



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Programa Único de Especializaciones en Ingeniería**

**Especialización: Ahorro y Uso Eficiente de Energía**

**Evaluación de la NOM-008-ENER-2001 al  
edificio de una empresa de servicios de  
Ingeniería ubicado en la CDMX**

**TESINA**

Que para obtener el título de

**Especialista en Ahorro y Uso Eficiente de la Energía**

**P R E S E N T A**

Raúl Sánchez Luján

**DIRECTOR DE TESINA**

Dr. Eduardo Medina Hernández



Ciudad Universitaria, CDMX, septiembre 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres ALFONSO y ALBERTA que con su esfuerzo, tenacidad y trabajo me han enseñado los valores de la responsabilidad y disciplina, que me han encaminado a lograr mis objetivos, agradezco también a mi hermana VERO que con su ejemplo de dedicación me ha apoyado en mi largo camino como estudiante y vida cotidiana.

A mi ahora esposa BRENDA que con su amor, comprensión y consejos me ha ayudado a lograr mis metas y objetivos.

Este trabajo también está dedicado a la memoria de mi abuela RAYMUNDA y a mi abuelo CESAREO.

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por permitirme ser parte de esta gran casa de estudios, y a mis profesores de la especialidad por compartir sus conocimientos y experiencia durante mi estancia en la misma.

A mis primos, amigos y familia (ROD, MEL, BORRE, CHINO, TOLIN, MIGUEL, HECTOR, TONY, LORE) por su amistad incondicional y consejos para ser una mejor persona día con día.

Gracias al Dr. Eduardo Medina y a la profesora Judith por su paciencia y compartir su conocimiento y experiencia.

# Índice

INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I ANTECEDENTES.....	5
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 NORMATIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES.....	15
2.2 ENVOLVENTE DE EDIFICIOS.....	17
2.3 FENESTRACION (SISTEMA DE VIDRIADO) O FENESTRACIÓN.....	17
2.4 PARTES SOMBREADORAS.....	24
2.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ENVOLVENTE DE EDIFICIOS: NOM-008-ENER-2001.....	26
2.6 UNIDADES VERIFICADORAS DE LA NOM-008-ENER-2001.....	29
2.7 EVALUACIÓN DEL EDIFICIO DE OFICINAS DE ICAF DE ACUERDO CON LA NOM-008-ENER-2001.....	31
CAPÍTULO III ANALISIS PRELIMINAR DE ENERGÍA.....	52
3.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	52
3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	53
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS.....	53
3.4 ANÁLISIS DE FACTURACIÓN.....	54
3.5 INDICADORES ENERGÉTICOS.....	59
CAPÍTULO IV PROPUESTAS EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO DE ENERGÍA.....	60
CONCLUSIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65

## INTRODUCCIÓN

El sector de la edificación es uno de los mayores consumidores de energía y emisores de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel mundial, debido a la alta dependencia de electricidad que tiene. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA) los edificios comerciales, residenciales y públicos consumen entre el 30 y el 40 por ciento de la energía y son responsables de entre 25 y 35 por ciento de las emisiones de GEI en el mundo. Mientras que en México se estima que las edificaciones consumen alrededor del 17 por ciento de la energía total del país y son responsables de cerca del 12 por ciento del total de las emisiones de GEI. (Sedema, 2020)

En la actualidad se observa que la mayoría de los edificios no residenciales dedicados a oficinas corporativas en la Ciudad de México que se construyen o están contruidos con la envolvente de las fachadas completamente de cristal, lo cual provoca una mayor ganancia de calor del exterior hacia el interior del edificio, lo cual se verá reflejado en consumo de energía para mantener dentro del edificio una temperatura de confort adecuada. Aunque en la actualidad existen cristales con tecnología adecuada para disminuir la ganancia de calor, lo recomendable es diseñar de acuerdo con las recomendaciones que indica el reglamento de construcción que aplique según el lugar o la ubicación.

Tan solo con la orientación del edificio nos podemos dar cuenta si el edificio consumirá más energía para el confort de los ocupantes, en la CDMX podemos ver edificaciones que su mayor superficie de ventanas está orientada hacia el Este y Oeste, es decir la trayectoria del sol a lo largo del día, es por esto que la literatura y ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) enfatizan que un buen diseño se realiza desde la adecuada orientación del edificio.

En el presente trabajo se realiza la evaluación de la envolvente de acuerdo con lo indicado en la NOM-008-ENER-2001 Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, para el edificio de oficinas en la empresa ICA Fluor ubicado en la ciudad de México.

En el capítulo I se indica la situación de la empresa, las oficinas de la empresa están ubicadas en un edificio corporativo en la Ciudad de México, es un edificio de 11 pisos o niveles y una planta baja, las oficinas tienen colindancia con un centro comercial (plaza Dakota), en todas las fachadas del edificio se tienen ventanas, al ser un edificio de oficinas los principales usos de energía se concentran en, aire acondicionado, iluminación y misceláneos.

En el capítulo II que es el marco teórico, se aborda la normativa para diseño, auditorías y mantenimiento relacionadas con eficiencia energética en edificios, se indican normas o

estándares internacionales y nacionales, se mencionan algunas certificaciones, como por ejemplo la certificación LEED que se utiliza para diseño sustentable de edificios, se describen las variables que se van a considerar o tomar en cuenta en la evaluación de la envolvente como son; la envolvente del edificio, el sistema de vidriado con las ecuaciones que se deben considerar para los cálculos, las partes sombreadoras y los tipos de estas para ayudar a disminuir la ganancia de calor.

Se describe la NOM-008-ENER-2001 que su principal objetivo es limitar la ganancia de calor en los edificios a través de su envolvente, en la norma se indica como realizar el cálculo. En este capítulo se desarrolla todo el cálculo de la evaluación de la envolvente del edificio de oficinas de ICA Fluor.

La evaluación de la envolvente se realiza para el edificio de oficinas e incluye un gimnasio que es arrendado por un tercero y se encuentra ubicado entre la planta baja y el piso 1.

Un análisis preliminar de energía se presenta en el capítulo III, esto realizar mediciones eléctricas, solo para obtener indicadores energéticos del edificio, se analiza la facturación eléctrica de 10 meses que es la información que se pudo obtener.

El análisis preliminar de energía solo se realiza para el edificio de oficinas; es decir, no incluye el gimnasio.

En el capítulo IV se realiza una propuesta para ahorro de energía relacionada con la envolvente del edificio, que se enfoca en instalar partes sombreadoras en las fachadas Este del edificio, y sustituir el tipo de ventanas de las fachadas Este y Oeste por unas que cumplan con una especificación del FIDE.

## **CAPÍTULO I ANTECEDENTES**

### **1.1 Situación actual de la empresa**

La empresa a la cual se realiza la evaluación de la envolvente y el análisis preliminar de energía es el edificio de oficinas de ICA Fluor, una empresa filial de ICA (Ingenieros Civiles Asociados) que fue fundada en 1947 dedicada a la construcción principalmente, y que en la actualidad ha ampliado la gama de servicios ofrecidos de los cuales ha incursionado en la operación de aeropuertos y autopistas.

ICA Fluor Daniel, S. de R.L. de C.V. es una empresa asociada entre ICA de México y Fluor Daniel de Estados Unidos de Norteamérica, fundada en junio de 1993. La asociación de ICA y de Fluor Daniel, ofrece servicios integrales para la ejecución de proyectos de Ingeniería, Procuración y Construcción (IPC) en el sector industrial, entre los principales proyectos que ha desarrollado se encuentran:

- Reconfiguración de la refinería Minatitlán II,
- Chicontepec II, que conllevó la perforación de 500 pozos de gas natural en el paleocanal Chicontepec.
- Construcción de Tsimin-B, plataforma de perforación de PEMEX de 4,650 toneladas en el patio de Mata Redonda.
- Etileno XXI
- Construcción del proyecto minero El Boleo
- Construcción de una planta de acería para Altos Hornos de México (AHMSA)
- Gasoducto Ramones II Sur;
- Reconfiguración de la Refinería Miguel Hidalgo
- Planta coquizadora en la refinería Tula;
- Desarrollo de la ingeniería del Paquete 1 de la nueva refinería en dos bocas Tabasco, Planta combinada y coquizadora.

La empresa tiene arrendados dos edificios de oficinas uno completo y el cual es el objeto de estudio de este trabajo y es la oficina matriz, que está ubicado en Dakota 95 en la alcaldía Benito Juárez en CDMX, el otro edificio cuenta con solo 3 pisos arrendados y se encuentra ubicado Av. Insurgentes Sur 601, Nápoles, Benito Juárez, 03810 Ciudad de México, CDMX.

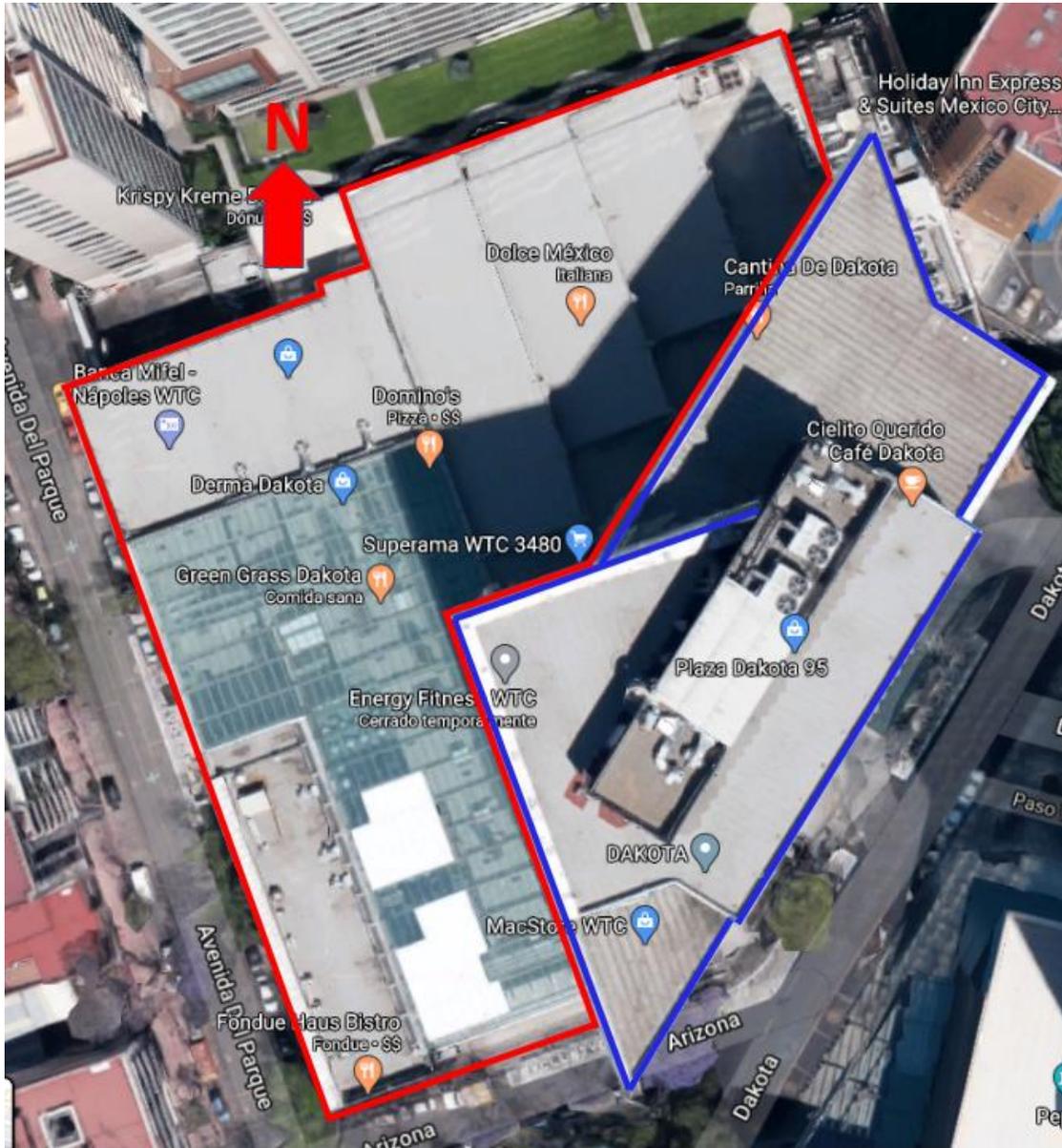


Figura 1. Ubicación geográfica del Edificio de oficina matriz de ICA Fluor, Dakota 95 CDMX  
Fuente: (Google maps 2020)

En la figura 1 se muestra en el contorno azul el edificio de ICA Fluor y el color rojo muestra la plaza Dakota.

El edificio de oficina matriz cuenta con un área construida de aproximadamente 22,743 m<sup>2</sup>, distribuidos en la planta baja, gimnasio y 11 pisos, como se muestra en la figura 2.

Como aclaraciones quiero mencionar que en el contrato de arrendamiento indica que ICA FLUOR renta 18,113 m<sup>2</sup>, y sobre la figura 1 no se aprecia, pero en la actualidad la empresa convirtió en terrazas con roof garden las partes del techo de los pisos 9 y 10.



*Figura 2. Fachada principal del Edificio de oficina matriz de ICA Fluor, Dakota 95 CDMX  
Fuente: Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 2, el edificio cuenta con pisos o niveles con diferente geometría: la planta baja, gimnasio y piso 1 tienen diferente altura; los pisos del 2 al 11 la misma altura; la planta baja, gimnasio, pisos 1 al 4 tienen la misma geometría; los pisos 5 al 8 otra forma geométrica; los pisos 9 y 10 otra forma geométrica y el piso 11 otra forma geométrica.

Es importante indicar que todas las fachadas de la envolvente del edificio son de cristal, transparente y de color verde traslúcido, en los pisos 9 y 11 hay terrazas.

La planta baja tiene colindancia con una barda perimetral, con un restaurante y la plaza Dakota, el gimnasio tiene colindancia con la plaza Dakota, y los pisos del 1 al 11 no tienen colindancia, también se indica que en la fachada Oeste del edificio hay partes sombreadoras volados (louvers) entre los pisos del 2 al 11.

En cuanto a consumo de energía al ser una empresa de servicios, los principales usos de energía se concentran en, aire acondicionado, iluminación y misceláneos (equipo de

cómputo, cafeteras y hornos de microondas) que incluyen 7 elevadores y una planta de tratamiento de agua.

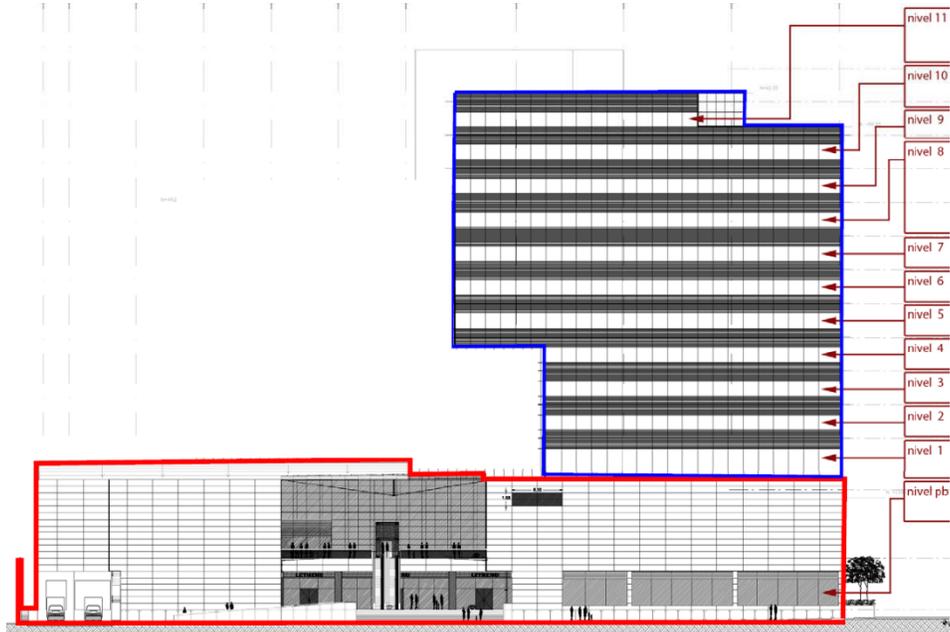


Figura 3. Fachada trasera del Edificio de oficina matriz de ICA Fluor, Dakota 95 CDMX  
Fuente: Departamento de servicios ICA Fluor

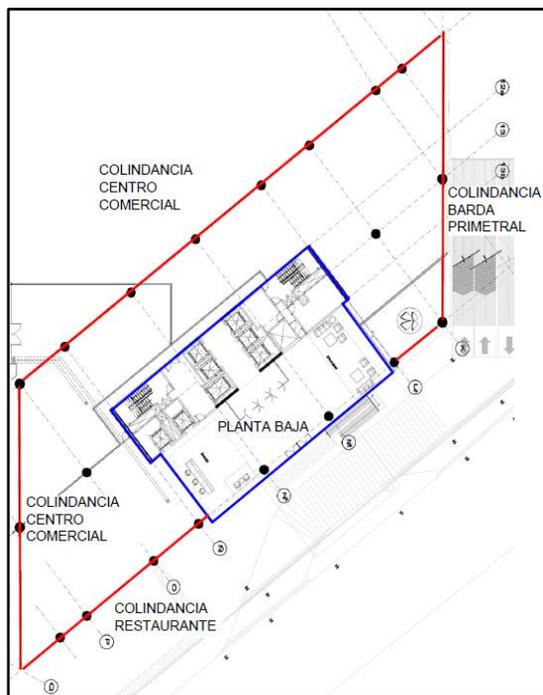


Figura 4. Típico de geometría de planta baja

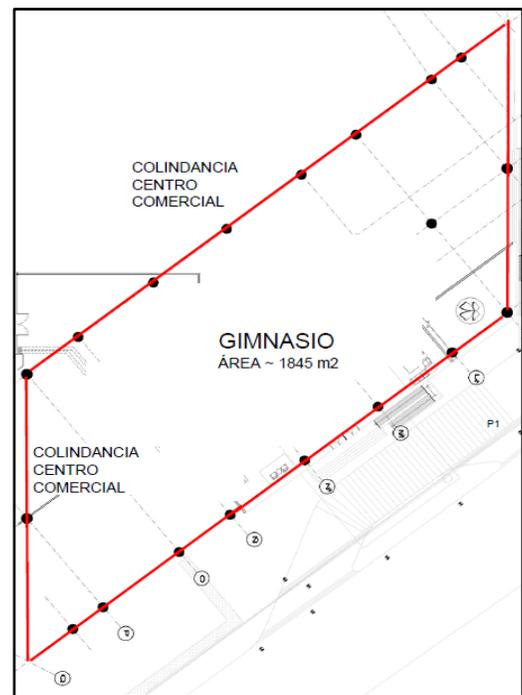


Figura 5. Típico de geometría gimnasio

Fuente: Departamento de servicios ICA Fluor

Figura 4 planta baja, el contorno rojo es todo el nivel, el contorno azul es el área de la recepción ocupada por ICA Fluor, cabe mencionar que las partes que están dentro del contorno rojo son un restaurante, una cafetería y bodegas, en la figura se pueden ver las colindancias.

