies en los que cojea para ser un edificio funcional en términos de confort térmico, me queda claro que a pesar de ser una edificación en la que se pagan miles de pesos en consumo eléctrico, que es completamente dependiente de sistemas artificiales, que algunos usuarios han abandonado su propiedad, etc. Sigue siendo un edificio con un gran potencial comercial, hecho que manifiesta la importancia de su recuperación. Pero lo más importante, es que representa el caso de muchísimos edificios más que se encuentran en las mismas condiciones. Es por esto que al diseñar el modelo se tomarán en cuenta los aspectos que de su análisis se obtuvieron y se dejará establecido que las variables que se analizaron anteriormente conforman el método de estudio necesario para saber si cualquier edificación, independientemente de su sistema constructivo, No de niveles, Ubicación, etc es o no candidata a ser rehabilitada en su envolvente.



Referencias. Capítulo II.

¹ THERMIE; “Un Vitruvio ecológico, Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible” G. Gili S.A. Barcelona. 2008 p 38

² Apuntes del Seminario “Sistemas Pasivos de Climatización” Impartida por el Dr. Diego Morales Ramírez

³ Victor Olgyay (Hungría– Estados Unidos, 1970). Arquitecto y urbanista, considerado pionero en la disciplina del bioclimatismo. Fue profesor de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Princeton, y precursor en la investigación sobre la relación entre arquitectura y energía. En diferentes lugares del mundo formó a una gran parte de los arquitectos bioclimáticos.

⁴ Apuntes de clase “Tecnología y Ambiente”, precedida por la Dra. Ana Dolores Flores Sandoval. Posgrado de Arquitectura. UNAM

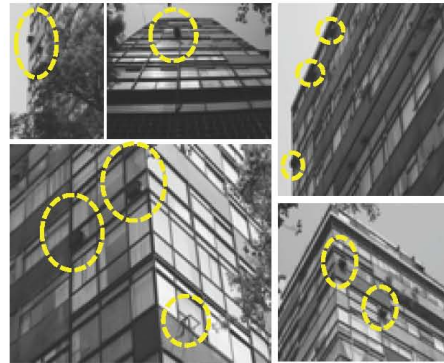
⁵ LANG Andrew, DUFFY Francis, JAUNZENS Denice, WILLIS Steve. New Environments for Working: the re-design of offices and environmental systems for new ways of working. Londres: BRE Publications, 1998. Pág. 143-150



CAPÍTULO III

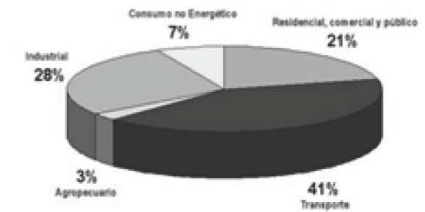
FACTIBILIDAD DE REHABILITACIÓN EN EL CONDOMINIO REFORMA. Evaluación de resultados de análisis.

Cambio de uso de suelo

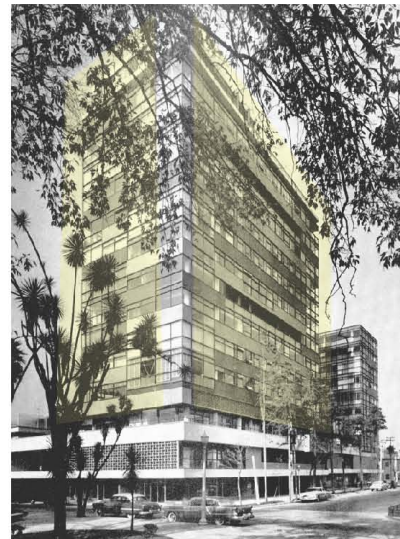


Impacto al medio ambiente y gasto eléctrico-económico

Consumo Final de Energía en México
(2005)



Incomodidad térmica



Daño estético y estructural





CAPÍTULO III

FACTIBILIDAD DE REHABILITACIÓN EN EL CONDOMINIO REFORMA.

Evaluación de resultados de análisis.

3.1 Análisis de factibilidad sobre caso de estudio para una rehabilitación.

La factibilidad de rehabilitación para el caso estudio, (Condominio Reforma) como para cualquier edificio existente, depende de las variables que se exponen y analizan en la metodología propuesta en este documento. De igual manera, y en la misma jerarquía, está la decisión del usuario/propietario, en la que se manifieste el interés por invertir en una mejora continua que engloba beneficios a corto y largo plazo. De tal modo que la viabilidad de una rehabilitación se enmarca en la necesidad y la oportunidad económica que presente el edificio.

En el caso del Condominio Reforma, se analizaron todos los aspectos que influyen en su potencialidad como candidato a una rehabilitación, y se obtuvo que:

En cuando al sistema estructural.

El edificio ha sido utilizado de manera constante durante más de 50 años, condición que evidencia su longevidad estructural, ya que al analizar el sistema portante principal se concluye que al no presentar daños o anomalías (desplazamientos, deformaciones, fisuras, corrosión, etc.) se establece una capacidad portante adecuada, condición que le otorga la primer variable como candidato. Fundamentando los resultados en la puntuación obtenida de las matrices (Cap 2. *“Por medio de las matrices realizadas se determina que de acuerdo a la puntuación obtenida en el sistema de cubierta, de entrepiso, y soportante, existe un trabajo estructural adecuado, que no ha sufrido daños que puedan intervenir en su vida útil futura y se determinan como aptos para seguir trabajando como sistema.”*) De otro modo, si el edificio no presentara dicha condición sería obsoleto pensar en rehabilitar algo que no promete más vida de la que se le implementa.

En el caso del sistema de fachada, se obtuvo una puntuación de 6 puntos, concluyendo que no trabaja estructuralmente en conjunto con los demás sistemas, y tampoco como sistema particular. En el sistema de fachada que se analizó en la edificación, se determina una vida a futuro no prometedora, al demostrar daños estructurales y estéticos, representando un riesgo para la edificación y para el sistema integral de la envolvente.

Es por esto que la condición del sistema de fachada representa otra variable como candidato a rehabilitar.

Control térmico en fachada.

De acuerdo al análisis se determina una envolvente obsoleta ante el control térmico, lamentablemente éste edificio, aunque cuenta con intenciones de jugar con diversos materiales para optimizar la iluminación dependiendo del espacio habitacional para el que fue diseñado, se evidencia la falta de control térmico, ya que las fachadas de las cuatro orientaciones en ambos volúmenes tienen el mismo tratamiento, los mismos materiales, y la misma modulación, evitando que el edificio funcione térmicamente bien.

(Cap 2. *las distintas orientaciones de los volúmenes les genera una incidencia solar distinta en cada una de sus fachadas, lo cual evidentemente representa la necesidad de un control distinto en cada una de ellas*)

Factibilidad de rehabilitación en términos de Confort térmico de los usuarios.

Como es predecible, al encontrarse una envolvente con daños, y analizar los espacios interiores de la edificación se determina a un “edificio que alberga espacios que carecen del confort térmico mínimo deseado y necesario para los usuarios”, tomando en cuenta que un edificio de este género establece que las condiciones de confort para los usuarios dependen del rango de tiempo en el que se encuentren en dicha edificación ya que en el edificio se labora durante una jornada de 8 hrs diarias. Esta problemática se soluciona en parte al insertar sistemas de climatización artificial.

Entonces, el edificio cuenta con una variable más a favor de su rehabilitación, y podría decirse que hasta ahora es la tercera y la más importante en términos de calidad de vida para los usuarios. De igual manera podría establecerse como candidato definitivo, sin embargo existen aún más variables que le otorgan condiciones que lo dirigen hacia la rehabilitación, tal es el caso del consumo energético, por el cual se pagan miles de pesos al día y de igual manera lo hacen dependiente de ellos para su funcionamiento.



“Debido al análisis realizado, y tomando en cuenta que la edificación ya cuenta con un sistema de aire acondicionado generado por la incomodidad térmica al interior del mismo, se establece que es necesario controlar los cambios de temperatura que se generan mediante la envolvente”

Finalmente, el edificio además de estar inmerso en la problemática expuesta, tiene condiciones favorables y desfavorables que lo definen como el perfecto candidato a ser rehabilitado en su envolvente. Pero lo más importante ante el interés de una rehabilitación, es que es un elemento de nuestra ciudad, que representa al 50% de los edificios existentes, edificios que han sido abandonados y al mismo tiempo explotados por su capacidad comercial, no está de más hacer hincapié, una y otra vez, en que la recuperación de joyas urbanas como ésta, no debe limitarse al desinterés por una calidad de vida para el usuario y para el edificio, mismo que regalará años de vida a nuevas generaciones, que puedan laborar en un habiente de confort, sin necesidad de incrementar riesgos económicos y ambientales.

Ahora bien, la factibilidad de rehabilitación en el caso específico del Condominio Reforma, es totalmente posible y sobre todo necesaria. De acuerdo al análisis realizado mediante la los métodos de análisis llevados a cabo, puntuaciones de matrices y comparación entre variables se determina que la factibilidad se jerarquiza de la siguiente manera...:

1. Sistema estructural resistente a la intervención.....**40%**
2. Estudio del Sistema de fachada actual**15%**
3. Comodidad térmica de los habitantes.....**15%**
4. Sistemas de climatización insertados en la edificación.....**30%**

... en la que el Sistema estructural portante, al estar en óptimas condiciones físicas, y representar salud en un corto, mediano y largo plazo representa una de las factibilidades más importantes, con un 40%, ya que como se menciona anteriormente, no sería rentable rehabilitar la envolvente de una estructura principal enferma. (Fig. 3.1)

Por otro lado el Sistema de Fachada actual y la comodidad térmica de los habitantes representa un 30%, funcionando de manera conjunta, al depender uno del otro, si bien la envolvente es la más importante, y mediante la cual se controla la radiación solar, para lograr una comodidad térmica de los usuarios, es imprescindible saber si los usuarios realmente carecen de confort.

Por último, los Sistemas de Calefacción insertados representan un 30% ante la factibilidad de Rehabilitación, tomando en cuenta que es el principal factor ante el daño a la envolvente y el complice ante el mal comportamiento térmico del interior de la edificación

generado por el mal funcionamiento de la envolvente actual. En realidad, todos estos factores se encuentran en total relación. Todas las variables determinan la alta o baja problemática existente y manifiestan en éste caso la rehabilitación pertinente.

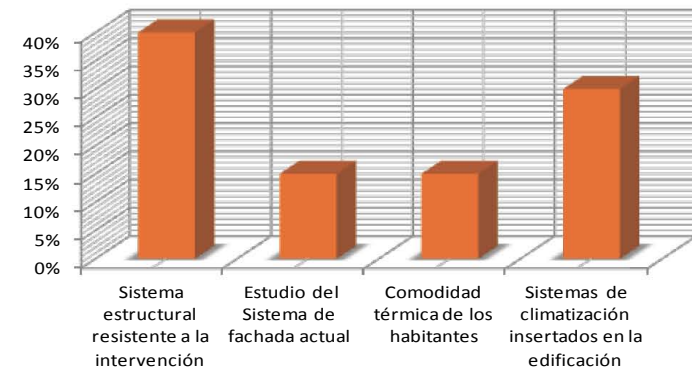


Fig. 3.1 Porcentajes de Factibilidad de Rehabilitación. Condominio Reforma.

Por otro lado, ante el análisis de resultados en el condominio Reforma se establecieron zonas dentro de la fachadas norte, sur, oriente y poniente, que determinan una importante necesidad de intervención, considerando que son las áreas en que la fachada transmite la mayor parte de radiación solar al interior de la edificación, generando altas temperaturas en determinadas zonas donde se labora la mayor parte del día, y en específico en el rango de horas en las que se recibe la mayor radiación solar (14hrs-15hrs).

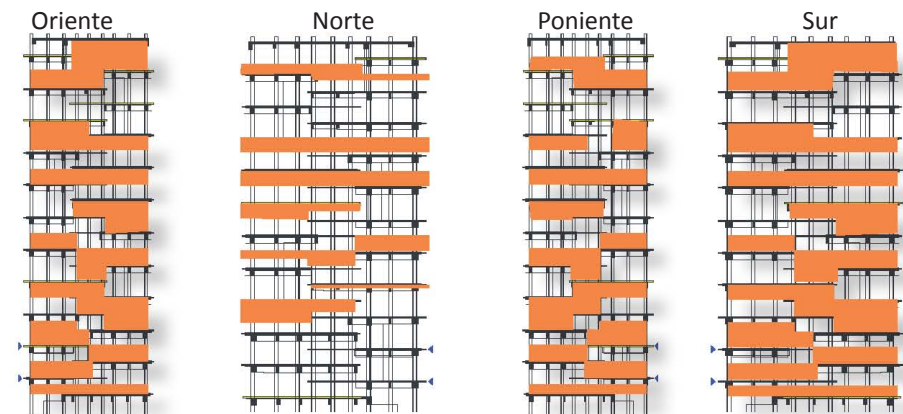


Fig. 3.2 Esquema de áreas de envolvente con Factibilidad de Rehabilitación. Condominio Reforma.



CAPÍTULO IV

DESARROLLO Y MODELADO DEL SISTEMA

Propuesta para generar un control térmico en el caso estudio



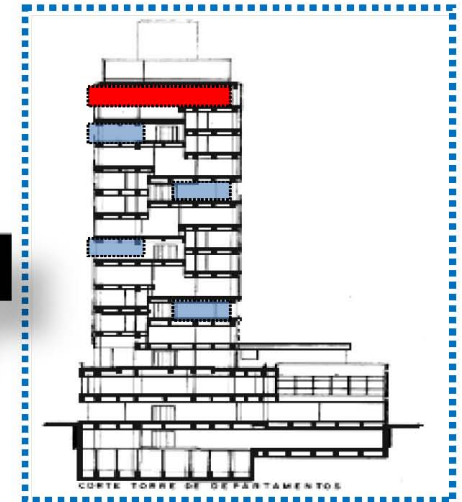
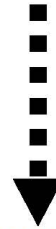
El objetivo principal de la investigación



- V.1. Sistema estructural
- V.2. Sistema de fachada actual
- V.3.- Incomodidad térmica
- V. 4.- Sistemas de climatización

Diagnóstico del estado actual y viabilidad de aplicación.

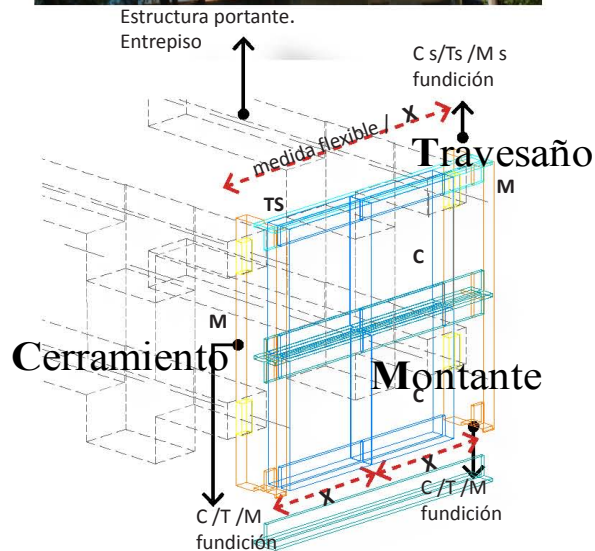
Traducción útil para modelar



Ligereza = peso

Control térmico = °C

Forma y materiales





CAPÍTULO IV

DESARROLLO Y MODELADO DEL SISTEMA

Propuesta para generar un control térmico en el caso estudio

4.1 Generación de parámetros de diseño.

Consideraciones en el diseño

El objetivo de la tesis es llegar a un sistema de envolvente ligera, en base a las condiciones del edificio existente (tipo), es por ésto que una vez que se ha comprobado que la envolvente actual tiene necesidad y viabilidad de ser rehabilitada, (de acuerdo a los resultados de las matrices realizadas en el Capítulo III) se procede a formalizar el modelo objeto. Para llegar a dicho fin se establecen los parámetros de diseño obtenidos del análisis realizado, (mismo que propone una metodología útil para la evaluación de envonventes existentes) con el fin de obtener en el proceso de trabajo un juego de alternativas coherentes que permitan definir un modelo, que al estar fundamentado teórica, práctica, y científicamente pueda patentarse y generar tecnología.¹

En la tabla 4.1 se presentan los resultados obtenidos del estudio de las variables 1, 2 y 3, traducidos en “condicionantes” ante la rehabilitación de la envolvente en el caso estudio. Una vez determinadas estas guías, se determinan las dos grandes vertientes que a su vez definen al modelo: *ligereza* y *control térmico*.

VARIABLE	CONDICIONANTES
VARIABLE 1 Estructura portante.	Conservar intacta la estructura portante actual del edificio.
	Reutilización de material útil (macizos-40%)
	Considerar trabes de losas de entrepiso como puntos de sujeción pertinentes
	Peso máximo de la envolvente a proponer 7kg/m ²
VARIABLE 2 Fachada	Conservación de sistemas de climatización pasiva con los que cuenta el edificio.
	Sustituir en un 25% el sistema portante de estructura de fachada
VARIABLE 3 Confort térmico	fachada sur: obtener un descenso de temperatura de 6.5°C
	fachada poniente: obtener un descenso de temperatura de 3.5°C

Tabla 4.1 Resumen de resultados obtenidos en el eanálisis del caso estudio. Fuente: creación propia

¹ Bunge (1984) explica que tecnología es el vastísimo campo de investigación, diseño y planeación que utiliza conocimientos científicos con el fin de controlar cosas o procesos naturales, de diseñar artefactos o procesos, o de concebir operaciones de manera opcional.

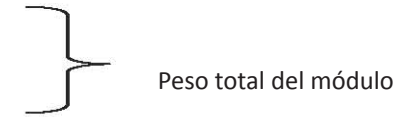
Control térmico = °C

De cuerdo al análisis del comportamiento térmico del edificio, se determina que el módulo a diseñar deberá cubrir con las cualidades necesarias para generar un importante aislamiento térmico.

Ligereza = peso

Tal y como lo determina la variable 2, es imprescindible que el peso sea máximo de 7kg/m², y partiendo de la base teórica que establece que un sistema de envolvente ligera se compone de montante, travesaño y cerramiento, se consederará:

peso del material en cerramiento (por m²)
peso del material en montantes
peso del material en travesaños
Peso de sujeciones



Al contemplar una envolvente “ligera” se establece por ende, una de las necesidades del diseño a obtener, debido al estudio del impacto estructural en edificios existentes. Surge la pregunta entonces... ¿podría proponerse una envolvente de cualquier peso, o sistema constructivo? ... Es claro que el menor impacto a un edificio existente es la mejor solución en cuanto a la estructura se refiere, pero el ser “ligera” no sólo se refiere a este determinante, va mucho más allá, puesto que las variaciones que puede llegar a tener dicha envolvente son de suma importancia. El ser ligera genera muchos más beneficios ,incluso en edificios nuevos, tales como: menor costo en materiales, mejor funcionamiento,e incluso trabajar de manera óptima los recursos del viento, dependiendo del sistema de colocación. Y es éste punto uno de los más importantes, ya que, como se menciona más adelante, el modelo puede admitir variables que le permitan insertarse en edificios que tengan mayor altura.

De acuerdo a la metodología propuesta para el análisis de la envolvente, se sabe que puede tener variaciones en altura, el sistema estructural portante (acero-concreto), orientaciones, etc. En este caso, (Condominio Reforma) la estructura portante actual del edificio resuelve parte del problema general, ya que está constituida por una retícula de PTR autoportante, por lo tanto se consideró conveniente conservarla en un 80%, tomándola como alternativa de diseño en el modelo final.



Parámetros de diseño.

1.- Definición del modelo. Se tiene claro que es un sistema ligero conformado por tres elementos básicos (montantes, travesaños y cerramientos) que tienen como objetivo la generación del confort térmico en el interior. Para llegar a su definición específica es imprescindible determinar la geometría de:

- travesaños
- montantes
- cerramientos

Es probable que al final del proceso de diseño, se obtenga un tipo de estructura envolvente que no necesariamente distinga los tres elementos, pero, es por medio de la forma (y su trabajo estructural) que se llegará a interpretar cada uno.

2.- Definición mecánica, en la que se defina qué sistema de fijación se implementará para insertar el módulo a la estructura portante principal, y la manera en cómo trabajará dentro del subestructura.

3.- Definición del material a utilizar, tomando en cuenta las propiedades de conductividad térmica, y el seccionamiento estándar.

4.- Necesidad térmica de cada fachada: aumento, disminución o conservación de calor, éste factor se determinará variando el modelo de acuerdo a la información, obteniendo un coeficiente térmico base por módulo (indicador térmico), al terminar el sistema.

5.- Cálculo de pesos estructurales en el modelo, mismo que puede realizarse por módulos, para finalmente verificar si es viable.

Los aspectos a considerar finalmente en el diseño son: geometría, materiales, coeficiente térmico, y peso estructural, los cuatro aspectos se trabajan paralelamente en el diseño del modelo, y se podrán trabajar en base a la necesidad de cada orientación. Es decir; la fachada norte necesita a grandes rasgos un almacenamiento de calor, para lo cual se necesitan materiales con poca transmitancia, pero alta reflexión, y de igual manera una forma ortogonal que permita conservar por medio de módulos el diseño de la fachada, tomando en cuenta el peso estructural de cada cerramiento.

En el término del diseño, se conformará la envolvente modelo, con los aspectos mencionados, pero, al considerar que hay almacenamiento y transmisión térmica distinta en cada orientación, se considera necesaria una compensación térmica, con el fin de generalizar las transmisiones y obtener el resultado deseado, comprobando el confort térmico absoluto en el interior del edificio.

De igual manera se definirán aspectos tales como: fabricación, mantenimiento, costo, y adaptabilidad (orientaciones).

4.2 Obtención del sistema envolvente ligero - Módulo

Para la obtención del módulo se definen tres subcapítulos en los que se desarrollan: el Análisis y selección de materiales, Definición geométrica, y Definición mecánica, con el fin de distinguirlos como sectores que permitan cierta flexibilidad en cada uno de ellos, generando la posibilidad de adaptar el módulo en cualquier edificio a intervenir. Considerando que todo el procedimiento de análisis de envolvente y el diseño del módulo están desarrollados para ser aplicados como solución ante cualquier edificación existente que presente la necesidad.

4.2.1 Análisis y selección de materiales.

El “Control térmico” es el factor que define el objetivo principal en éste documento, aunado claro, a la condicionante “ligereza”. En este subcapítulo se toman dos de los cinco parámetros establecidos, peso estructural y necesidad térmica, para lograr una categorización de propiedades indispensables en el material a seleccionar. Posteriormente se identifica el material que contempla dichas propiedades, mismas que lo definen como el elemento más importante dentro del sistema envolvente.

Además de parámetros de diseño, las condicionantes que tienen ingerencia en la selección del material son:

- ~~Conservar la estructura portante actual del edificio.~~
- ~~Reutilización de material útil (macizos 40%)~~
- ~~Considerar trabes de losas de entrepiso como puntos de sujeción pertinentes~~
- Peso máximo de la envolvente a proponer 7kg/m² ✓
- ~~Conservación de sistemas de climatización pasiva con los que cuenta el edificio.~~
- ~~Sustituir en un 25% el sistema portante de estructura de fachada~~
- fachada sur: obtener un descenso de temperatura de 6.5°C ✓
- fachada poniente: obtener un descenso de temperatura de 3.5°C ✓

Si bien, con lo descrito anteriormente se tienen visualizadas las condicionantes y los parámetros del diseño, (obtenidos tras haber implementado la metodología propuesta en el análisis del edificio a intervenir) es importante considerar el contexto actual, es decir, hoy en día el hecho de seleccionar un material que cumpla con ciertas condicionantes, se limita a optar por algún tipo de revestimiento (forro) que aisle térmicamente la cara exterior del cerramiento y no represente mayor peso a la estructura, pudiendo elegir dentro de una muy variada gama de materiales, mismos que en la mayoría de los casos tienen que combinarse



entre si para poder generar un cerramiento que cumpla verdaderamente con las condicionantes, pero tomando en cuenta que es necesaria la complejidad técnica en el trasdosado, acabados e impermeabilización, resulta que el elegir cualquier tipo de revestimiento existente en el mercado, genera un aumento en el costo directo de la rehabilitación, y se elevan los costos indirectos como el mantenimiento, la fabricación por separado y el montaje, sin lograr obtener el control térmico necesario.

La propuesta que se desarrolla con el nombre de “sistema envolvente ligero” ofrece una solución integrada, siguiendo un esquema modular predeterminado, incluyendo desde el mecanismo de cuelgue hasta la formación y sellado de las juntas. Esta propuesta puede lograr una verdadera solución ante el control térmico y las inclemencias que una rehabilitación implica, pero para lograr dicho fin los materiales que se implementen en el cerramiento, sub estructura y sistema de fijación, juegan el papel más importante.

La tecnología con que se han desarrollado nuevos materiales dentro de la construcción derrocha miles de posibilidades a analizar, sin embargo, en la presente propuesta se trata primordialmente de identificar nuevos materiales que contemplen peso menor a 7kg/m² y baja conductividad térmica, teniendo como interés el incorporar nuevos materiales al ámbito de la construcción, que puedan contribuir en la solución ante el problema térmico que se presenta en las edificaciones existentes. En las tablas 4.2 y 4.2bis se refleja el coeficiente de conductividad térmica de materiales comúnmente empleados en la construcción y rehabilitación de fachadas de la edificación existente de la Ciudad de México.

Material	Masa Específica (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/hrs/m ² °C)
Duraluminio	2,700	175
Acero fundición	7,850	45
Piedra de granito	2,750	3.0
Hormigón	2,400	1.5
Mortero de cemento	2,000	1.2
Arena	1,800	1.0
Vidriodeacristalamiento	2,500	0.82
Cerámica	1,500	0.37
Plástico transparente	1,200	0.17

Tabla 4.2 Materiales empleados para fachadas de edificaciones existentes. Fuente: Instituto de Materiales UNAM. Web: http://www.ingesur.com/doc_condiciones_termicas2.htm

Material	Masa Específica (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/hrs/m ² °C)
Madera de resinosas	400	0.09
Aglomerado de madera	450	0.05
Moquetas y alfombras	1,000	0.04
Perlita expandida	130	0.04
Vidrio celular	160	0.04
Poliestireno expandido	12	0.04
Vermiculita expandida	120	0.04
Fibra de vidrio	20	0.04
Concho aglomerado	110	0.04
Espuma fenol-formaldehido	12	0.03
Espuma de poliuretano	37	0.02

Tabla 4.2. bis Materiales empleados para fachadas en edificaciones existentes. Fuente: Instituto de Materiales UNAM. Web: http://www.ingesur.com/doc_condiciones_termicas2.htm

Las características térmicas de los materiales empleados están directamente relacionadas con el grado de confort que obtenga el ser humano. Dependiendo del grado de conductividad térmica (capacidad de un cuerpo para transmitir calor por conducción) el edificio tendrá una protección determinada frente al calor y el frío.

Como se expresa en el capítulo 1.2.3 de éste documento, los materiales que se utilizan actualmente en la rehabilitación para fachadas, suelen estar compuestos por dos o más elementos simples que deben combinarse entre sí para lograr la formación de un material útil para cerramientos que requieran aislación térmica. En relación a sub estructura y los sistemas de anclaje, los más utilizados son el aluminio, el acero y el PVC.

Ahora bien, la conductividad más baja de los materiales estudiados es la que presenta la espuma de poliuretano con un valor U de: 0.02 W/hrs/m²°C. y un peso de 37 Kg/m³ Estos valores se determinan como parámetro para la investigación posibles de materiales a emplear en el cerramiento.

En la búsqueda de nuevos materiales, es inevitable reflexionar a el impacto que los mismos han tenido en el desarrollo tecnológico y en la vida diaria del ser humano, tal y como ocurrió cuando inventaron el bronce, el hierro, el acero, el petróleo, los plásticos etc.



Hoy en día, gracias a los avances que se han producido tanto en física, química e informática, la generación de nuevos materiales se ha convertido en la respuesta a gran número de preguntas y problemas que el mundo actual requiere, sin descartar la sustentabilidad referida a un futuro cercano gracias a la gran invención de los últimos tiempos, como lo es la llamada nanotecnología, que trabaja a nivel atómico y molecular, lo que podría generar una revolución a nivel molecular. o materiales a base de carbono, alúmina, o incluso aire. A continuación se describen brevemente los materiales más nuevos, investigados a nivel mundial.

En relación a la respuesta que cada nuevo material otorga a la sociedad se generan líneas de acción que éstos mismos inducen de acuerdo a sus propiedades físico-químicas, es decir cada material tiene diferente aplicación, es así como se descartan todos aquellos nuevos materiales que tienen por objeto generar conducción eléctrica, conducción térmica, o incluso peso excesivo entre otros.