Figura 5 el gimnasio, el contorno rojo es todo el nivel es la misma geometría que la planta baja, tiene un área aproximada de 1,845 m<sup>2</sup>, en esta parte no ocupa ningún espacio ICA Fluor y es arrendada por un tercero, en la figura pueden ver las colindancias.



Figura 6. Típico de geometría del piso 1

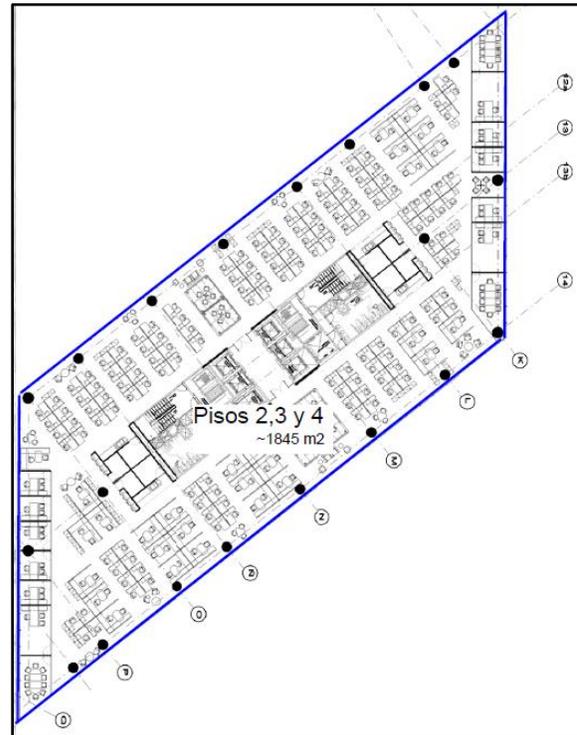


Figura 7. Típico de geometría de los pisos 2, 3 y 4

Fuente: Departamento de servicios ICA Fluor

Figuras 6 y 7 muestran la figura geométrica y la distribución de lugares de los pisos 1, 2, 3 y 4, tienen una superficie aproximada de 1,845 m<sup>2</sup> por piso, en estos pisos no hay colindancia en sus fachadas.

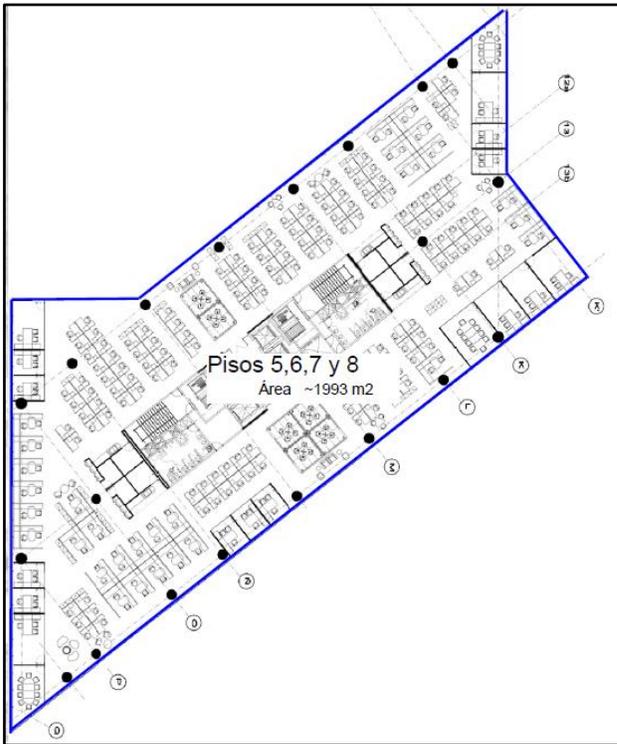


Figura 8. Típico de geometría de los pisos 5,6,7 y 8

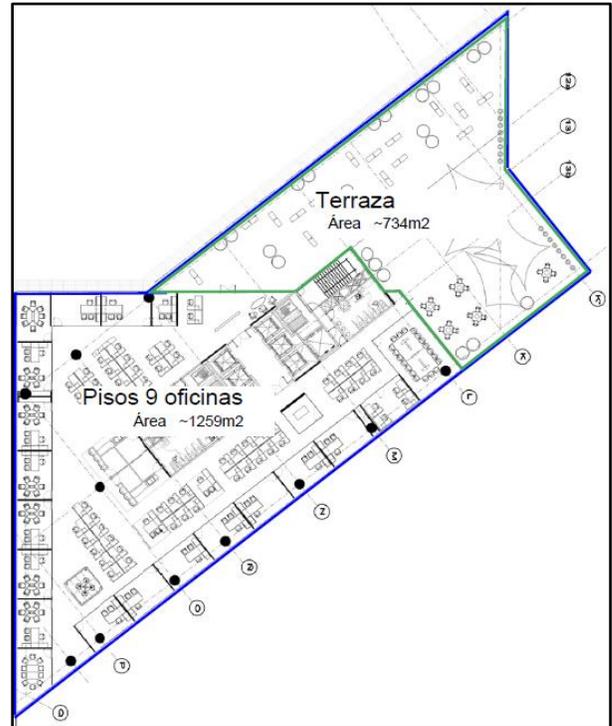


Figura 9. Típico de geometría del piso 9

Fuente: Departamento de servicios ICA Fluor

Figura 8, se muestra figura geométrica y la distribución de lugares de los pisos 5, 6, 7 y 8, el área por piso es de aproximadamente 1,993 m<sup>2</sup>, en estos pisos no hay colindancia en sus fachadas.

Figura 9, se muestra figura geométrica y la distribución de lugares del piso 9, este piso tiene un área de oficinas de 1,259 m<sup>2</sup>, y un área marcada con contorno verde de terraza de 734 m<sup>2</sup>, no hay colindancia en sus fachadas.

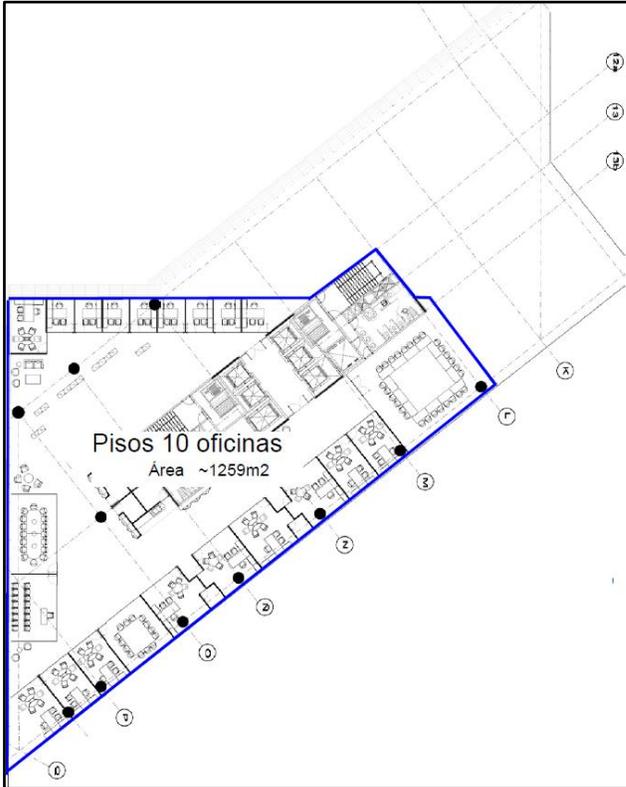


Figura 10. Típico de geometría del piso 10

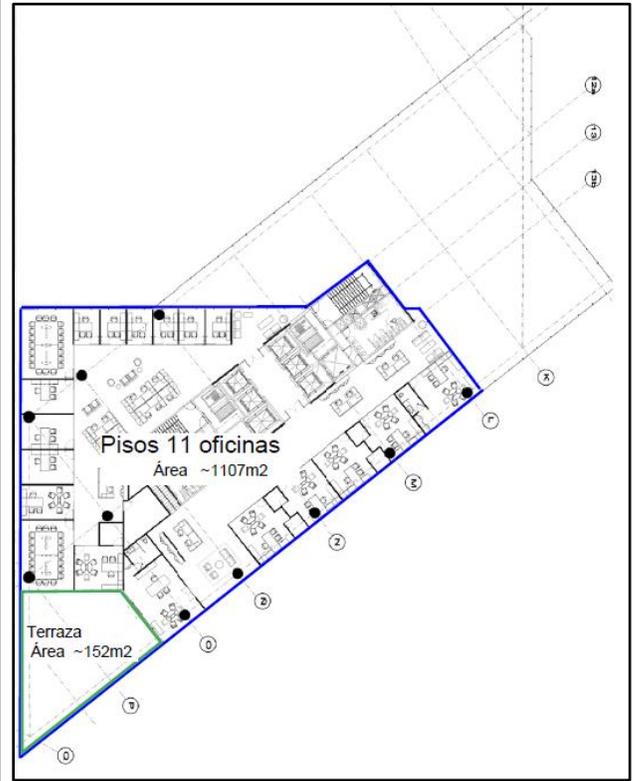


Figura 11. Típico de geometría del piso 11

Fuente: Departamento de servicios ICA Fluor

Figura 10, se muestra figura geométrica y la distribución de lugares del piso 10, el área es de aproximadamente 1,259 m<sup>2</sup>, en este piso no hay colindancia en sus fachadas.

Figura 11, se muestra figura geométrica y la distribución de lugares del piso 11, este piso tiene un área de oficinas de 1,107 m<sup>2</sup>, y un área marcada con contorno verde de terraza de 152 m<sup>2</sup>, no hay colindancia en sus fachadas.

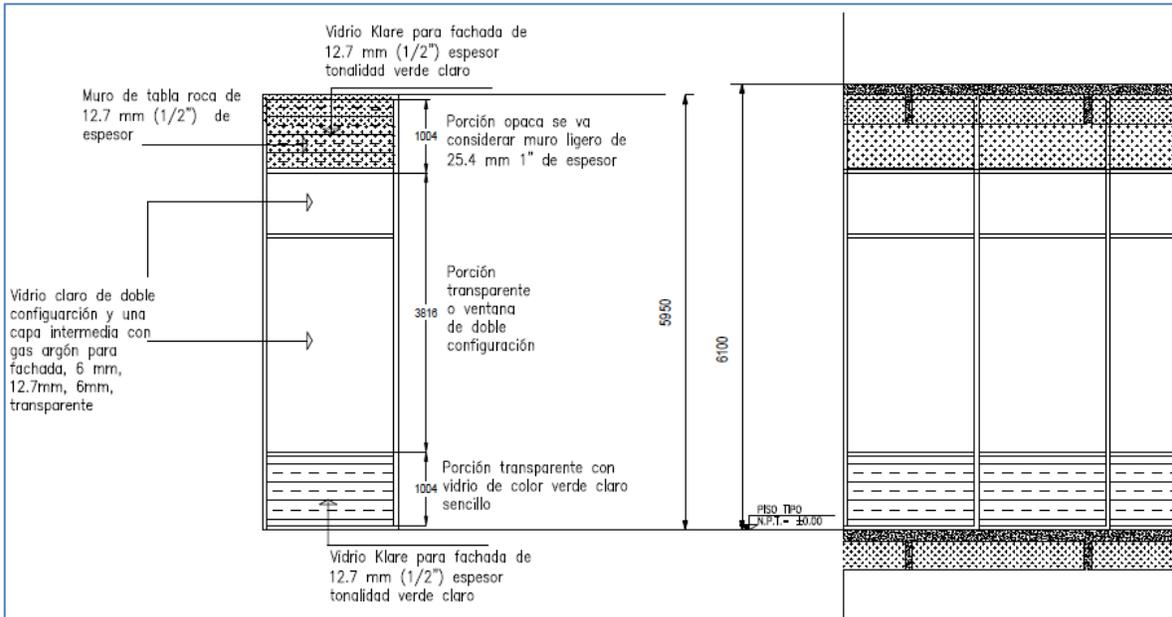


Figura 12. Típico de fachada de los niveles planta baja y piso 1  
Fuente: Elaboración propia

Figura 12, se muestra como están conformadas las fachadas, se indican las diferentes configuraciones de los vidrios y las porciones, así como las dimensiones que serán consideradas para el cálculo de las áreas de cada porción, la altura es de 6.1 metros.

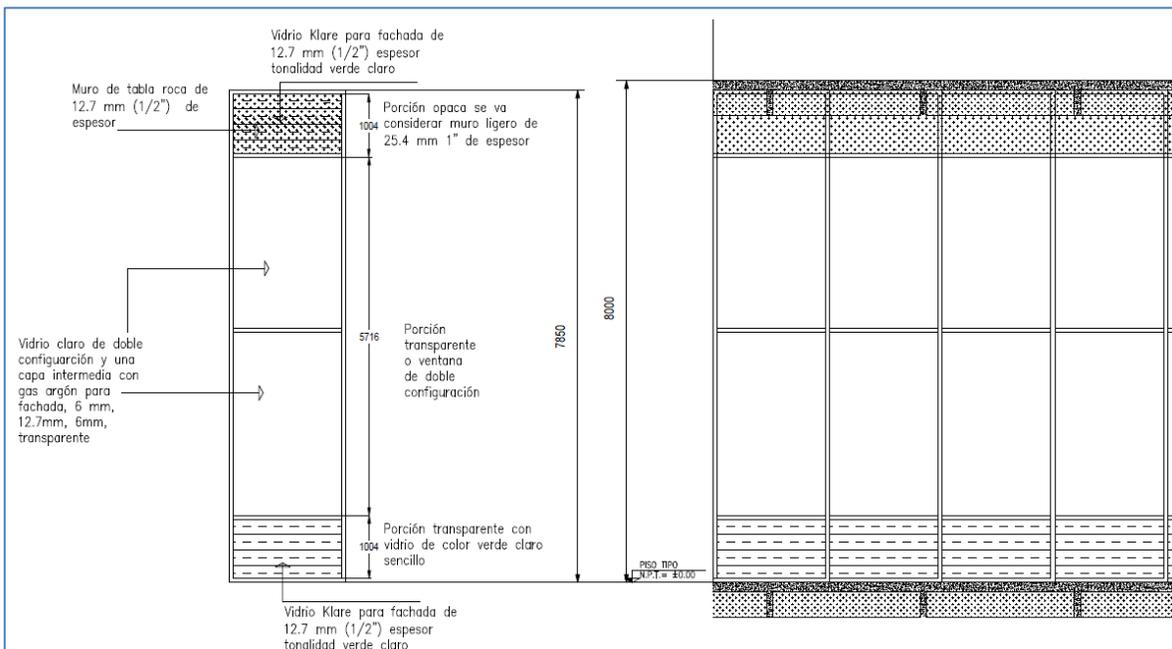
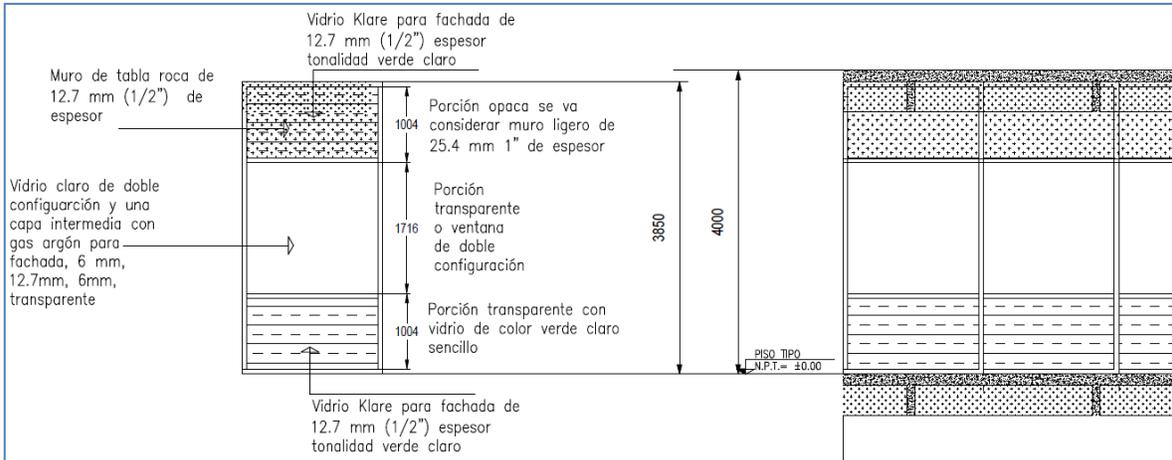


Figura 13. Típico de fachada del gimnasio  
Fuente: Elaboración propia

Figura 13, se muestra como está conformada la fachada, se indican las diferentes configuraciones de los vidrios y las porciones, así como las dimensiones que serán consideradas para el cálculo de las áreas de cada porción, la altura es de 8 metros.