En nuestros días no existe aún, ningún material de reciente generación que sea analizado para la rehabilitación de fachadas como tal, y esto se debe a que todos aquellos materiales que ya se comprobaron y que incluso se utilizan para dicho fin, dan una aparente solución al problema del control térmico, pero tras investigar las propiedades de materiales que cuentan con la capacidad de ser aplicados, tomando como base los parámetros del material más prometedor (espuma de poliuretano), se identificaron los materiales que pueden generar una revolución en cuanto a la rehabilitación de envoltorios, logrando un control térmico y estructural. Me refiero al AEROGEL, material que hasta ahora se considera dentro de la investigación de materiales, apto para el desarrollo del cerramiento en la propuesta del módulo ligero, es un compuesto de silicio que logra comportarse de la mejor manera posible dentro de la conductividad térmica, al igual que su peso casi insignificante, comparado con su potencial de bloqueo ante la radiación solar. A continuación su descripción.

Aerogel.

Los orígenes de este material se remontan a 1931. Año en el que Samuel S. Kistler realizó una apuesta con Charles Learned sobre si era posible reemplazar el líquido de un tarro de mermelada por un gas sin que disminuyese el volumen del agregado. Y, una vez más, el desafío entre dos científicos fue el causante de un nuevo avance, en esta ocasión la síntesis de un nuevo tipo de sustancia hasta entonces desconocida: el Aerogel. El primer resultado obtenido por Kistler fue el gel de sílice, un material muy poroso que actualmente podemos encontrar envasado en pequeñas bolsas transpirables que regulan la humedad de ciertos objetos delicados. Sin embargo, los altos costes de fabricación frenaron las investigaciones

del químico estadounidense y no serían retomadas hasta poco después de 1975, con la reducción de los costes de producción.

El aerogel es un coloide, es decir, una sustancia compuesta por dos fases. Sin embargo, mientras que los coloides comunes tienen una fase líquida y otra fase sólida (pequeñas partículas dispersas en el líquido), el aerogel presenta fase gaseosa en lugar de líquida. De este modo, el aerogel es una sustancia sólida con una gran porosidad y una densidad muy baja (3 mg/cm³): es 1.000 veces menos denso que el vidrio, y solamente tres veces más denso que el aire (tengase en cuenta que puede estar compuesto hasta en un 99,8% por aire). No obstante, es una sustancia con gran resistencia mecánica, llegando a soportar más de 1.000 veces su propio peso.

En ocasiones el aerogel es denominado humo helado por su naturaleza semitransparente, aunque al tacto se asemeja bastante a una esponja. Todo este cúmulo de propiedades singulares convierte al aerogel en una sustancia única, con numerosas aplicaciones comerciales e industriales.

Aplicaciones del aerogel

Las aplicaciones comerciales del aerogel son numerosas, aunque es utilizado fundamentalmente como aislante térmico en las ventanas, lo que permite reducir las pérdidas de calor o de frío, causando diferencias de temperatura considerables entre el interior y el exterior.²

El aerogel (figura 4.1) translúcido no permite la fuga o entrada de calor pero sí la entrada de luz visible. Otra aplicación bastante útil del aerogel se encuentra en los parachoques de los automóviles, pues esta sustancia sería capaz de amortiguar la intensidad de un golpe hasta en un 89%. En definitiva, la peculiaridad estructural del aerogel y sus propiedades singulares lo convierten en una sustancia única que, quién sabe, puede ser de gran interés en un futuro no muy lejano.



Figura 4.1 Aerogel matches.jpg. Fuente: <http://www.proyectosinergias.com>



Lo que me hace reflexionar en éste material son las siguientes características, mismas que lo convierten en una valiosa oportunidad de genera el módulo de envolvente deseado cumpliendo con los dos aspectos necesarios (ligereza y aislante térmico).

- es dióxido de silicio puro y arena
- es mil veces menos denso porque contiene un 99,8 por ciento de aire
Densidad.....0.03-0.35 g/cm³
- color nebuloso - transparente
- extremada ligereza (3 miligramos por 1cm³)
- es una sustancia sólida con una gran porosidad
- Soporta más de 1.000 veces su propio peso.
- Amortigua la intensidad de un golpe hasta en un 89%.
- Prácticamente anula los tres modos de transferencia de calor (convección, conducción y radiación).
-Superficie interior.....600-1000 m²/g
-Diámetro de poro.....20 nm
-Módulo de young.....106-107 N/m²
-Conductividad térmica.....0.017 W/m²
-Vel. del sonido al atravesar.....100 m/s

En cuanto a los materiales seleccionados para la sub estructura, así como para el sistema de soporte se encuentran los siguientes:

ZINALCO

Es una aleación de Zinc (80%), Aluminio (18%) y Cobre (2%). (Fig. 4.2) Tiene una densidad intermedia entre el Aluminio y el acero, además de una resistencia mecánica similar a la del acero estructural. Algunas de sus aplicaciones son: llaves para cerraduras, contactos eléctricos de baja fricción; y dispositivos de entrada o maquinarias. Es patente mexicana, pero proviene de investigación alemana en la segunda guerra mundial.

Podría revolucionar la industria metalmecánica del país; fue creado por Gabriel Torres Villaseñor, del Instituto de Investigaciones en Materiales. Hace más de 20 años, el doctor Gabriel Torres Villaseñor, investigador del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM), retomó el proceso a partir del cual los alemanes experimentaron con una aleación de aluminio y zinc para sustituir latón durante la Segunda Guerra Mundial. Fue así como tiempo después creó, con zinc, aluminio y cobre, un metal superplástico al que llamó zinalco. De ser utilizado a gran escala, permitiría aprovechar mejor la producción nacional de zinc.³

“México dice Torres Villaseñor produce anualmente 350 mil toneladas de este metal. La mitad se vende en lingotes y 50 mil se usan en la industria. El resto está condenado a malbaratarse.”

Con el zinalco se podrían fabricar distintas piezas automotrices, como salpicaderas, puertas, incluso el chasis completo. Las carrocerías sin soldadura, semejantes a las de fibra de vidrio, serían más baratas y los automóviles pesarían 35 por ciento menos que los actuales modelos. “Este metal superplástico también serviría para sustituir todo lo que se hace con latón, como diversos tipos de llaves para cerraduras. Tendrían la misma resistencia mecánica que las que conocemos todos; pero, en vez de ser doradas, serían blancas y 35 por ciento más ligeras.

En resumen, sus características más sobresalientes para su estudio y uso en éste módulo son:

- Surge en el Instituto de Investigaciones en Materiales UNAM(IIM)
- Es una aleación de Zinc (80%), Aluminio (18%) y Cobre (2%)
- metal super plástico (moldeable)
- distintas piezas (industrializable)
- color blanco y 35 % más ligero
- plasticidad
- resistencia mecánica
- Reciclable
- ahorro de energía y en la reducción de los costos de producción

En las pruebas industriales se fueron identificando al menos algunas reducciones en costos de producción y procesos con Zinalco:

- Menor consumo de materia prima;
- Menor gasto de energía;
- Utilización de moldes menos costosos;
- Menores costos por procesos adicionales (anticorrosivos, soldaduras, pintura)



Figura 4.2. Izquierda: Zinalco en barandales y Derecha: Zinalco tornillos. Fuente: <http://noticias.universia.net.mx>.



Nanotecnología en los materiales para envolventes.

En la ciudad de hoy es habitual encontrarnos con fachadas de un edificio realizadas a partir del sistema de muro cortina, que consiste en una subestructura anclada a la estructura principal del edificio y que soporta una matriz regular de piezas que conforman el acabado exterior del edificio.

La subestructura suele estar realizada a partir de perfiles de acero o aluminio y las piezas pueden ser de multitud de formatos y materiales, resultando uno de los sistemas de fachadas más utilizados en la actualidad por su fácil de construcción, ligereza y la gran versatilidad de materiales, texturas y acabados que existen en el mercado.

El problema de los perfiles estructurales de acero y aluminio es que a menudo presentan problemas de abastecimiento, de reciclado y de mal comportamiento térmico. Ahora ha surgido el programa FACOMP apoyado por la Comunidad Europea cuyo objetivo es definir un nuevo sistema de nanotecnología basado en nuevos materiales que surgen de nano compuestos poliméricos reforzados con fibras y nano partículas. Las ventajas de este nuevo sistema pionero en fachadas ligeras basadas en nanotecnología son: Flexibilidad en el diseño, ligereza, menor mantenimiento, buen comportamiento mecánico, resistencia, rigidez y tenacidad, y bajo índice ante la corrosión.

Conclusiones.

En comparación con todos los materiales que existen actualmente en la nueva industria constructiva se logran destacar los que por su alto análisis a nivel mundial arrojan valores de conductividad térmica y ligereza extrema, que en años anteriores serían imposibles de visualizar. El AEROGEL y los NANO COMPUESTOS, ambos con gran influencia en nuestros días, en el campo de la investigación, pero son desplazados por la idea de un costo unitario del material, sin considerar lo fructuoso que pueden llegar a ser al aplicarse en el ámbito constructivo y la economización energética que implica su aplicación. Por otro lado está el ZINALCO, material patentado por la UNAM, curiosamente de muy bajo costo, y que ha sido desplazado simplemente por la pobre industrialización y el desinterés por su producción como material mexicano. ¿Qué impide su producción?, la respuesta está en las pocas opciones que se presentan para su empleo. ¿Falta de interés?. Bastaría comprobar que funciona en aplicaciones constructivas, para producir y generar industrialización y exportación mexicana.

Los materiales que se utilizarán en la propuesta son lo que responden de manera más que satisfactoria a los requerimientos que como condicionantes o parámetros de diseño se establecieron. A continuación se presenta una tabla con las características que fundamentan dicha afirmación.

Material	Conductividad Térmica.	Densidad	Medidas estándar	Comportamiento en combinación	Utilización	Costos.	Valor agregado
Aerogel	0.017 W/hrs/m ² °C	0.03-0.35 g/cm ³ o bien 3kg/m ³	.005-.010 X .20-10 X 15	Se funde con el ZINALCO a 250°C, genera una pieza sin la necesidad de maquinaria, ni piezas de fijación extras para su conformación.	En el cerramiento. debido a su ligereza, nula conducción de calor y resistencia a la compresión.	en fabricación de 5mm 352.00 m ²	Translucidez según proyecto, bajo mantenimiento, innovación tecnológica.
ZINALCO	37% del Cu	5.4 g / cm ³ .	medidas indefinidas	Logra fundirse con el Aerogel, brindándole superplasticidad, y trabajo estructural integral.	En montantes tipo 1.y travesaños Por su fuerza estructural, super, plasticidad	\$ 12.00 por Kilo	Apoyo a la innovación de origen Mexicano. Tiene una resistencia como la del acero a 100°C.
Nano compuesto	0.0W/hrs/m ² °C	2g /cm ³	medidas indefinidas	Se logra fundir con ambos.	En montantes tipo 2.y travesaños Por su comportamiento térmico, ligereza y moldeabilidad	relativo a la fabricación.	.maximiza la eficiencia estructural, y la larga vida útil.

Tabla 4.3 Resumen de características de materiales seleccionados a emplear en la propuesta.

Fuentes: Periódico "El Universal", redactor Fernando Guzmán Aguilar. <http://noticias.universia.net>.



4.2.2 Definición geométrica.

Los edificios existentes que requieren de una rehabilitación en la envolvente se conforman por innumerables trazos rectos, ortogonales, sensatez estructural... y una prismaticidad histórica que, el atender contra ella con formas orgánicas o caracteres deconstructivistas sería una agresión ante la conservación estética de cada edificación. Aunque visto de otro modo, la rehabilitación de las envolventes permite la renovación visual sin dejar de ser estética. Sería cuestión de análisis en cada caso a intervenir, o bien, al encontrarse con alguna edificación catalogada. Lo que no es cuestionable es la respuesta necesaria ante la problemática (térmica y estructural), por lo que la geometrización del sistema envolvente tendrá que considerar posturas tanto de conservación como de renovación.

En el Condominio Reforma, (Fig. 4.3) como en el 90% de Edificio existentes en la Ciudad de México, diseñados por contemporáneos de Pani, se manifiestan con fachadas simétricas, respondiendo a los ejes de su estructura portante. En este caso, por ejemplo se logra una fragmentación en el plano visual, que evita la rápida identificación de entrespisos, (Fig. 4.4) de tal modo que se tiene una fachada compuesta por módulos de diferente sección.



Figura 4.3 Fotografía en formato JPG. Condominio Reforma. Editada para fines ilustrativos/Reticula generada por estructura portante. Fuente: propia.



Figura 4.4 Cortel longitudinal/esquemático del Condominio Reforma, representación de modulación en fachada, Fuente: propia.

Módulo.

Es evidenciada la respuesta modular al encontrarse con características de carácter general, como se menciona en el párrafo anterior. Y tomando en cuenta que, de acuerdo a la metodología de análisis propuesta para determinar la viabilidad de rehabilitación en la envolvente de edificios existentes, se tiene que, cualquier edificio que cuente con el carácter de ser rehabilitado presentará la condicionante básica referente a la conservación de la estructura portante del edificio, sin ninguna necesidad de reforzamiento, (Ver Cap 2.2.1. Diagnóstico y Fig. 4.4) y en algunos casos la conservación de macizos. En base a esto, se plantea una modulación del sistema fundamentada en que:

- El considerarle una “estructura portante sana” le permite recibir la fijación y anclaje del sistema ligero, generando una modulación de acuerdo a los puntos de sujeción a lo largo y alto del edificio. (Fig. 4.5). Considerando que el sistema a proponer es autoportante.
- La posibilidad de tomar en cuenta el diseño actual o los requerimientos de renovación del cliente, considerando vanos o macizos existente, permite generar una modulación en base a las medidas de los mismos.
- Cada zona del edificio tiene diferentes condiciones, que generan la presencia o ausencia del sistema ligero, modulando a su vez la envolvente.

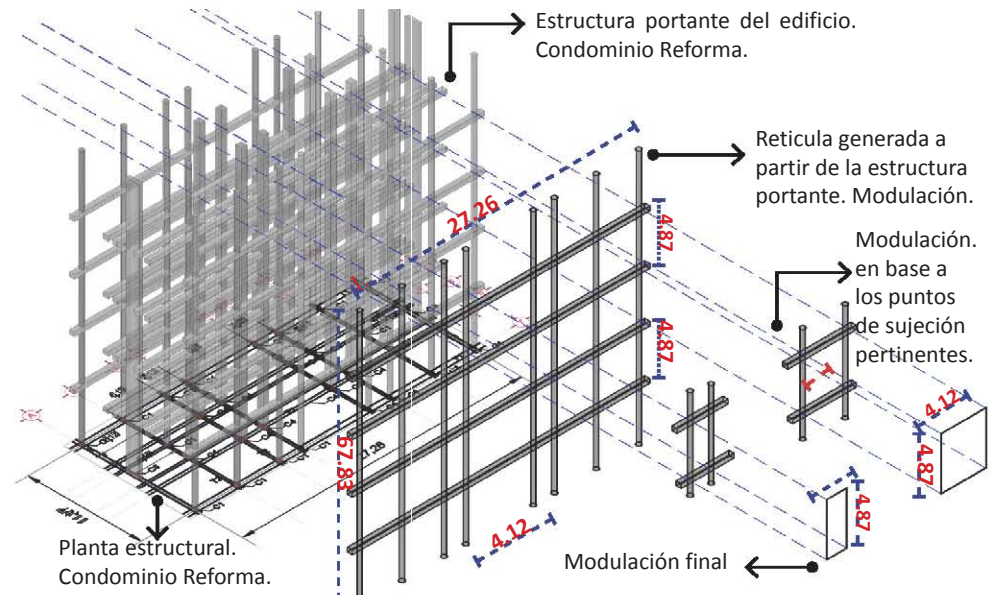


Figura 4.5 Representación en isométrico de la estructura portante / Condominio Reforma / Descomposición de planos para la obtención un diagrama modular en base a los puntos de fijación pertinentes. Fuente: creación propia.. Formato ACAD 3d / Xray / exportado en formato PDF.



La geometría de los elementos constitutivos del sistema se define también por los siguientes factores: Primero se consideran los medios de producción como un valor potencial del sistema, ya que existe la fabricación de Aerogel y ZINALCO en la Cid. México, al igual que una industria de corte y fabricación, que produce dichos materiales en medidas que superan las necesarias en cualquier diseño de rehabilitación. Después se consideran las características físicas y mecánicas del material. Tanto el Aerogel como el ZINALCO representan la caprichosa ventaja de ser moldeables y resistentes sin dejar de ser ligeros, ofreciendo una alición (en fundición a 250°C) que permite la generación de una unidad (pieza) que reúne las virtudes de ambos materiales. Por otro lado se analizan los medios de transporte, y manipulación, aspectos que se solucionan eficazmente al considerar un sistema pre-montado, y en el caso de transporte de piezas para un montaje in situ, se descarta cualquier condicionante gracias a la ligereza de los materiales.

Partiendo de la complejidad encontrada en las nuevas formas geométricas que permiten los materiales, y las posibilidades que hoy en día la tecnología de los nuevos materiales seleccionados nos permite, se determinan las siguientes características geométricas de los montantes - "M" (ZINALCO), Travesaños "T" (ZINALCO), y Cerramientos "C" (Aerogel) que conforman al sistema:

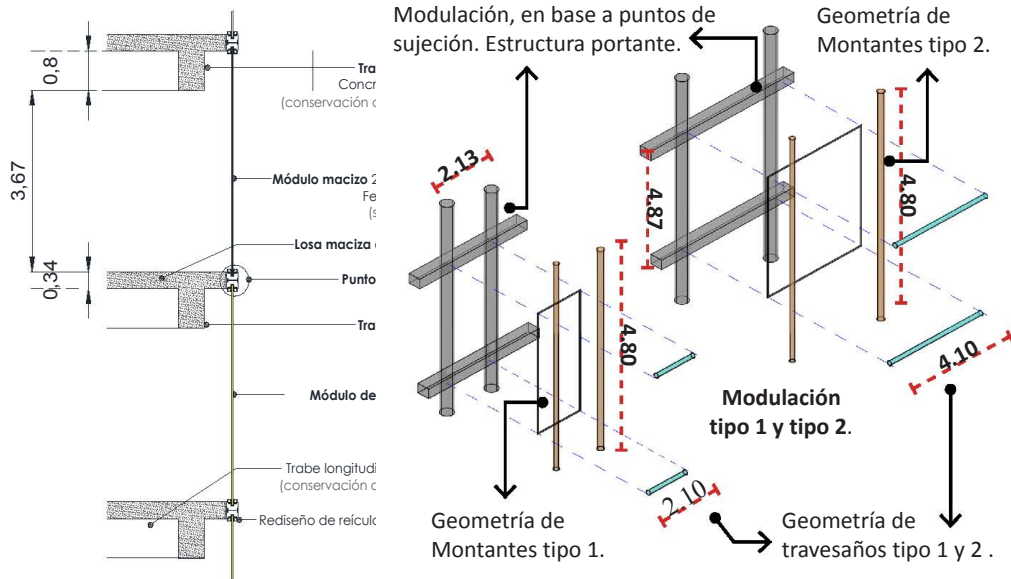


Figura 4.6 Corte por fachada C.R./ partes a conservar y parámetros de diseño. Formato ACAD. Fuente: propia.

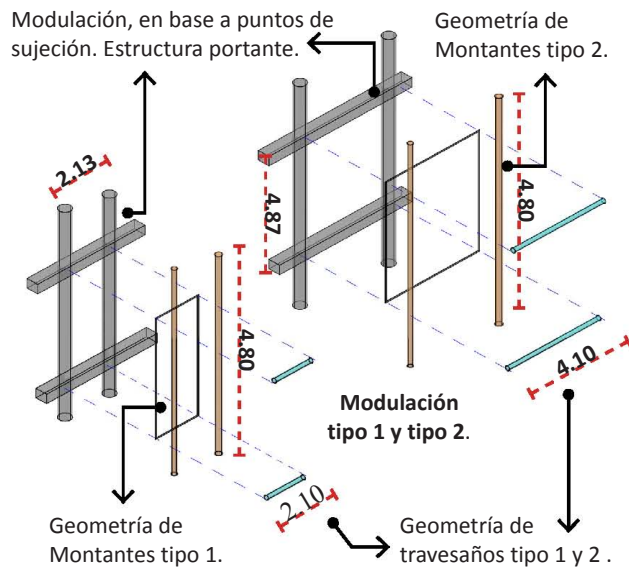


Figura 4.7 Representación de la geometría básica (largo y ancho) de montantes y travesaños. Fuente: creación propia. Formato ACAD3d/Xray/exportado en formato PDF.

• La estructura portante define los **puntos de sujeción** en cada trabe de entrepiso. En este caso, se conforma una retícula modular a cada 4.87 X 2.13 o 4.12 (Fig. 4.5 y 4.6).

• Se definen **montantes** con un alongitud máxima de 4.80, teniendo una base igual al de los perfiles de aluminio existentes de .006 X .006 (Fig. 4.7 y 4.8), pero con una peculiaridad, en su cabeza superior e inferior cuentan con un suaje en forma de "T", diseñada especialmente para el recibimiento de travesaños. (Fig. 4.8)

• Los **travesaños** con piezas en forma de T, con 2.80 de longitud (variable según número de cerramientos), con una base de .006 y un alto de .05. (Fig. 4.8)

• Los **cerramientos** son piezas de 4.50x.005x4.10, con un suaje en forma de cuña, para recibir travesaños, mismos que permiten la sujeción de un número indefinido de piezas según su longitud. (Fig. 4.8)

Los diseños y esbeltez de los elementos, generan un sistema que trabaja óptimamente omando en cuenta que todas las piezas se funden a 250°C.

En el caso de cualquier otro edificio que cuente con otra modulación de fachada, se optará por la modulación que más le convenga, teniendo presente que éste módulo permite la flexibilidad de tamaños resuelto por un mismo tipo de fijación y anclaje. La única variante es la modulación del edificio a rehabilitar, y los módulos que éste requiera.

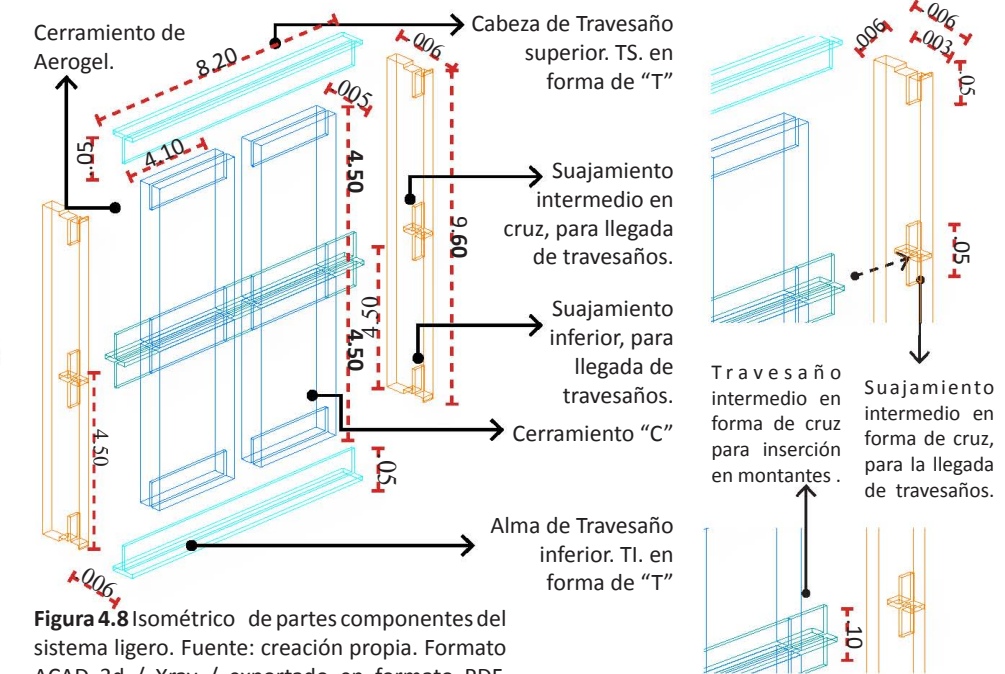
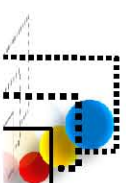


Figura 4.8 Isométrico de partes componentes del sistema ligero. Fuente: creación propia. Formato ACAD 3d / Xray / exportado en formato PDF.



4.2.3 Definición mecánica.

Anclaje y fijación.

La condición protagonista del trabajo mecánico en el módulo propuesto, gracias a la geometría que lo constituye y que permite su ensamblaje. (Fig. 4.9-4.15) es que trabaja como un sistema⁴, es decir, como un conjunto de elementos organizados, que responde a una función constructiva concreta. En este caso la propuesta consta de mecanismos de anclaje y fijación con un peculiar manejo de juntas entre sí, ya que sus características dependen, principalmente, de los materiales constitutivos tanto de montantes y travesaños (ZINALCO) como del cerramiento (Aerogel).

Tomando en cuenta que el uso de materiales diferentes, aunado a la diferencia de ejecución en planta e in-situ, harían de los anclajes y juntas los puntos más débiles del sistema, se considera la posibilidad de generar una pieza monolítica, considerando un valor agregado en términos mecánicos, ya que al convertirse en una sola unidad, permite un trabajo mucho más autónomo e independiente, (Fig 4.9). Lo anterior fundamentado en la posibilidad de aleación de los materiales a una temperatura que logra la unión superplástica de los mismos, y que de igual manera le ocasiona una morfología en base al diseño, y un trabajo mecánico superior al que podría lograrse con la utilización de diversos materiales.

Junta.

Tomando en cuenta que el travesaño está diseñado para fabricarse de acuerdo al número de módulos que se requieran en sección horizontal (Fig 4. 11), con el fin de generar el menor número de juntas posibles, por lo que, en este caso se tienen dos tipos de juntas; entre cerramientos y entre módulos completos. (Fig. 4.16).

De acuerdo a la normativa internacional ISO 3447 referente a uniones y juntas en general se afirma que el sistema cumple con los requerimientos de: estanquidad al agua y viento, aislamiento higrotérmico, ausencia de riesgo ante falla local, valores plásticos y arquitectónicos, compensar movimientos por oscilaciones de la temperatura, posibilidad de mantenimiento y reparación, permitir funciones portantes.

Sistema constructivo.

El módulo fue diseñado contemplando funciones constructivas dependientes e independientes a la estructura principal de una edificación. En este caso el módulo no forma parte del sistema resistente del edificio, contribuye a aminorar cargas y en union con módulos existentes permite contribuir de manera apreciable en la resistencia a acciones horizontales. En el caso de sustitución de módulos en cualquier edificación, el sistema propuesto trabaja de la misma manera, al incrustarse en el marco definido por la fachada.

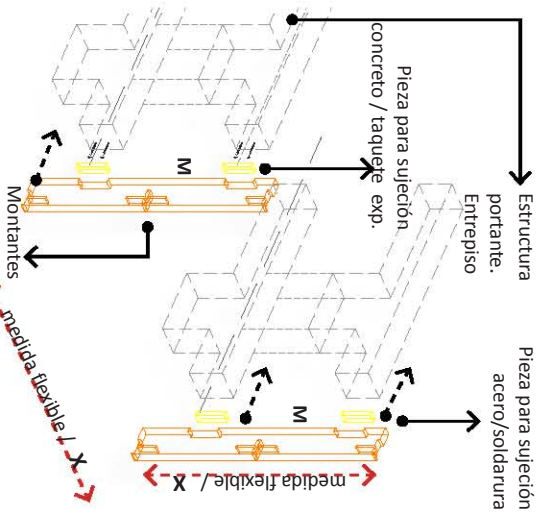


Figura 4.9 Isométrico de montantes del sistema ligero. Fuente: creación propia. Formato ACAD 3d / Xray / exportado en formato PDF.

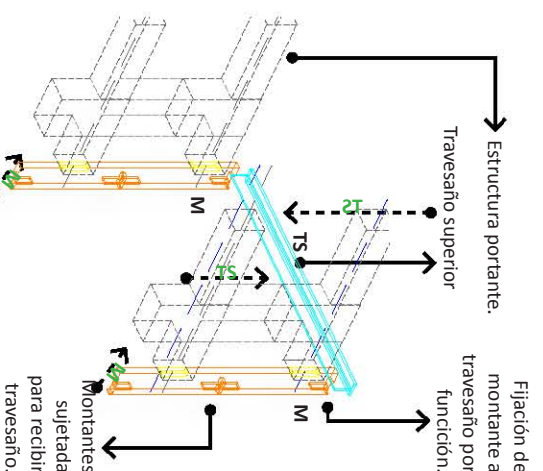


Figura 4.10 Isométrico de montantes y travesaño superior. Fuente: creación propia. Formato ACAD 3d / Xray / exportado en formato PDF.

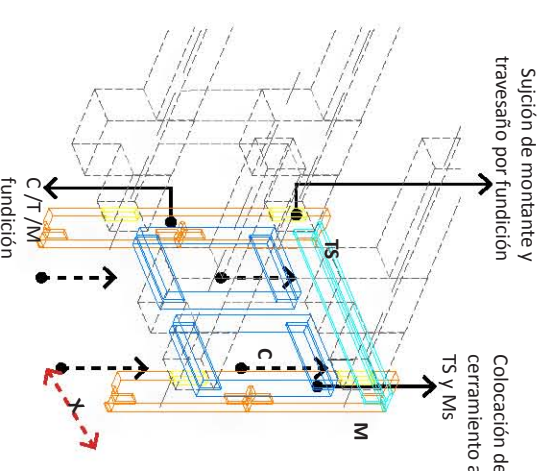


Figura 4.11 Isométrico de montantes, travesaño sup. y cerramiento. Fuente: propia. Formato ACAD 3d / Xray/ exportado en formato PDF.

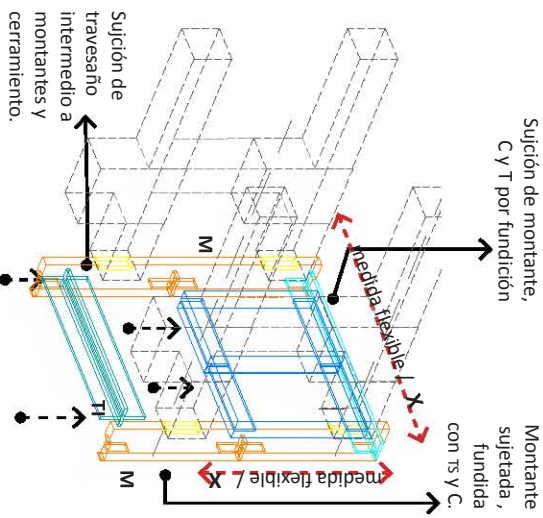
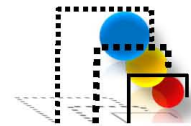


Figura 4.12 Isométrico de montantes, travesaño sup. e intermedio y cerramiento. Fuente: propia. Formato ACAD 3d / Xray / exportado en formato PDF.



Contribución del módulo en la respuesta del edificio a acciones horizontales.

Se considera una contribución estructural completa. Los módulos y la estructura portante integran un sistema compuesto, en el que cada elemento lleva a cabo su tarea específica. El módulo tiene funciones portantes, por lo que su contribución total está garantizada. Esta contribución permite que el módulo se convierta en parte del sistema estructural (sub-estructura), perdiendo el carácter de carga permanente.

Anclajes.

Es la fijación del módulo a la estructura portante, y se sitúan cerca de los vértices de cada modulación, cuatro por módulo compuesto, o más en el caso de una modulación de sección horizontal o vertical más larga.

Los anclajes propuestos se componen por dos piezas principalmente, una que se encuentra integrada en el volumen de los montantes (Fig. 4.9) y otra placa del mismo material que se fija a la estructura de concreto por medio de un pequeño taquete expansivo, o soldadura a la estructura de acero, según sea el caso (Fig 4.9). Tienen una forma rectangular alargada en el eje Y, que permite una fuerza que evita el movimiento del módulo con respecto a su posición, dentro de un margen determinado, considerando esfuerzos producidos por acciones horizontales. (Fig 4.10)

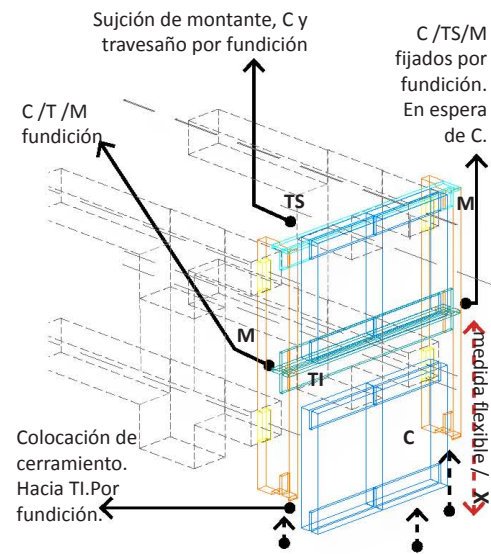


Figura 4.13 Isométrico de montantes, travesaños sup.e intermedio y cerramientos Fuente: propia. FormatoACAD3d/Xray/exportadoenformatoPDF.

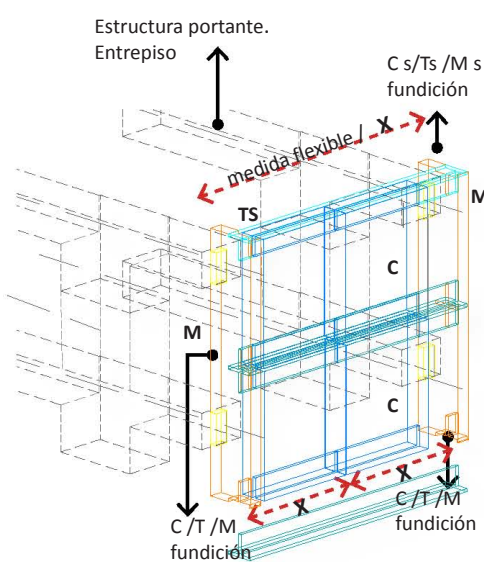


Figura 4.14 Isométrico de montantes, travesaños sup. e inferior y cerramiento Fuente: propia. FormatoACAD3d/Xray/exportadoenformatoPDF.

Este tipo de pieza diseñada para la fijación permite la colocación, replanteo y fijación de los módulos en obra e in-situ. Además de absorber las deformaciones producidas por los movimientos de la estructura, debidos, por ejemplo, a variaciones del nivel de carga.

Para lograr el cumplimiento de las características expuestas los anclajes cuentan con la rigidez necesaria, gracias a la fuerza física con la que cuenta el material, de tal manera que se eviten desplazamientos importantes en el módulo, arriesgando la conservación de los módulos adyacentes en determinado caso. Sin embargo concierne cierta ductilidad que les brinda la posibilidad de absorber deformaciones, gracias a la característica ligera del ZINALCO.

Finalmente se genera una mecánica ante la conformación y montaje del módulo que permite simplificar tanto la fabricación de piezas, como los procedimientos de ejecución, montaje y fijación, considerando de igual manera la producción y manejo de menos materiales. (Fig 4.9 - 4.16).

El procedimiento mediante el cual se arma el módulo propuesto es: 1. Se fijan los montantes a la estructura principal, (Fig. 4.9) 2. Se fija el travesaño superior (de longitud variable, según el número de cerramientos requeridos) (Fig. 4.10) 3. Se integran los cerramientos.(Fig. 4.11) 4. Se inserta el travesaño intermedio o inferior según sea el caso. (Fig. 4.12-14) Todas las uniones se consolidan por fundición.

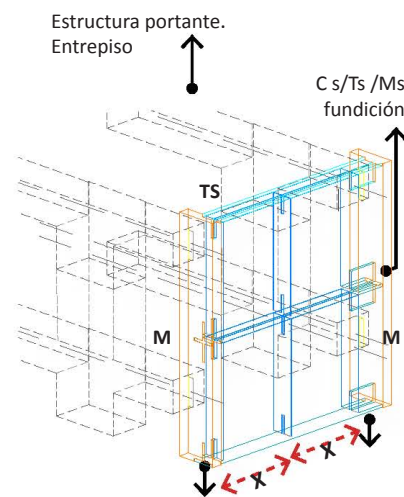


Figura 4.15 Isométrico sistema ligero. Montado a estructura. Fuente: creación propia. Formato ACAD 3d / Xray / exportado en formato PDF.

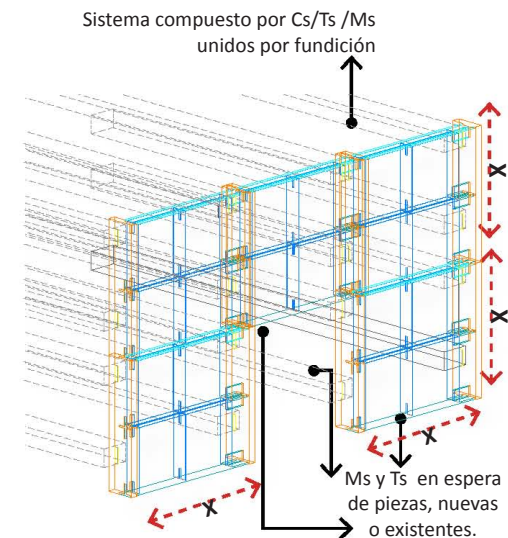


Figura 4.16 Isométrico / ejemplo de montaje de módulos a estructura. Fuente: creación propia. FormatoACAD3d/Xray/exportadoenformatoPDF.



4.2.4 Modelo. Sistema envolvente ligero.

Ahora bien, en la conformación del sistema ligero (M,T,C) se pueden identificar diferentes características según su función resistente, portante, peso, composición, configuración, posición con respecto a los elementos estructurales lineales y como se vio anteriormente su material constitutivo.

Por su **función resistente**, el sistema modular es capaz de transmitir acciones horizontales (perpendiculares a su plano), y no está diseñado para transmitir acciones diferentes a su peso propio y a la acción del viento sobre su superficie, ya que la ligereza resistencia del mismo no lo requiere. Lo anterior es por medio de la fijación descrita anteriormente (Fig 4.9).

Por su **función portante**, cada módulo soporta su propio peso, el peso de los módulos situados en niveles superiores y parte de las cargas gravitatorias de los travesaños (Fig. 4.10). Especificando, la geometría de los travesaños permite el machihembrado con los montantes, generando un marco rígido capaz de recibir cargas superiores. En el caso del montante inferior el trabajo consiste en soportar los cerramientos. (Fig. 4.15)

Por su **peso**, la envolvente evidentemente es de carácter ligero, gracias a los materiales y a su constitución estructural, ya que al trabajar como sistema, permitiría la

implementación de los módulos que sean necesarios, sustituyendo módulos existentes en la fachada, por sistemas de menor peso.(Fig. 4.16)

Por su **composición**, los módulos plantea un sistema que lleva incorporado el material de aislamiento y el acabado interior y exterior, ya que el material es tan traslucido como sea deseado por el usuario, sin contrarrestar la capacidad aislante del material, necesitando sólo la fijación y el pre montado o la ejecución de las juntas in-situ.

En el caso del edificio actual se definen dos modulaciones necesarias para cubrir las necesidades de los módulos a conservar, y los módulos a sustituir. (Fig. 4.17 y Fig. 4.18). En el caso del módulo 2 se considera un travesaño intermedio que responde a la modulación que se tiene en la fachada, haciendo posible que cualquiera de los 4 módulos (Fig. 4.18) sea removido para genera una ventilación al interior, ambos consideran dos cerramientos de aerogel en posición horizontal. Ésta es una mera ejemplificación de lo que se puede lograr en el empleo del módulo, sin embargo, podría presentarse el caso en el que no se requiera un travesaño intermedio, y se fabrique un cerramiento con la altura deseada.

Considerando las características del módulo final se tiene que, anteriormente se describieron la definición geométrica, y mecánica, mismas que describen su funcionamiento.

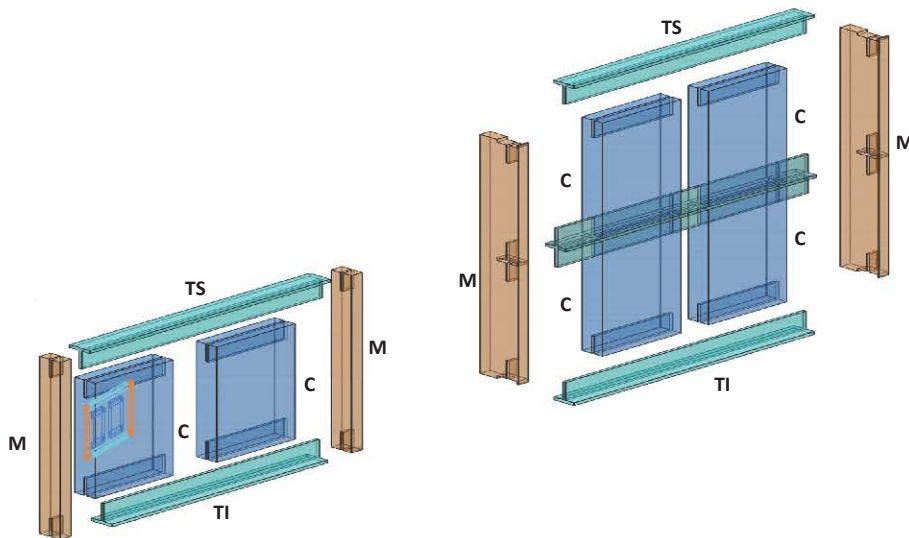


Figura 4.17 Isométrico de sistema ligero (M,T,C). Módulo 1. Fuente: propia. Formato ACAD 3d /Xray/ exportado en formato PDF.

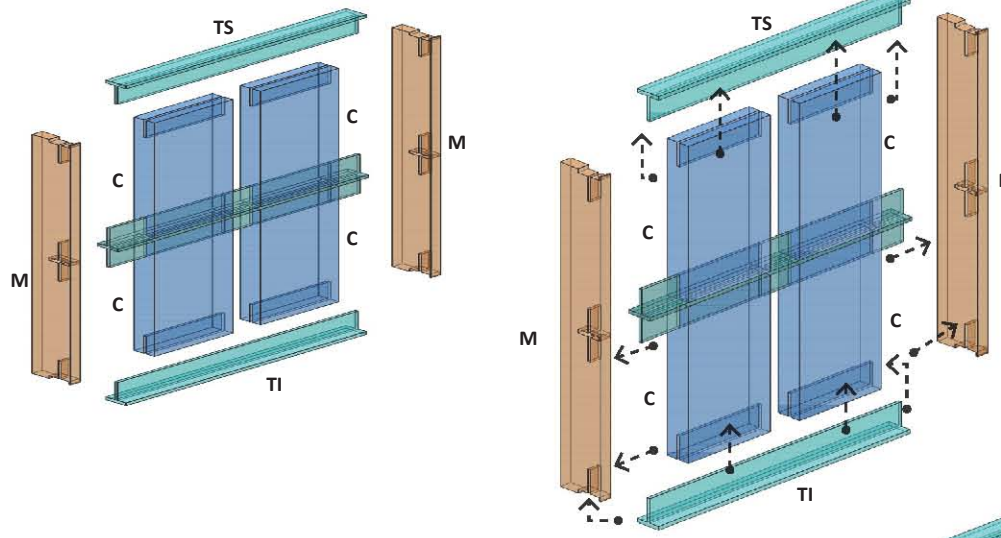


Figura 4.18 Isométrico de sistema ligero (M,T,C). Módulo 2. Fuente: propia. Formato ACAD 3d /Xray/ exportado en formato PDF.

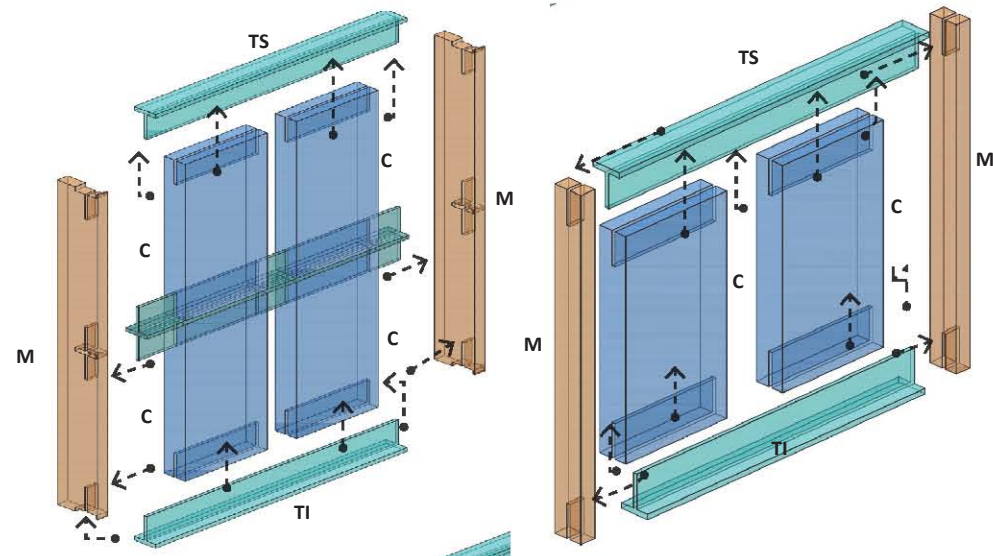


Figura 4.19 Isométrico de sistema ligero (M,T,C). Módulo 1. Proceso de armado. Fuente: propia. Formato ACAD 3d /Xray/ exportado en formato PDF.

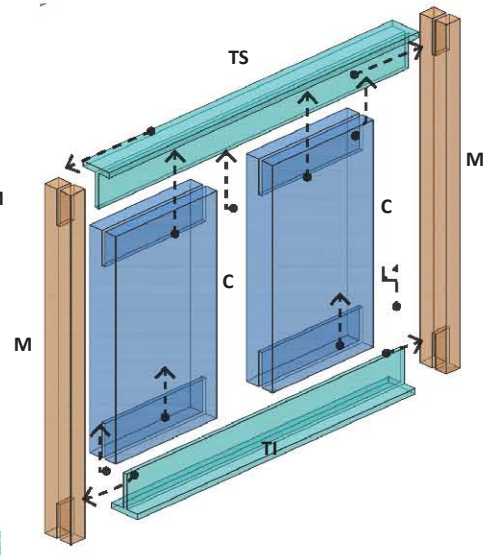


Figura 4.20 Isométrico de sistema ligero (M,T,C). Módulo 2. Proceso de armado. Fuente: propia. Formato ACAD 3d /Xray/ exportado en formato PDF.



A continuación se presenta la propuesta del sistema envolvente ligero para la rehabilitación de edificios de oficinas existentes. Mismos que cuentan con características peculiares en cada una de sus fachadas y sistemas constructivos.

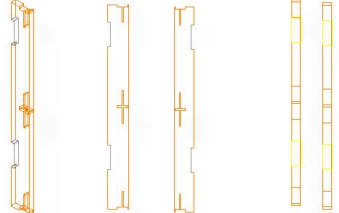
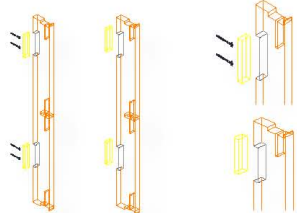
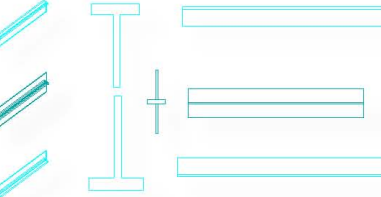
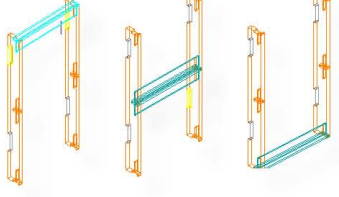
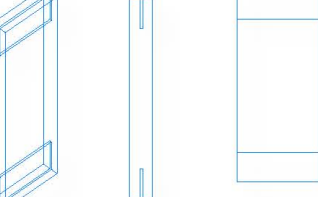
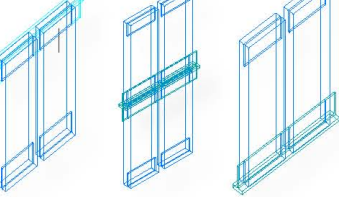
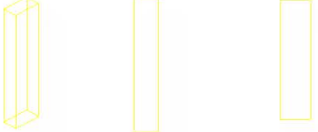
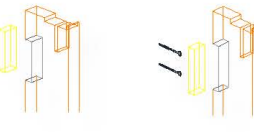
Elemento	Definición Geométrica	Definición mecánica		Material			
		Ensamble	Descripción	Conductividad térmica	Peso volumétrico	Modulación	control térmico
Montantes			El ensamblaje de los montantes se define de acuerdo al tipo de estructura principal (acero/soldadura, o concreto/taquete), empleando la pieza de fijación.	cada montante tiene una conductividad térmica de 37% del Cu	cada montante tiene un peso de 5.4 g/cm ³	longitud máxima de 4.80, teniendo una base de .006 X .006, en su cabeza superior e inferior cuentan con un suaje en forma de "T", diseñada especialmente para el recibimiento de travesaños.	●
Travesaños			Los travesaños superior, intermedio e inferior se unirán a los montantes mediante un sistema de armado y fundición, sin necesidad de piezas extras.	cada travesaño tiene una conductividad térmica de 37% del Cu	cada travesaño tiene un peso de 5.4 g/cm ³	piezas en forma de T, con 2.80 de longitud (variable según número de cerramientos), con una base de .006 y un alto de .05	●
Cerramientos			Los cerramientos se confinan por los travesaños superior e inferior que los soportan. La junta entre cerramientos se logra por el travesaño intermedio.	cada cerramiento tiene una conductividad térmica de 0.017 W/hrs/m ² °C	cada montante tiene un peso de 0.034 g/cm ³	piezas de 4.50x.005x4.10, con un suaje en forma de cuña, para recibir travesaños, mismos que permiten la sujeción de un número indefinido de piezas según su longitud.	●
Fijación			El sistema de fijación consta sólo de un pieza adicional, misma que se funde al montante y se fija a la estructura principal (acero/concreto)	cada pieza tiene una conductividad térmica de 0.017 W/hrs/m ² °C	cada pieza tiene un peso de 0.034 g/cm ³	piezas en forma de rectangular, con .04 X.006 y un alto de .20	●

Tabla 4.4 Resumen de características de sistema envolvente ligero propuesto. Fuente: Creación propia.



A continuación se presenta la propuesta del sistema envolvente ligero propuesto para la rehabilitación de edificios de oficinas existentes. Mismos que cuentan con características peculiares en cada una de sus fachadas y sistemas constructivos.

Fabricación	Mantenimiento	Usuario		Viabilidad	Adaptabilidad
		Motivación y Estrategia	Campo de aplicación	Costo	Orientaciones de edificio
Se comprueba que la fabricación del módulo tiene cavida en las empresas: “AEROGEL MÉXICO” Y “Grupo Falmex-Galvotec”. Asi como en constructoras en dónde se realice el montaje.	El mantenimiento requerido para la conservación de la envolvente compuesta por los módulos ligeros planteados tendrá que considerar un mantenimiento mínimo (limpieza), gracias a las virtudes de los materiales ante la corrosión y los efectos climáticos.	De acuerdo a los beneficios obtenidos térmica, estructural y económicamente el usuario del edificio es el que recibe el mayor impacto, traducido en calidad de vida. De igual manera el edificio y su conservación representan también la mayor motivación ante el uso del sistema propuesto.	La aplicación del sistema ligero se determina según el usuario, ya que es aplicable tanto en edificios existentes con estructuras portantes de concreto o acero.	En edificaciones existentes, que representan un derroche energético se obtiene un costo beneficio, en el que la inversión es recuperable a 1/3 del mes costeadado en facturación eléctrica.	El sistema ligero propuesto tiene una adaptabilidad a cualquier fachada que requiera una rehabilitación, ya que responde (gracias a su baja conductividad térmica) a cualquier necesidad, pudiendose manejar la opacidad del material, y el número de módulos dependiendo de la zona y condiciones de la edificación.

Tabla 4.5 Cualidades generales de sistema envolvente ligero propuesto. Fuente: Creación propia.

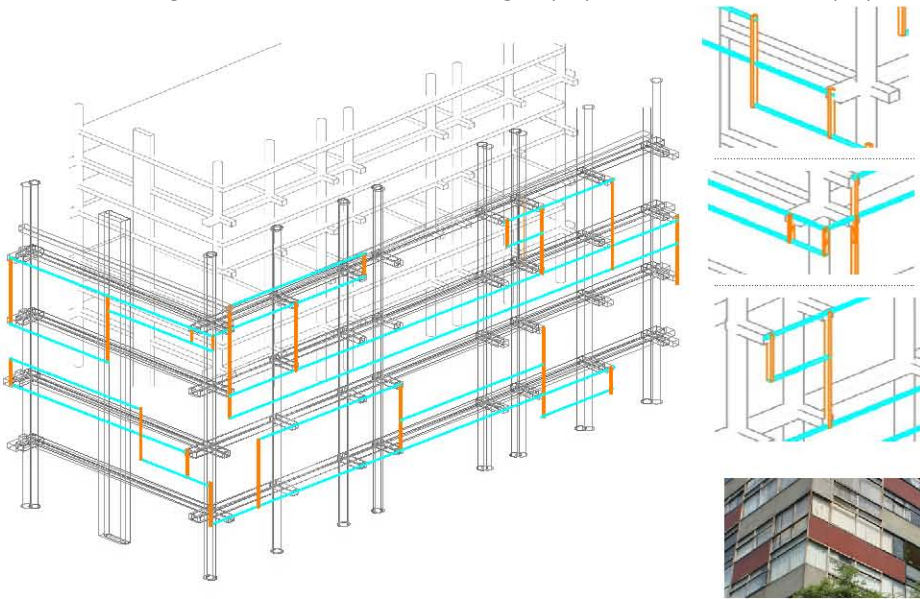


Figura 4.21 Isométrico / ejemplo de montaje de módulos a estructura. Opciones de colocación, y modulación. Fuente: propia. Formato ACAD 3d /Xray/ exportado en formato PDF.

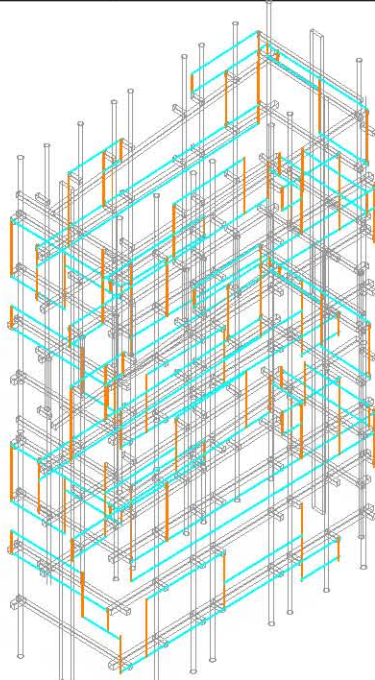


Figura 4.22 Montaje de sistema envolvente a caso estudio (Condominio Reforma). Fuente: propia. Formato ACAD 3d /Xray/ exportado en formato PDF.