*Figura 14. Típico de fachadas de los pisos 2 al 11  
Fuente: Elaboración propia*

Figura 14, se muestra como están conformadas las fachadas, se indican las diferentes configuraciones de los vidrios y las porciones, así como las dimensiones que serán consideradas para el cálculo de las áreas de cada porción, la altura es de 8 metros.

En general las fachadas de los pisos tienen la misma configuración solo cambian las dimensiones debido a la altura entre pisos, las porciones a considerar para el cálculo son las siguientes:

- 1.- Porción opaca es la parte superior que se muestra en el típico de fachadas y está conformada por dos capas de 1" (25.4mm) de espesor, una capa de vidrio con tonalidad verde claro (klare) de ½" 12.7 mm de espesor y tablaroca ½" 12.7 mm de espesor.
- 2.- Porción transparente es la parte intermedia que se muestra en el típico de fachadas y está conformada por un vidrio de configuración doble de 1" 25.4 de espesor, una capa de vidrio de ¼" 6mm de espesor, una cavidad intermedia de ½" 12.7 mm con gas argón y una capa de vidrio de ¼" 6mm de espesor.
- 3.- Porción opaca es la parte inferior que se muestra en el típico de fachadas y está conformada por una capa de vidrio con tonalidad verde claro (klare) de ½" 12.7 mm de espesor.

## **1.2 Planteamiento del problema y justificación**

El edificio de oficina matriz de ICA Fluor es un edificio con una envolvente de cristal en todas sus fachadas, el consumo de energía representa un costo importante, el diseño de la envolvente del edificio nunca ha sido evaluado para verificar si es eficiente para el consumo de energía, la ganancia de calor por conducción en las partes opacas y transparentes, así como la ganancia de calor por radiación en partes transparentes nunca ha sido calculada, en algunas fachadas principalmente las que están orientadas al Este y Oeste a la trayectoria solar el calor es muy perceptible, lo cual causa que se tengan zonas de concentración de calor que afectan algunos empleados que están cerca de esas zonas.

Una posible causa del elevado consumo de energía para climatización y concentración de calor puede ser la envolvente, ya que es de cristal en todas sus fachadas, en una parte tiene doble acristalamiento y en otra solo una capa de cristal opaco.

Cabe mencionar que, aunque la empresa cuenta con certificaciones ISO 9000 y 14000, no cuenta datos energéticos como la línea base de energía, tampoco indicadores energéticos.

Por lo anterior es necesario realizar la evaluación de la envolvente del edificio de oficina matriz de ICA Fluor de acuerdo con lo indicado en la NOM-008-ENER-2001, con el fin de detectar si el edificio cumple con la norma, y en caso contrario proponer una alternativa para cumplir con la norma y reducir el consumo de energía para climatización del edificio.

También es necesario realizar un análisis preliminar de energía para obtener datos energéticos como son la línea base e indicadores energéticos del edificio.

## **1.4 Objetivo General**

Evaluar la envolvente del edificio de oficina matriz de ICAF de acuerdo con la metodología indicada en la NOM-008-ENER-2001, así como realizar un análisis preliminar de energía.

## **1.5 Objetivos específicos**

- Verificar si la envolvente del edificio cumple con la NOM-008-ENER-2001
- Conocer si el edificio se encuentra dentro del rango de consumo de energía comparado con otros similares
- Comparar indicadores de eficiencia energética con otros edificios similares
- Hacer una línea base de consumo de energía del edificio con los datos de facturación

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Normativa de Eficiencia energética en edificaciones**

La eficiencia energética en edificaciones la podemos definir, como la medida en que el consumo de energía es utilizado por metro cuadrado de superficie de este, utilizando puntos de referencia de consumo de energía para el tipo particular de edificio, definido en condiciones climáticas específicas.

En la actualidad existen una gran variedad de normas relacionadas a la eficiencia energética en edificaciones, que van desde diseño, auditorías energéticas, proyectos de ahorro de energía y mantenimiento en otras.

Para el caso internacional podemos mencionar la norma ISO 52000 publicada en junio del 2017, hay 2 partes como se indica a continuación:

ISO 52000 Energy performance of buildings— Overarching EPB assessment—Part1: General framework and procedures

ISO 52000 Energy performance of buildings— Overarching EPB assessment— Part 2: Explanation and justification of ISO 52000-1

En resumen, establecen una estructura sistemática, integral y modular para evaluar el rendimiento energético de edificios nuevos y existentes de manera integral. El estándar también menciona la envolvente del edificio como requisito para construcción.

También existen estándares de energía que, aunque su nombre como tal menciona eficiencia energética son utilizados para diseño, construcción y mantenimiento de edificios no residenciales, el ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016 establece los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios para:

- a. diseño, construcción y un plan de operación y mantenimiento; y
- b. si. utilizan recursos de energía renovables en el sitio.

La sección 5 del estándar especifica los requisitos para la envolvente del edificio. En el punto 2.5 del presente trabajo ahondaremos en la NOM-008-ENER-2001.

Aunque para auditorías energéticas podemos encontrar el estándar ISO 50002 auditorías energéticas que es general, también hay un estándar específico para auditorías energéticas en edificios y es el BS EN 16247-2:2014 que es un estándar británico (Reino Unido), que especifica los requisitos, metodología y los resultados de una auditoría energética en un edificio o grupo de edificios.

En el capítulo 3 ahondaremos en la metodología para las auditorías energéticas en edificios.

Al abordar la normativa nos vamos a encontrar con certificaciones para edificios sustentables, que van orientadas a sustentabilidad que se refiere al equilibrio entre los aspectos, sociales, ambientales y económicos, y por ende estos tres aspectos se relacionan con el uso eficiente de la energía, y aunque estas certificaciones no son para eficiencia energética, en el contenido de ellas hablan de energía y uso eficiente de la misma.

Algunas certificaciones son:

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) que se traduce como Liderazgo en Diseño Energético y Medioambiental. Esta certificación es de origen estadounidense que trabaja con base en un sistema de puntos o puntaje, considera prerequisites mínimos que debe tener un edificio para poder ser considerado sustentable. Existen diferentes categorías para ir obteniendo puntos o créditos, hay una categoría llamada energía y atmósfera que está orientada a una amplia variedad de estrategias energéticas: puesta en servicio; monitoreo del uso de energía; diseño y construcción eficiente; electrodomésticos; sistemas e iluminación eficientes; uso de fuentes de energía renovables, que se generan dentro o fuera del sitio y otras estrategias

Al igual que LEED también hay otras certificaciones con características similares, como son:

- BREEAM International Building Research Establishment Environmental Assessment Method, certificación británica (Reino Unido)
- CASBEE Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, certificación japonesa
- EDGE Excellence in Design for Greater Efficiencies, disponible en más de 130 países de economías en desarrollo, entre ellas México. Este sistema fue creado por la Corporación Financiera Internacional (IFC, por sus siglas en inglés), miembro del Grupo Banco Mundial.

A nivel nacional podemos mencionar la NOM-AA-164-SCFI-2013 Edificación sustentable - criterios y requerimientos ambientales mínimos, esta norma establece los criterios y requerimientos ambientales mínimos para edificaciones sustentables.

En la sección 5.2.2 menciona los requisitos de energía que debe cumplir la edificación, y el punto 5.2.2.1 indica lo siguiente:

Para limitar la ganancia de calor a través de la envolvente, el cálculo del presupuesto energético debe realizarse conforme a los valores y métodos de cálculo establecidos en las normas NOM- 008-ENER-2001; cabe mencionar que, aunque es una norma NOM para uso opcional hace referencia a las normas NOM que son de aplicación obligatoria.

También en la norma viene un indicador de consumo de energía energético recomendado para edificio de oficinas dicho valor se comparará con el resultado del análisis preliminar de energía.

## **2.2 Envoltente de edificios**

La envoltente de los edificios es una variable muy importante a considerar en el diseño de los mismos, ya que de esta va a depender directamente el consumo de energía para climatización, además de que también se debe considerar una orientación adecuada en el diseño del edificio y evitar que las partes de la envoltente con cristales o ventanas eviten la trayectoria solar, y aunque en la ciudad de México la mayoría de los edificios cuentan con fachadas de cristal, ahora ya hay tecnologías con datos técnicos que ayudan a limitar la ganancia de calor por conducción y radiación; al tener una envoltente sólida y de mayor espesor podemos evitar transferencia de calor del exterior hacía el interior.

La envoltente del edificio está formada por techo, paredes, vanos, piso y superficies inferiores como lo indica la NOM-008-ENER-2001.

## **2.3 Fenestration (sistema de vidriado) o Fenestración**

En este tema nos enfocaremos a hablar de los sistemas de vidriado, que en la mayoría de las fachadas de los edificios en la CDMX nos vamos a encontrar y como sucedió en esta investigación, no fue posible obtener los datos constructivos de las fachadas y en específico de los vidrios utilizados, solo obtuvimos información con la que la administración del edificio reemplaza algún vidrio. Es importante conocer algunos conceptos básicos para poder realizar los cálculos de una forma correcta.

La fenestración o sistema de vidriado es un término arquitectónico que se refiere a la disposición, proporción y diseño de ventanas, tragaluces y puertas sistemas en un edificio. La fenestración puede servir como una conexión física y / o visual con el exterior, así como un medio para admitir la radiación solar para la luz natural y ganancia de calor a un espacio.

Los sistemas de vidriado afectan el uso de energía del edificio a través de cuatro mecanismos básicos: transferencia de calor, ganancia de calor solar, fugas de aire / ventilación / recirculación y luz natural.

La fenestración puede usarse para influir positivamente el rendimiento energético de un edificio utilizando acristalamiento y enmarcado para minimizar la pérdida de calor

por conducción (transferencia de calor), utilizando acristalamiento y estrategias de sombreado para control de la ganancia solar para complementar la calefacción y minimizar los requisitos de enfriamiento (ganancia de calor solar), especificando productos con bajas fugas de aire e integrando sistemas de vidriado hacia estrategias de ventilación natural que puedan reducir el uso de energía para aire acondicionado y requerimientos de aire exterior, utilizando la luz natural para compensar los requerimientos de iluminación

Los componentes del sistema de vidriado incluyen material de acristalamiento, ya sea vidrio o plástico; estructura, aislamiento, partesoles, barras de montaje, divisores y losas opacas para puertas; y dispositivos de sombra interiores y exteriores como persianas, cortinas, persianas enrollables, repisas solares, parrillas de metal y toldos (ASHRAE, 2017, p.345)

Para entender mejor la conformación de un vidrio para un sistema de vidriado, a continuación, se muestra la figura 15

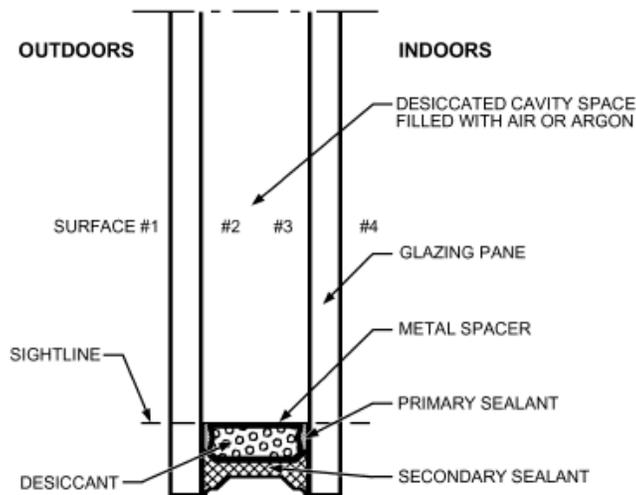


Figura 15. Detalles de construcción de unidades típicas de doble vidriado,  
Fuente: ASHRAE (2017) Handbook Fundamentals chapter 15 fenestration

Esta figura solo es un ejemplo de cómo está conformado una unidad de vidrio, hay más configuraciones, con un solo vidrio, dos o más dependiendo los requerimientos.

Para este trabajo la figura representa el tipo de vidriado con el que cuentan las fachadas de la envolvente.

Para realizar los cálculos de flujo de energía en sistemas de vidriado tenemos que saber que el flujo de energía para estos sistemas se da vía *conductiva* y *convectiva* causada por la transferencia de calor por la diferencia de temperaturas exterior e interior, también hay

*radiación* que es la energía que se emite en forma de ondas electromagnéticas (o fotones), para el caso de sistemas vidriados causada por el sol.

En la siguiente ecuación extraída del ASHRAE (2017) Handbook Fundamentals:

$$Q = UA_{pf} (T_{out} - T_{int}) + (SHGC)A_{pf}E_t + C(AL)t_{out} A_{pf}\rho C_p(T_{out} - T_{int}) \quad (1)$$

donde:

Q = Transferencia de energía instantáneo, Btu/h

U = Coeficiente global de transferencia de calor (U-factor), Btu/h·ft<sup>2</sup>·°F

A<sub>pf</sub> = Área proyectada total de vidriado, ft<sup>2</sup>

T<sub>in</sub> = Temperatura del aire interior, °F

T<sub>out</sub> = Temperatura del aire exterior, °F

SHGC = Coeficiente de ganancia de calor solar, adimensional; también conocido como g-valor en Europa

E<sub>t</sub> = irradiancia total incidente, Btu/h·ft<sup>2</sup>

C = constante, 60 min/h

AL=Fuga de aire en las condiciones actuales, cfm/ft<sup>2</sup>

ρ = densidad del aire, lbm/ft<sup>3</sup>

C<sub>p</sub> = calor específico del aire, Btu/lbm·°F

El primer término de la ecuación representa la transferencia de calor resultado de la diferencia de temperatura a través del sistema de vidriado, el segundo término representa la transferencia de calor por radiación y el último término representa la transferencia de calor causad por fuga de aire, para fines de nuestra evaluación, no será tomado en cuenta ya que el edificio evaluado está completamente sellado en sus fachadas (ASHRAE, 2017, p.348).

La ecuación anterior con excepción del último término es muy similar a las que utilizaremos en el presente trabajo e indicadas en la NOM-008-ENER-2001, la cual ahondaremos más adelante.

Hay dos términos o variables que consideramos importantes para la evaluación de la envolvente del edificio para el sistema de vidriado, los valores para “U” coeficiente global de transferencia de calor y “SHGC” coeficiente de ganancia de calor solar, que vienen

indicados en las fichas técnicas del vidrio, pero si no se tiene la ficha técnica podemos recurrir a literatura para tomar el valor correcto y realizar los cálculos de manera correcta.

Utilizando los valores de “U” y “SHGC” de las fichas técnicas de los productos causa algunos errores en el cálculo de Q. De los dos, el error más grande resulta del uso de “SHGC” de incidencia normal.

El factor “U” *coeficiente global de transferencia de calor* es un parámetro determinado de forma experimental cuyo valor depende de todas las variables que afectan la convección, como la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades del fluido y el gasto del fluido.

Para determinar el factor “U”, se puede utilizar la siguiente ecuación extraída del ASHRAE (2017) Handbook Fundamentals:

$$U_{single\ glazing} = \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_i} + \frac{L}{K}} \quad (2)$$

Donde:

$h_0, h_i$  = coeficiente de transferencia de calor de la superficie del vidrio exterior e interior respectivamente, en  $W/m^2 \cdot K$  o  $Btu/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$ .