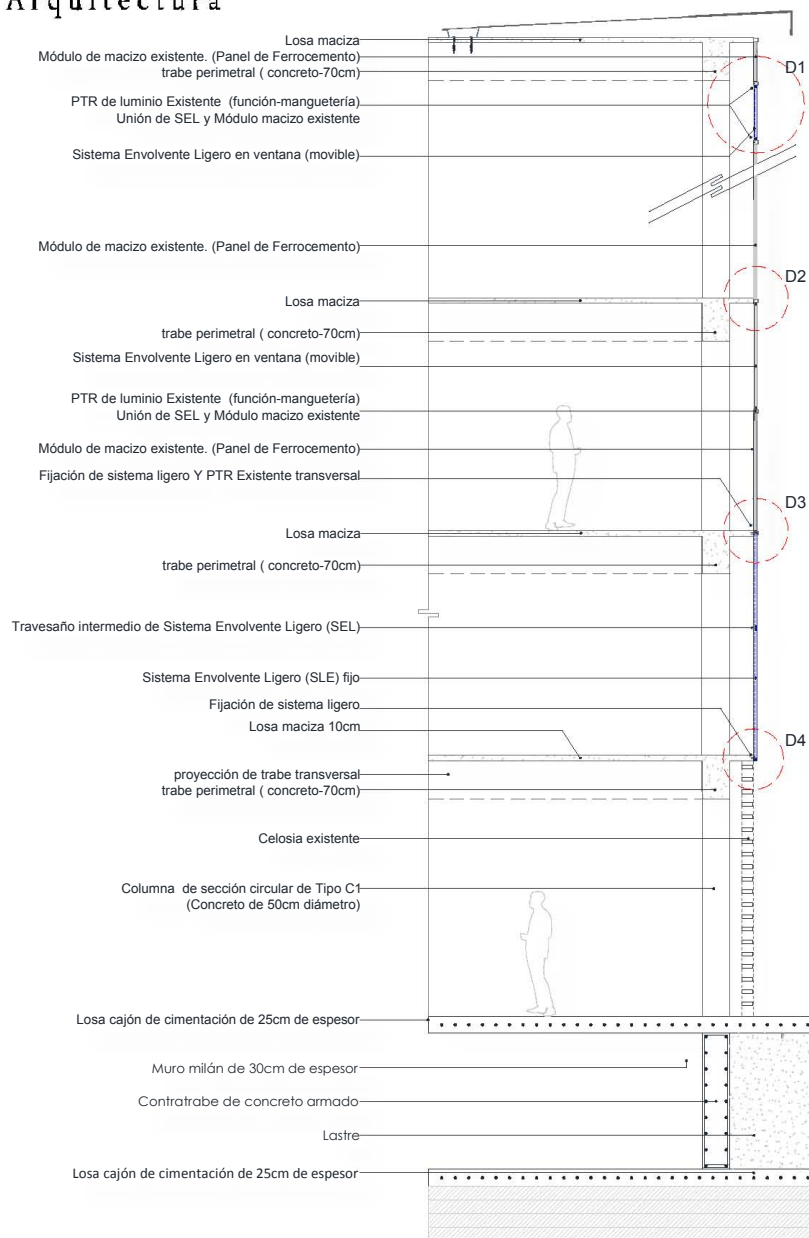
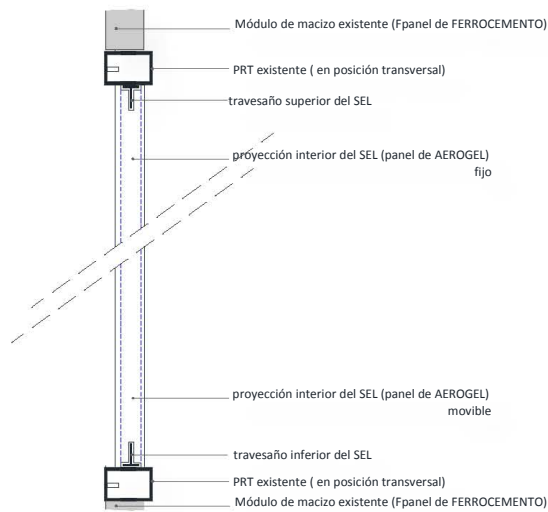
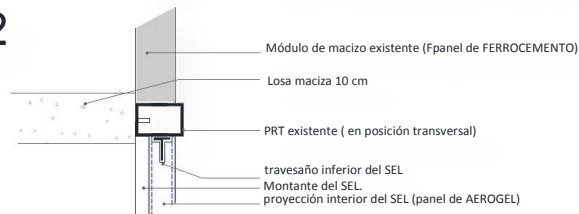


Figura 4.23 Corte por fachada del Sistema Envolvente propuesto.
Fuente: propia. Formato ACAD 3d /Xray/ exportado en formato PDF.

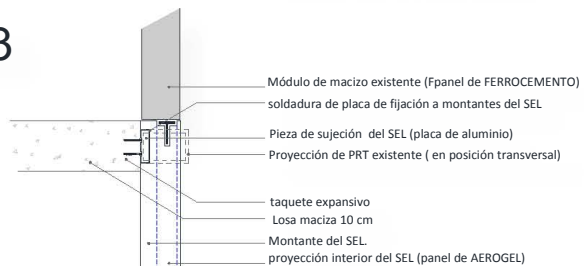
D1



D2



D3



D4

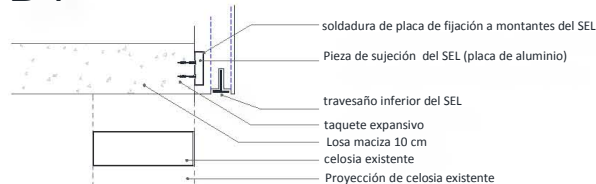
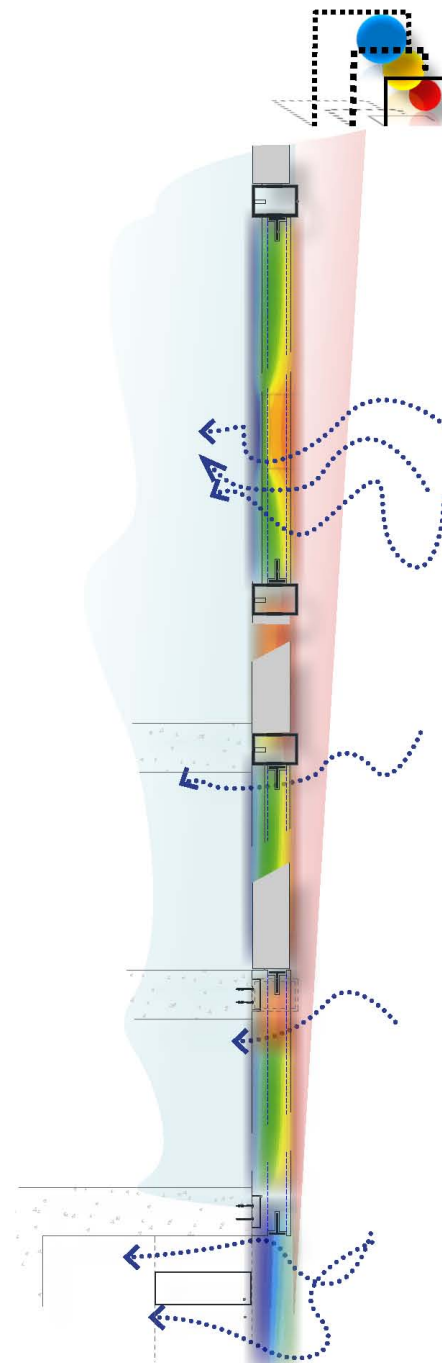


Figura 4.24 Detalles y Esquematización del funcionamiento térmico del Sistema Envolvente propuesto.
Fuente: propia. Formato ACAD 3d /Xray/ exportado en formato PDF.





4.3 Simulaciones sobre la inserción del modelo aplicado

Cálculo térmico.

El cálculo térmico fue realizado para el estado actual de la edificación y una vez insertada la propuesta en el inmueble. Ambos casos realizados en los meses más críticos identificados: enero y mayo, con la información correspondiente para cada uno.

El desarrollo del cálculo se llevó a cabo en una hoja de cálculo del programa Microsoft W. Excel, en la que se procedió a vaciar las fórmulas correspondientes al cálculo térmico en edificaciones (explicadas en los antecedentes), de manera tal que se lograra realizar una corrida por hora, con los datos específicos para cada una, mismos que fueron calculados en los programas correspondientes. A continuación se muestra el procedimiento seguido para el cálculo de la primera hr del 15 de Mayo:

1.- Datos de para el cálculo antes de la propuesta

El edificio se encuentra en la siguiente ubicación:

Latitud 19° 35' N

Longitud 99° 10'

Altitud 2237 m

- Día de diseño: 15 de ENERO2010
- Hora de inicio: 11 am
- (Considerando la radiación solar)
- Temperatura ambiente: 19.02°C
- Radiación solar global: 2158.463
- HR: 40.13%
- Temperatura interior: 19.84°C
- Día de diseño: 15 de MAYO 2010
- Hora de inicio: 9:00 am
- (Considerando la radiación solar)
- Temperatura ambiente: 21.46°C
- HR: 51.12%
- Temperatura interior: 21.61°C

Propiedades térmicas de materiales de construcción:

Muros exteriores: Placas de Ferro-cemento

Ventanas: vidrio claro (sin considerar la cancelería)

materiales	Espesor	Cond. térm. w/hrs/m ² °C
muro	0.02	.85
Ventanas	.006	1.05
Impermeabilizante (fester terracota)	0.001	0.06
Enladrillado	0.02	1.07
Entortado (concreto. pobre)	0.05	0.63
Relleno de tezontle	0.2	0.63
Losa	0.15	1.28

Tabla 4.5 Propiedades térmicas de materiales de construcción. Fuente: NOM 008

Propiedades ópticas de materiales construcción:

- Absortancia.
Muros ferrocemento: 15%, Techo: .80 % y Ventanas cristal claro: .15%
- Emitancia E
Muros y Techos: .99 % y Ventanas: .99 %
- Transmitancia: Cristal claro: .88 %

Materiales	Dimensiones y cantidad	Volumen (m ³)	peso vol (kg/m ³)	masa (kg)	Cp (Kj/Kg°C)	Capacitancia (Kj/°C)
Muro (Ferrocemento)	(.02)(1.20)(2) (2579 módulos)	123.79	1242	153747.18	0.84	129,147.63
muro int (tablaroca)	((.02)(3.5)(7)) (12 pzx12 niv)	70.56	850	59976	1.083	64,954.01
Ventana (Módulo)	(.016)(.80)(2) (3100 módulos)	79.36	2500	198400	0.8	158,720.00
Losa entrepiso (maciza)	(.10) (62.3)(25.03)(11)	1715	2400	4116000	1.004	4,132,464.00
losa azotea	(.15)(62.3)(25.03)	233.9	2400	561360	1.004	563,605.44
relleno de tezontle	(.20)(62.3)(25.03)	311.87	1300	405431	0.795	322,317.65
entortado	(.25)(62.3)(25.03)	389.84	1800	701712	1.004	704,518.85
enladrillado	(.02)(62.3)(25.03)	31.18	2147	66943.46	0.84	56,232.51

Tabla 4. 6 Datos de capacitancia de los materiales existentes en la edificación "Condominio Reforma". Fuente: creación propia y ASHRAE

6,131,960.08



Para la obtención de los datos del volumen tanto del muro como de la ventana se contabilizaron los módulos de cada uno en la envolvente general de la edificación. De este modo se obtiene también el porcentaje de vano y macizo.

Nota: En rojo se marcan los datos que se modifican cada hora, tales como: : temperatura ambiente, velocidad del viento, Humedad relativa, Radiación solar, ángulo en planta y en corte de la radiación solar, y humedad específica ambiente e interior, que se muestran en la tabla No 4.7.

he muro y ventana	34.9	Área muro	2770.5
he techos	17.06	Área techo	1560
hi ventanas	9.08	Área ventana	10000
hi techos y mu	9.3		

emitancia muros y tech	0.99
emitancia ventanas	0.99
absortancia muros y tech	0.8
absortancia ventanas	0.15
transmitancia	0.88

	°C	°K
temp mb.	15.66	288.81
temp int	21.41	294.56

< rayo solar corte	0.00	0.00
< rayo solar planta	0	0.00

	techo	ventana	muro
t s/a	292.93	288.81	288.81
HT	0.00		
α techo	0.80		
hw	14.79		
hir	6.61		
Dr techo	88.97		
tsky	270.93		
t surr			
ho	21.40		

vol	336
den aire (ρ)	1.18
Cpa (Calor especif)	1.0065
H vap	2.468
Wamb	10.3
W int	13.53

Flujo de aire

Cv	0.25
Av abierta	15
V	3
G	40500

No personas	405
watts/per	65
watts/per	55

Equipo cp	315
Watts	315
adq datos	20
Watts	0
AC	
watts	2200
Iluminación	6300
Capacitancia	6131960.07
	9
	1703322.24

Hrs	T amb	T int	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int
0:00 hrs	14.82		9	68.66	0	0	0		13.27
1:00 hrs	14.11		9	70.53	0	0	0		13.53
2:00 hrs	13.52		9	72.08	0	0	0		14
3:00 hrs	13.04		9	73.36	0	0	0		14.07
4:00 hrs	12.64		9	74.4	0	0	0		12.73
5:00 hrs	12.32		9	75.25	0	0	0		12.87
6:00 hrs	11.31		9	77.91	164.2116	72.15	6.51		12.6
7:00 hrs	13.61		9	71.85	632.568	76.8	19.35		11.4
8:00 hrs	17.45		9	61.7	1125.46	79.3	32.31		10.4
9:00 hrs	21.46		9	51.12	1574.16	82.32	45.36		14.67
10:00 hrs	24.77		9	42.39	1930.249	85.29	58.45		9.27
11:00 hrs	27.01		9	36.48	2158.463	88.46	71.58		7.93
12:00 hrs	28.14		9	33.04	2237	96.34	85.12		9
13:00 hrs	28.31		9	33.49	2158.463	267.2	81.28		9.07
14:00 hrs	27.74		9	34.56	1930.249	272.14	68.14		11.2
15:00 hrs	26.64		9	37.46	1574.16	275.2	55.2		13.07
16:00 hrs	25.22		9	41.29	1125.46	278.17	41.53		14.73
17:00 hrs	23.66		9	45.33	632.568	281.24	28.51		16
18:00 hrs	22.06		9	49.55	164.2116	284.53	15.57		17.95
19:00 hrs	20.51		9	53.63	0	287.56	6.15		12.53
20:00 hrs	19.08		9	57.41	0	0	0		12.6
21:00 hrs	17.78		9	60.83	0	0	0		12.93
22:00 hrs	16.64		9	63.84	0	0	0		12.8
23:00 hrs	15.66		9	66.44	0	0	0		13.53

Tablas 4.7 y 4.8 Hoja de cálculo (Excel) con los datos necesarios para el cálculo / Datos obtenidos para cada hora, con la utilización de los programas correspondientes.



2.- Realización de hoja de cálculo.

Una vez obtenidos los datos se procedió a vaciar las fórmulas en una Hoja de datos (Excel). (tabla 15). Posteriormente se ingresaron los datos mediante la igualación de celdas (Números en rojo de tabla 4.7) a un renglón maestro en el que se ingresaban los datos correspondientes y necesarios para cada hora.(tabla 16). Utilizando los datos mostrados en el paso No 1. Se procedió a realizar el cálculo para el estado anterior a la propuesta.

Hrs	T amb	Temp interior	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int
9:00 hrs	21.46	21.61	9	51.12	1574.16	82.32	45.36	11.5	14.67

hw	$(32.7+(13.7*1.5))/3.6$
hir	$4*(5.669*10^{-8})*(0.99)*(294.61+(21.61-1.5))^4$
Dr techo	$(5.669)*(10^{-8})*(279.13^4-294.61^4)$
tsky	$294.61^{1.5}*0.0552$
ho	$14.79+7$
G	$0.25*90*9*3600$
Capacitancia	$6,131,960.079/3.6$
temp mb.	$21.46+273.15$
temp int	$21.61+273.15$
< rayo solar corte	$\cos(45.36*\pi()/180)*1574.16$
< rayo solar planta	$\cos(82.32*\pi()/180)*1106.08$

ts/a

techo	ventana	muro
$294.61+(1574.16*0.8/21.79)-(-82.92*0.99/21.79)$	$294.61+(1574.16*0.15/21.79)$	$294.61+((147.82*0.8)/21.79)$

Propiedades térmicas de los materiales de construcción			Coefficiente global de transferencia de calor		Cálculo térmico por conducción (W)	Cálculo térmico-ganancia de calor interna (W)	Cálculo térmico-ganancia de calor interna (W)	Flujo de calor por ventilación latente	Flujo de calor por ventilación sensible	Flujo de calor por infiltración latente	Flujo de calor por infiltración sensible	Radiación solar directa	ganancia de calor por equipo eléctrico (W)	Sumatoria (pérdidas y ganancias)	Capacitancia de almacen térmico
materiales	espesor	Cond. térm. w/hrs/m²°C	$U = (1/(1/h_e + (e/k) + (1/h_i)))$		$Q_{cond} = U * A * (T_s - T_{int})$	$Q_{met(s)} = W / per * No de per$	$Q_{met(s)} = W / per * No de per$	$Q_{VENT(L)} = 0.278 * p * C_{pa} * G * (T_{amb} - T_{int})$	$Q_{VENT(s)} = 0.278 * p * C_{pa} * G * (T_{amb} - T_{int})$	$Q_{INF(L)} = 0.278 * p * C_{pa} * G * (T_{amb} - T_{int})$	$Q_{INF(s)} = 0.278 * p * C_{pa} * G * (T_{amb} - T_{int})$	$Q_{shg} = A_v * F_e * W$	$Q_{light} = pot * No equipo$	Qload	(masa)(cp de materiales) KJ/°C
Muro	0.02	0.038	$1/((1/34.9)+(0.02/0.038)+(1/9.30))$	MURO E/N	$1.51*2770.5*(300.04-294.76)$										
Ventanas	0.006	1.05	$1/((1/34.9)+(0.006/1.05)+(1/9.08))$	MURO S/OTE	$1.51*(2770.5*(300.04-294.76))$										
Impermeab (fester terracota)	0.001	0.06		VENTANA N/S	$6.92*10000*(305.45-294.76)$										
Enladrillado	0.02	1.07	$1/((1/17.06)+(0.001/0.06)+(0.02/1.07)+(0.05/0.67)+(0.2/0.65)+(0.15/1.33)+(1/9.3))$	VENTANA E/O	$6.92*10000*(305.45-294.76)$										
Entortado (conc. pobre)	0.05	0.67													
Relleno de tezon	0.2	0.65		TECHO	$1.44*1560*(292.93-294.76)$										
Losa	0.15	1.33													
				Σ	1660768.80	26325.00	22,275.00	-1,870,935.21	-36,104.34	-1,293.49	-24.96	1,300,792.08	105,525.00		

“Envoltente ligera en edificios de oficinas existentes.
Hacia el control térmico en la Ciudad de México”



Resultados de la primera corrida (muestra) para el 15 de Mayo antes de la propuesta.

Hrs	T amb	T int	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int
0:00 hrs	14.82	DATOS A SABER	9	68.66	0	0	0	DATOS A SABER	13.27
1:00 hrs	14.11		9	70.53	0	0	0		13.53
2:00 hrs	13.52		9	72.08	0	0	0		14
3:00 hrs	13.04		9	73.36	0	0	0		14.07
4:00 hrs	12.64		9	74.4	0	0	0		12.73
5:00 hrs	12.32		9	75.25	0	0	0		12.87
6:00 hrs	11.31		9	77.91	164.2116	72.15	6.51		12.6
7:00 hrs	13.61		9	71.85	632.568	76.8	19.35		11.4
8:00 hrs	17.45		9	61.7	1125.46	79.3	32.31		10.4
9:00 hrs	21.46		9	51.12	1574.16	82.32	45.36		14.67
10:00 hrs	24.77		9	42.39	1930.249	85.29	58.45		9.27
11:00 hrs	27.01		9	36.48	2158.463	88.46	71.58		7.93
12:00 hrs	28.14		9	33.04	2237	96.34	85.12		9
13:00 hrs	28.31		9	33.49	2158.463	267.2	81.28		9.07
14:00 hrs	27.74		9	34.56	1930.249	272.14	68.14		11.2
15:00 hrs	26.64		9	37.46	1574.16	275.2	55.2		13.07
16:00 hrs	25.22		9	41.29	1125.46	278.17	41.53		14.73
17:00 hrs	23.66		9	45.33	632.568	281.24	28.51		16
18:00 hrs	22.06		9	49.55	164.2116	284.53	15.57		17.95
19:00 hrs	20.51		9	53.63	0	287.56	6.15		12.53
20:00 hrs	19.08		9	57.41	0	0	0		12.6
21:00 hrs	17.78		9	60.83	0	0	0		12.93
22:00 hrs	16.64		9	63.84	0	0	0		12.8
23:00 hrs	15.66		9	66.44	0	0	0		13.53

ventilación cerradas en un 50%

Horario laboral

ventilación cerradas

Hrs	T amb	Temp interior	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int
9:00 hrs	21.46	21.61	9	51.12	1574.16	82.32	45.36	11.5	14.67

Propiedades térmicas de los materiales de construcción				Coficiente global de tranferencia de calor											
materiales	espesor	Cond. térm. w/hrs/m² °C	$U = (1 / ((1/ke)+(e/k) + (e/k...)+(1/hi) w/hrs/m²°C$		Cálco térmico por conducción (W)	Cálco térmico-ganancia de calor interna (W)	Cálco térmico-ganancia de calor interna (W)	Flujo de calor por ventilación latente	Flujo de calor por ventilació sensible	Flujo de calor por infiltración latente	Flujo de calor por infiltración sensible	Radiación solar directa	ganancia de calor por equipo eléctrico (W)	Sumatoria (pérdidas y ganancias)	Capacitancia de almacen térmico
					$Q_{cond} = U * A * (Ts/a - Tint) W$	$Q_{met(s)} = W / per * No de per W$	$Q_{met(s)} = W / per * No de per W$	$Q_{VENT(L)} = 0.278 * \rho * C_{pa} * G (Tamb - Tint)$	$Q_{VENT(s)} = 0.278 * \rho * C_{pa} * G (Tamb - Tint)$	$Q_{INF(L)} = 0.278 * \rho * C_{pa} * G (Tamb - Tint)$	$Q_{INF(s)} = 0.278 * \rho * C_{pa} * G (Tamb - Tint)$	$Q_{shg} = Av * Fe * HT$	$Q_{light} = pot * No equipo W$		
Muro	0.02	0.038	1.51	MURO E/N	-24046.00										
Ventanas	0.006	1.05	6.92	MURO S/OTE	-24046.00										
Impermeab (fester terracota)	0.001	0.06	1.44	VENTAN A N/S	-397,924.59	26,325.00	22,275.00	-105,908.18	-76,888.87	-1317.97	-956.84	0.00	105,525.00	-878,546.25	20.89
Enladrillado	0.02	1.07		VENTAN A E/O	-397,924.59										
Entortado (conc. pobre)	0.05	0.67													
Relleno de tezon	0.2	0.65													
Losa	0.15	1.33		TECHO	-3658.22										
				Σ	-847,599.40	26,325.00	22,275.00	-105,908.18	-76,888.87	-1,317.97	-956.84	0.00	105,525.00		



Muestra del cálculo para el mismo día, una vez implementada la propuesta.

Los datos utilizados para el cálculo térmico con la propuesta insertada, fueron modificados en la misma hoja de Excel.

A continuación se muestran las hojas de cálculo y los datos utilizadas. Tomando como ejemplo la primera corrida para Mayo (los demás procedimiento se anexan en CD).
marcan en rojo los datos que cambian drásticamente al implementar la propuesta.

ne muro y ventana	34.9	Área muro	2770.5	vol	336
ne techos	17.06	Área techo	1560	den aire (p)	1.18
ni ventanas	9.08	Área ventana	2845	Cpa (Calor especific)	1.0065
ni techos y mu	9.3			H vap	2.468
				Wamb	10.3
				W int	14.73
emitanancia muros y tech	0.99				
emitanancia ventanas	0.99				
absortancia muros y tech	0.8				
absortancia ventanas	0.2				
transmitancia	0.88				

	°C	°K
temp mb.	15.66	288.81
temp int	22.68	295.83

rayo solar corte	0.00	0.00
rayo solar planta	0	0.00

	techo	ventana	muro	Equipo cp	315
s/a techo	292.91	288.81	288.81	Watts	315
HT	0.00			adq datos	20
α techo	0.80			Watts	0
				AIRE	
hw	14.79			ACONDICIONADO	0
hir	6.69			watts	2200
Dr TECHO	-88.97			luminación	6300
sky	270.93			Capacitanci	5973382.927
surr					1659273.04
no	21.48				

Flujo de aire

Cv	0.25
Av abierta	15
V	3
S	40500

No personas	405
watts/per	65
watts/per	55

Materiales	Dimensiones y cantidad	volum (m3)	peso voum (kg/m3)	masa (kg)	Cp (Kj/Kg°C)	Capacitancia (Kj/°C)
Muro ext (Ferrocemento)	(.02)(1.20)(2) (2579 módulos)	123.79	1242	153747.18	0.84	129,147.63
muro int (tablaroca)	((.02)(3.5)(7)) (12 pzx12 niv)	70.56	850	59976	1.083	64,954.01
Ventana (Módulo)	((.016)(.80)(2) (3100 módulos)	79.36	3	238.08	0.6	142.85
Losa entrepiso (maciza)	((.10) (62.3)(25.03)(11)	1715	2400	4116000	1.004	4,132,464.00
losa azotea	((.15)(62.3)(25.03)	233.9	2400	561360	1.004	563,605.44
relleno de tezontle	((.20)(62.3)(25.03)	311.87	1300	405431	0.795	322,317.65
entortado	((.25)(62.3)(25.03)	389.84	1800	701712	1.004	704,518.85
enladrillado	((.02)(62.3)(25.03)	31.18	2147	66943.46	0.84	56,232.51
						5,973,382.93



Resultado de la primera corrida con datos de propuesta ingresados.

Hrs	T amb	Temp interior	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int	
0:00 hrs	14.82	Datos a obtener	9	68.66	0	0	0	9.1	Datos a obtener	Ventas cerradas en un 50%
1:00 hrs	14.11		9	70.53	0	0	0	9.3		
2:00 hrs	13.52		9	72.08	0	0	0	9		
3:00 hrs	13.04		9	73.36	0	0	0	9		
4:00 hrs	12.64		9	74.4	0	0	0	8.9		
5:00 hrs	12.32		9	75.25	0	0	0	9.23		
6:00 hrs	11.31		9	77.91	164.2116	72.15	6.51	8.3		
7:00 hrs	13.61		9	71.85	632.568	76.8	19.35	10.7		
8:00 hrs	17.45		9	61.7	1125.46	79.3	32.31	11.2		
9:00 hrs	21.46		9	51.12	1574.16	82.32	45.36	11.5		
10:00 hrs	24.77		9	42.39	1930.249	85.29	58.45	10.5		
11:00 hrs	27.01		9	36.48	2158.463	88.46	71.58	10.5		
12:00 hrs	28.14		9	33.04	2237	96.34	85.12	10.5		
13:00 hrs	28.31		9	33.49	2158.463	267.2	81.28	9.9		Horario laboral
14:00 hrs	27.74		9	34.56	1930.249	272.14	68.14	9.8		
15:00 hrs	26.64		9	37.46	1574.16	275.2	55.2	10.1		
16:00 hrs	25.22		9	41.29	1125.46	278.17	41.53	10.1		
17:00 hrs	23.66		9	45.33	632.568	281.24	28.51	10		
18:00 hrs	22.06		9	49.55	164.2116	284.53	15.57	10.4		
19:00 hrs	20.51		9	53.63	0	287.56	6.15	11.5		
20:00 hrs	19.08		9	57.41	0	0	0	9.5		
21:00 hrs	17.78		9	60.83	0	0	0	9.5		
22:00 hrs	16.64		9	63.84	0	0	0	10.1		
23:00 hrs	15.66		9	66.44	0	0	0	10.3		

Hrs	T amb	Temp interior	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int
9:00 hrs	21.46	21.61	9	51.12	1574.16	82.32	45.36	11.5	14.67

Propiedades térmicas de los materiales de construcción				Coeficiente global de transferencia de calor		Cálculo térmico por conducción (W)		Cálculo térmico-ganancia de calor interna (W)	Flujo de calor por ventilación latente	Flujo de calor por ventilación sensible	Flujo de calor por infiltración latente	Flujo de calor por infiltración sensible	Radiación solar directa	ganancia de calor por equipo eléctrico (W)	Sumatoria (pérdidas y ganancias)	Capacidad de almacenamiento térmico
materiales	espesor	Cond. térm. w/hrs/m²°C	U = (1 / (1/he)+(e/k)+(1/hl) e/k...)+(1/hl) w/hrs/m²°C			Qcond = U * A * (Ts/a - Tint) W		Qmet(s) = W / per * No de per W	Qvent(l) = 0.278 * p * Cpa * G (Tamb - Tint)	Qvent(s) = 0.278 * p * Cpa * G (Tamb - Tint)	Qinf(l) = 0.278 * p * Cpa * G (Tamb - Tint)	Qinf(s) = 0.278 * p * Cpa * G (Tamb - Tint)	Qshg = Av * Fe * HT W	Qlight = pot * No equipo W	Qload	(masa)(cp de materiales) KJ/°C
Muro	0.02	0.038	1.51	1.44		MURO E/N -24046.00		26,325.00	-105,908.18	-76,888.87	-1317.97	-956.84	0.00	105,525.00	-878,546.25	20.89
Ventanas	0.006	1.05	6.92			MURO S/OTE -24046.00										
Impermeab (fester terracota)	0.001	0.06				VENTANA N/S -397,924.59										
Enladrillado	0.02	1.07				VENTANA E/O -397,924.59										
Entortado (conc. pobre)	0.05	0.67				TECHO -3658.22										
Relleno de tezon	0.2	0.65														
Losa	0.15	1.33														
Σ						-847,599.40		26,325.00	22,275.00	-105,908.18	-76,888.87	-1,317.97	-956.84	105,525.00		

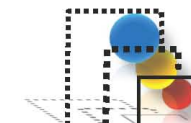


Resumen de resultados para el 15 mayo.

El procedimiento de las 24 hrs para los dos días antes y después de la propuesta del 15 de Enero, se encuentra anexado en un Cd.