L= espesor del vidrio, en pulgadas

K= conductividad térmica del vidrio,  $Btu \cdot in/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$

Este valor de U está relacionado con el valor de K en la NOM-008-ENER-2001.

También hay valores de “U” para el marco del sistema de vidriado, estimar la tasa de transferencia de calor es complicado debido a la cantidad de productos para el marco del sistema de vidriado, como por ejemplo madera, aluminio, acero, polímeros etc.

Para el caso del presente trabajo el factor U del marco no será tomado en cuenta, ya que la NOM-008-ENER-2001 no lo menciona, el factor U para el marco se puede considerar para etapas de diseño del sistema de vidriado del edificio, a continuación, se muestra la siguiente tabla solo como referencia:

Tabla 1. Factores representativos del marco de vidrioado en  $Btu/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$ , orientación vertical

Frame Material	Type of Spacer	Product Type/Number of Glazing Layers																
		Operable			Fixed			Garden Window		Plant-Assembled Skylight			Curtain Wall <sup>e</sup>			Sloped/Overhead Glazing <sup>e</sup>		
		1 <sup>b</sup>	2 <sup>c</sup>	3 <sup>d</sup>	1 <sup>b</sup>	2 <sup>c</sup>	3 <sup>d</sup>	1 <sup>b</sup>	2 <sup>c</sup>	1 <sup>b</sup>	2 <sup>c</sup>	3 <sup>d</sup>	1 <sup>f</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>h</sup>	1 <sup>f</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>h</sup>
Aluminum without thermal break	All	2.38	2.27	2.20	1.92	1.80	1.74	1.88	1.83	7.85	7.02	6.87	3.01	2.96	2.83	3.05	3.00	2.87
Aluminum with thermal break <sup>a</sup>	Metal	1.20	0.92	0.83	1.32	1.13	1.11			6.95	5.05	4.58	1.80	1.75	1.65	1.82	1.76	1.66
	Insulated	N/A	0.88	0.77	N/A	1.04	1.02			N/A	4.75	4.12	N/A	1.63	1.51	N/A	1.64	1.52
Aluminum-clad wood/reinforced vinyl	Metal	0.60	0.58	0.51	0.55	0.51	0.48			4.86	3.93	3.66						
	Insulated	N/A	0.55	0.48	N/A	0.48	0.44			N/A	3.75	3.43						
Wood/vinyl	Metal	0.55	0.51	0.48	0.55	0.48	0.42	0.90	0.85	2.50	2.08	1.78						
	Insulated	N/A	0.49	0.40	N/A	0.42	0.35	N/A	0.83	N/A	2.02	1.71						
Insulated fiberglass/vinyl	Metal	0.37	0.33	0.32	0.37	0.33	0.32											
	Insulated	N/A	0.32	0.26	N/A	0.32	0.26											
Structural glazing	Metal												1.80	1.27	1.04	1.82	1.28	1.05
	Insulated												N/A	1.02	0.75	N/A	1.02	0.75

*Note:* This table should only be used as an estimating tool for early phases of design.  
<sup>a</sup>Depends strongly on width of thermal break. Value given is for 3/8 in.  
<sup>b</sup>Single glazing corresponds to individual glazing unit thickness of 1/8 in. (nominal).  
<sup>c</sup>Double glazing corresponds to individual glazing unit thickness of 3/4 in. (nominal).  
<sup>d</sup>Triple glazing corresponds to individual glazing unit thickness of 1 3/8 in. (nominal).  
<sup>e</sup>Glass thickness in curtainwall and sloped/overhead glazing is 1/4 in.  
<sup>f</sup>Single glazing corresponds to individual glazing unit thickness of 1/4 in. (nominal).  
<sup>g</sup>Double glazing corresponds to individual glazing unit thickness of 1 in. (nominal).  
<sup>h</sup>Triple glazing corresponds to individual glazing unit thickness of 1 3/4 in. (nominal).  
 N/A Not applicable.

Fuente: ASHRAE (2017) Handbook Fundamentals chapter 15 fenestration

Para conocer el tipo de marco (producto) debemos conocer al menos las capas de vidrioado con el que contamos, los productos del marco más comunes se indican en la siguiente figura:

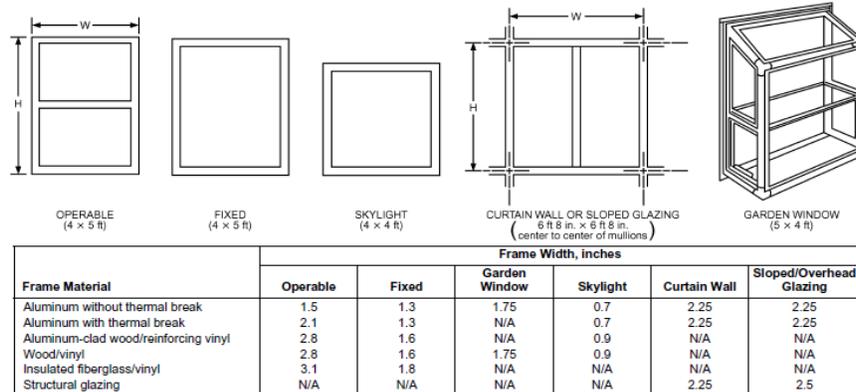


Figura 16. Detalles de construcción de unidades típicas de doble vidrioado

Fuente: ASHRAE (2017) Handbook Fundamentals chapter 15 fenestration

Al obtener la información de la configuración de la envolvente podemos identificar el tipo de marco, con la tabla 2 y la figura 16 mostrada podemos obtener el valor de “U” para el marco.

Es importante indicar que el sistema de vidrioado del presente trabajo es “Curtain Wall Construction” (Construcción de muro cortina), que es un muro de construcción exterior que no lleva cargas de techo o piso y que consiste total o principalmente en vidrio y otras superficies materiales apoyados por un marco.

Si bien la información que se vio hasta ahora indica principalmente las variables para realizar los cálculos de ganancia de calor por conducción, hay otra variable que es muy importante a

considerar en los sistemas de vidriado, y es el “SHGC” coeficiente de ganancia de calor solar que viene indicado en la mayoría de las fichas técnicas de vidrios.

Tabla 2. Valores de rendimiento del vidrio típicos

Tabla de los valores de rendimiento*1									
Espesor del vidrio		Transmisión de luz visible (VLT) <sup>2</sup>	Reflectancia de luz visible <sup>2</sup>		(W/m <sup>2</sup> K) Valor U según el Consejo Nacional de Clasificación de Cerramientos (NFRC) <sup>3</sup>		Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) <sup>4</sup>	Ganancia solar con respecto a la luz (LSG) <sup>5</sup>	
Pulgadas	mm		% en exteriores	% en interiores	Horario nocturno invernal	Argón invernal			
Sin revestimiento									
VIDRIO CLARO									
	1/8	3	90	9	9	5.91	No corresponde	0.86	1.05
	5/32	4	89	8	8	5.88	No corresponde	0.84	1.06
	3/16	5	88	8	8	5.85	No corresponde	0.83	1.06
	1/4	6	88	8	8	5.82	No corresponde	0.82	1.07
	3/8	9.5	85	8	8	5.70	No corresponde	0.76	1.12
	1/2	12	83	8	8	5.60	No corresponde	0.72	1.15
	3/4	19	79	7	8	5.38	No corresponde	0.67	1.18

Fuente: (vitro.com 2019)

En el ASHRAE (2017) Handbook Fundamentals, podemos encontrar la definición y las variables para poder realizar los cálculos del SHGC, vienen datos experimentales, ecuaciones y las variables que intervienen para el cálculo.

Para el presente trabajo, no se realizarán cálculos del SHGC, se tomará de fichas técnicas del vidrio y se comparará con la literatura para realizar los cálculos de forma correcta.

El *Coficiente de Ganancia de Calor Solar* (SHGC) es la fracción entre la cantidad total de calor ganado a través de la ventana y la energía solar radiada incidiendo en la ventana. La ganancia de calor incluye la energía solar directamente transmitida a través del vidrio más la energía solar absorbida por el vidrio y subsecuentemente radiada hacia el interior del inmueble.

El SHGC se expresa como un valor entre 0 y 1. Cuanto menor sea el SHGC de un vidrio, menor será el calor solar que transmitirá y mayor será su capacidad para producir sombra.

El SHGC ahora es utilizado en otros países para calcular la ganancia de calor por radiación en sistemas de vidriado, es importante indicar que la NOM-008-ENER-2001 utiliza el coeficiente de sombreado (SC) que es un valor diferente al SHGC la diferencia se muestra a continuación:

$$SC = \frac{\text{ganancia solar para el vidrio específico}}{\text{Ganancia solar a través de un panel de vidrio claro}} \quad (3)$$

$$SHGC = \frac{\text{ganancia solar para el vidrio específico}}{\text{flujo solar en la superficie exterior del acristalamiento}} \quad (4)$$

Ecuaciones extraídas del manual ANSI/ACCA (2016) Manual J Residential Load Calculation, 8th Edition. Arlington, VA: Air Conditioning Contractors of America, pp165

El SHGC incluye la fracción solar transmitida y la que fluye hacia adentro de la radiación solar absorbida en la ventana.

Para fines de cálculo vamos a utilizar la siguiente relación:

$SHGC = 0.86 \times SC$  y al despejar SC obtenemos:

$$SC = SHGC / 0.86$$

Hay tablas con valores determinados dependiendo la configuración del vidrio, para el caso del presente trabajo utilizaremos los valores que utiliza la NOM-008-ENER-2001 para realizar el cálculo.

Tabla 3. Resumen de propiedades de acristalamiento, valores de centro de vidrio (COG) de panel único: caso L100A

PROPERTY	VALUE	UNITS
<b>GENERAL PROPERTIES</b>		
Number of panes	1	
Pane thickness	0.118	in.
<b>SINGLE-PANE OPTICAL PROPERTIES</b>		
	(Note 1)	
Transmittance	0.837	
Reflectance	0.075	
Absorptance	0.088	
Index of refraction	1.5223	
Extinction coefficient	0.7806	/in.
Solar heat gain coefficient (SHGC)	0.857	
Shading coefficient (SC)	1.000	
Optical properties as a function of incident angle	(See Table 7-12)	
<b>THERMAL PROPERTIES</b>		
Conductivity of glass	0.520	Btu/(h ft <sup>2</sup> °F)
Conductance of glass pane (R-value)	52.881 0.019	Btu/(h ft <sup>2</sup> °F) h ft <sup>2</sup> °F/Btu
Exterior combined surface coefficient (R-value)	4.256 0.235	Btu/(h ft <sup>2</sup> °F) h ft <sup>2</sup> °F/Btu
Interior combined surface coefficient (R-value)	1.460 0.685	Btu/(h ft <sup>2</sup> °F) h ft <sup>2</sup> °F/Btu
U-value from interior air to ambient air (R-value)	1.064 0.940	Btu/(h ft <sup>2</sup> °F) h ft <sup>2</sup> °F/Btu
Hemispherical infrared emittance	0.84	
Infrared transmittance	0	
Density of glass	154	lb/ft <sup>3</sup>
Specific heat of glass	0.18	Btu/(lb °F)

Note 1: Optical properties listed in this table are for direct normal radiation.

Fuente: ANSI/ASHRAE Standard 140-2017 (2017) Standard Method of Test For The Evaluation Of Building Energy Analysis Computer Programs

En la tabla 3 se muestran las principales características de la configuración de un solo vidrio, indica un coeficiente de sombreado igual a 1 que es el valor que utiliza la NOM-001-ENER-2001 para evaluar, también se puede ver el SGHC de 0.857 que para fines de cálculo del presente trabajo utilizaremos el valor de 0.86. Cabe mencionar que hay diferentes valores, dependiendo la configuración del vidrio.

En la figura 17 se muestran las componentes de la ganancia de calor radiante solar con vidriado de doble panel, incluidas las contribuciones tanto al marco como al acristalamiento

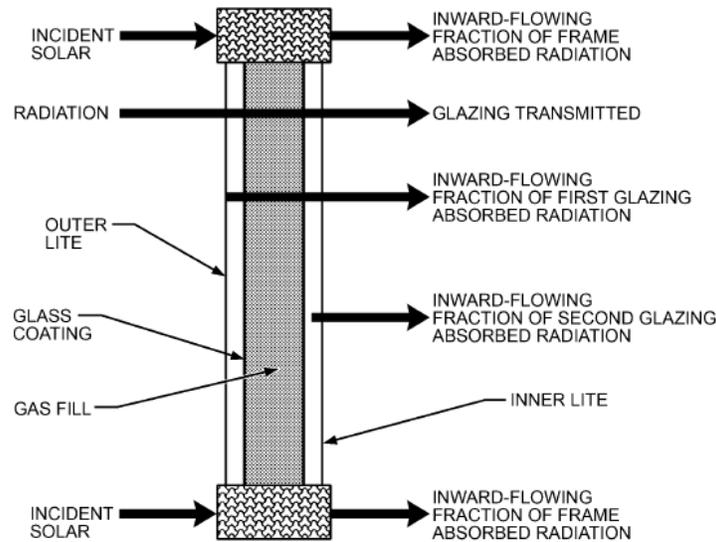


Figura 17. Componentes de la ganancia de calor radiante solar con vidriado de doble  
Fuente: ASHRAE (2017) Handbook Fundamentals chapter 15 fenestration

Para conocer los valores que intervienen en los sistemas de vidriado, hay literatura y softwares gratuitos en la web, así como información técnica dependiendo el sistema de vidriado.

## 2.4 Partes sombreadoras

Como se vio en los sistemas de vidriado entre menor sea el valor de SHGC o CS de un vidrio, será menor el calor que transmitirá, para mejorar este valor podemos recurrir a partes sombreadoras que su principal función es disminuir el área de incidencia solar en un sistema de vidriado, en general podemos encontrar una gran variedad de productos de sombreado de diferentes materiales, polímeros, madera, metal telas etc. Los más conocidos y lo podemos encontrar en interiores de edificios son cortinas de tela y persianas, cabe mencionar que ningún elemento al interior se considera en la NOM-001-ENER-2001.

Para el presente trabajo se refieren a las partes sombreadoras, al sistema constructivo en exteriores del edificio que evita la incidencia solar en el área del sistema de vidriado.

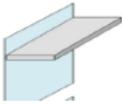
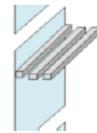
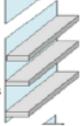
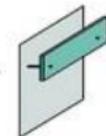
Los elementos de construcción como las ventanas remetidas, aletas laterales y volados pueden proporcionar un sombreado efectivo.

Las rejillas metálicas con rejillas fijas montadas horizontalmente en la parte superior de una ventana pueden bloquear la ganancia solar mientras dejan pasar algo de luz, evitando así los

impactos negativos de los salientes estructurales sólidos que actúan como puentes térmicos en la envoltura del edificio y reducen la luz del día.

También como sistema constructivo se pueden considerar los partesoles.

En el sistema de vidriado del edificio que se evaluará cuenta con rejillas en algunas fachadas

	<i>3D-View</i>		<i>Best Orientation</i>
<i>Overhang</i>			south, west, east
<i>Overhang Horizontal Louvers</i>			south, west, east
<i>Overhang Multiple Blades</i>			south, west, east
<i>Overhang Vertical panel</i>			south, west, east
<i>Vertical Fin</i>			west, east, north
<i>Slanted Vertical Fin</i>			west and east
<i>Eggcrate</i>			west and east

*Figura 18. Dispositivos sombreadores en exteriores*

*Fuente: IOPSCIENCE (2016) Typology of building shading elements on Jalan Sudirman corridor in Pekanbaru.*

En la figura 18 se muestran algunos de los más comunes dispositivos sombreadores externos en edificios.

## **2.5 Eficiencia energética en la envolvente de edificios: NOM-008-ENER-2001**

Como se vio en el punto 2, se ha estado hablando de eficiencia energética en edificios, envolvente del edificio y sistemas de vidriado, ya hemos abordado algunas referencias de la NOM-008-ENER-2001.

NOM-008-ENER-2001, eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, se publica en el diario oficial de la federación DOF el 25 de abril del 2001. Como es el caso para todas las normas ENER se publica con la finalidad de preservación y uso racional de los recursos energéticos.

El objetivo es limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con el objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento. Y su campo de aplicación está enfocado a todos los edificios nuevos y las ampliaciones de edificios existentes. Quedan excluidos edificios cuyo uso primordial sea industrial o habitacional, para la evaluación de la envolvente en edificios residenciales está la NOM-020-ENER-2011. Si el uso de un edificio dentro del campo de aplicación de esta Norma constituye el 90 por ciento o más del área construida, esta norma aplica a la totalidad del edificio.

En general la norma indica como realizar el cálculo de la ganancia calor por conducción y radiación en la envolvente del edificio, es decir en paredes, techo, ventanas etc. Primero debemos obtener las orientaciones de las paredes y techos de la envolvente del edificio, después debemos hacer los cálculos de las áreas de cada porción opaca y transparente, seguido obtener las propiedades de los materiales de paredes, ventanas, techo, puertas etc., también hay una variable que es el factor de corrección por sombreado exterior (SE) que afecta a las partes donde tenemos sistemas de vidriado, para esto la norma indica un método de cálculo del valor de SE, ya con esta información se puede comenzar a realizar los cálculos con las ecuaciones indicadas en la norma, se calcula la ganancia de calor por conducción en porciones transparentes y opacas de la envolvente y la ganancia por radiación en porciones transparentes de la envolvente, los cálculos se hacen para una edificio de referencia con las variables determinadas en la norma y también para el edificio proyectado o construido, cabe mencionar que hay algunas consideraciones en la norma, como por ejemplo si alguna fachada tiene colindancia con otro edificio la ganancia de calor será cero, también nos indica como considerar las paredes y techos dependiendo su ángulo de inclinación, en la norma también vienen valores del coeficiente global de transferencia de calor (K), conductividad ( $\lambda$ ) y aislamiento térmico (M) de algunos materiales utilizados en la construcción de edificios.

Ya con la información mencionada se realiza el procedimiento para evaluación de la envolvente, y los resultados nos van a indicar si el edificio cumple o no con la norma, el resultado se interpreta de la siguiente forma: si el edificio proyectado tiene menor o igual ganancia de calor que edificio de referencia se cumple con la norma, y si el edificio proyectado tiene mayor ganancia de calor que el de referencia no cumple con la norma. A continuación, se muestra un ejemplo de etiqueta cuando se cumple con la norma.



Figura 19. Ejemplo de etiqueta de eficiencia energética de la NOM-008-ENER-2001

Fuente: (gob.mx 2020)

A continuación, se indican algunas definiciones clave de la norma, que se tienen que considerar, también hay algunas que no se indican ya que fueron indicadas anteriormente. Y algunas que no se mencionan que están disponibles en la norma.

**Área construida:** Es la suma en metros cuadrados de las superficies de todos los pisos de un edificio, medidos a nivel de piso por el exterior de las paredes. No incluye área de estacionamiento.

**Coefficiente de sombreado (CS):** La razón entre el calor de radiación solar que se gana a través de un vidrio específico, al calor por radiación solar que se gana a través de un vidrio claro de 3 mm de espesor, bajo idénticas condiciones.

**Edificio; edificación:** Cualquier estructura que limita un espacio por medio de techos, paredes, piso y superficies inferiores, que requiere de un permiso o licencia de la autoridad municipal o delegacional para su construcción.

Edificio proyectado: El edificio que se pretende construir.

Edificio de referencia: Es el edificio que, conservando la misma orientación, las mismas condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación del edificio proyectado, es utilizado para determinar un presupuesto energético máximo.

Muro ligero: Es aquel construido empleando un bastidor o estructura soportante abierta, la cual se recubre en ambos lados, con tableros de material con espesores hasta de 2,5 cm, dejando al interior un espacio hueco o relleno con aislante térmico.

Muro masivo: Es aquel construido con concreto, bloque hueco de concreto, tabicón, tabique rojo recocido, bloque perforado de barro extruido, bloque o tableros de concreto celular curado con autoclave, bloque de tepetate o adobe, o materiales semejantes con espesor igual o mayor a 10 cm

Opaco: Lo que no permite pasar la luz visible.

Pared: Es la componente de la envolvente de un edificio cuya normal tiene un ángulo con respecto a la vertical mayor a 45° y hasta 135°.

Sistemas de enfriamiento: Aparato o equipo eléctrico utilizado para enfriar mecánicamente un espacio al interior de un edificio.

Superficie inferior: Es la componente de la envolvente de un edificio que tiene una superficie exterior cuya normal tiene un ángulo con respecto a la vertical mayor a 135° y hasta 180°. Comúnmente se le conoce como el piso o entrepiso del 1er. nivel habitable.

Techo: Es la componente de la envolvente de un edificio que tiene una superficie exterior cuya normal tiene un ángulo con respecto a la vertical mayor o igual a 0° y hasta 45°.

Temperatura equivalente promedio (te): Es una temperatura indicativa, de la temperatura exterior promedio, durante el periodo de uso de sistemas de enfriamiento.

Transparente y/o translúcido: Lo que permite el paso de la luz visible.

El método que indica la norma es el siguiente:

Ganancia de calor

La ganancia de calor ( $\phi_p$ ) 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 ( $\phi_r$ ), es decir:  
 $\phi_p < \phi_r$

## **2.6 Unidades verificadoras de la NOM-008-ENER-2001**

Para la verificación del cumplimiento de alguna NOM-ENER hay unidades verificadoras debidamente acreditadas y aprobadas por la CONUEE, que se encargan de la verificación o constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio o examen de documentos, que se realizan para evaluar la conformidad con una Norma Oficial Mexicana (NOM) de un sistema sujeto a este instrumento legal.

Actualmente las NOM de eficiencia energética que se verifican son las que corresponden a los sistemas de alumbrado en edificios no residenciales (NOM-007-ENER-2014), en vialidades (NOM-013-ENER-2013), así como en la envolvente de edificios residenciales (NOM-020-ENER-2011) y no residenciales (NOM-008-ENER-2001).

Dicha verificación puede ser solicitada a petición de la parte interesada a las Unidades de Verificación acreditadas y aprobadas para obtener, en su caso, los dictámenes de cumplimiento con las NOM.

El documento que se utiliza para formalizar la verificación es el Dictamen de Verificación, el cual debe ser presentado, según sea el caso, ante autoridades municipales, la empresa eléctrica y en los procesos de construcción, compra y/o renta de inmuebles para la Administración Pública Federal (APF). En particular, los dictámenes para envolvente de edificios se deben presentar ante autoridades municipales, en donde se exija expresamente el cumplimiento de las NOM (008 y/o 020), las de iluminación (007 y 013), ante la empresa eléctrica y todas las anteriores para los procesos ante la APF.

Según datos oficiales hasta marzo del 2019, se contaba con 7 unidades verificadoras de la NOM-008-ENER-2001 aprobadas por la CONUEE, de las cuales dos se encuentran en CDMX, una en Mérida Yucatán, dos en Nuevo León y dos en Villahermosa Tabasco.

Según la NOM de que se trate, un dictamen debe contener la siguiente información:

El dictamen de una norma de sistemas de envolvente de edificios considera lo siguiente:

- 1 Núm. de Dictamen y fecha de expedición
- 2 Nombre o razón social del propietario
- 3 Descripción de la edificación
- 4 Ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia
- 5 Ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado
- 6 m<sup>2</sup> de construcción
- 7 Ubicación de la edificación (calle, colonia y población, municipio o delegación, ciudad y estado, C.P., teléfono, correo electrónico)
- 8 Datos del propietario o representante (nombre, teléfono, e-mail)

- 9 Datos de la Unidad de Verificación o representante legal (nombre, firma, domicilio, teléfono, e-mail)

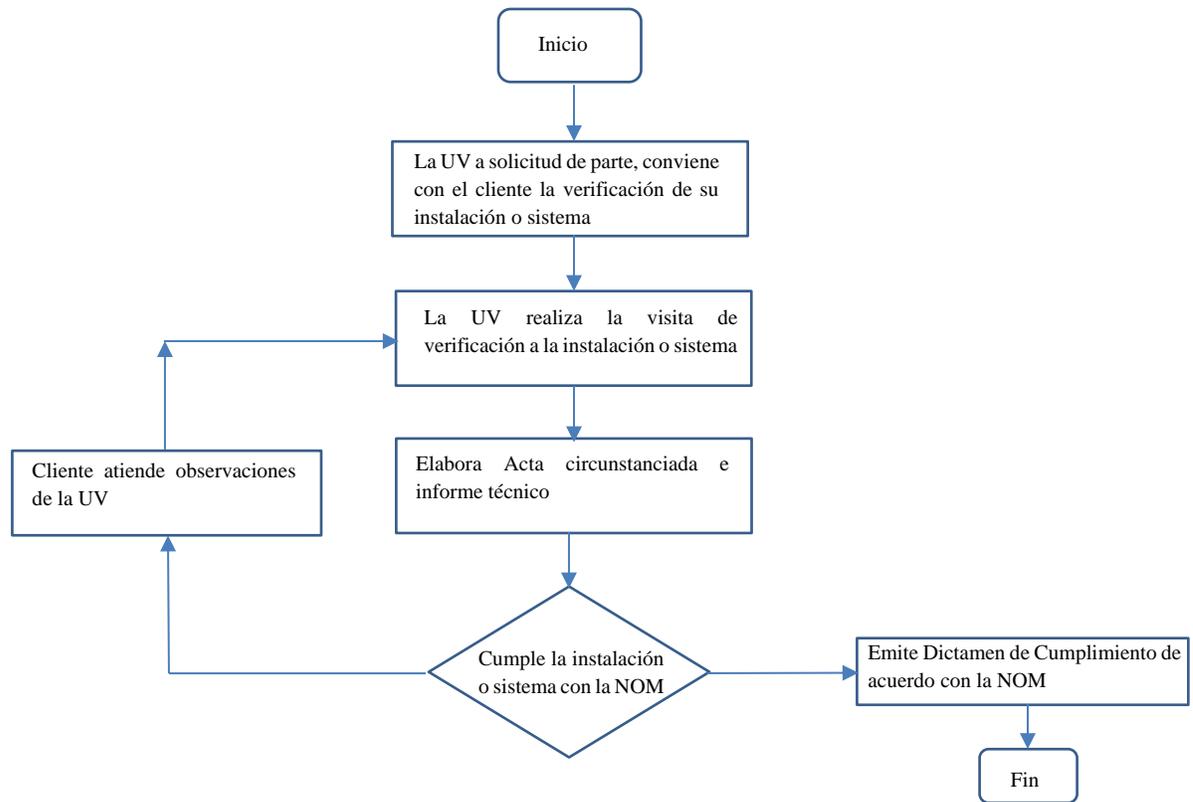


Figura. 20. Proceso de verificación de una instalación sujeta al cumplimiento de una NOM-ENER de sistema. Fuente: (CONUEE 2019)

## 2.7 Evaluación del edificio de oficinas de ICAF de acuerdo con la NOM-008-ENER-2001

Para comenzar con la evaluación, se realizó la figura 22 en donde se muestran las fachadas principales del edificio, así como su orientación geográfica.

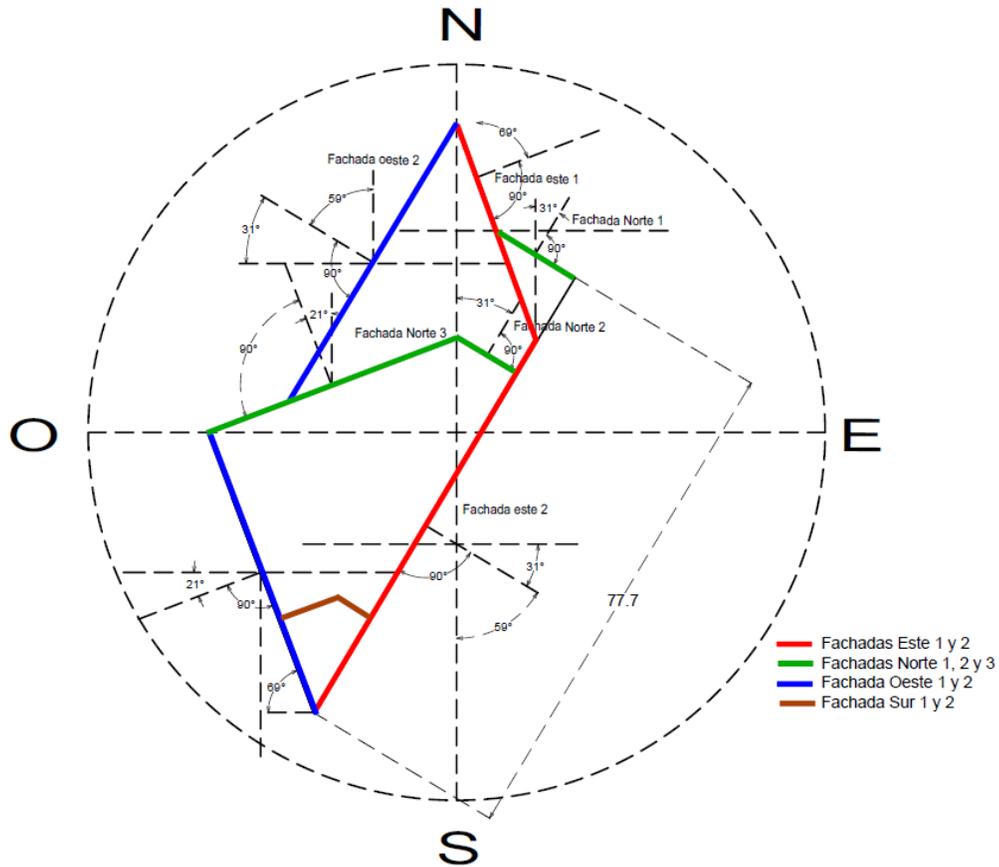


Figura 21. Orientación geográfica de fachadas del edificio de ICAF

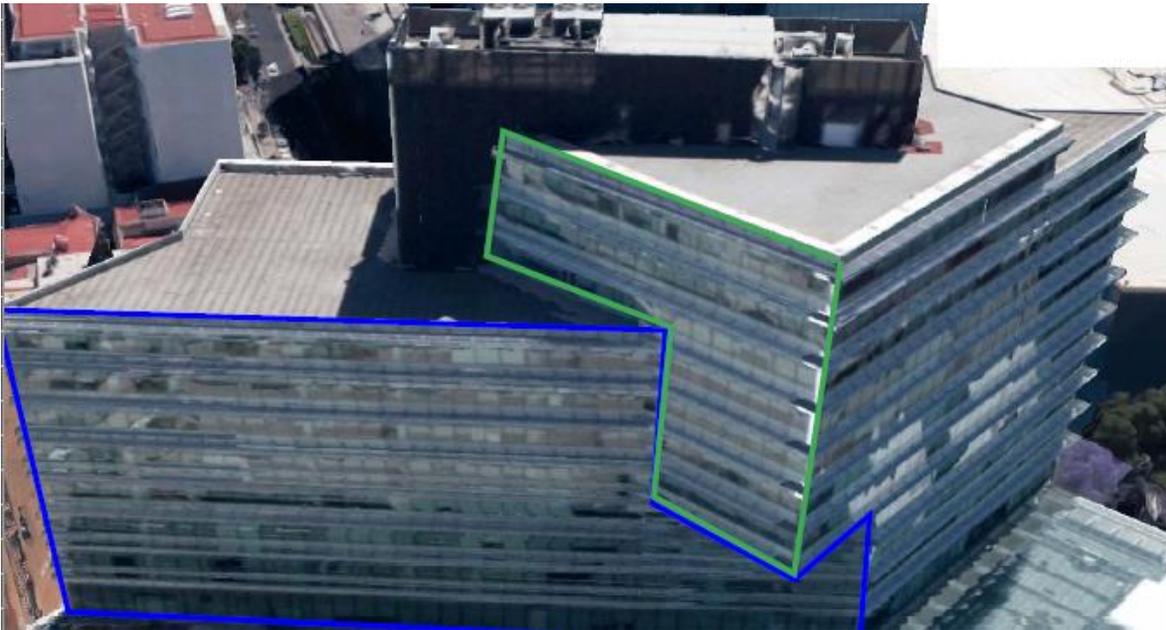
Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se muestran las fachadas geográficas del edificio, como podemos ver se muestran los ángulos que forman respecto a las normales.

Respecto a las *porciones de techo no se van a considerar ganancias de calor* debido a que solo tenemos porciones de techo para los pisos 9, 10 y 11, en las cuales hay terrazas en los pisos 9 y 10 con diferentes capas de aislamiento, donde hay áreas verdes y hay una capa de plafón de al menos medio metro de longitud del techo hacia el nivel inferior, de igual forma en el techo del piso 11 hay un pequeño cuarto de máquinas y plafón.



*Figura 22. Fachadas Este 1-2 y Norte 1-2  
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 23. Fachadas Oeste 2 y Norte 3  
Fuente: Elaboración propia*



Figura 24. Fachadas Oeste 1 y Sur 1-2



Figura 25. Fachada y partes sombreadoras Oeste 1

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 23 y 24 se muestra en las fachadas Oeste 1-2 y Norte 3 partes sombreadoras que serán consideradas en el cálculo de la ganancia de calor por radiación.

Las variables consideradas en el cálculo para los valores de “K” (coeficiente de transferencia de calor) y CS (coeficiente de sombreado) se tomaron de fichas técnicas de sistemas de vidriado, se hicieron comparaciones para tomar un valor que estuviera dentro de los valores comerciales. Esto se realizó debido a que no se tienen los planos arquitectónicos de las fachadas del edificio.