15 de mayo antes de la propuesta

Hrs	Cálculo térmico por conducción (W)	Cálculo térmico-ganancia de calor interna (W)	Cálculo térmico-ganancia de calor interna (W)	Flujo de calor por ventilación latente	Flujo de calor por ventilación sensible	Flujo de calor por infiltración latente	Flujo de calor por infiltración sensible	Radiación solar directa	ganancia de calor por equipo eléctrico (W)	Sumatoria (pérdidas y ganancias)	Capacidad de almacen térmico menos Temperatura anterior (hr posterior)
0:00 hrs	-895,170.36	26,325.00	22,275.00	-136,729.76	-81,167.90	-1,701.53	-1,010.09	0.00	105,525.00	-961,654.63	20.33
1:00 hrs	-917,425.93	26,325.00	22,275.00	-138,697.09	-83,173.69	-1,726.01	-1,035.05	0.00	105,525.00	-987,932.78	19.75
2:00 hrs	-918,834.63	26,325.00	22,275.00	-163,944.55	-83,307.41	-2,040.20	-1,036.71	0.00	105,525.00	-1,015,038.50	19.15
3:00 hrs	-900,884.48	26,325.00	22,275.00	-166,239.77	-81,702.78	-2,068.76	-1,016.75	0.00	105,525.00	-997,787.54	18.56
4:00 hrs	-872,513.18	26,325.00	22,275.00	-125,581.53	-79,162.10	-1,562.79	-985.13	0.00	105,525.00	-925,679.73	18.02
5:00 hrs	-839,681.90	26,325.00	22,275.00	-119,351.63	-76,220.27	-1,485.26	-948.52	0.00	105,525.00	-883,562.58	17.50
6:00 hrs	-719,195.14	26,325.00	22,275.00	-140,992.31	-82,772.53	-1,754.57	-1,030.06	440,093.11	105,525.00	-351,526.51	17.29
7:00 hrs	183,667.86	26,325.00	22,275.00	-22,952.24	-49,208.87	-285.63	-612.38	1,199,333.78	105,525.00	1,464,067.52	18.15
8:00 hrs	998,970.08	26,325.00	22,275.00	26,231.13	-22,732.36	326.43	-282.89	1,554,139.11	105,525.00	2,710,776.49	20.74
9:00 hrs	1,660,768.80	26,325.00	22,275.00	-1,870,935.21	-36,104.34	-1,293.49	-24.96	1,300,792.08	105,525.00	1,207,327.89	22.32
10:00 hrs	2,371,385.78	26,325.00	22,275.00	725,946.47	589,704.16	501.89	407.70	729,806.95	105,525.00	4,571,877.95	25.00
11:00 hrs	2,485,319.67	26,325.00	22,275.00	1,516,814.98	483,798.11	1,048.66	334.48	161,299.49	105,525.00	4,802,740.39	27.82
12:00 hrs	2,272,606.63	26,325.00	22,275.00	885,300.57	77,022.58	612.06	53.25	-184,927.13	105,525.00	3,204,792.97	29.70
13:00 hrs	1,913,118.52	26,325.00	22,275.00	489,866.32	-356,229.45	338.67	-246.28	-140,671.39	105,525.00	2,060,301.38	31.00
14:00 hrs	1,431,235.63	26,325.00	22,275.00	-826,280.54	-784,667.58	-571.26	-542.49	236,170.58	105,525.00	209,469.34	31.12
15:00 hrs	919,671.87	26,325.00	22,275.00	-1,752,895.14	-1,078,316.19	-1,211.88	-745.50	716,529.52	105,525.00	-1,042,842.32	30.51
16:00 hrs	374,402.21	26,325.00	22,275.00	-2,732,627.77	-1,273,279.61	-1,889.22	-880.29	1,053,644.91	105,525.00	-2,426,504.77	29.09
17:00 hrs	-133,629.96	26,325.00	22,275.00	-3,541,202.30	-1,306,976.99	-2,448.24	-903.59	953,458.33	105,525.00	-3,877,577.74	26.81
18:00 hrs	-520,679.08	26,325.00	22,275.00	-4,456,012.89	-1,143,303.99	-3,080.70	-790.43	349,242.83	105,525.00	-5,620,499.27	23.51
19:00 hrs	-438,509.41	26,325.00	22,275.00	-607,906.39	-722,086.73	-420.28	-499.22	0.00	105,525.00	-1,615,297.04	22.56
20:00 hrs	-509,810.20	26,325.00	22,275.00	-101,645.62	-46,534.48	-1,264.92	-579.10	0.00	105,525.00	-505,709.32	22.26
21:00 hrs	-658,641.25	26,325.00	22,275.00	-112,465.96	-59,906.45	-1,399.58	-745.50	0.00	105,525.00	-679,033.75	21.86
22:00 hrs	-768,754.62	26,325.00	22,275.00	-88,530.06	-69,801.72	-1,101.71	-868.64	0.00	105,525.00	-774,931.75	21.41
23:00 hrs	-847,599.40	26,325.00	22,275.00	-105,908.18	-76,888.87	-1,317.97	-956.84	0.00	105,525.00	-878,546.25	20.89

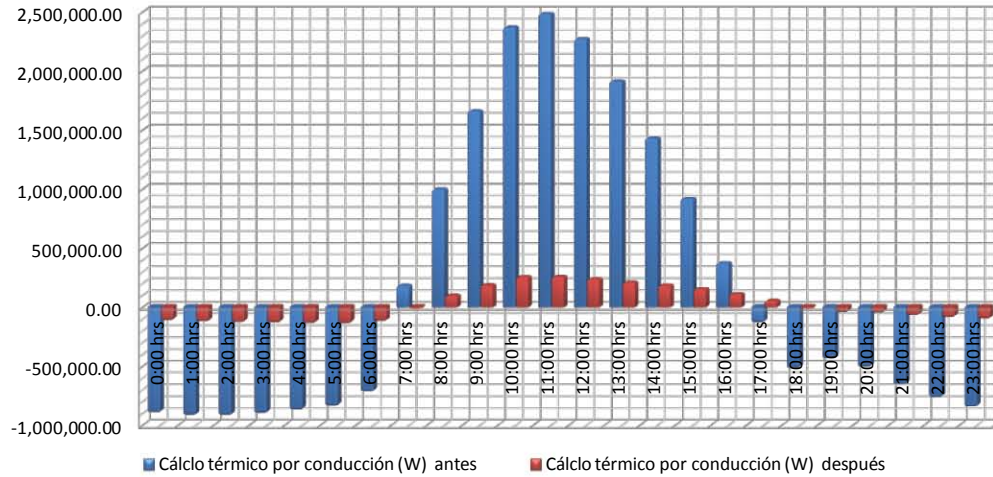


15 de mayo después de la propuesta

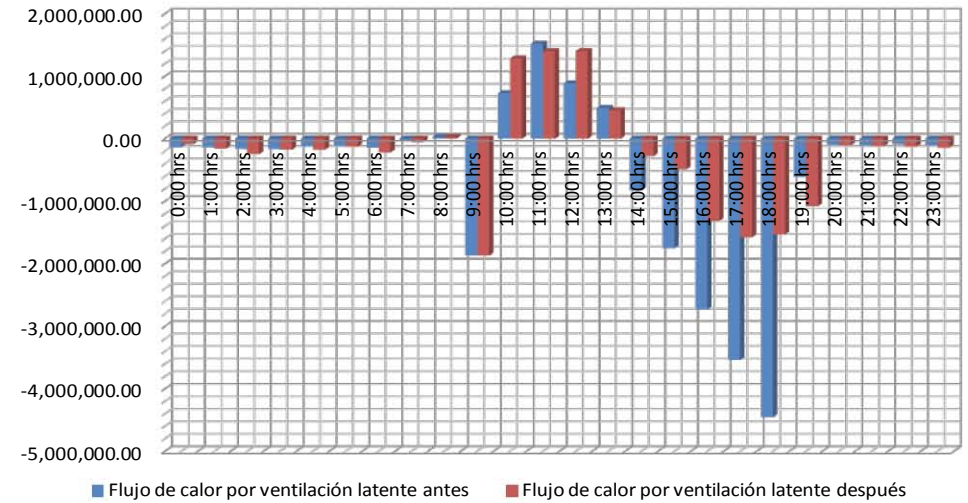
Hrs	Cálculo térmico por conducción (W)	Cálculo térmico-ganancia de calor interna (W)	Cálculo térmico-ganancia de calor interna (W)	Flujo de calor por ventilación latente	Flujo de calor por ventilación sensible	Flujo de calor por infiltración latente	Flujo de calor por infiltración sensible	Radiación solar directa	ganancia de calor por equipo eléctrico (W)	Sumatoria (pérdidas y ganancias)	Capacidad de almacenamiento térmico menos Temperatura anterior (hr posterior)
0:00 hrs	-113,723.20	26,325.00	22,275.00	-86,234.83	-103,632.82	-1,073.14	-1,289.65	0.00	105,525.00	-151,828.65	22.48
1:00 hrs	-123,481.08	26,325.00	22,275.00	-158,370.44	-111,923.44	-1,970.83	-1,392.83	0.00	105,525.00	-243,013.62	22.33
2:00 hrs	-130,395.71	26,325.00	22,275.00	-245,916.83	-117,807.11	-3,060.30	-1,466.04	0.00	105,525.00	-344,520.99	22.12
3:00 hrs	-134,623.69	26,325.00	22,275.00	-174,764.89	-121,417.55	-2,174.85	-1,510.97	0.00	105,525.00	-280,366.96	21.95
4:00 hrs	-138,227.32	26,325.00	22,275.00	-178,043.78	-124,493.10	-2,215.66	-1,549.25	0.00	105,525.00	-290,404.11	21.77
5:00 hrs	-140,411.14	26,325.00	22,275.00	-130,171.97	-126,365.18	-1,619.92	-1,572.54	0.00	105,525.00	-246,015.75	21.62
6:00 hrs	-121,709.18	26,325.00	22,275.00	-219,685.70	-137,865.08	-2,733.87	-1,715.65	125,206.49	105,525.00	-204,377.99	21.50
7:00 hrs	-12,884.07	26,325.00	22,275.00	-51,478.59	-105,504.89	-640.62	-1,312.95	341,210.46	105,525.00	323,514.33	21.69
8:00 hrs	98,867.65	26,325.00	22,275.00	26,231.13	-56,697.18	326.43	-705.56	442,152.58	105,525.00	664,300.04	22.09
9:00 hrs	188,022.92	26,325.00	22,275.00	-1,870,935.21	-36,104.34	-1,293.49	-24.96	370,075.35	105,525.00	-1,196,134.73	20.89
10:00 hrs	256,204.69	26,325.00	22,275.00	1,280,734.83	933,898.84	885.45	645.66	207,630.08	105,525.00	2,834,124.55	22.60
11:00 hrs	257,796.40	26,325.00	22,275.00	1,398,774.91	1,061,467.50	967.05	733.85	45,889.71	105,525.00	2,919,754.42	24.36
12:00 hrs	238,612.44	26,325.00	22,275.00	1,398,774.91	909,829.28	967.05	629.02	-52,611.77	105,525.00	2,650,325.93	25.96
13:00 hrs	210,381.49	26,325.00	22,275.00	454,454.29	565,634.61	314.19	391.06	-40,021.01	105,525.00	1,345,279.62	26.77
14:00 hrs	185,018.82	26,325.00	22,275.00	-277,394.18	233,474.71	-191.78	161.41	67,190.53	105,525.00	362,384.52	26.99
15:00 hrs	155,155.51	26,325.00	22,275.00	-489,866.32	-84,243.45	-338.67	-58.24	203,852.65	105,525.00	-61,373.52	26.95
16:00 hrs	111,576.94	26,325.00	22,275.00	-1,316,146.85	-416,403.35	-909.93	-287.88	299,761.98	105,525.00	-1,168,284.10	26.25
17:00 hrs	55,495.44	26,325.00	22,275.00	-1,575,835.02	-623,401.55	-1,089.47	-430.99	271,258.90	105,525.00	-1,719,877.70	25.21
18:00 hrs	-14,490.20	26,325.00	22,275.00	-1,534,521.00	-758,191.07	-1,060.90	-524.18	99,359.58	105,525.00	-2,055,302.76	23.97
19:00 hrs	-46,403.01	26,325.00	22,275.00	-1,080,066.70	-832,806.70	-746.71	-575.77	0.00	105,525.00	-1,806,473.89	22.88
20:00 hrs	-51,571.08	26,325.00	22,275.00	-108,203.40	-50,813.51	-1,346.53	-632.35	0.00	105,525.00	-58,441.88	22.84
21:00 hrs	-71,396.17	26,325.00	22,275.00	-121,318.97	-67,662.20	-1,509.75	-842.02	0.00	105,525.00	-108,604.10	22.77
22:00 hrs	-88,233.03	26,325.00	22,275.00	-130,171.97	-81,970.22	-1,619.92	-1,020.07	0.00	105,525.00	-148,890.21	22.68
23:00 hrs	-102,237.79	26,325.00	22,275.00	-145,254.87	-93,871.28	-1,807.62	-1,168.18	0.00	105,525.00	-190,214.73	22.57



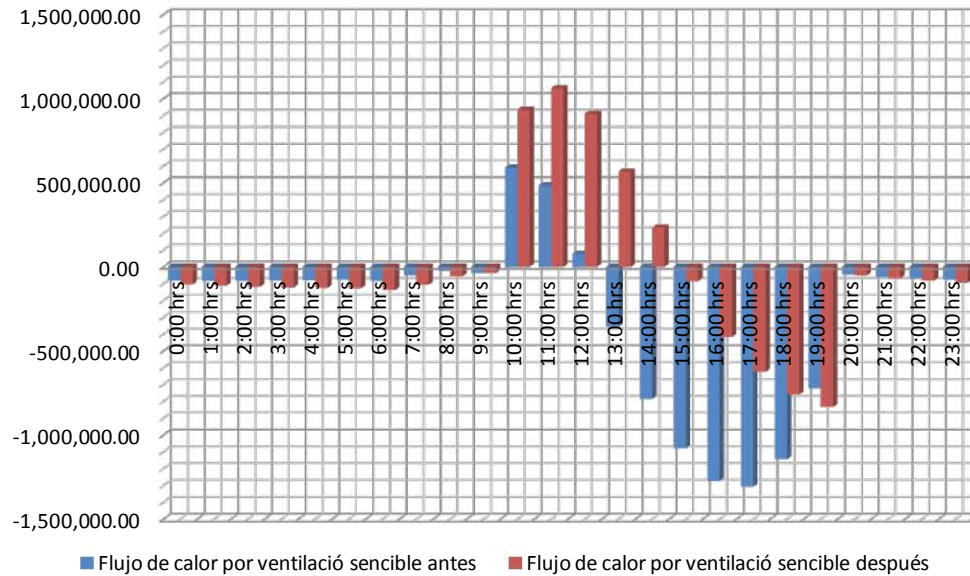
Conducción



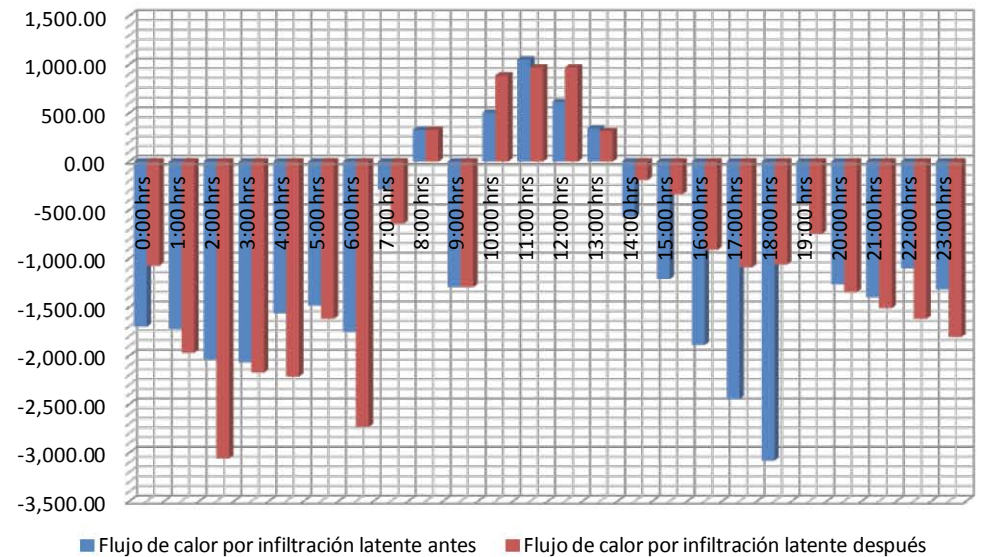
Flujo de calor por ventilación latente



Flujo de calor por ventilación sensible

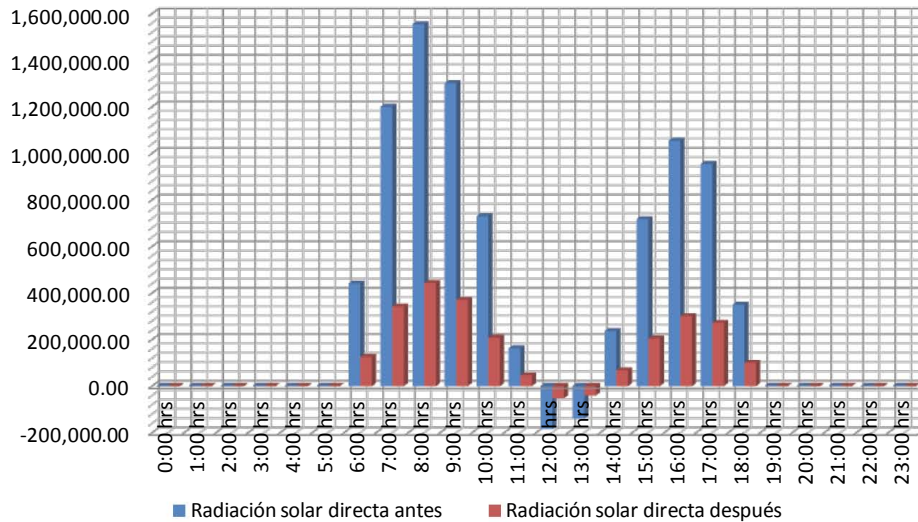


Flujo de calor por infiltración latente

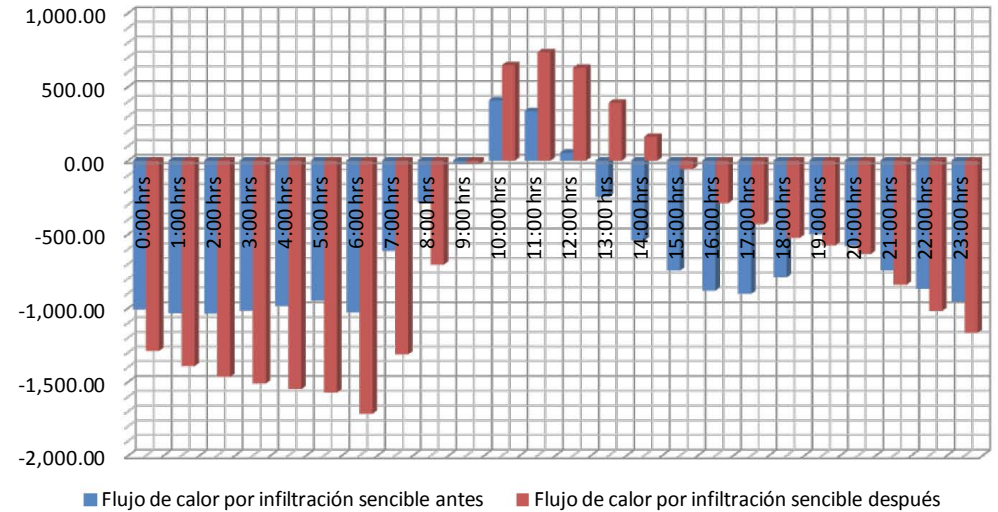




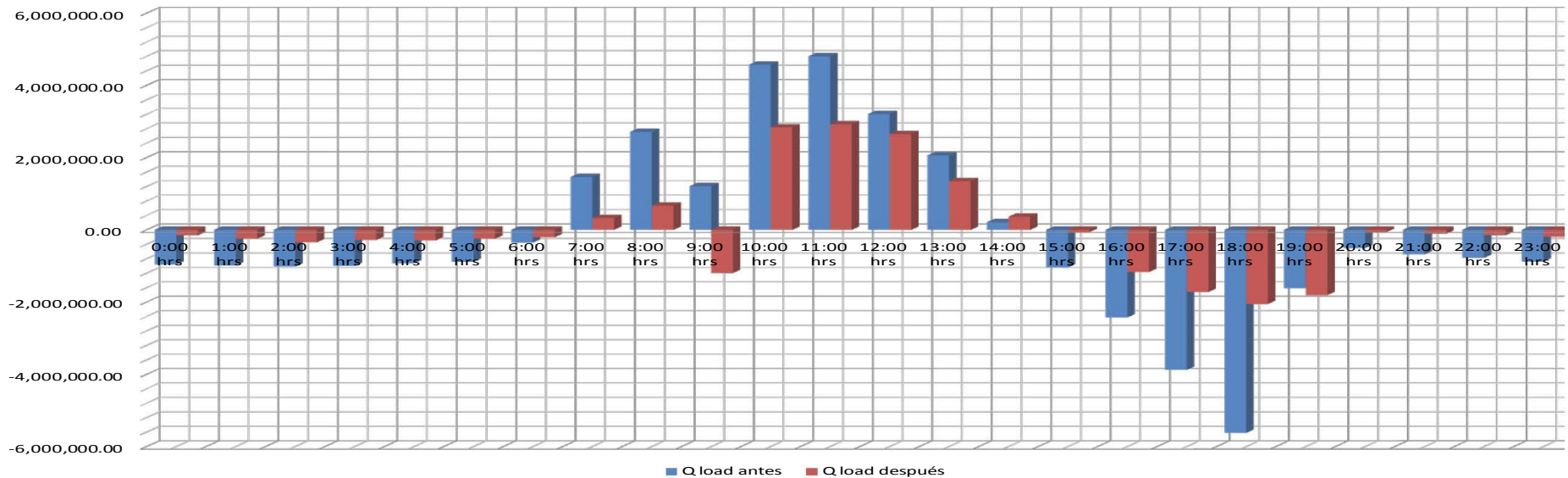
Radiación solar directa



Flujo de calor por infiltración sensible



Q load





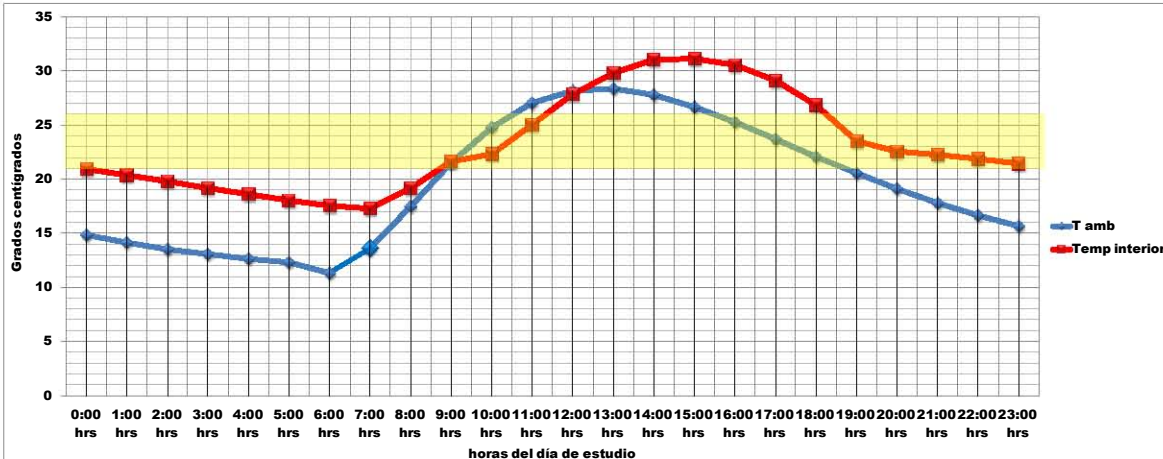
Análisis de resultados para el 15 de Mayo – antes de la propuesta. (Temperatura)

Hrs	T amb	Temp interior	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int
0:00 hrs	14.82	20.89	9	68.66	0	0	0	9.1	13.27
1:00 hrs	14.11	20.33	9	70.53	0	0	0	9.3	13.53
2:00 hrs	13.52	19.75	9	72.08	0	0	0	9	14
3:00 hrs	13.04	19.15	9	73.36	0	0	0	9	14.07
4:00 hrs	12.64	18.56	9	74.4	0	0	0	8.9	12.73
5:00 hrs	12.32	18.02	9	75.25	0	0	0	9.23	12.87
6:00 hrs	11.31	17.50	9	77.91	164.2116	72.15	6.51	8.3	12.6
7:00 hrs	13.61	17.29	9	71.85	632.568	76.8	19.35	10.7	11.4
8:00 hrs	17.45	19.15	9	61.7	1125.46	79.3	32.31	11.2	10.4
9:00 hrs	21.46	21.61	9	51.12	1574.16	82.32	45.36	11.5	14.67
10:00 hrs	24.77	22.32	9	42.39	1930.249	85.29	58.45	10.5	9.27
11:00 hrs	27.01	25.00	9	36.48	2158.463	88.46	71.58	10.5	7.93
12:00 hrs	28.14	27.82	9	33.04	2237	96.34	85.12	10.5	9
13:00 hrs	28.31	29.79	9	33.49	2158.463	267.2	81.28	9.9	9.07
14:00 hrs	27.74	31.00	9	34.56	1930.249	272.14	68.14	9.8	11.2
15:00 hrs	26.64	31.12	9	37.46	1574.16	275.2	55.2	10.1	13.07
16:00 hrs	25.22	30.51	9	41.29	1125.46	278.17	41.53	10.1	14.73
17:00 hrs	23.66	29.09	9	45.33	632.568	281.24	28.51	10	16
18:00 hrs	22.06	26.81	9	49.55	164.2116	284.53	15.57	10.4	17.95
19:00 hrs	20.51	23.51	9	53.63	0	287.56	6.15	11.5	12.53
20:00 hrs	19.08	22.56	9	57.41	0	0	0	9.5	12.6
21:00 hrs	17.78	22.26	9	60.83	0	0	0	9.5	12.93
22:00 hrs	16.64	21.86	9	63.84	0	0	0	10.1	12.8
23:00 hrs	15.66	21.41	9	66.44	0	0	0	10.3	13.53

ventiladores en un 50%

Horario laboral

ventiladores en un 50%



De acuerdo al análisis climático y al estudio de temperaturas Mayo fue identificado como el mes con la temperatura más alta durante el año, se procedió al cálculo del rango de confort que establece Aluciemis obteniendo los siguientes resultados: $T_p = 17.6 + (0.31 \times 21) = 24.11$. $T_{max} = 26.61$ y $T_{min} = 21.61$ temperatura que fue tomada como inicial interior, y la más próxima de la misma para la temp. Ambiente, definiendo a su vez la hr de inicio para la corrida del cálculo térmico. (ver tabla) Finalmente se obtiene que de acuerdo al rango de confort para Mayo de 12:00 a 6:00 hrs se tiene una temperatura superior, y considerando que son horas de jornada laboral, representa un estado de incomodidad térmica, llegando a una temperatura de hasta 30°C. y teniendo solo de 9:00 hrs a 11:30 (2 hrs y media) de confort térmico.