Para la “K” y “CS” del sistema de vidrio doble y cavidad de gas argón se tomó de una especificación sello FIDE No. 4150 sistema de vidrios con aislamiento térmico revisión 2, 15-feb-2012

Tabla 4. Transferencia de calor (Factor U) y Coeficiente de Ganancia de Calor Solar (CGCS) para vidrios con espesor de 6 mm (0.25 in)

Vidrio Exterior	Separador mm (in)	Vidrio Interior	Factor U Máximo W / m <sup>2</sup> K (Btu / h ft <sup>2</sup> F)	CGCS Máximo %
Verde	12 (0.5)	Claro	2.704 (0.474)	0.498
Low E A	12 (0.5)	Claro	1.657 (0.292)	0.383
Low E B	12 (0.5)	Claro	1.746 (0.308)	0.291

Fuente: FIDE (2012) Especificación sello fide sistema de vidrios con aislamiento térmico No. 4150, Rev.2

$$K=1.657 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$CS=CGCS/0.86= 0.383/0.86\sim 0.45$$

Para la “K” y “CS” del sistema de vidrio simple klare se tomó de una especificación de vidrio de la empresa “VITRO”.

Tabla 5. Valores de rendimiento de vidrio klare

Tabla de los valores de rendimiento*1									
Espesor del vidrio		Transmisión de luz visible (VLT) <sup>2</sup>	Reflectancia de luz visible <sup>2</sup>		Valor U según el Consejo Nacional de Clasificación de Cerramientos (NFRCC) <sup>3</sup> (W/m <sup>2</sup> K)		Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) <sup>4</sup>	Ganancia solar con respecto a la luz (LSG) <sup>5</sup>	
Pulgadas	mm		% en exteriores	% en interiores	Horario nocturno invernal	Argón invernal			
Sin revestimiento									
<b>VIDRIO CLARO</b>									
	1/8	3	90	9	9	5.91	No corresponde	0.86	1.05
	5/32	4	89	8	8	5.88	No corresponde	0.84	1.06
	3/16	5	88	8	8	5.85	No corresponde	0.83	1.06
	1/4	6	88	8	8	5.82	No corresponde	0.82	1.07
	3/8	9.5	85	8	8	5.70	No corresponde	0.76	1.12
	1/2	12	83	8	8	5.60	No corresponde	0.72	1.15
	3/4	19	79	7	8	5.38	No corresponde	0.67	1.18
<b>VIDRIO KLARE</b>									
	1/4	6	89	8	8	5.82	No corresponde	0.85	1.04
	3/8	9.5	88	8	8	5.69	No corresponde	0.82	1.08
➔	1/2	12	87	8	7	5.69	No corresponde	0.79	1.10

Fuente: (vitro.com 2019)

$$K=5.69 \text{ W/m}^2 \text{ K y } CS=CGCS/0.86= 0.79/0.86\sim 0.92$$

Los cálculos se realizaron de acuerdo con el formato indicado en la NOM-008-ENER-2001, como se muestra a continuación:

**1. Datos Generales****1.1. Propietario**

Nombre	ICA FLUOR DANIEL S. DE R.L. DE C.V.
Dirección	DAKOTA 95
Colonia	NAPOLIS
Ciudad	CDMX
Estado	CDMX
Código Postal	03810
Teléfono	5061700

**1.2. Ubicación de la Obra**

Nombre	OFICINA MATRIZ ICA FLUOR
Dirección	DAKOTA 95
Colonia	NAPOLIS
Ciudad	CDMX
Estado	CDMX
Código Postal	03810
Teléfono	5061700

**1.3. Unidad de Verificación** N/A**1.4 Descripción y características del Edificio a Evaluar****1.4.1 Dimensiones Generales**

		Unidades
Pisos o niveles	13	
Altura del edificio	60.2	m
Superficie	22743	m <sup>2</sup>

**1.4.2 Fachadas / Techo**

Muros	SI	Ligero
Muros	NO	masivo
Ventana	SI	
Techo	NO	

**1.4.2 Orientación de fachadas principales**

Nombre	Identificación	Nombre	Identificación
Fachada Norte 1	FN1	Fachada Oeste 1	FO1
Fachada Norte 2	FN2	Fachada Oeste 2	FO2
Fachada Norte 3	FN3	Fachada Sur 1	FS1
Fachada Este 1	FE1	Fachada Sur 2	FS2
Fachada Este 2	FE2		

**1.4.3 Notas generales**

En cálculo de reliza para cada piso, los pisos planta baja y gimnasio tienen colindancia en algunas fachadas

**2. Valores para el Cálculo de la ganancia de Calor a través de la Envolvente (\*)**

2.1 Ciudad 

Ciudad de México CDMX	
-----------------------	--

    Latitud 

19.39	-99.17
-------	--------

2.1 Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a). Techo 

32	
----	--

b). Superficie inferior 

	23
--	----

c). Muros

	Masivo	Ligero	Tragaluz y domo	19
			Ventana	20
Norte	20	26		
Este	22	28		21
Sur	21	28		21
Oeste	21	27		21

2.3. Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m2K)

Techo	0.391	Muro	2.2
Tragaluz y domo	5.952	Ventana	5.319

2.4. Factor de ganancia de calor solar "FG" (W/m2K)

Tragaluz y domo	272
Norte	102
Este	140
Sur	114
Oeste	134

2.5. Barrera para vapor

SI 

	NO
--	----

NO 

X
---

2.6. Factor de corrección de sombreado exterior (SE)

Número (**)	1-FO1	1-FO2	2-FO1	2-FO2	3-FO1	3-FO2
L/H o P/E (***)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
W/H o W/E (***)	1	1	1	1	1	1
Norte	1	1	1	1	1	1
Este/Oeste	0.96	0.96	0.93	0.93	0.93	0.93
Sur	0.93	0.93	0.90	0.90	0.90	0.90

Número (**)	4-FO1	4-FO2	5-FO1	5-FO2	6-FO1	6-FO2
L/H o P/E (***)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
W/H o W/E (***)	1	1	1	1	1	1
Norte	1	1	1	1	1	1
Este/Oeste	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Sur	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Número (**)	7-FO1	7-FO2	8-FO1	8-FO2	9-FO1	10-FO1
L/H o P/E (***)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
W/H o W/E (***)	1	1	1	1	1	1
Norte	1	1	1	1	1	1
Este/Oeste	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Sur	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Número (**)	10-FO1	11-FO1
L/H o P/E (***)	0.3	0.3
W/H o W/E (***)	1	1
Norte	1	1
Este/Oeste	0.93	0.93
Sur	0.90	0.90

Nota: El factor de corrección de sombreado exterior para ventanas orientadas al norte es 1.

Comentario: el factor de sombreado considerado es, volado sobre la ventana, con extensión lateral más allá de los límites de ésta

Tablas para determinar el Factor de Corrección de Sombreado Exterior (SE), por el uso de volados, ventanas remetidas y partesoles para diferentes orientaciones y latitudes.

Volado sobre la ventana, con extensión lateral más allá de los límites de ésta- Si se construye un volado sobre la ventana y se extiende lateralmente más allá de los límites de ésta (A), una distancia igual o mayor a la proyección del volado (L), se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección establecido en la TABLA 2.



Tabla 2. Factor de corrección de sombreado exterior (se) por el uso de volados sobre la ventana, con extensión lateral más allá de los límites de ésta

L/H	Este y Oeste		Sur	
	I(*)	II(**)	I(*)	II(**)
0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,10	0,95	0,98	0,92	0,96
0,20	0,90	0,96	0,85	0,93
0,30	0,85	0,93	0,79	0,90
0,40	0,80	0,92	0,73	0,87
0,50	0,77	0,90	0,68	0,84
0,60	0,73	0,89	0,63	0,82
0,70	0,70	0,87	0,59	0,79
0,80	0,67	0,86	0,55	0,78
1,00	0,63	0,84	0,49	0,75
1,20	0,60	0,83	0,45	0,74

(\*) ZONA I (latitud desde 33° y hasta 28°)  
 (\*\*) ZONA II (latitud menor de 28° y hasta 14°)

Nota: El factor de corrección de sombreado exterior para ventanas orientadas al norte es 1.

PISO	H	L
1	6.1	1.22
2	4	1.22
3	4	1.22
4	4	1.22
5	4	1.22
6	4	1.22
7	4	1.22
8	4	1.22
9	4	1.22
10	4	1.22
11	4	1.22

3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente(*)				
3.1 Descripción de la porción Componente de la envolvente	Muro ligero		Número	1VT
		Techo	X	Pared
Material	Espesor (m)	Conductividad Térmica (W/mK)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W)	
Convección exterior (*****)	1.0000	13.000	0.077	
Vidrio	0.0127	1.16	0.011	
Tablaroca (YESO)	0.0127	-	0.083	
Convección interior	1.0000	8.100	0.123	
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior			M Total	0.294 m <sup>2</sup> K/W
Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k)			K=1/M	3.3976 W/m <sup>2</sup> K
3.2 Descripción de la porción Componente de la envolvente	Ventana		Número	2VV
		Techo	X	Pared
Material	Espesor (m)	Conductividad Térmica (W/mK)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W)	
Convección exterior (*****)	1.0000	13.000	0.077	
Vidrio	0.006	1.16	0.005	
Aire (argón)	0.0127	0.01772	0.717	
Vidrio	0.006	1.16	0.005	
Convección interior	1.0000	8.100	0.123	
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior			M Total	0.927 m <sup>2</sup> K/W
Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k)			K=1/M	1.0782 W/m <sup>2</sup> K
3.2.1 Notas generales			U=K	1.6570 W/m <sup>2</sup> K
Se hace el cálculo solo como referencia, pero el valor de K se toma de la ficha técnica del vidrio (U)				
3.3 Descripción de la porción Componente de la envolvente	Vidrio color azul klare		Número	3 VK
		Techo	X	Pared
Material	Espesor (m)	Conductividad Térmica (W/mK)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W)	
Convección exterior (*****)	1.0000	13.000	0.077	
Vidrio	0.0127	1.16	0.011	
Convección interior	1.0000	8.100	0.123	
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior			M Total	0.211 m <sup>2</sup> K/W
Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k)			K=1/M	4.7320 W/m <sup>2</sup> K
3.3.1 Notas generales			U=K	5.6900 W/m <sup>2</sup> K
Se hace el cálculo solo como referencia, pero el valor de K se toma de la ficha técnica del vidrio (U)				

#### 4. Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

##### 4.1 Datos generales

Temperatura Interior (t)

25 °C

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)]$$

##### 4.2 Edificio de referencia

###### 4.2.1 Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Tranferencia de calor (W/m2K) [K]	Área del Edificio Proyectado (m2) [A]	Fracción de la Componente [F]	Temperatura equivalente (te)	Ganacia por conducción [K*A*F*(te-t)]
Muro Este 2-PB	2.2000	205	0.60	22	-811.8000
Ventana Este 2-PB	5.3190		0.40	21	-1744.6320
Muro Este 1-GYM	2.2000	271.88	0.60	22	-1076.6448
Ventana Este 1-GYM	5.3190		0.40	21	-2313.8076
Muro Este 2-GYM	2.2000	515.19	0.60	22	-2040.1524
Ventana Este 2-GYM	5.3190		0.40	21	-4384.4730
Muro Este 1-Piso1	2.2000	205	0.60	22	-811.8000
Ventana Este 1-Piso1	5.3190		0.40	21	-1744.6320
Muro Este 2-Piso1	2.2000	388.46	0.60	22	-1538.3016
Ventana Este 2-Piso1	5.3190		0.40	21	-3305.9500
Muro Oeste 1-Piso1	2.2000	205	0.60	21	-1082.4000
Ventana Oeste 1-Piso1	5.3190		0.40	21	-1744.6320
Muro Oeste 2-Piso 1	2.2000	388.46	0.60	21	-2051.0688
Ventana Oeste 2-Piso1	5.3190		0.40	21	-3305.9500
Muro Este 1-Piso2	2.2000	131.08	0.60	22	-519.0768
Ventana Este 1-Piso2	5.3190		0.40	21	-1115.5432
Muro Este 2-Piso2	2.2000	248.39	0.60	22	-983.6244
Ventana Este 2-Piso2	5.3190		0.40	21	-2113.8983
Muro Oeste 1-Piso 2	2.2000	131.08	0.60	21	-692.1024
Ventana Oeste 1-Piso 2	5.3190		0.40	21	-1115.5432
Muro Oeste 2-Piso 2	2.2000	248.39	0.60	21	-1311.4992
Ventana Oeste 2-Piso 2	5.3190		0.40	21	-2113.8983
Muro Este 1-Piso3	2.2000	131.08	0.60	22	-519.0768
Ventana Este 1-Piso 3	5.3190		0.40	21	-1115.5432
Muro Este 2-Piso 3	2.2000	248.39	0.60	22	-983.6244
Ventana Este 2-Piso 3	5.3190		0.40	21	-2113.8983
Muro Oeste 1-Piso 3	2.2000	131.08	0.60	21	-692.1024
Ventana Oeste 1-Piso 3	5.3190		0.40	21	-1115.5432
Muro Oeste 2-Piso 3	2.2000	248.39	0.60	21	-1311.4992
Ventana Oeste 2-Piso 3	5.3190		0.40	21	-2113.8983
Muro Este 1-Piso4	2.2000	131.08	0.60	22	-519.0768
Ventana Este 1-Piso 4	5.3190		0.40	21	-1115.5432
Muro Este 2-Piso 4	2.2000	248.39	0.60	22	-983.6244
Ventana Este 2-Piso 4	5.3190		0.40	21	-2113.8983

#### 4. Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

##### 4.1 Datos generales

Temperatura Interior (t)

25 °C

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{oi} - t)]$$

##### 4.2 Edificio de referencia

###### 4.2.1 Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Muro Oeste 1-Piso 4	2.2000	131.08	0.60	21	-692.1024
Ventana Oeste 1-Piso 4	5.3190		0.40	21	-1115.5432
Muro Oeste 2-Piso 4	2.2000	248.39	0.60	21	-1311.4992
Ventana Oeste 2-Piso 4	5.3190		0.40	21	-2113.8983

Muro Este 1-Piso 5	2.2000	65.17	0.60	22	-258.0732
Ventana Este 1-Piso 5	5.3190		0.40	21	-554.6228
Muro Norte 1-Piso 5	2.2000	51.39	0.60	20	-339.1740
Ventana Norte 1-Piso 5	5.3190		0.40	20	-546.6868
Muro Este 2-Piso 5	2.2000	288.85	0.60	22	-1143.8460
Ventana Este 2-Piso 5	5.3190		0.40	21	-2458.2290
Muro Oeste 1-Piso 5	2.2000	170.93	0.60	21	-902.5104
Ventana Oeste 1-Piso 5	5.3190		0.40	21	-1454.6827
Muro Norte 3-Piso 5	2.2000	49.9	0.60	20	-329.3400
Ventana Norte 3-Piso 5	5.3190		0.40	20	-530.8362
Muro Oeste 2-Piso 5	2.2000	184.34	0.60	21	-973.3152
Ventana Oeste 2-Piso 5	5.3190		0.40	21	-1568.8071

Muro Este 1-Piso 6	2.2000	65.17	0.60	22	-258.0732
Ventana Este 1-Piso 6	5.3190		0.40	21	-554.6228
Muro Norte 1-Piso 6	2.2000	51.39	0.60	20	-339.1740
Ventana Norte 1-Piso 6	5.3190		0.40	20	-546.6868
Muro Este 2-Piso 6	2.2000	288.85	0.60	22	-1143.8460
Ventana Este 2-Piso 6	5.3190		0.40	21	-2458.2290
Muro Oeste 1-Piso 6	2.2000	170.93	0.60	21	-902.5104
Ventana Oeste 1-Piso 6	5.3190		0.40	21	-1454.6827
Muro Norte 3-Piso 6	2.2000	49.9	0.60	20	-329.3400
Ventana Norte 3-Piso 6	5.3190		0.40	20	-530.8362
Muro Oeste 2-Piso 6	2.2000	184.34	0.60	21	-973.3152
Ventana Oeste 2-Piso 6	5.3190		0.40	21	-1568.8071

Muro Este 1-Piso 7	2.2000	65.17	0.60	22	-258.0732
Ventana Este 1-Piso 7	5.3190		0.40	21	-554.6228
Muro Norte 1-Piso 7	2.2000	51.39	0.60	20	-339.1740
Ventana Norte 1-Piso 7	5.3190		0.40	20	-546.6868
Muro Este 2-Piso 7	2.2000	288.85	0.60	22	-1143.8460
Ventana Este 2-Piso 7	5.3190		0.40	21	-2458.2290
Muro Oeste 1-Piso 7	2.2000	170.93	0.60	21	-902.5104
Ventana Oeste 1-Piso 7	5.3190		0.40	21	-1454.6827
Muro Norte 3-Piso 7	2.2000	49.9	0.60	20	-329.3400
Ventana Norte 3-Piso 7	5.3190		0.40	20	-530.8362
Muro Oeste 2-Piso 7	2.2000	184.34	0.60	21	-973.3152
Ventana Oeste 2-Piso 7	5.3190		0.40	21	-1568.8071

Muro Este 1-Piso 8	2.2000	65.17	0.60	22	-258.0732
Ventana Este 1-Piso 8	5.3190		0.40	21	-554.6228
Muro Norte 1-Piso 8	2.2000	51.39	0.60	20	-339.1740
Ventana Norte 1-Piso 8	5.3190		0.40	20	-546.6868