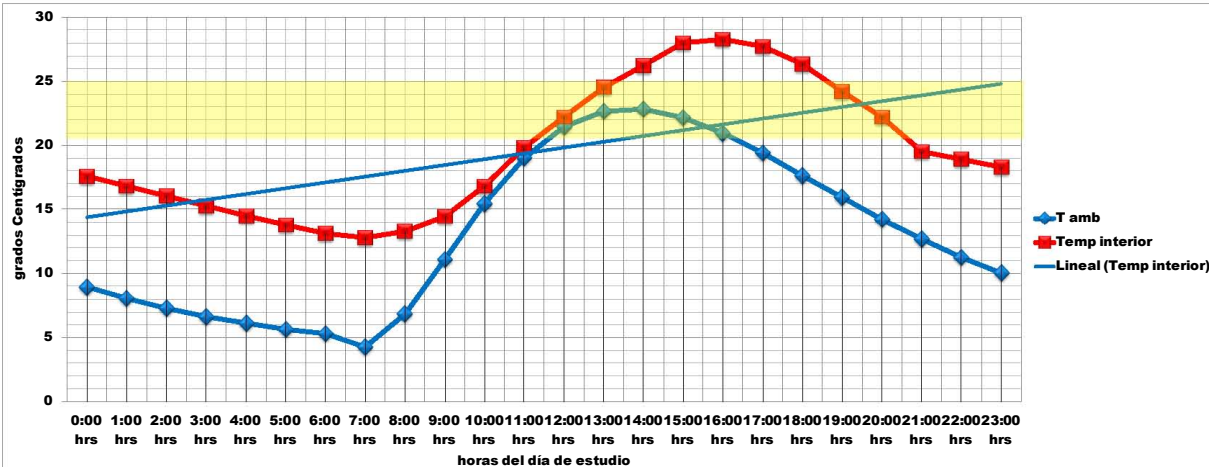
Resultados para el 15 de Enero – antes de la propuesta. (Temperatura)

Hrs	T amb	Temp interior	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int
0:00 hrs	8.95	17.57	9	66.22	0	0	0	9.1	10.93
1:00 hrs	8.04	16.81	9	67.7	0	0	0	9.3	10.2
2:00 hrs	7.27	16.05	9	71.6	0	0	0	9	10.73
3:00 hrs	6.63	15.27	9	72.36	0	0	0	9	10.2
4:00 hrs	6.1	14.52	9	73.73	0	0	0	8.9	9.6
5:00 hrs	5.65	13.80	9	72.85	0	0	0	9.23	9.27
6:00 hrs	5.32	13.12	9	75.76	164.2116	72.15	6.51	8.3	9.47
7:00 hrs	4.26	12.82	9	78.52	632.568	76.8	19.35	10.7	9.07
8:00 hrs	6.84	13.28	9	71.81	1125.46	79.3	32.31	11.2	8.73
9:00 hrs	11.06	14.44	9	60.82	1574.16	82.32	45.36	11.5	7.93
10:00 hrs	15.43	16.80	9	49.45	1930.249	85.29	58.45	10.5	7.6
11:00 hrs	19.02	19.84	9	40.13	2158.463	88.46	71.58	10.5	7.47
12:00 hrs	21.43	22.23	9	33.85	2237	96.34	85.12	10.5	7.2
13:00 hrs	22.64	24.53	9	30.71	2158.463	267.2	81.28	9.9	7.4
14:00 hrs	22.8	26.27	9	30.29	1930.249	272.14	68.14	9.8	8.13
15:00 hrs	22.15	28.01	9	31.98	1574.16	275.2	55.2	10.1	9.73
16:00 hrs	20.94	28.26	9	35.13	1125.46	278.17	41.53	10.1	10.8
17:00 hrs	19.39	27.75	9	39.17	632.568	281.24	28.51	10	11.53
18:00 hrs	17.67	26.36	9	43.63	164.2116	284.53	15.57	10.4	12
19:00 hrs	15.92	24.22	9	48.18	0	287.56	6.15	11.5	12
20:00 hrs	14.24	22.24	9	52.56	0	0	0	9.5	12.4
21:00 hrs	12.68	19.50	9	56.63	0	0	0	9.5	10.33
22:00 hrs	11.27	18.93	9	60.29	0	0	0	10.1	10.13
23:00 hrs	10.02	18.29	9	63.53	0	0	0	10.3	11.8

ventiladores en un 50%

Horario laboral

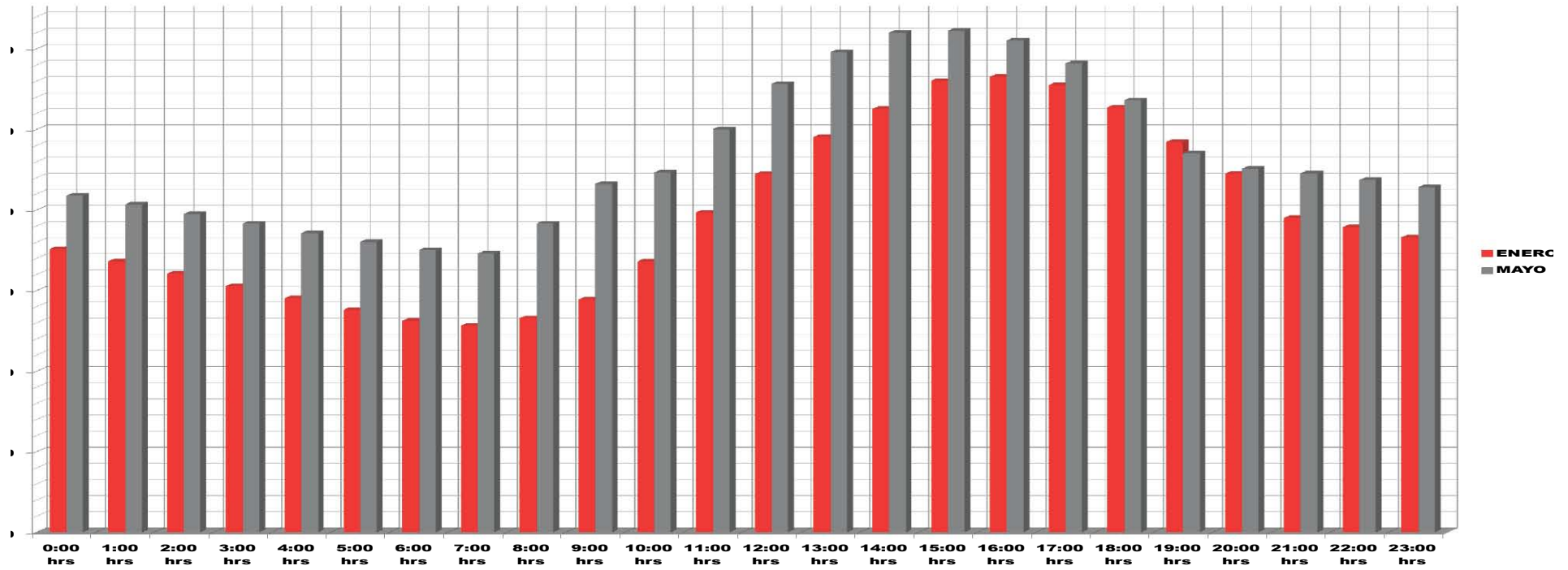
ventiladores en un 50%



El estudio de temperaturas para el mes de Enero arrojó resultados que lo definen como el mes con la temperatura más baja durante el año. Debido a esto se procedió al cálculo del rango de confort por medio de la ecuación de Aluciemis teniendo como resultados: $T_p = 17.6 + (0.31 \times 21) = 22.34$. $T_{\text{máx}} = 24.84$ y $T_{\text{mín}} = 19.84$. Para el cálculo se toma como temperatura inicial interior la más baja, y posteriormente se tomó la temperatura ambiente más próxima, definiendo así mismo la hr de inicio para la corrida de 24hrs. (ver tabla). De acuerdo al rango de confort definido por Aluciemis se obtiene que para Enero de 13:00 a 19:00 hrs se tiene una temperatura interior superior, (siendo horas laborales). Lo más resaltante en este mes es la gran diferencia y aumento de temperaturas al interior, de hasta 10°C. Siendo un mes con la menor radiación y temperaturas mínimas. La temperatura interior se sale totalmente del rango de confort durante hrs importantes del día laboral.



Comparativa de resultados obtenidos para el 15 de mayo y enero. (Temperatura)



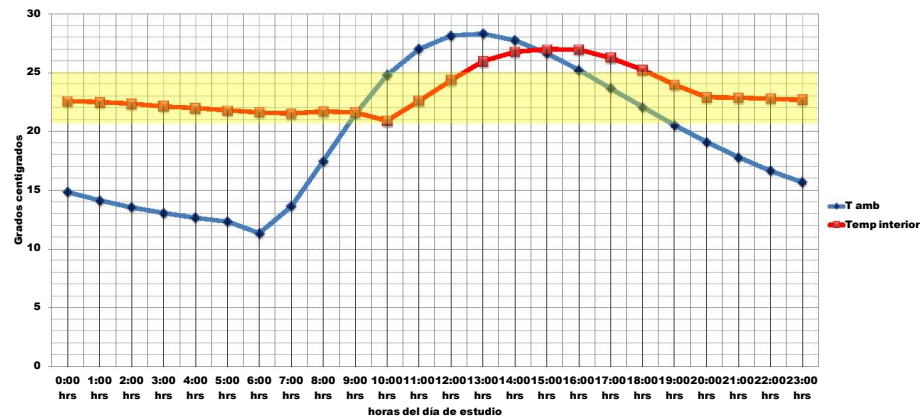
Las temperaturas reflejan un seguimiento por temporadas del año, en las que las temperaturas son mayores a las 14:00 y 15:00 hrs. Dentro del caso estudio “Condominio Reforma” las temperaturas interiores reflejan un estado de incomodidad térmica, ya que como se analizó anteriormente, las temperaturas son más elevadas al límite máximo que se establece con la ecuación de Aluciemis. Lo más importante a resaltar en ésta comparativa es la temperatura elevada que se llega a presentar en horarios laborales, en los que la envolvente, (compuesta por placas de ferrocemento y cristal claro) tiene una conductividad térmica muy elevada. Y a pesar de contar con temperaturas ambiente bajas, la temperatura interior puede llegar a presentar hasta 29°C, temperatura que se sale por completo del rango de confort establecido.

Este análisis nos permite identificar de manera muy clara el comportamiento de las temperaturas, mismas que siguen una disminución y aumento a lo largo del día de manera proporcional en ambos meses.



Resultados obtenidos para el 15 de Mayo – después de la propuesta. (Temperatura)

Hrs	Tamb	Temp interior	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int	
0:00 hrs	14.82	22.57	9	68.66	0	0	0	9.1	11.73	ventilas cerradas en un 50%
1:00 hrs	14.11	22.48	9	70.53	0	0	0	9.3	14.13	
2:00 hrs	13.52	22.33	9	72.08	0	0	0	9	16.5	
3:00 hrs	13.04	22.12	9	73.36	0	0	0	9	14.33	
4:00 hrs	12.64	21.95	9	74.4	0	0	0	8.9	14.33	
5:00 hrs	12.32	21.77	9	75.25	0	0	0	9.23	13.2	
6:00 hrs	11.31	21.62	9	77.91	164.2116	72.15	6.51	8.3	15	
7:00 hrs	13.61	21.50	9	71.85	632.568	76.8	19.35	10.7	12.27	
8:00 hrs	17.45	21.69	9	61.7	1125.46	79.3	32.31	11.2	10.4	
9:00 hrs	21.46	21.61	9	51.12	1574.16	82.32	45.36	11.5	14.67	
10:00 hrs	24.77	20.89	9	42.39	1930.249	85.29	58.45	10.5	8.33	Horario laboral
11:00 hrs	27.01	22.60	9	36.48	2158.463	88.46	71.58	10.5	8.13	
12:00 hrs	28.14	24.36	9	33.04	2237	96.34	85.12	10.5	8.13	
13:00 hrs	28.31	25.96	9	33.49	2158.463	267.2	81.28	9.9	9.13	
14:00 hrs	27.74	26.77	9	34.56	1930.249	272.14	68.14	9.8	10.27	
15:00 hrs	26.64	26.99	9	37.46	1574.16	275.2	55.2	10.1	10.93	
16:00 hrs	25.22	26.95	9	41.29	1125.46	278.17	41.53	10.1	12.33	
17:00 hrs	23.66	26.25	9	45.33	632.568	281.24	28.51	10	12.67	
18:00 hrs	22.06	25.21	9	49.55	164.2116	284.53	15.57	10.4	13	
19:00 hrs	20.51	23.97	9	53.63	0	287.56	6.15	11.5	13.33	
20:00 hrs	19.08	22.88	9	57.41	0	0	0	9.5	12.8	ventilas cerradas en un 50%
21:00 hrs	17.78	22.84	9	60.83	0	0	0	9.5	13.2	
22:00 hrs	16.64	22.77	9	63.84	0	0	0	10.1	14.07	
23:00 hrs	15.66	22.68	9	66.44	0	0	0	10.3	14.73	

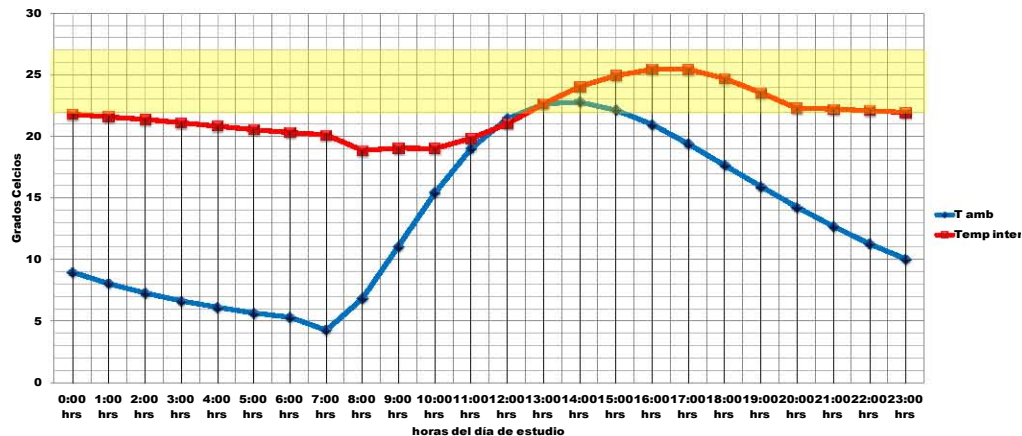


Después de hacer el cálculo tomando los datos respectivos de la propuesta implementada, durante el día de estudio (15 de mayo) y teniendo en cuenta el rango de confort establecido por Aluciemis de: $T_p = 17.6 + (0.31 \cdot 21) = 24.11$. $T_{max} = 26.61$ y $T_{min} = 21.61$ se tienen los siguientes resultados: Durante el día se obtienen prácticamente todas las horas en el rango de confort, sobrando sólo .99°C en la hora de máxima temperatura (15:00hrs) en la que se obtiene una temperatura .99°C mayor a la máxima establecida por Aluciemis, situación que permite establecer como acertada a la propuesta establecida, pues se logra mantener una temperatura mucho más lineal a lo largo del día, y conservar el calor durante la noche para no generar temperaturas demasiado bajas. En la gráfica se puede observar la variación del comportamiento entre la temperatura interior y la exterior.



Resultados obtenidos para el 15 de Enero – después de la propuesta

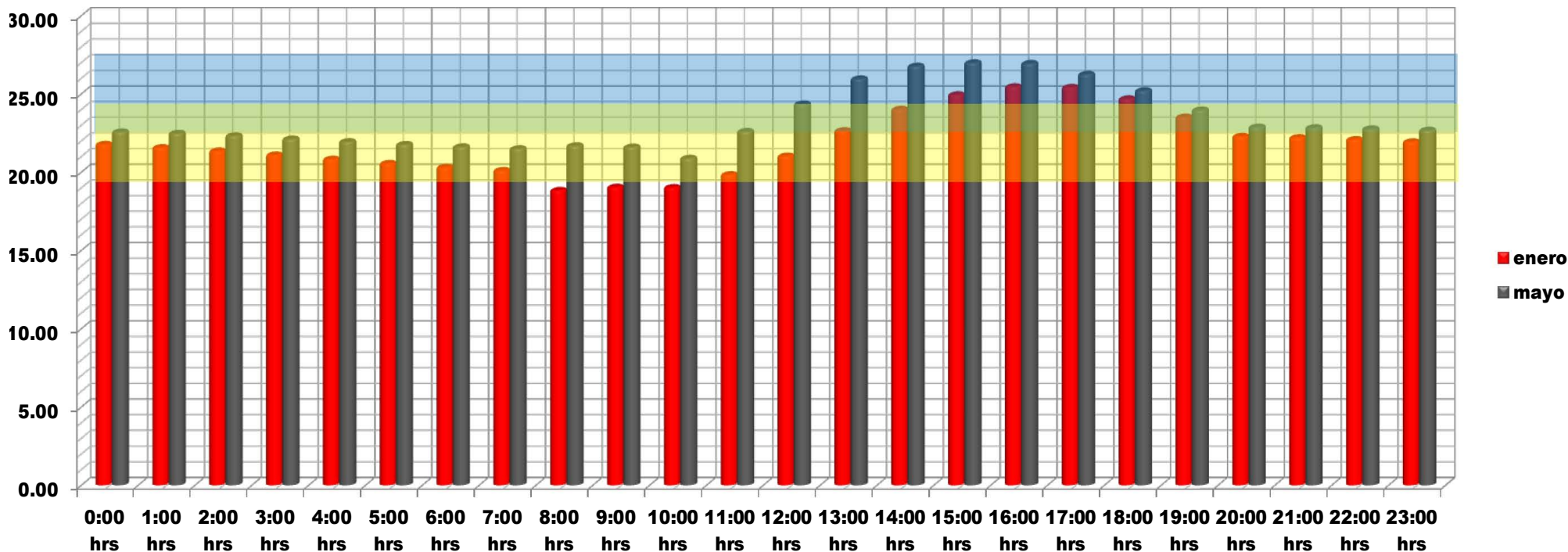
Hrs	Tamb	Temp interior	vel viento	HR	HT	Ángulo planta	Ángulo corte	W amb	W int	
0:00 hrs	8.95	21.78	9	66.22	0	0	0	9.1	13.13	ventilas cerradas en un 50%
1:00 hrs	8.04	21.57	9	67.7	0	0	0	9.3	13	
2:00 hrs	7.27	21.36	9	71.6	0	0	0	9	14.4	
3:00 hrs	6.63	21.10	9	72.36	0	0	0	9	14.73	
4:00 hrs	6.1	20.83	9	73.73	0	0	0	8.9	14.27	
5:00 hrs	5.65	20.56	9	72.85	0	0	0	9.23	13.6	
6:00 hrs	5.32	20.31	9	75.76	164.2116	72.15	6.51	8.3	14.67	
7:00 hrs	4.26	20.11	9	78.52	632.568	76.8	19.35	10.7	15.13	
8:00 hrs	6.84	18.84	9	71.81	1125.46	79.3	32.31	11.2	13.73	
9:00 hrs	11.06	19.04	9	60.82	1574.16	82.32	45.36	11.5	11.53	
10:00 hrs	15.43	19.02	9	49.45	1930.249	85.29	58.45	10.5	9.47	Horario laboral
11:00 hrs	19.02	19.84	9	40.13	2158.463	88.46	71.58	10.5	7.47	
12:00 hrs	21.43	21.03	9	33.85	2237	96.34	85.12	10.5	6.6	
13:00 hrs	22.64	22.65	9	30.71	2158.463	267.2	81.28	9.9	6.53	
14:00 hrs	22.8	24.02	9	30.29	1930.249	272.14	68.14	9.8	7.33	
15:00 hrs	22.15	24.95	9	31.98	1574.16	275.2	55.2	10.1	8.33	
16:00 hrs	20.94	25.46	9	35.13	1125.46	278.17	41.53	10.1	9.27	
17:00 hrs	19.39	25.42	9	39.17	632.568	281.24	28.51	10	10.33	
18:00 hrs	17.67	24.69	9	43.63	164.2116	284.53	15.57	10.4	11.13	
19:00 hrs	15.92	23.52	9	48.18	0	287.56	6.15	11.5	11.93	
20:00 hrs	14.24	22.29	9	52.56	0	0	0	9.5	11.4	ventilas cerradas en un 50%
21:00 hrs	12.68	22.21	9	56.63	0	0	0	9.5	11.93	
22:00 hrs	11.27	22.09	9	60.29	0	0	0	10.1	12.93	
23:00 hrs	10.02	21.94	9	63.53	0	0	0	10.3	12.87	



Una vez insertada la propuesta, y realizado el cálculo tomando los datos respectivos durante el día de estudio (15 de enero) y teniendo en cuenta el rango de confort establecido por Aluciemis de: $T_p = 17.6 + (0.31 \cdot 21) = 22.34$. $T_{máx} = 24.84$ y $T_{mín} = 19.84$, se tienen los siguientes resultados: A lo largo de las 24 hrs del día se obtienen prácticamente todas las horas en el rango de confort, sobrando sólo 1.48 °C en la hora de máxima temperatura (16:00hrs) en la que se obtiene una temperatura poco mayor a la máxima establecida por Aluciemis, situación que permite establecer como acertada a la propuesta establecida, pues se logra mantener una temperatura mucho más lineal a lo largo del día, y conservar el calor durante la noche para no generar temperaturas demasiado bajas. En la gráfica se puede observar la variación del comportamiento entre la temperatura interior y la exterior.



Comparativa de resultados obtenidos para el 15 de mayo y enero – después de la propuesta.



Una vez implementada la propuesta, y habiendo realizado los cálculos correspondientes se obtiene que tomando en cuenta los rangos de confort para el 15 de mayo y 15 de enero, se obtienen las zonas marcadas en amarillo y azul, en las que se establecen ambos rangos:

Enero: $T_p = 17.6 + (0.31 \cdot 21) = 22.34$. $T_{\max} = 24.84$ y $T_{\min} = 19.84$ (amarillo)

Mayo: $T_p = 17.6 + (0.31 \cdot 21) = 24.11$. $T_{\max} = 26.61$ y $T_{\min} = 21.61$ (azul)



Se puede observar que todas las temperaturas se encuentran dentro de los rangos de confort calculado con la ecuación de Aluciemis, mismo que se generan a lo largo de las 24 hrs del día 15 de los meses mayo y enero, gracias a la propuesta implementada. Es preciso señalar que existen variaciones entre la temperatura exterior e interior en la que la conductividad final (general) de la envolvente permite que exista un aislamiento térmico capaz de generar las temperaturas ideales dentro de la zona de trabajo y durante la jornada laboral. Considerando que se tomaron los meses más críticos para éste cálculo, se puede afirmar que la propuesta genera un confort interior térmico.

Es evidente que la envolvente del edificio estudiado “Condominio Reforma” fue la que generó las necesidades que fundamentan el diseño y cálculo de la propuesta planteada, sin embargo, se puede considerar que éste módulo permite que las temperaturas al interior sean benévolas con el habitante y/o trabajador.

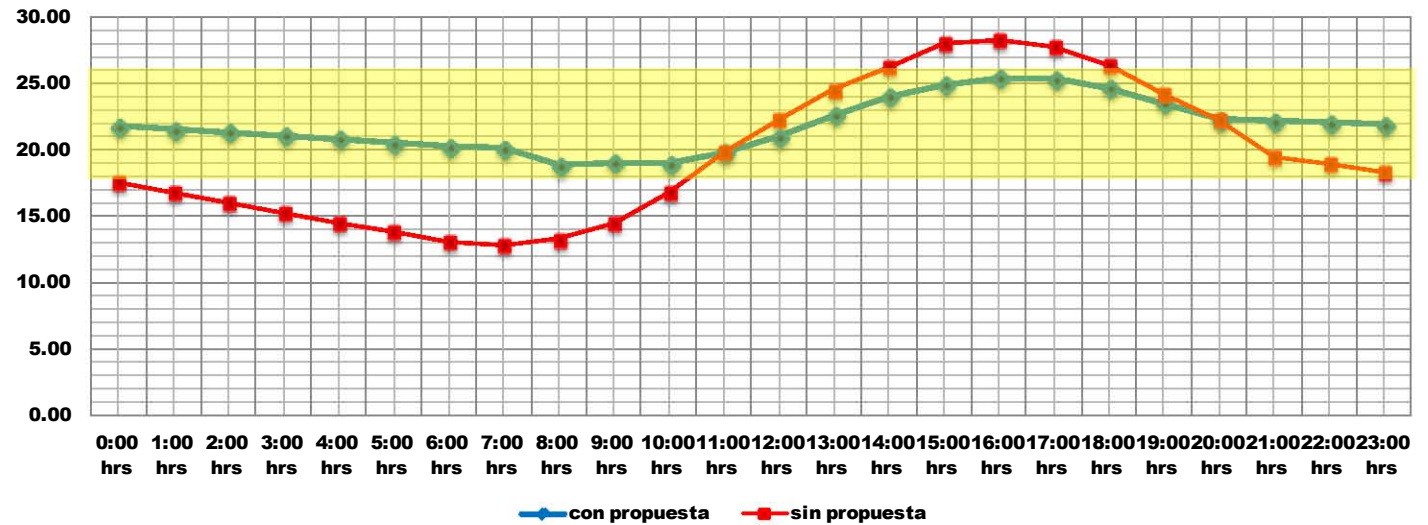


Comparativa de resultados ANTES – DESPUÉS de la propuesta en el mes de Enero.

enero

Hrs	con propuesta	sin propuesta
0:00 hrs	21.78	17.57
1:00 hrs	21.57	16.81
2:00 hrs	21.36	16.05
3:00 hrs	21.10	15.27
4:00 hrs	20.83	14.52
5:00 hrs	20.56	13.80
6:00 hrs	20.31	13.12
7:00 hrs	20.11	12.82
8:00 hrs	18.84	13.28
9:00 hrs	19.04	14.44
10:00 hrs	19.02	16.80
11:00 hrs	19.84	19.84
12:00 hrs	21.03	22.23
13:00 hrs	22.65	24.53
14:00 hrs	24.02	26.27
15:00 hrs	24.95	28.01
16:00 hrs	25.46	28.26
17:00 hrs	25.42	27.75
18:00 hrs	24.69	26.36
19:00 hrs	23.52	24.22
20:00 hrs	22.29	22.24
21:00 hrs	22.21	19.50
22:00 hrs	22.09	18.93
23:00 hrs	21.94	18.29

comparativa en Enero



Establecido que para el 15 de Enero, el rango de confort está de acuerdo a la ecuación de Aluciemis en $T_p = 17.6 + (0.31 \times 21) = 22.34$. $T_{\text{máx}} = 24.84$ y $T_{\text{min}} = 19.84$, se puede observar claramente en la gráfica que las temperaturas seguidas por la línea en color azul, que representa la trayectoria de temperaturas obtenidas al implementar la propuesta en la edificación se encuentran dentro del rango de confort (marcado en la franja amarilla). A diferencia de las temperaturas interiores, observadas en la trayectoria de la línea en color rojo, (que representan las temperaturas a lo largo del día sin la propuesta implementada) que sólo permanecen dentro del rango de confort durante 2 hrs (11:00 hrs-13:00 hrs) y se presenta una temperatura mucho más irregular, a diferencia de las temperaturas generadas con la propuesta, en las que se sigue una línea mucho más lineal, sin llegar a temperaturas por debajo del rango de confort, esto debido a que el material propuesto en el módulo (Aerogel) genera la conservación del calor que se almacena durante el día, para que de esta manera, al iniciar el lapso de tiempo en el que no se registran habitantes, la temperatura al interior se mantenga latente, generando un equilibrio a lo largo del día, tarde y noche.

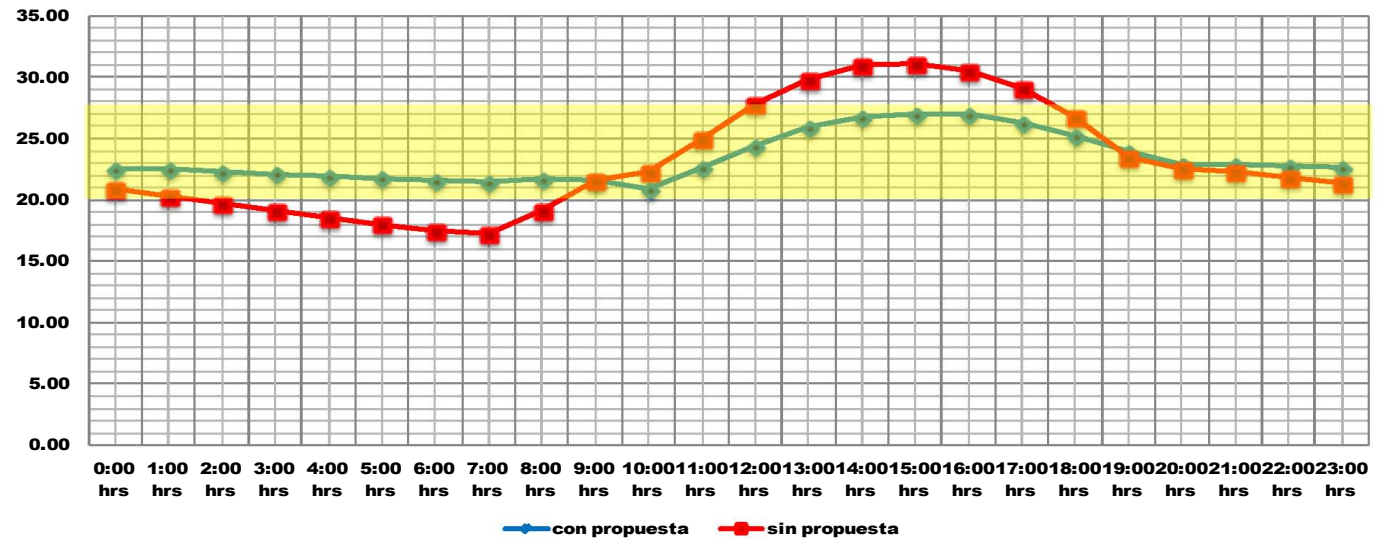


Comparativa de resultados ANTES – DESPUÉS de la propuesta en el mes de Mayo.

mayo

Hrs	con propuesta	sin propuesta
0:00 hrs	22.57	20.89
1:00 hrs	22.48	20.33
2:00 hrs	22.33	19.75
3:00 hrs	22.12	19.15
4:00 hrs	21.95	18.56
5:00 hrs	21.77	18.02
6:00 hrs	21.62	17.50
7:00 hrs	21.50	17.29
8:00 hrs	21.69	19.15
9:00 hrs	21.61	21.61
10:00 hrs	20.89	22.32
11:00 hrs	22.60	25.00
12:00 hrs	24.36	27.82
13:00 hrs	25.96	29.79
14:00 hrs	26.77	31.00
15:00 hrs	26.99	31.12
16:00 hrs	26.95	30.51
17:00 hrs	26.25	29.09
18:00 hrs	25.21	26.81
19:00 hrs	23.97	23.51
20:00 hrs	22.88	22.56
21:00 hrs	22.84	22.26
22:00 hrs	22.77	21.86
23:00 hrs	22.68	21.41

Comparativa Mayo



Teniendo que el rango de confort está dado en la ecuación de Aluciemis en $T_p = 17.6 + (0.31 \cdot 21) = 24.11$. $T_{max} = 26.61$ y $T_{min} = 21.61$ es evidente que la trayectoria de temperaturas obtenidas al implementar la propuesta en la edificación se encuentran dentro del rango de confort (marcado en la franja amarilla) como se puede observar claramente en la gráfica al seguir las temperaturas seguidas por la línea en color azul. En relación a las temperaturas interiores (observadas en la trayectoria de la línea en color rojo), que representan las temperaturas a lo largo del día sin la propuesta implementada, mismas que se encuentran en el rango de confort durante 3.5 hrs (8:30hrs-12:00hrs) presentando una temperatura mucho más irregular, llegando hasta los 31.12°C, a diferencia de las temperaturas generadas con la propuesta, en las que se sigue una línea mucho más lineal. Y es gracias a la propuesta calculada, que se logra obtener tal resultado, pues gracias a la baja conductividad del material (Aerogel-.017 w/hrm²°C) se logra una diferencia mayor entre la temperatura ambiente y la interior, evitando que la incidencia solar genere elevadas temperaturas al interior.



Conclusiones.

Una vez realizado el procedimiento correspondiente al establecido como idóneo para la realización de un cálculo térmico se procedió a llevar a cabo el análisis del edificio en el que se llevaran a cabo las pruebas y análisis, identificando su ubicación y de la misma manera analizando detalladamente el clima en el que se encuentra inmerso, teniendo apoyo de los programas tales como: Tejeda, Pyscom, y bases de datos proporcionadas por el Dr. Diego Morales e información obtenida mediante la Estación Meteorológica 0009012(más cercana a la ubicación del caso estudio).

Se identificaron mediante el análisis climático los días y meses para llevar a cabo el cálculo térmico (15 de Enero y Mayo), por considerárseles los más críticos en temperaturas máximas y mínimas durante el año, se realizó la investigación de todos los materiales que componen la envolvente del caso estudio “Condominio Reforma”, así como la modulación que la formula.

Se lleva a cabo el cálculo mediante una hoja de cálculo (Excel), en la que se realizaron las corridas para cada hora con los datos correspondientes de: temperatura ambiente, velocidad del viento, Humedad relativa, Radiación solar, ángulo en planta y en corte de la radiación solar, y humedad específica ambiente e interior. Todo lo anterior para obtener finalmente las temperaturas interiores a lo largo de 24 hrs.

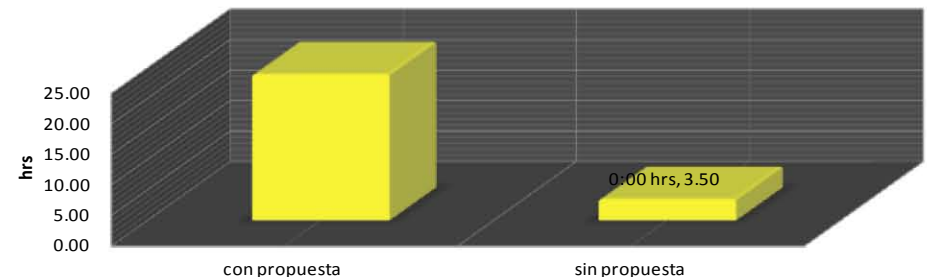
Se realiza el análisis y comparación de datos obtenidos para las 24 hrs del día 15 de enero y Mayo sin tener la propuesta, y las 24hrs de los mismos días una vez implementada la propuesta, obteniendo los siguientes resultados:

Observando las gráficas de comparativa de temperatura interior obtenidas para los dos días de estudio (antes y después de la propuesta) en las dos páginas anteriores, se tiene que una vez implementada la propuesta se logran establecer la mayor parte de las temperaturas durante el día, dentro del rango de confort (establecido por Aluciems). Y analizando que ocurre tanto en Enero como en Mayo, es cuestionable que se puedan bajar las temperaturas altas (atardecer 15:00hrs) y aumentar las temperaturas bajas (mañana 4:00hrs), y es debido a que el material Aerogel Utilizado en el módulo genera la conservación del calor que se almacena durante el día, para que de esta manera, al iniciar el lapso de tiempo en el que no se registran habitantes, la temperatura al interior se mantenga latente, generando un equilibrio a lo largo del día, tarde y noche.

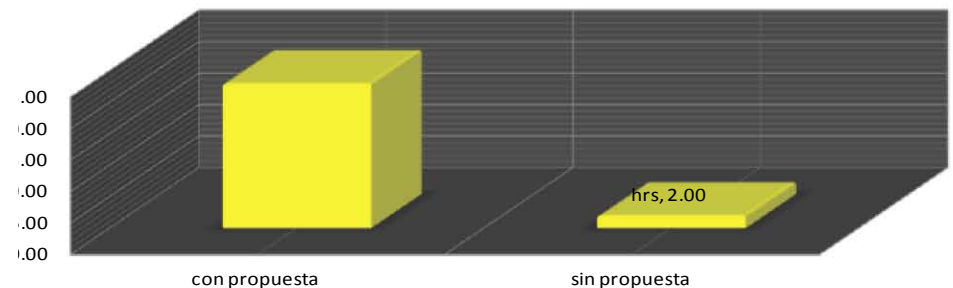
Por otro lado se observa que el acumulado de hrs confortables térmicamente una vez implementada la propuesta es mucho mayor que en el estado inicial. Es evidente que la envolvente del edificio estudiado “Condominio Reforma” fue la que generó las necesidades que fundamentan el diseño y cálculo de la propuesta planteada, sin embargo, se puede considerar que éste módulo permite que las temperaturas al interior sean benévolas con el habitante y/o trabajador. Se comprueba que éste módulo en general cumple con lo más importante ante la problemática del caso estudio y todo aquel edificio existente en las mismas condiciones:

- Aprovechamiento de luz natural
- No impacta la estructura y aspecto estético del edificio
- Confort térmico de los usuarios (espacio de trabajo)
- Ahorro energético-económico.

Comparativa de hrs en rango de confort 15 Mayo (24.84°C19.84°C)



Comparativa de hrs en rango de confort 15 Enero (24.84°C19.84°C)





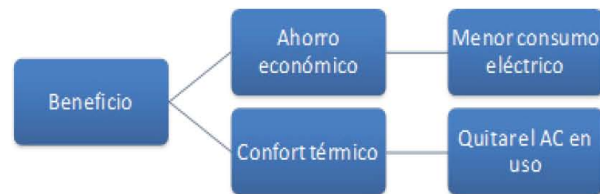
4.4 Costo - Beneficio.

En la evolución del tema de investigación “Envolvente ligera en edificios de oficinas existentes” se llevó a cabo el diseño de un módulo que cumple con características como: ligereza y resistencia a la transmisión térmica, dependiendo de la necesidad del espacio. De igual manera, la modulación permite el ensamblaje y/o articulación para finalmente formar un sistema auto portante que permita ser insertado en un edificio de oficinas que se encuentra en uso, mejorando finalmente el ambiente térmico interior, mismo que genera altos costos de consumo eléctrico (por Aire acondicionado), y por ende económico.

Podría obviarse un ahorro en el consumo eléctrico (y económico) al eliminar el sistema de aire acondicionado en el edificio, ya que, en el caso estudio (Condominio Reforma) éste representa el 60% de los kw/hr utilizados en un año. Sin embargo, el costo de inversión al implementarse la propuesta, conseguiría impactar lo obviado. Es por esto que se lleva a cabo un análisis de las variables que intervienen en la actividad: “implementación de la envolvente” tomando en cuenta escenarios anterior y posterior a la rehabilitación de envolvente, y haciendo cuentas del consumo en kw/hr/año, con el objetivo de encontrar la diferencia económica que permita definir el beneficio.

Escenarios – decisiones

El beneficio de la propuesta es en términos económicos y de confort térmico, ambos aspectos relacionados y dependientes.



Pero finalmente la implementación de la propuesta sólo se verá definido por los beneficios que obtenga el usuario (edificio) o contratista. Y para poder determinar si dichos beneficios justifican una aceptación, se tendrá que hacer un análisis de los mismos mediante la utilización del modelo que se define a continuación.

Para poder tomar decisiones en cuanto al beneficio que se pudiese obtener con la implementación de la propuesta se tienen que definir “Los factores que intervienen en tal decisión”. Dichos factores serán considerados como “variables”.

Variables para toma de decisión.

Considerando que el objetivo de la propuesta de “envolvente ligera” cumple con el objetivo de generar y mantener confort térmico en el espacio interior, se toman en cuenta las siguientes variables:

- Costo de la propuesta (C) (\$)
- Ahorro económico (Ah) (\$/año)
- Tiempo estimado de implementación (T)(\$ (se tendrá que considerar el costo del tiempo perdido)
- Tiempo de recuperación de inversión (T.R) (año)

Restricciones.

- 1.- Costo propuesta total (\$) ≤ costo del consumo eléctrico (\$) (considerando el T.R.(año)) = ahorro
- 2.- Tiempo de recuperación de inversión < vida efectiva del edificio

Relación de variables.

Considerando el costo:

- 1.- Costo de la propuesta (\$) / tiempo de recuperación de inversión (año) = costo de la propuesta al año (\$/año)
- 2.- Costo de la propuesta al año (\$/año) – ahorro económico (\$/año) = ahorro neto (\$/año)

Considerando el tiempo:

- 1.- tiempo de implementación (\$) + costo de propuesta (\$) = COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA

Se tendrán entonces tres escenarios que permitirán establecer una decisión conveniente para el usuario/contratista. En los que se obtiene finalmente el costo de la propuesta al año, el ahorro neto, y el costo total de la propuesta.

Para poder tomar la decisión se tendrá que:

- 1.- $C / TR = C / \text{año} (\$/\text{año})$
- 2.- $C / \text{año} (\$/\text{año}) - Ah = \text{ahorro neto} (\$/\text{año})$
- 3.- $T + C = \text{COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA (CT)}$



Y sabiendo que:

Si se tienen las siguientes consideraciones la decisión será favorable ante la propuesta:

- 1.- $CT < C$ consumo eléctrico (pérdida)
- 2.- $TR < \text{vida efectiva del edificio}$
- 3.- $T (\$) (\text{pérdida}) < CT$

Tomando el caso base.

- Costo de la propuesta (C) (\$)
- Ahorro económico (Ah) (\$/año)
- Tiempo estimado de implementación (T)(\$ (se tendrá que considerar el costo del tiempo perdido)
- Tiempo de recuperación de inversión (T.R) (año)

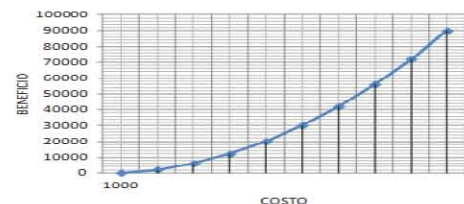
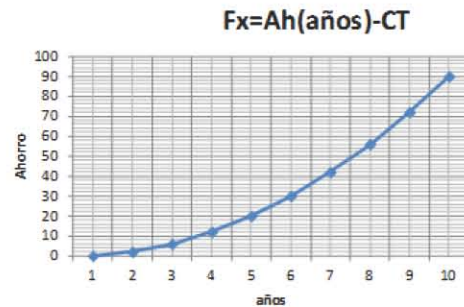
Se obtiene:

$$F(x) = Ah(x) - CT$$

Ahorro final = ahorro durante el tiempo de recuperación de la inversión – costo de la propuesta/AÑO.

$Fx = Ah - C$	Ah	años	C
0	1	1	1
2	2	2	2
6	3	3	3
12	4	4	4
20	5	5	5
30	6	6	6
42	7	7	7
56	8	8	8
72	9	9	9
90	10	10	10

$Fx = Ah - C$	Ah	años	C
0	1000	1	1000
2000	2000	2	2000
6000	3000	3	3000
12000	4000	4	4000
20000	5000	5	5000
30000	6000	6	6000
42000	7000	7	7000
56000	8000	8	8000
72000	9000	9	9000
90000	10000	10	10000



Manejo de variables. (caso 1):

Donde:

Ah: Ahorro anual: $(1,500.00/\text{mes})(12 \text{ meses}) = 18,000.00/\text{año}$

Años: anual= 2

C: costo anual de propuesta: 12,000.00/año

CT: costo total de propuesta: 24,00.00

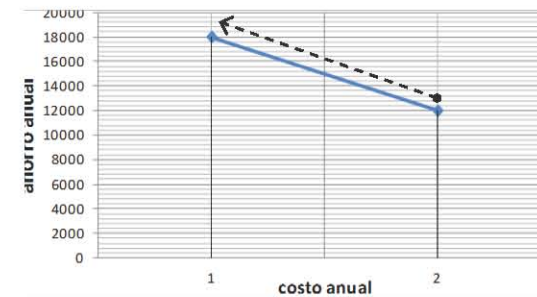
$Fx = Ah - C$	Ah	años	C
6,000.00	18000	1.30	12,000.00

Ahorro total al año

Ahorro económico anual (ceso de AC)

Años de recuperación de inversión

Costo anual de la propuesta implementada



Se obtiene un ahorro total al año de 6,000.00. Al graficar la función se obtiene una línea ascendente hacia el beneficio (ahorro), indicando que se tendrá un mayor beneficio (ahorro) a un menor costo. Tal escenario permitirá al inversionista tomar una decisión a favor de la propuesta. Sería un caso en el que el inversionista invierte en 1.3 años

A menos costo (anual) ➡ mayor ahorro (anual)

Manejo de variables (caso 2):

Donde:

Ah: Ahorro anual: $(900.00/\text{mes})(12 \text{ meses}) = 10,800.00/\text{año}$

Años: anual= 2

C: costo anual de propuesta: 12,000.00/año

CT: costo total de propuesta: 24,00.00

En este caso la propuesta tiene el mismo costo, pero el ahorro por consumo eléctrico es menor, y el ahorro total al año representa una pérdida con -1,200.00.

En la gráfica de la función se obtiene una línea descendente hacia el beneficio (ahorro), por lo tanto se tendría un escenario en el que el inversionista podría definir una pérdida de dinero, y optaría por un fallo negativo ante la propuesta.



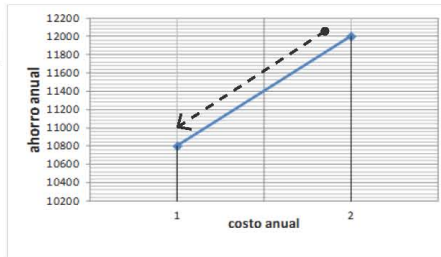
$F_x = Ah - C$	Ah	años	C
-1,200.00	10800	2.00	12,000.00

Ahorro total al año

Ahorro económico
anual
(costo de AC)

Años de
recuperación de
inversión

Costo anual de la
propuesta
implementada



A mayor costo (anual) ➡ menor ahorro (anual)

Conclusiones:

Caso 1 y 2: el ahorro depende del consumo eléctrico consumido por el edificio, ya que si no representa igual o mayor valor del costo anual de propuesta, la inversión será infructuosa

Caso 3.

Se tiene:

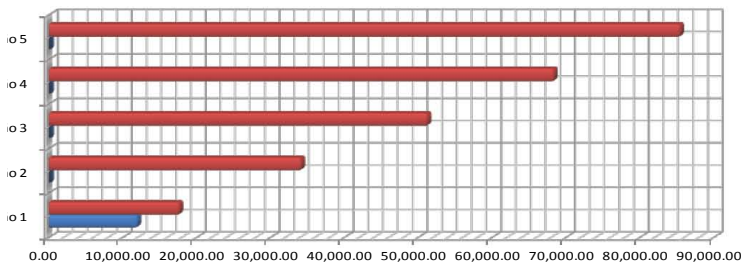
Ah: Ahorro anual: $(10,800/\text{mes})(12 \text{ meses}) = 6,000.00/\text{año}$

Años (T.R.):= 4.5

C: costo anual de propuesta: 12,000.00/año

CT: costo total de propuesta: 18,00.00

Tomando en cuenta que el tiempo de recuperación de la inversión en este caso es de 4.5 años, se realiza un caso en el que la variable a modificar es el costo anual de la propuesta (durante 5 años), en la que el inversionista podrá determinar cuánto invertir en cada año, dependiendo del costo total de la propuesta. A un año:



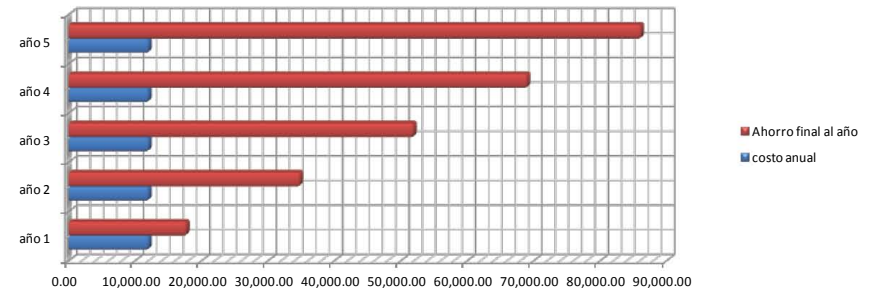
Anualidad	costo anual	Ahorro anual	ahorro final	costo de mantenimiento (5%)	Ahorro final al año
año 1	12,000.00	18,000.00	6,000.00	300.00	17,700.00
año 2	0.00	36,000.00	36,000.00	1,800.00	34,200.00
año 3	0.00	54,000.00	54,000.00	2,700.00	51,300.00
año 4	0.00	72,000.00	72,000.00	3,600.00	68,400.00
año 5	0.00	90,000.00	90,000.00	4,500.00	85,500.00

Si la inversión se realiza al primer año, los 4 años subsecuentes serán ganancia neta, menos el costo de mantenimiento.

A dos años:

Si se realiza la inversión durante 5 años se tendrán las mismas ganancias, pero se restará la inversión realizada en cada año.

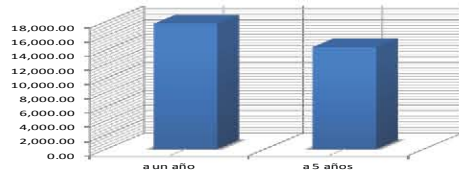
Anualidad	costo anual	Ahorro anual	ahorro final	costo de mantenimiento (5%)	Ahorro final al año
año 1	12,000.00	18,000.00	6,000.00	300.00	17,700.00
año 2	12,000.00	36,000.00	24,000.00	1,200.00	34,800.00
año 3	12,000.00	54,000.00	42,000.00	2,100.00	51,900.00
año 4	12,000.00	72,000.00	60,000.00	3,000.00	69,000.00
año 5	12,000.00	90,000.00	78,000.00	3,900.00	86,100.00



Comparativa:

Se dependerá de las anualidades que el inversionista realice para obtener el mayor ahorro posible.

En el caso de una inversión para la inserción de la propuesta (envolvente ligera) es preferible invertir la mayor cantidad en el primera año, ya que la propuesta representa un ahorro que se multiplica por cada año transcurrido, mismo que se vería disminuido al pagar la anualidad durante x años.



ahorro	a un año	a 5 años
año 1	17,700.00	14,400

Costo – beneficio Modelo cuantitativo.

Se realiza la definición del procedimiento para hallar el costo- beneficio que se tendría al implementar la propuesta de envoltente (módulo).

En donde:

- P: Precio por unidad (módulo)
- M: Número de módulos planteados para la envoltente completa (4 orientaciones)
- Ci: Costo de inversión
- Cm: Costo del consumo eléctrico mensual.
- X: Constante. Costo promedio mensual que obtendrá al dividir la energía mensual consumida en kwh más la demanda, entre el importe de cada mes
- C1: Costo por consumo eléctrico al año, utilizando aire acondicionado.
- C2: Costo por consumo eléctrico al año, sin aire acondicionado. Con (Ma) la propuesta de envoltente implementada.
- Ah: Ahorro económico.
- T.R: Tiempo de recuperación de inversión.

Analizando el costo-beneficio que se obtendrá una vez que se tengan establecidos los costos tanto del módulo como de la ponderación del costo por facturación eléctrica de la edificación en la que se implemente la propuesta, se llegaron a determinar algunas otras variables que indiscutiblemente intervienen en el costo total de la propuesta tales como:

- ☑ Costo de mantenimiento de la envoltente
- ☑ Costo por mano de obra al implementa la propuesta

Aplicación a propuesta.

Variables a modificadas para obtención de resultados.

- P
- M
- cm
- cm (con propuesta)
- anualidad

Precio de envoltente (módulo)					
costo de inversión					
descripción	precio unitario (módulo)	No de módulos	total \$	precio envoltente completa	
	P	M	(P) (M) = "Ci"		
Costo por consumo eléctrico inicial					
\$ kw/hr/mes (cm)	\$ kw/hr/año (ca)	Costo promedio mensual por Kwh de energía eléctrica *	Costo por consumo eléctrico \$	Costo por consumo eléctrico inicial	
cm	(cm) (12)	x	Xca = C1		
* El costo promedio mensual se obtendrá al dividir la energía mensual consumida en kwh más la demanda, entre el importe de cada mes					
Costo por consumo eléctrico con Ma					
\$ kw/hr/mes (cm)	\$ kw/hr/año (ca)	Costo promedio mensual por Kwh de energía eléctrica *	Costo por consumo eléctrico \$	ahorro de consumo eléctrico en \$	T.R
cm	(cm) (12)	x	Xca = C2	C1-C2 = Ah	Ci / Ah

Precio (módulo)			Costo por consumo eléctrico inicial				Costo por consumo eléctrico con Propuesta				F(x)=Ah(x)-CT			
costo de inversión											Ahorro final = ahorro durante el tiempo de recuperación de la inversión – costo de la propuesta/AÑO			
precio unitario (módulo)	No de módulos	total \$ costo de inversión	\$ kw/hr/mes (cm)	\$ kw/hr/año (ca)	Costo promedio mensual por Kwh de energía eléctrica *	Costo por consumo eléctrico \$	\$ kw/hr/mes (cm)	\$ kw/hr/año (ca)	Costo promedio mensual por Kwh de energía eléctrica *	Costo por consumo eléctrico \$	ahorro de consumo eléctrico en \$	T.R	Fx=Ah-C	Ah
P	M	(P) (M) = "Ci"	cm	(cm) (12)	x	Xca = C1	cm con propuesta	(cm) (12)	x	Xca = C2	C1-C2 = Ah	Ci / Ah	Ahorro anual	(Ah)(anualidad)
													anualidad	Ci/anualidad

* El costo promedio mensual se obtendrá al dividir la energía mensual consumida en kwh más la demanda, entre el importe de cada mes

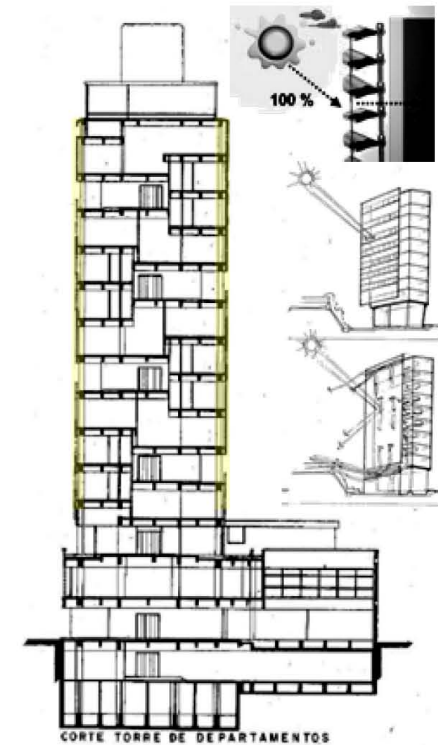
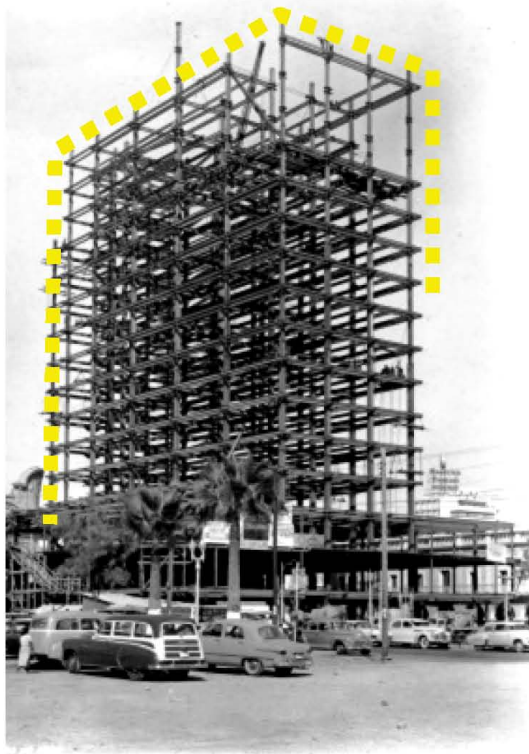
Desición del dueño

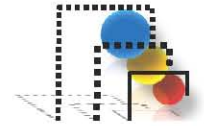


CAPÍTULO V CONCLUSIONES

Estructura portante ----> Envoltente- “control” ----> Rehabilitación

El empleo de un sistema envoltente ligero en un edificio existente, mediante una rehabilitación que no afecte su estructura principal, permitirá aprovechar los recursos naturales, satisfaciendo así las necesidades de confort térmico, sustituyendo los sistemas activos de climatización y generando una reducción del consumo energético, y económico.





CAPÍTULO V CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones de resultados sobre el desempeño térmico del edificio rehabilitado.

Tras realizar la simulación de aplicación del “sistema envolvente modular” en el caso estudio seleccionado, Condominio Reforma, mediante un cálculo térmico que determina y analiza el rango de temperaturas interiores generadas tras insertar la modulación propuesta en la envolvente, se concluye que el acumulado de horas dentro de un rango de confort durante un día laboral es mayor al emplear el sistema propuesto. Es decir que, la propuesta diseñada se comprueba científicamente. Sin embargo, el desempeño térmico del edificio se conforma por diversos factores que generan en un espacio interior características que impactan tanto al espacio como al habitante, una de ellas es el confort térmico, mismo que se prolonga durante las horas necesarias para que una persona pueda laborar en óptimas condiciones, siendo por ende un elemento más productivo, tomando en cuenta que la calidad de vida que se permite visualizar es elebada. Sería entonces la conclusion más importante, al considerar que problemática más imprescindible de solucionar es siempre el bienestar humano.

-En un edificio como el estudiado en éste documento, en el que el cambio de uso de suelo de habitacional a oficinas, generó la inserción de elementos que generan una climatización artificial, mismos que generan a su vez un aumento en el consumo energético, la implementación de la propuesta permite que el empleo de una climatización creada sea innecesario, aspecto que permite la disminución en el gasto económico, pero no sólo por el consumo eléctrico que estos sistemas de aire acondicionado generan, también es importante considerar los gastos que se generan en la vida diaria de los propietarios de la edificación en términos luminicos. La iluminación es otro resultado de la radiación solar, y que si bien no es un parámetro que aumenta o disminuye temperaturas, si es participante dentro de un ambiente interior, y en el caso de un edificio de oficinas en donde la iluminación no es suficiente o viceversa, se crea la necesidad de elementos que la modifique o distorcionen. En este caso al emplear la propuesta se logra obtener un resultado óptimo visualmente, ya que el material del módulo propuesto permite la traslucidez que sea requerida dependiendo del espacio de trabajo, reduciendo a su vez los costos de implementación y material generados por una radiación excesiva, aprovechando la luz natural que el espacio percibe, independientemente de la orientación de fachada.

-Sería fácil afirmar que la localización con respecto al sol con la que se define la ubicación del Condominio Reforma es la que genera todas las características ambientales

responsabilidad arquitectónica, también es definida por los intereses que hicieron del edificio un personaje comercial.