#### 4. Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

##### 4.1 Datos generales

Temperatura Interior (t)

25 °C

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{oi} - t)]$$

##### 4.2 Edificio de referencia

###### 4.2.1 Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Muro Este 2-Piso 8	2.2000	288.85	0.60	22	-1143.8460
Ventana Este 2-Piso 8	5.3190		0.40	21	-2458.2290
Muro Oeste 1-Piso 8	2.2000	170.93	0.60	21	-902.5104
Ventana Oeste 1-Piso 8	5.3190		0.40	21	-1454.6827
Muro Norte 3-Piso 8	2.2000	49.9	0.60	20	-329.3400
Ventana Norte 3-Piso 8	5.3190		0.40	20	-530.8362
Muro Oeste 2-Piso 8	2.2000	184.34	0.60	21	-973.3152
Ventana Oeste 2-Piso 8	5.3190		0.40	21	-1568.8071
Muro Norte 2-Piso 9	2.2000	40.59	0.60	20	-267.8940
Ventana Norte 2-Piso 9	5.3190		0.40	20	-431.7964
Muro Este 2-Piso 9	2.2000	224.56	0.60	22	-889.2576
Ventana Este 2-Piso 9	5.3190		0.40	21	-1911.0954
Muro Oeste 1-Piso 9	2.2000	170.93	0.60	21	-902.5104
Ventana Oeste 1-Piso 9	5.3190		0.40	21	-1454.6827
Muro Norte 3-Piso 9	2.2000	109.11	0.60	20	-720.1260
Ventana Norte 3-Piso 9	5.3190		0.40	20	-1160.7122
Muro Norte 2-Piso 10	2.2000	40.59	0.60	20	-267.8940
Ventana Norte 2-Piso 10	5.3190		0.40	20	-431.7964
Muro Este 2-Piso 10	2.2000	224.56	0.60	22	-889.2576
Ventana Este 2-Piso 10	5.3190		0.40	21	-1911.0954
Muro Oeste 1-Piso 10	2.2000	170.93	0.60	21	-902.5104
Ventana Oeste 1-Piso 10	5.3190		0.40	21	-1454.6827
Muro Norte 3-Piso 10	2.2000	109.11	0.60	20	-720.1260
Ventana Norte 3-Piso 10	5.3190		0.40	20	-1160.7122
Muro Norte 2-Piso 11	2.2000	40.59	0.60	20	-267.8940
Ventana Norte 2-Piso 11	5.3190		0.40	20	-431.7964
Muro Este 2-Piso 11	2.2000	154.92	0.60	22	-613.4832
Ventana Este 2-Piso 11	5.3190		0.40	21	-1318.4312
Muro Oeste 1-Piso 11	2.2000	107.62	0.60	21	-568.2336
Ventana Oeste 1-Piso 11	5.3190		0.40	21	-915.8892
Muro Norte 3-Piso 11	2.2000	109.11	0.60	20	-720.1260
Ventana Norte 3-Piso 11	5.3190		0.40	20	-1160.7122
Muro Norte Sur-Piso 11	2.2000	64.43	0.60	20	-425.2380
Ventana Sur -Piso 11	5.3190		0.40	20	-685.4063

( $\phi_{rc}$ ) SUBTOTAL -124675.6547

#### 4.2.2. Ganancias por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{rsi} = \sum_{j=1}^m [A_j \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

#### 4.2 Edificio de referencia

##### 4.2.2 Ganancias por radiación (partes transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de sombreado (CS)	Área del Edificio Proyectado (m <sup>2</sup> ) [A]	Fración de la Componente [F]	Ganacia de calor (W/m <sup>2</sup> ) [FG]	Ganacia por radiación $\phi_{rs}$ (*) [CS*A*F*FG]
Ventana Este 2-PB	1.0000	205	0.40	140	11480.0000
Ventana Este 1-GYM	1.0000	271.88	0.40	140	15225.2800
Ventana Este 2-GYM	1.0000	515.19	0.40	140	28850.6400
Ventana Este 1-Piso1	1.0000	205.00	0.40	140	11480.0000
Ventana Este 2-Piso1	1.0000	388.46	0.40	140	21753.7600
Ventana Oeste 1-Piso1	1.0000	205.00	0.40	134	10988.0000
Ventana Oeste 2-Piso1	1.0000	388.46	0.40	134	20821.4560
Ventana Este 1-Piso2	1.0000	131.08	0.40	140	7340.4800
Ventana Este 2-Piso2	1.0000	248.39	0.40	140	13909.8400
Ventana Oeste 1-Piso 2	1.0000	131.08	0.40	134	7025.8880
Ventana Oeste 2-Piso 2	1.0000	248.39	0.40	134	13313.7040
Ventana Este 1-Piso 3	1.0000	131.08	0.40	140	7340.4800
Ventana Este 2-Piso 3	1.0000	248.39	0.40	140	13909.8400
Ventana Oeste 1-Piso 3	1.0000	131.08	0.40	134	7025.8880
Ventana Oeste 2-Piso 3	1.0000	248.39	0.40	134	13313.7040
Ventana Este 1-Piso 4	1.0000	131.08	0.40	140	7340.4800
Ventana Este 2-Piso 4	1.0000	248.39	0.40	140	13909.8400
Ventana Oeste 1-Piso 4	1.0000	131.08	0.40	134	7025.8880
Ventana Oeste 2-Piso 4	1.0000	248.39	0.40	134	13313.7040
Ventana Este 1-Piso 5	1.0000	65.17	0.40	140	3649.5200
Ventana Norte 1-Piso 5	1.0000	51.39	0.40	102	2096.7120
Ventana Este 2-Piso 5	1.0000	288.85	0.40	140	16175.6000
Ventana Oeste 1-Piso 5	1.0000	170.93	0.40	134	9161.8480
Ventana Norte 3-Piso 5	1.0000	49.9	0.40	102	2035.9200
Ventana Oeste 2-Piso 5	1.0000	184.34	0.40	134	9880.6240
Ventana Este 1-Piso 6	1.0000	65.17	0.40	140	3649.5200
Ventana Norte 1-Piso 6	1.0000	51.39	0.40	102	2096.7120
Ventana Este 2-Piso 6	1.0000	288.85	0.40	140	16175.6000
Ventana Oeste 1-Piso 6	1.0000	170.93	0.40	134	9161.8480
Ventana Norte 3-Piso 6	1.0000	49.9	0.40	102	2035.9200
Ventana Oeste 2-Piso 6	1.0000	184.34	0.40	134	9880.6240
Ventana Este 1-Piso 7	1.0000	65.17	0.40	140	3649.5200

4.2.2. Ganancias por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{rsi} = \sum_{j=1}^m [ A_{ij} \times CS_j \times FG_j \times SE_{ij} ]$$

4.2 Edificio de referencia

4.2.2 Ganancias por radiación (partes transparentes)

Ventana Norte 1-Piso 7	1.0000	51.39	0.40	102	2096.7120
Ventana Este 2-Piso 7	1.0000	288.85	0.40	140	16175.6000
Ventana Oeste 1-Piso 7	1.0000	170.93	0.40	134	9161.8480
Ventana Norte 3-Piso 7	1.0000	49.9	0.40	102	2035.9200
Ventana Oeste 2-Piso 7	1.0000	184.34	0.40	134	9880.6240
Ventana Este 1-Piso 8	1.0000	65.17	0.40	140	3649.5200
Ventana Norte 1-Piso 8	1.0000	51.39	0.40	102	2096.7120
Ventana Este 2-Piso 8	1.0000	288.85	0.40	140	16175.6000
Ventana Oeste 1-Piso 8	1.0000	170.93	0.40	134	9161.8480
Ventana Norte 3-Piso 8	1.0000	49.9	0.40	102	2035.9200
Ventana Oeste 2-Piso 8	1.0000	184.34	0.40	134	9880.6240
Ventana Norte 2-Piso 9	1.0000	40.59	0.40	102	1656.0720
Ventana Este 2-Piso 9	1.0000	224.56	0.40	140	12575.3600
Ventana Oeste 1-Piso 9	1.0000	170.93	0.40	134	9161.8480
Ventana Norte 3-Piso 9	1.0000	109.11	0.40	102	4451.6880
Ventana Norte 2-Piso 10	1.0000	40.59	0.40	102	1656.0720
Ventana Este 2-Piso 10	1.0000	224.56	0.40	140	12575.3600
Ventana Oeste 1-Piso 10	1.0000	170.93	0.40	134	9161.8480
Ventana Norte 3-Piso 10	1.0000	109.11	0.40	102	4451.6880
Ventana Norte 2-Piso 11	1.0000	40.59	0.40	102	1656.0720
Ventana Este 2-Piso 11	1.0000	154.92	0.40	140	8675.5200
Ventana Oeste 1-Piso 11	1.0000	107.62	0.40	134	5768.4320
Ventana Norte 3-Piso 11	1.0000	109.11	0.40	102	4451.6880
Ventana Sur -Piso 11	1.0000	64.43	0.40	114	2938.0080

( $\phi_{rs}$ ) SUBTOTAL 496549.4240

### 4.3 Edificio proyectado

$$\phi_{\text{pct}} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{\text{ei}} - t)]$$

#### 4.3.1 Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coeficiente Global de Transferencia de Calor (k)		Área del Edificio Proyectado (m2) [A]	Temperatura equivalente (te)	Ganacia por conducción $\phi_{\text{pc}}$ [K*A*F*(te-t)]
	No de porción	Valor calc. (W/m2K)			
Muro ligero Este 2-PB	1VT	3.3976	35.34	28	360.2102
Ventana doble vid. Este 2-PB	2VV	1.657	134.32	21	-890.2730
Ventana klare Este 2-PB	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Este 1-GYM	1VT	3.3976	35.34	28	360.2102
Ventana doble vid. Este 1-GYM	2VV	1.657	201.20	21	-1333.5536
Ventana klare Este 1-PB	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Este 2-PB	1VT	3.3976	66.97	28	682.6055
Ventana doble vid. Este 2-PB	2VV	1.657	381.26	21	-2526.9913
Ventana klare Este 2-PB	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Este 1-Piso1	1VT	3.3976	35.34	28	360.2102
Ventana doble vid Este 1-Piso1	2VV	1.657	134.32	21	-890.2730
Ventana klare Este 1-Piso1	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Este 2-Piso1	1VT	3.3976	66.97	28	682.6055
Ventana doble vid Este 2-Piso1	2VV	1.657	254.53	21	-1687.0248
Ventana klare Este 2-Piso1	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Oeste 1-Piso1	1VT	3.3976	35.34	27	240.1401
Ventana doble vid Oeste 1-Piso1	2VV	1.657	134.32	21	-890.2730
Ventana klare Oeste 1-Piso1	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Oeste 2-Piso1	1VT	3.3976	66.97	27	455.0703
Ventana doble vid Oeste 2-Piso1	2VV	1.657	254.53	21	-1687.0248
Ventana klare Oeste 2-Piso1	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Este 1-Piso2	1VT	3.3976	35.34	28	360.2102
Ventana doble vid Este 1-Piso2	2VV	1.657	60.40	21	-400.3312
Ventana klare Este 1-Piso2	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Este 2-Piso2	1VT	3.3976	66.97	28	682.6055
Ventana doble vid Este 2-Piso2	2VV	1.657	114.46	21	-758.6409
Ventana klare Este 2-Piso2	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Oeste 1-Piso2	1VT	3.3976	35.34	27	240.1401
Ventana doble vid Oeste 1-Piso2	2VV	1.657	60.40	21	-400.3312
Ventana klare Oeste 1-Piso2	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Oeste 2-Piso2	1VT	3.3976	66.97	27	455.0703
Ventana doble vid Oeste 2-Piso2	2VV	1.657	114.46	21	-758.6409
Ventana klare Oeste 2-Piso2	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Este 1-Piso3	1VT	3.3976	35.34	28	360.2102
Ventana doble vid Este 1-Piso3	2VV	1.657	60.40	21	-400.3312

### 4.3 Edificio proyectado

$$\phi_{pct} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ext} - t)]$$

#### 4.3.1 Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Ventana klare Este 1-Piso3	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Este 2-Piso3	1VT	3.3976	66.97	28	682.6055
Ventana doble vid Este 2-Piso3	2VV	1.657	114.46	21	-758.6409
Ventana klare Este 2-Piso3	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Oeste 1-Piso3	1VT	3.3976	35.34	27	240.1401
Ventana doble vid Oeste 1-Piso3	2VV	1.657	60.40	21	-400.3312
Ventana klare Oeste 1-Piso3	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Oeste 2-Piso3	1VT	3.3976	66.97	27	455.0703
Ventana doble vid Oeste 2-Piso3	2VV	1.657	114.46	21	-758.6409
Ventana klare Oeste 2-Piso3	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Este 1-Piso4	1VT	3.3976	35.34	28	360.2102
Ventana doble vid Este 1-Piso4	2VV	1.657	60.40	21	-400.3312
Ventana klare Este 1-Piso4	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Este 2-Piso4	1VT	3.3976	66.97	28	682.6055
Ventana doble vid Este 2-Piso4	2VV	1.657	114.46	21	-758.6409
Ventana klare Este 2-Piso4	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Oeste 1-Piso4	1VT	3.3976	35.34	27	240.1401
Ventana doble vid Oeste 1-Piso4	2VV	1.657	60.40	21	-400.3312
Ventana klare Oeste 1-Piso4	3VK	5.69	35.34	21	-804.3384
Muro ligero Oeste 2-Piso4	1VT	3.3976	66.97	27	455.0703
Ventana doble vid Oeste 2-Piso4	2VV	1.657	114.46	21	-758.6409
Ventana klare Oeste 2-Piso4	3VK	5.69	66.97	21	-1524.2372
Muro ligero Este 1-Piso5	1VT	3.3976	17.57	28	179.0858
Ventana doble vid Este 1-Piso5	2VV	1.657	30.03	21	-199.0388
Ventana klare Este 1-Piso5	3VK	5.69	17.57	21	-399.8932
Muro ligero Norte 1-Piso 5	1VT	3.3976	13.86	26	47.0903
Ventana doble vid Norte 1-Piso 5	2VV	1.657	23.68	20	-196.1888
Ventana klare Norte 1-Piso 5	3VK	5.69	13.86	20	-394.3170
Muro ligero Este 2-Piso5	1VT	3.3976	77.51	28	790.0366
Ventana doble vid Este 2-Piso5	2VV	1.657	133.33	21	-883.7112
Ventana klare Este 2-Piso5	3VK	5.69	78.01	21	-1775.5076
Muro ligero Oeste 1-Piso5	1VT	3.3976	46.08	27	313.1199
Ventana doble vid Oeste 1-Piso5	2VV	1.657	78.76	21	-522.0213
Ventana klare Oeste 1-Piso5	3VK	5.69	46.08	21	-1048.7808
Muro ligero Norte 3-Piso 5	1VT	3.3976	13.45	26	45.6973
Ventana doble vid Norte 3-Piso 5	2VV	1.657	22.99	20	-190.4722
Ventana klare Norte 3-Piso 5	3VK	5.69	13.45	20	-382.6525
Muro ligero Oeste 2-Piso5	1VT	3.3976	49.70	27	337.7183
Ventana doble vid Oeste 2-Piso5	2VV	1.657	84.94	21	-562.9823
Ventana klare Oeste 2-Piso5	3VK	5.69	49.70	21	-1131.1720
Muro ligero Este 1-Piso6	1VT	3.3976	17.57	28	179.0858
Ventana doble vid Este 1-Piso6	2VV	1.657	30.03	21	-199.0388
Ventana klare Este 1-Piso6	3VK	5.69	17.57	21	-399.8932
Muro ligero Norte 1-Piso 6	1VT	3.3976	13.86	26	47.0903
Ventana doble vid Norte 1-Piso 6	2VV	1.657	23.68	20	-196.1888
Ventana klare Norte 1-Piso 6	3VK	5.69	13.86	20	-394.3170
Muro ligero Este 2-Piso6	1VT	3.3976	77.51	28	790.0366
Ventana doble vid Este 2-Piso6	2VV	1.657	133.33	21	-883.7112