-Pero, ¿cómo se comporta el edificio en relación al parámetro de “temperatura”? Si se analiza el comportamiento del edificio considerando aspectos físicos del mismo, puede concluirse que, al insertarse el “sistema envolvente modular” en los módulos que la misma fachada del Condominio Reforma definen, se logra obtener, además de una estabilidad estructural al no considerarse un peso extra, una variación térmica en la superficie general de la fachada, es decir, toda la fachada recibe la misma radiación solar, sin embargo, no toda esta superficie la transmite de la misma manera, los módulos conservados de Ferrocemento (macizos de éste o cualquier otro edificio) transmiten el calor de diferente forma, en éste caso las peculiaridades del material permiten que el calor se transmita en un 80%, lo que ocasiona un aumento en la temperatura interior del edificio, y una variación térmica con respecto al módulo adyacente, es decir, al encontrarse módulos del sistema envolvente junto a módulos de ferrocemento, se genera una variación térmica que podría considerarse riesgosa ante los puentes térmicos que en éstos materiales se genera, impactando en el comportamiento de la envolvente, sin embargo, el puente térmico que puede generarse entre ambos módulos se logra controlar gracias en primera instancia a que el carácter modular logra independizar las condiciones termicas de cada uno, y por otro lado, el material del que se componen los montantes y travesaños del módulo son de un material que cuenta con una transmitancia muy baja, lo que disminuye la posibilidad de deformaciones o variaciones en el comportamiento térmico. Se concluye que el comportamiento de la envolvente completa del edificio trabaja recibiendo e irradiando calor, al recibir la radiación solar en cualquiera de sus orientaciones se disipará la que sea innecesaria y se aprovechará la ideal para generar un ambiente térmico al interior, trabajará de manera modular. Es así como se logrará mantener las temperaturas deseadas dependiendo del área y la modulación que se determine.

-Ahora bien, tomando en cuenta que los usuarios del edificio no lo habitan durante las 24 horas del día, se concluye que al aplicar la propuesta del “sistema envolvente modular” logra que la temperatura al interior se mantenga latente, generando un equilibrio a lo largo del día, tarde y noche.

Se han considerado las conclusiones en cuanto al beneficio en términos de confort y calidad de vida que perciben los usuarios al implementarse la propuesta, y el comportamiento físico - térmico del edificio al recibir la radiación solar, ambas conclusiones manifiestan la



la eficiencia térmica de la envolvente insertada en el edificio. Pero tratándose de el comportamiento térmico en base a la modulación establecida se tiene que, es evidente que la envolvente del edificio estudiado “Condominio Reforma” fue la que genero las necesidades que fundamentan el diseño y cálculo de la propuesta planteada, sin embargo, se puede considerar que éste módulo de 4.10 X 2.12 X .006 permite que las temperaturas al interior se comporten de tal manera que los espacios mantengan temperaturas dentro del rango de confort, y aunque es viable que en muchos otros edificios existentes se presenten otras medidas modulares para la rehabilitación de su envolvente, se considera que cualquiera que sea la modulación se tendrá siempre que justificar con el estudio del comportamiento térmico que se presenta en el interior de la edificación en el estado actual, es decir, la realización del análisis anterior del edificio, utilizando la metodología propuesta para determinar la viabilidad de la edificación será un aspecto fundamental para poder implementar cualquier propuesta de mejora, ya que, si bien el aspecto térmico es una problemática que se presenta en la mayoría de los edificios de la ciudad de México, no sólo los de oficinas, también es cierto que no todos cuentan con la posibilidad de ser rehabilitados.

-Se tiene como parte de la conclusión que las edificaciones existentes nunca están delimitadas por un cerramiento normalmente homogéneo y continuo, longitudinal y transversalmente. Los huecos, los elementos estructurales, los encuentros entre forjados y muros, las juntas y uniones con mortero, anclajes tanto de los paneles prefabricados como de ladrillos y bloques, etc., hacen que dicha superficie envolvente de los cerramientos, a través de las cuales tiene lugar los procesos de transmisión del calor y de la difusión del vapor de agua entre los dos ambientes que separa, presente ciertas heterogeneidades que van a influir decisivamente en las características que regularán el equilibrio térmico del sistema edificio-clima exterior.

-Por consiguiente, en el caso de la inserción de la propuesta del “sistema envolvente modular”, la homogeneidad de envolvente no se ve interrumpida por la intersección de otro elemento de mayor conductividad térmica, como el módulo existente de Ferrocemento, la cantidad de calor que atraviesa la sección de este material será mayor que la que atraviesa otra sección cualquiera del resto de la pared o cubierta. Es decir, que la densidad de líneas de flujo de calor en esta zona no será superior i inferior la del resto del cerramiento.

-Se determina una heterogeneidad ya que la propuesta del sistema envolvente modular queda perfectamente definida y delimitada por dos planos perpendiculares a las caras del cerramiento de Aerogel, así como cuando en la constitución del conjunto del cerramiento, no existen flujos de calor laterales realmente importantes entre la parte heterogénea y el resto de la envolvente.

Es importante tener en mente también que, son varios los factores técnicos que influyen directamente en el comportamiento térmico de la rehabilitación en la envolvente de la edificación. En otras palabras, todo esto implica un adecuado e idóneo diseño tecnológico-constructivo con una ajustada ejecución de obra.

En los siguientes gráficos (Fig. 5.1 y 5.2) se observa el fenómeno físico del flujo calórico siendo transmitido por el Sistema Envolvente Modular, insertado en el Condominio Reforma (en estos casos desde el exterior al interior, del color rojo al azul), fundamentando el porqué de la necesidad de un buen diseño tecnológico para mantener buenas condiciones de aislación térmica, lo que implica que el beneficio al medio ambiente no pasa solamente por el “uso” de un determinado material, sino también, por su implementación tecnológica, concretado con el diseño ajustado y la ejecución correcta de la obra.

En cuanto a los resultados valorados por la “normativa técnica vigente”, conocida como NOM 008, que verifica la eficiencia térmica y energética de las envolventes, se concluye una valoración positiva, en cuanto a su eficacia y eficiencia, teniendo los siguientes valores:

- se logran establecer la mayor parte de las temperaturas durante el día, dentro del rango de confort (establecido por Aluciems).

- analizando que ocurre tanto en Enero como en Mayo, es cuestionable que se puedan bajar las temperaturas altas (atardecer 15:00hrs) y aumentar las temperaturas bajas (mañana 4:00hrs), y es debido a que el material Aerogel Utilizado en el módulo genera la conservación del calor que se almacena durante el día, para que de esta manera, al iniciar el lapso de tiempo en el que no se registran habitantes, la temperatura al interior se mantenga latente, generando un equilibrio a lo largo del día, tarde y noche.

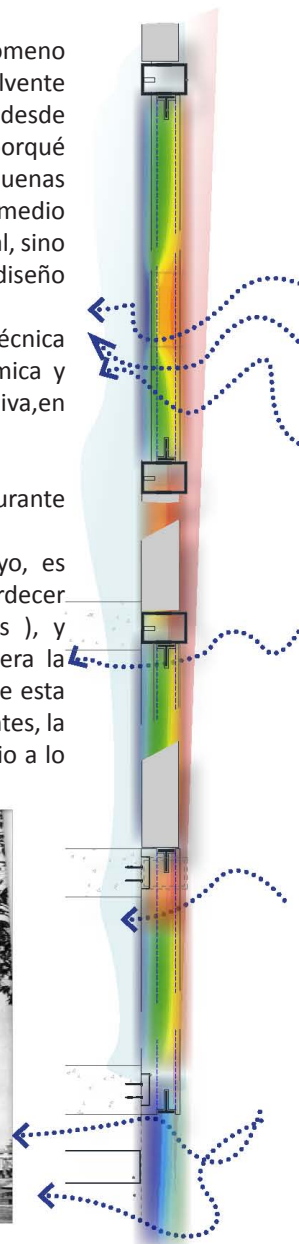
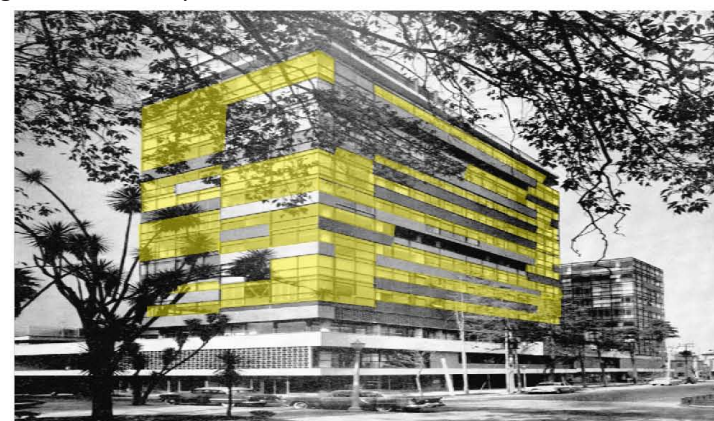


Fig. de Izq a der 5.1 y 5.2 comportamiento del flujo calórico transmitido.



5.2 Conclusión y análisis del “Sistema envolvente ligero”.

A lo largo de éste documento se desarrolló la propuesta para solucionar una gran problemática presente en los edificios de Oficinas existentes, que al paso del tiempo cambiaron de uso y fueron fuente de despilfarro energético y calórico. Se planteó que como respuesta ante esta problemática, la rehabilitación de la envolvente en dichos edificios por medio de un “sistema envolvente modular” es la mejor opción, ya que como se confirma en el cálculo térmico el empleo de éste sistema permite generar un ambiente de confort térmico en el interior de la edificación. Pero sin menospreciar a la problemática, y la importancia de calidad de vida de los usuarios ante la solución encontrada, es forzoso mencionar que la propuesta de éste sistema va mucho más allá de una solución transitoria.

Diseño y estética.

Para empezar con la conclusión de los resultados y análisis de los mismos ante la inserción de la propuesta, se menciona el aspecto del **diseño**, mismo que fue determinado por la geometrización y estructuración de un edificio, el Condominio Reforma, mismo que parte de una influencia ortogonal prevalente en el Arq. Mario Pani, influencia en toda una corriente arquitectónica presente en los edificios existentes en nuestra ciudad. Esta geometrización permite la modulación de una envolvente que en primera instancia se consideraba como un sólo elemento capaz de trabajar y cubrir diversas cualidades por sí mismo, sin embargo, el análisis de la edificación permite una visión a consciencia de todos los requisitos y condiciones que se presentan en las necesidades del usuario dentro de la edificación, y sin ir más a fondo se determinan secciones de 4.10 x 2.12 x .006, y se describen todas las cualidades que ésta modulación requiere, tomando en cuenta por ejemplo que la fijación de dichos módulos está determinada por la morfología y ritmo de la estructura portante del edificio. Finalmente se llega a un diseño que respeta contundentemente la estética y modulación de la fachada actual, y se trata precisamente de un aspecto que pesa mucho en la rehabilitación de las edificaciones... **la estética**, aspecto que como se menciona en el capítulo 4, es una cuestión de enfoques, tratándose de rehabilitación, puede ser una visión renovadora o puede ser conservacionista. Presisamente ante la estética en la propuesta planteada se presenta la posibilidad de variación en la aplicación del sistema, ya que su fijación esta diseñada principalmente para satisfacer cualquier necesidad arquitectónica, es decir, si la edificación requiriera de una inserción sin fijarse a la estructura portante, puede insertarse el módulo propuesto dentro de los límites, y a paño de los vanos con que cuente la envolvente actual, existe la flexibilidad de una fijación que pueda adherirse al marco de ptr con que esté diseñado el bastidor existente, etc. De ésta manera la fijación de la propuesta no sólo tiene tintes de conservación visual, también puede implementarse en diseños arquitectónicos que manifiesten un interés por una nueva vista.

En el caso de una edificación que requiera de una nula modificación visual, y que esté limitada a las medidas y parámetros establecidos por la estructura que soporta la envolvente, se presenta una solución sin riesgo de fallas, ya que la geometría de las piezas permite que por medio de la cualidad superplástica de los materiales se conforme una pieza monolítica que no exprese ni más ni menos que una geometría idéntica a la original.

¿Cuestión de geometría o análisis estructural?

Pero si bien, no se trata de una solución meramente por **geometría**, también se trata de una solución que responda al trabajo estructural de cada pieza, es decir, cada pieza se elaboró tomando en cuenta la geometría en conjunto, logrando un machihembrado y una función gracias a los materiales, que en éste caso, **trabaja estructuralmente bien** con respecto a su fijación a la estructura portante del edificio.

¿Simpleza? O estandarización, potencial de producción

La propuesta está determinada por una modulación, por una rigidización de forma en las piezas, que evidentemente cuentan con un molde para su fabricación, lo cual permitirá que la producción sea más eficiente, tomando en cuenta que la propuesta está pensada para generar una producción de materiales en México, como lo es el ZINALCO. Es por ésto que las piezas a diferencia de la visión orgánica de muchas propuestas que se tienen en fachadas de edificios existentes se trabajaron con una simpleza en su forma, y en su mecánica, debido a que en el ámbito de la producción la moldeabilidad de diferentes piezas para la conformación de un sólo elemento es más complicada, y más costosa. El sistema envolvente modular permite estandarizar los montantes, travesaños y cerramientos de tal modo que un vez determinado el módulo a requerir, se fabrique dependiendo de la cantidad de piezas, logrando un proceso de producción viable ante el costo de mano de obra y fabricación.

No se trata de imposibles, se trata de viabilidad.

La fabricación del sistema propuesto se determina por todos los aspectos de análisis encontrados en la metodología propuesta para el análisis de la envolvente de un edificio actual, mismo que representa las condiciones de muchos otros edificios existentes. Evidentemente un edificio existente necesita un manejo cuidadoso en muchos aspectos, y uno de ellos es el impacto tanto a su estructura como a los elementos que se conservan, es por eso que la manera más eficiente y eficaz de lograr dicho objetivo se ve reflejada en el sistema propuesto, ya que éste mismo al conformarse como sistema y ser portante, con respecto a sí mismo logra una anulación de riesgo en términos de impactos dañinos. Pero estas características no son las que lo hacen ser un sistema viable, en realidad la peculiaridad de los materiales de alta tecnología empleados en la propuesta son los que le generan un valor agregado, ya que al ser diseñados por una junta machihembrada y poder fucionarse a una temperatura no mayor a 250° permite que su viabilidad constructiva y de fabricación



sea aun mayor a la de cualquier sistema propuesto por varios elementos, tal y como los que podrían conformarse al elegir un revestimiento. De tal manera que la viabilidad de fabricación del sistema se podría ver arriesgada sólo por la producción del material en nuestro país, sin embargo, dentro de la investigación se denotan ciertas empresas como Aerogel México en la que la fabricación del aerogel se lleva a cabo a medida que la utilización de este material aumenta. Por otro lado el ZINALCO, es una patente mexicana, tal y como se menciona anteriormente, hecho que nos deja ver la gran posibilidad de producción.

Por otra parte, es imprescindible considerar la viabilidad de compra-venta en un mercado de la construcción mexicana. En el caso de aplicación de la propuesta se comprueba que el sistema en términos de costo-beneficio, es posible, ya que eleva el potencial de ahorro energético en la edificación considerablemente, y con ello la disminución del gasto económico. Es decir, lo valioso de esta propuesta es que es un sistema modular que permite la implementación del mismo sólo en las zonas en las que se requiera, tomando en cuenta siempre la recuperación de la edificación existente con potencial de seguir adelante, generando en algunos casos la conservación del mismo edificio ... logrando diagnosticarle una larga vida, a comparación de la visualizada actualmente, e incluso disminuir en gran medida la contaminación y daño al medio ambiente con nuevas edificaciones...escombros...y gasto energético. No se menosprecia la innovación para nuevas edificaciones, pero se considera importante conocer los problemas de la arquitectura existente, misma que alberga la mayor parte del territorio nacional, no sólo en nuestra ciudad. Del mismo modo las oficinas son consideradas el albergue más prolongado de una ciudadanía que no cuenta con calidad de vida, y en este caso confort al realizar actividades que en la mayoría no les satisfacen.

En éste documento se maneja un sistema que integra desde la metodología a seguir para su viabilidad, hasta un costo beneficio que conforma una propuesta integral y que permite al usuario determinar qué tanto ahorra económicamente y en términos de confort, ya que es inevitable considerar que los usuarios son, en el caso de edificio de oficinas, empleados con necesidad de producción. El determinar si es conveniente o no la aplicación de éste sistema propuesta se define por la gran hazaña que refleja el tiempo de recuperación de inversión que se manifiesta en el modelo económico propuesto para la “determinación y toma de decisiones ante la aplicación de módulos para rehabilitación de envolventes.”

Es imprescindible contemplar los aspectos de producción que se ven inmersos en cualquier propuesta de fabricación. En este caso, aspectos como el **control de calidad** se ven beneficiados ante la gran ventaja que se presenta en base a la estandarización de las piezas conformantes del sistema. La característica en la elaboración de piezas del sistema, mismas que fueron diseñadas, ortogonales y simétricas disminuye los riesgos de defectos ante la producción en serie.

Y se logra entonces una eficiencia y eficacia no sólo en la función del sistema insertado en edificios existentes, sino también en la medida que genera tecnología.

Entonces, si la intervención requiere la colocación de andamios (uno de los costos más importantes en la rehabilitación de una fachada), se concluye que, es muy recomendable la mejora de las características de eficiencia energética y así conseguir importantes ahorros en las facturas de las compañías energéticas. Sin embargo en la presente propuesta el uso de andamios podría verse despreciado gracias a la practicidad de transporte del material, ligereza y modulación de cada una de las piezas.

En términos económicos generados por el consumo energético se concluye que la factura energética se reduce en el caso estudiado, y como lo haría en la mayoría de los casos, en porcentajes muy superiores al 50%.

Particularidades:

- La obra de rehabilitación se ejecuta con la mínima interferencia para los usuarios del edificio, no hace falta trabajar por el interior de las edificaciones.
- En el caso de edificios con un grado de protección como parte del patrimonio histórico-artístico, será muy posible debido a la nula alteración que supondría de las envolventes.
- Al ejecutarse la intervención por el exterior, no afectará a la totalidad del edificio, sólo a la zona deseada en particular. Por consiguiente, no se requerirá, previo a la intervención, el acuerdo expreso de la Comunidad de Vecinos. Tras la rehabilitación de la fachada el inmueble queda globalmente revalorizado en sus características estéticas y de durabilidad puesto que el Sistema Envolvente Modular protege el conjunto del edificio de manera muy efectiva de las inclemencias meteorológicas.
- El empleo del Sistema Envolvente propuesto, no reduce la superficie útil del edificio o vivienda.
- Se corrigen todos los puentes térmicos, de modo que se evitan las paredes “frías”, la falta de confort asociada a ellas y, sobre todo, el riesgo de formación de condensaciones y mohos superficiales. Este aspecto es especialmente importante ya que en las envolventes se producen casi todos los puentes térmicos: encuentros con la estructura (pilares, vigas, frentes de forjado) y formación de huecos (alféizares, mochetas, dinteles, capialzados).
- Se aprovecha la inercia térmica del cerramiento existente (capacidad calorífica de los materiales de construcción). Es especialmente conveniente rehabilitar por el exterior cuando el edificio es de ocupación permanente.



- De este modo, se consigue utilizar toda la masa del cerramiento para estabilizar las temperaturas y así conseguir una reducción adicional en el consumo de combustible para la climatización (calefacción + refrigeración) del edificio o vivienda

Como sabemos la producción de energía primaria según la demanda energética creciente y continua que se pronostica que tendrá lugar hasta el año 2030, también indica que la demanda de confort ambiental en la edificación aumentará, por el simple hecho de que la población mundial aumenta continuamente y no hay perspectiva a corto plazo de interrumpirse, particularmente en los países como México. Por tal motivo, la mentada “calidad de vida del hábitat humano” no mejorará para todos los habitantes de los mismos, si no por el contrario aumentará la degradación del hábitat humano. Por tal motivo, se concluye también que, la implementación del sistema propuesto en conjunto con investigaciones actuales permite la disminución en los costos de producción, uso y mantenimiento son adecuados, no son tóxicos al medio ambiente, brindan beneficios ecológicos su fomento de uso y explotación (implantación de bosques) y son reutilizables, al tener la posibilidad de un desmontaje.

Las principales ventajas de mejora de la eficiencia energética y térmica de la envolvente a través de la rehabilitación de la envolvente mediante la implementación del sistema son:

- Reduce la factura energética de cada usuario ya que la incorporación del sistema en la rehabilitación de edificios consigue ahorros netos de energía próximos al 50 % y se estima que la inversión realizada para la instalación del sistema se amortiza de media en los 3.2 años siguientes.
- Mejora el confort térmico, a igualdad de consumo y bienestar para el usuario
- Ayuda a la reducción de emisiones de CO₂ invernadero y a la conservación del medio ambiente, contribuyendo a la reducción del efecto
- Permite a los usuarios seguir laborando en el edificio durante la incorporación del sistema
- Se reducen los puentes térmicos en la fachada, las posibles condensaciones no deseadas y aquellas patologías ligadas a las mismas.
- Se revaloriza económicamente el inmueble, mucho más que la simple restitución de la fachada.
- Esta rehabilitación no reduce el espacio habitable interior del edificio
- Pueden alcanzarse mejoras en el comportamiento acústico
- Mantiene la envoltura exterior y la estructura del edificio en condiciones termohigrométricas estables, contribuyendo al mantenimiento de los materiales de construcción a lo largo del tiempo e impidiendo la degradación causada por las oscilaciones de temperatura: grietas, fisuras, infiltraciones de agua, etc.

Generando tecnología.

Si bien dice Spender, el gran filósofo de la tecnología, que la tecnología tendría que cubrir aspectos como:

- justificación científica
- posibilidad de ser patentado
- posibilidad de producción (en serie)
- Utilidad / Funcionalidad comprobada en pro de la humanidad.

En este documento se deja la información necesaria para la posibilidad tecnológica, pues sin margen de error ante lo que se plantea a lo largo de las páginas anteriores, puede afirmarse que los cuatro puntos que definen una creación tecnológica son visualizados dentro de lo que encierra el Sistema Modular Envolvente. Evidentemente se necesitaría una amplia gama de comprobaciones industrializadas, sin embargo, se considera importante que, al encontrarnos con un análisis y solución de problemáticas que encierran cautelosamente la destrucción del medio ambiente, se tomen medidas que permitan la explotación de los recursos que se encuentran al alcance del país. Sin ir muy lejos, considerar un material como el ZINALCO, de patente mexicana, y descubierto en la UNAM, está a la espera de encontrar una industria que lo requiera para explotar sus cualidades, y es en este punto donde se encuentran las dos vertientes ante la generación de tecnología, primero la dificultad económica y después la dificultad económica generada, la misma que se genera ante la falta de inversión en proyectos que remuneran a nivel humano, urbano y mundial.

Considerando que en esta tesis se plantean las siguientes propuestas:

- Metodología para la determinación de viabilidad de rehabilitación de envolventes en edificios de oficinas actuales.
- Sistema Envolvente Ligero. SEL.
- Modelo de costo - beneficio para la toma de decisión ante la propuesta de rehabilitación modular.

Cada una se desarrolla y comprueba tomando como caso de estudio el Condominio Reforma, se determina un sistema integral ante la rehabilitación de envolventes en edificios de oficinas existentes, y se deja en total libertad de explotar cualquiera de las tres propuestas, con el fin de solucionar problemáticas metodológicas, determinando el potencial de cualquier edificio ante su rehabilitación, o cualificación en térmicos estructurales, térmicos, y diagnóstico energético, de igual manera se posibilita la utilización de un modelo que permita determinar el análisis de costo-beneficio ante una propuesta de envolvente modular.



Glosario.

Confort:

punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno

Súper-estructura:

todos los elementos necesarios para sostener, (el peso propio del edificio, los muebles y personas que realizarán alguna función en él); y transportar las cargas a los elementos de la sub-estructura. Y se compone de elementos como Columnas, muros portantes, trabes, losas, y cubiertas.

Sub-estructura:

está constituida por un conjunto de elementos (zapatas, pedestales, vigas de amarre etc.), relacionados entre sí y de acuerdo con su capacidad de trabajo, forma y resistencia.

Estructura;

como la parte de la edificación que recibe, soporta y transmite las cargas o pesos a través de sus elementos hasta el terreno..

Para este caso se entiende a una “Estructura ligera” como:

Una retícula de elementos constructivos verticales y horizontales, conectados conjuntamente, y anclados en la estructura del edificio, posiblemente rellena finalmente con paneles ligeros de cerramiento, hasta formar así una superficie continua y ligera que delimita completamente el espacio interior respecto del exterior del edificio. Esta envolvente aportaría, por sí misma o conjuntamente con algún elemento de la estructura del edificio, todas las funciones normales que corresponden a un muro exterior, pero no asume ninguna de las características de soporte de cargas de la estructura principal del edificio

Envolvente:

parte del edificio que se relaciona con el exterior, y que permite la transición brindando protección contra la intemperie y delimitando el espacio interior. Forma parte del contexto urbano, y proyecta cultura y estética además de definir el aspecto de una ciudad.

Bibliografía.

Libros.

- Anink, David and Boonstra, Chile; “Handbook of Sustainable Buildings”; fd. James James UK. 2004
- Baird, George; “The Architectural expression of Environment Control Systems” Sponpress 2001
- Borch Ineter: “Skins of buildings, the Architects materials sample book”; Bishpublishers 2004.
- Brian Edwards “Guía básica de la Sostenibilidad”,2008.
- Brookes, Alan J. “The building envelope and connections”. Oxford Architectural Press cop. Edición 1996.
- Brookes, Alan J. “Cladding of buildings”. Edición 1998.
- Enrique Leff (2002) “Saber Ambiental: Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder
- Fengler, Max. “Estructuras resistentes y elementos de fachada”. Barcelona: Gustavo Gili. Edición 1968.
- Hagan Susan “The Tectonics of Environmental Skin”; University of Waterloo School for Architectur 2002.
- Jimeno Urban, Alrun. “En busca de nuevas tecnologías de muros cortina (Barcelona)”. Barcelona UPC Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Edición 1990.
- Jossifort, I. “Techniques américanes du mur-rideau”. Paris Eyrolles. Edición 1962.
- Juan Company Salvador.” Carpintería de aluminio”. Fundación Escuela de la Edificación. Edición 2000.



- Meier-Menzel, Hans-Jürgen / Gatz, T. / Halmburger, K. Ventanas, muros “cortina de madera”. Barcelona: Blume. Edición 1969.
- Smith, Peter; “Sustainability at the cutting Edge, Emerging Technologies for Low Energy Buildings” Architecture Press, 2004
- Technal. “Manual de fachadas ligeras”. Introducción tecnológica. Technal. Edición 2003.
- THERMIE; “Un Virtubio ecológico, Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible” G. Gili S.A. Barcelona. 2008
- Wigginton, Michael / Jude Harris. “Intelligent skins”. Oxford Architectural Press. Edición 2002.

Revistas y publicaciones

- Diario Oficial; Norma Ambiental Mexicana NOM-008-ENER-2001; México 25 de Abril 2001.
- “Ensayos y optimización de aspectos Bioclimáticos para el diseño de edificios de altura”, Jorge Antonio Marusic, Universidad de Buenos Aires Argentina.
- “Facades of the future”, Dr W. Heusler, SCHUCO internacional, Glass processing days 2003.
- “Study of current structures in double skin facades”, Helsinki University of Technology, Sini Uttu, Agosto 2001.
- Tectónica; Muro cortina”, Diciembre 2003
- “Thought double skin façade”, Giulia Andreotti International Symposium, on the application of architectural glass 2004.

Tesis.

- “Hacia una metodología en el diseño Bioclimático”; Arq. Victor Fuentes Freixanet, Universidad Autónoma Metropolitana.
- “Sistemas en Fachadas. Hacia la Bioclimática Vertical en la Ciudad de México”, Arq. Vargas Palma Gloria A.; Universidad Nacional Autónoma de México.
- “La Junta en los Sistemas de Elementos para Fachada: Función Constructiva, Compositiva y Estructural.”, Arq. Gonzalo Barluenga Badiola.; Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2002
-

Páginas WEB.

- www.conae.gob.mx Consejo Nacional de Energía en México NOM.008
-
- WWW.sma.df.gob.mx, Secretaría del Medio Ambiente
-
- Páginas relacionadas con sistemas en fachadas:
-
- http://www.construmatica.com/construpedia/Fachadas_de_Estructura_Aparente
-
- http://www.construmatica.com/construpedia/Tipos_Constructivos_en_Fachadas_Ligeras
-
- http://www.construmatica.com/construpedia/Sistemas_Constructivos_Sostenibles
-
- http://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Fachadas_Ligeras
-
- <http://www.hierroyaluminio.com/2007/07/12/master-arquitectura-fachadas-ligeras.html>
-
- <http://www.arqa.com/index.php/ese/novedades-mercado/manual-de-fachadas-ligeras-technal.html>
-