### 4.3 Edificio proyectado

$$\phi_{pet} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ai} - t)]$$

#### 4.3.1 Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Ventana klare Este 2-Piso6	3VK	5.69	78.01	21	-1775.5076
Muro ligero Oeste 1-Piso6	1VT	3.3976	46.08	27	313.1199
Ventana doble vid Oeste 1-Piso6	2VV	1.657	78.76	21	-522.0213
Ventana klare Oeste 1-Piso6	3VK	5.69	46.08	21	-1048.7808
Muro ligero Norte 3-Piso 6	1VT	3.3976	13.45	26	45.6973
Ventana doble vid Norte 3-Piso 6	2VV	1.657	22.99	20	-190.4722
Ventana klare Norte 3-Piso 6	3VK	5.69	13.45	20	-382.6525
Muro ligero Oeste 2-Piso6	1VT	3.3976	49.70	27	337.7183
Ventana doble vid Oeste 2-Piso6	2VV	1.657	84.94	21	-562.9823
Ventana klare Oeste 2-Piso6	3VK	5.69	49.70	21	-1131.1720
Muro ligero Este 1-Piso7	1VT	3.3976	17.57	28	179.0858
Ventana doble vid Este 1-Piso7	2VV	1.657	30.03	21	-199.0388
Ventana klare Este 1-Piso7	3VK	5.69	17.57	21	-399.8932
Muro ligero Norte 1-Piso 7	1VT	3.3976	13.86	26	47.0903
Ventana doble vid Norte 1-Piso 7	2VV	1.657	23.68	20	-196.1888
Ventana klare Norte 1-Piso 7	3VK	5.69	13.86	20	-394.3170
Muro ligero Este 2-Piso 7	1VT	3.3976	77.51	28	790.0366
Ventana doble vid Este 2-Piso 7	2VV	1.657	133.33	21	-883.7112
Ventana klare Este 2-Piso 7	3VK	5.69	78.01	21	-1775.5076
Muro ligero Oeste 1-Piso 7	1VT	3.3976	46.08	27	313.1199
Ventana doble vid Oeste 1-Piso7	2VV	1.657	78.76	21	-522.0213
Ventana klare Oeste 1-Piso7	3VK	5.69	46.08	21	-1048.7808
Muro ligero Norte 3-Piso 7	1VT	3.3976	13.45	26	45.6973
Ventana doble vid Norte 3-Piso 7	2VV	1.657	22.99	20	-190.4722
Ventana klare Norte 3-Piso 7	3VK	5.69	13.45	20	-382.6525
Muro ligero Oeste 2-Piso7	1VT	3.3976	49.70	27	337.7183
Ventana doble vid Oeste 2-Piso7	2VV	1.657	84.94	21	-562.9823
Ventana klare Oeste 2-Piso7	3VK	5.69	49.70	21	-1131.1720
Muro ligero Este 1-Piso8	1VT	3.3976	17.57	28	179.0858
Ventana doble vid Este 1-Piso8	2VV	1.657	30.03	21	-199.0388
Ventana klare Este 1-Piso8	3VK	5.69	17.57	21	-399.8932
Muro ligero Norte 1-Piso 8	1VT	3.3976	13.86	26	47.0903
Ventana doble vid Norte 1-Piso 8	2VV	1.657	23.68	20	-196.1888
Ventana klare Norte 1-Piso 8	3VK	5.69	13.86	20	-394.3170
Muro ligero Este 2-Piso 8	1VT	3.3976	77.51	28	790.0366
Ventana doble vid Este 2-Piso 8	2VV	1.657	133.33	21	-883.7112
Ventana klare Este 2-Piso 8	3VK	5.69	78.01	21	-1775.5076
Muro ligero Oeste 1-Piso 8	1VT	3.3976	46.08	27	313.1199
Ventana doble vid Oeste 1-Piso8	2VV	1.657	78.76	21	-522.0213
Ventana klare Oeste 1-Piso8	3VK	5.69	46.08	21	-1048.7808
Muro ligero Norte 3-Piso 8	1VT	3.3976	13.45	26	45.6973
Ventana doble vid Norte 3-Piso 8	2VV	1.657	22.99	20	-190.4722
Ventana klare Norte 3-Piso 8	3VK	5.69	13.45	20	-382.6525
Muro ligero Oeste 2-Piso8	1VT	3.3976	49.70	27	337.7183
Ventana doble vid Oeste 2-Piso8	2VV	1.657	84.94	21	-562.9823
Ventana klare Oeste 2-Piso8	3VK	5.69	49.70	21	-1131.1720
Muro ligero Norte 2-Piso 9	1VT	3.3976	10.94	26	37.1694

### 4.3 Edificio proyectado

$$\phi_{pc} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)]$$

#### 4.3.1 Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Ventana doble vid Norte 2-Piso 9	2VV	1.657	18.70	20	-154.9295
Ventana klare Norte 2-Piso 9	3VK	5.69	10.94	20	-311.2430
Muro ligero Este 2-Piso 9	1VT	3.3976	60.54	28	617.0664
Ventana doble vid Este 2-Piso 9	2VV	1.657	103.47	21	-685.7992
Ventana klare Este 2-Piso 9	3VK	5.69	60.54	21	-1377.8904
Muro ligero Oeste 1-Piso 9	1VT	3.3976	46.08	27	313.1199
Ventana doble vid Oeste 1-Piso9	2VV	1.657	78.76	21	-522.0213
Ventana klare Oeste 1-Piso9	3VK	5.69	46.08	21	-1048.7808
Muro ligero Norte 3-Piso 9	1VT	3.3976	29.42	26	99.9565
Ventana doble vid Norte 3-Piso 9	2VV	1.657	50.28	20	-416.5698
Ventana klare Norte 3-Piso 9	3VK	5.69	29.42	20	-836.9990
Muro ligero Norte 2-Piso 10	1VT	3.3976	10.94	26	37.1694
Ventana doble vid Norte 2-Piso 10	2VV	1.657	18.70	20	-154.9295
Ventana klare Norte 2-Piso 10	3VK	5.69	10.94	20	-311.2430
Muro ligero Este 2-Piso 10	1VT	3.3976	60.54	28	617.0664
Ventana doble vid Este 2-Piso 10	2VV	1.657	103.47	21	-685.7992
Ventana klare Este 2-Piso 10	3VK	5.69	60.54	21	-1377.8904
Muro ligero Oeste 1-Piso 10	1VT	3.3976	46.08	27	313.1199
Ventana doble vid Oeste 1-Piso10	2VV	1.657	78.76	21	-522.0213
Ventana klare Oeste 1-Piso10	3VK	5.69	46.08	21	-1048.7808
Muro ligero Norte 3-Piso 10	1VT	3.3976	29.42	26	99.9565
Ventana doble vid Norte 3-Piso 10	2VV	1.657	50.28	20	-416.5698
Ventana klare Norte 3-Piso 10	3VK	5.69	29.42	20	-836.9990
Muro ligero Norte 2-Piso 11	1VT	3.3976	10.94	26	37.1694
Ventana doble vid Norte 2-Piso 11	2VV	1.657	18.70	20	-154.9295
Ventana klare Norte 2-Piso 11	3VK	5.69	10.94	20	-311.2430
Muro ligero Este 2-Piso 11	1VT	3.3976	41.77	28	425.7493
Ventana doble vid Este 2-Piso 11	2VV	1.657	71.39	21	-473.1729
Ventana klare Este 2-Piso 11	3VK	5.69	41.77	21	-950.6852
Muro ligero Oeste 1-Piso 11	1VT	3.3976	29.02	27	197.1949
Ventana doble vid Oeste 1-Piso11	2VV	1.657	49.59	21	-328.6825
Ventana klare Oeste 1-Piso11	3VK	5.69	29.02	21	-660.4952
Muro ligero Norte 3-Piso 11	1VT	3.3976	29.42	26	99.9565
Ventana doble vid Norte 3-Piso 11	2VV	1.657	50.28	20	-416.5698
Ventana klare Norte 3-Piso 11	3VK	5.69	29.42	20	-836.9990
Muro ligero Sur-Piso 11	1VT	3.3976	17.37	28	177.0473
Ventana doble vid Sur -Piso 11	2VV	1.657	29.69	21	-196.7853
Ventana klare Sur -Piso 11	3VK	5.69	17.37	21	-395.3412

(Φ pc) SUBTOTAL -66523.2204

4.3.2. Ganancias por radiación (partes transparentes)

4.2 Edificio proyectado

4.3.2 Ganancias por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{\text{psi}} = \sum_{j=1}^m [A_j \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Material	Coeficiente de sombreado (CS)	Área del Edificio Proyectado (m2) [A]	Ganacia de calor (W/m2) [FG]	Factor de sombreado exterior [SE]		Ganacia por radiación $\phi_{\text{ps}}$ (*) [CS*A*FG*SE]
					Número	Valor	
Ventana Este 2-PB	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	137.00	140.00	-	1	8631.000
Ventana Este 2-PB	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	140.00	-	1	4551.792
Ventana Este 1-GYM	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	201.20	140.00	-	1	12675.600
Ventana Este 1-GYM	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	140.00	-	1	4551.792
Ventana Este 2-GYM	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	381.26	140.00	-	1	24019.380
Ventana Este 2-GYM	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	140.00	-	1	8625.736
Ventana Este 1-Piso1	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	134.32	140.00	-	1	8462.1600
Ventana Este 1-Piso1	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	140.00	-	1	4551.7920
Ventana Este 2-Piso1	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	254.53	140.00	-	1	16035.3900
Ventana Este 2-Piso2	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	140.00	-	1	8625.7360
Ventana Oeste 1-Piso1	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	134.32	134.00	1-FO1	0.96	7775.5162
Ventana Oeste 1-Piso1	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	134.00	1-FO1	0.96	4182.4466
Ventana Oeste 2-Piso1	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	254.53	134.00	1-FO2	0.96	14734.2326
Ventana Oeste 2-Piso1	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	134.00	1-FO2	0.96	7925.8191
Ventana Este 1-Piso2	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	60.40	140.00	-	1	3805.2000
Ventana Este 1-Piso2	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	140.00	-	1	4551.7920
Ventana Este 2-Piso2	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	114.46	140.00	-	1	7210.9800
Ventana Este 2-Piso2	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	140.00	-	1	8625.7360
Ventana Oeste 1-Piso2	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	60.4	134.00	2-FO1	0.93	3387.1716
Ventana Oeste 1-Piso2	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	134.00	2-FO1	0.93	4051.7451
Ventana Oeste 2-Piso2	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	114.46	134.00	2-FO2	0.93	6418.8023
Ventana Oeste 2-Piso2	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	134.00	2-FO2	0.93	7678.1373
Ventana Este 1-Piso3	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	60.40	140.00	-	1	3805.2000
Ventana Este 1-Piso3	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	140.00	-	1	4551.7920
Ventana Este 2-Piso3	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	114.46	140.00	-	1	7210.9800
Ventana Este 2-Piso3	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	140.00	-	1	8625.7360
Ventana Oeste 1-Piso3	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	60.40	134.00	3-FO1	0.93	3387.1716
Ventana Oeste 1-Piso3	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	134.00	3-FO1	0.93	4051.7451
Ventana Oeste 2-Piso3	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	114.46	134.00	3-FO2	0.93	6418.8023
Ventana Oeste 2-Piso3	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	134.00	3-FO2	0.93	7678.1373
Ventana Este 1-Piso4	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	60.40	140.00	-	1	3805.2000
Ventana Este 1-Piso4	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	140.00	-	1	4551.7920
Ventana Este 2-Piso4	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	114.46	140.00	-	1	7210.9800

4.3.2. Ganancias por radiación (partes transparentes)

4.2 Edificio proyectado

4.3.2 Ganancias por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{\text{psi}} = \sum_{i=1}^m [A_{ij} \times CS_{ij} \times FG_{ij} \times SE_{ij}]$$

Ventana Este 2-Piso4	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	140.00	-	1	8625.7360
Ventana Oeste 1-Piso4	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	60.40	134.00	4-FO1	0.93	3387.1716
Ventana Oeste 1-Piso4	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	35.34	134.00	4-FO1	0.93	4051.7451
Ventana Oeste 2-Piso4	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	114.46	134.00	4-FO2	0.93	6418.8023
Ventana Oeste 2-Piso4	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	66.97	134.00	4-FO2	0.93	7678.1373
Ventana Este 1-Piso5	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	30.03	140.00	-	1	1891.8900
Ventana Este 1-Piso5	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	17.57	140.00	-	1	2263.0160
Ventana Norte 1-Piso5	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	23.68	102.00	-	1	1086.9120
Ventana Norte1-Piso5	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	13.86	102.00	-	1	1300.6224
Ventana Este 2-Piso5	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	133.33	140.00	-	1	8399.7900
Ventana Este 2-Piso5	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	78.01	140.00	-	1	10047.6880
Ventana Oeste 1-Piso5	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	78.76	134.00	5-FO1	0.93	4416.7820
Ventana Oeste 1-Piso5	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	46.08	134.00	5-FO1	0.93	5283.0904
Ventana Norte 3-Piso5	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	22.99	102.00	-	1	1055.2410
Ventana Norte3-Piso5	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	13.45	102.00	-	1	1262.1480
Ventana Oeste 2-Piso5	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	84.94	134.00	5-FO2	0.93	4763.3503
Ventana Oeste 2-Piso5	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	49.7	134.00	5-FO2	0.93	5698.1249
Ventana Este 1-Piso6	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	30.03	140.00	-	1	1891.8900
Ventana Este 1-Piso6	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	17.57	140.00	-	1	2263.0160
Ventana Norte 1-Piso6	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	23.68	102.00	-	1	1086.9120
Ventana Nortel-Piso6	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	13.86	102.00	-	1	1300.6224
Ventana Este 2-Piso6	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	133.33	140.00	-	1	8399.7900
Ventana Este 2-Piso6	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	78.01	140.00	-	1	10047.6880
Ventana Oeste 1-Piso6	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	78.76	134.00	6-FO1	0.93	4416.7820
Ventana Oeste 1-Piso6	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	46.08	134.00	6-FO1	0.93	5283.0904
Ventana Norte 3-Piso6	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	22.99	102.00	-	1	1055.2410
Ventana Norte3-Piso6	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	13.45	102.00	-	1	1262.1480
Ventana Oeste 2-Piso6	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	84.94	134.00	6-FO2	0.93	4763.3503
Ventana Oeste 2-Piso6	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	49.7	134.00	6-FO2	0.93	5698.1249
Ventana Este 1-Piso7	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	30.03	140.00	-	1	1891.8900
Ventana Este 1-Piso7	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	17.57	140.00	-	1	2263.0160
Ventana Norte 1-Piso7	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	23.68	102.00	-	1	1086.9120
Ventana Nortel-Piso7	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	13.86	102.00	-	1	1300.6224
Ventana Este 2-Piso7	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	133.33	140.00	-	1	8399.7900
Ventana Este 2-Piso7	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	78.01	140.00	-	1	10047.6880
Ventana Oeste 1-Piso7	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	78.76	134.00	7-FO1	0.93	4416.7820
Ventana Oeste 1-Piso7	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	46.08	134.00	7-FO1	0.93	5283.0904
Ventana Norte 3-Piso7	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	22.99	102.00	-	1	1055.2410
Ventana Norte3-Piso7	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	13.45	102.00	-	1	1262.1480
Ventana Oeste 2-Piso7	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	84.94	134.00	7-FO2	0.93	4763.3503

### 4.3.2. Ganancias por radiación (partes transparentes)

#### 4.2 Edificio proyectado

#### 4.3.2 Ganancias por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{\text{psi}} = \sum_{j=1}^m [A_j \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

Ventana Oeste 2-Piso7	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	49.7	134.00	7-FO2	0.93	5698.1249
Ventana Este 1-Piso8	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	30.03	140.00	-	1	1891.8900
Ventana Este 1-Piso8	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	17.57	140.00	-	1	2263.0160
Ventana Norte 1-Piso8	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	23.68	102.00	-	1	1086.9120
Ventana Norte1-Piso8	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	13.86	102.00	-	1	1300.6224
Ventana Este 2-Piso8	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	133.33	140.00	-	1	8399.7900
Ventana Este 2-Piso8	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	78.01	140.00	-	1	10047.6880
Ventana Oeste 1-Piso8	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	78.76	134.00	8-FO1	0.93	4416.7820
Ventana Oeste 1-Piso8	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	46.08	134.00	8-FO1	0.93	5283.0904
Ventana Norte 3-Piso8	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	22.99	102.00	-	1	1055.2410
Ventana Norte3-Piso8	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	13.45	102.00	-	1	1262.1480
Ventana Oeste 2-Piso8	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	84.94	134.00	8-FO2	0.93	4763.3503
Ventana Oeste 2-Piso8	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	49.7	134.00	8-FO2	0.93	5698.1249
Ventana Norte 2-Piso9	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	18.7	102.00	-	1	858.3300
Ventana Norte2-Piso9	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	10.94	102.00	-	1	1026.6096
Ventana Este 2-Piso9	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	103.47	140.00	-	1	6518.6100
Ventana Este 2-Piso9	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	60.54	140.00	-	1	7797.5520
Ventana Oeste 1-Piso9	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	78.76	134.00	9-FO1	0.93	4416.7820
Ventana Oeste 1-Piso9	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	46.08	134.00	9-FO1	0.93	5283.0904
Ventana Norte 3-Piso9	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	50.28	102.00	-	1	2307.8520
Ventana Norte3-Piso9	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	29.42	102.00	-	1	2760.7728
Ventana Norte 2-Piso10	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	18.7	102.00	-	1	858.3300
Ventana Norte2-Piso10	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	10.94	102.00	-	1	1026.6096
Ventana Este 2-Piso10	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	103.47	140.00	-	1	6518.6100
Ventana Este 2-Piso10	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	60.54	140.00	-	1	7797.5520
Ventana Oeste 1-Piso10	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	78.76	134.00	10-FO1	0.93	4416.7820
Ventana Oeste 1-Piso10	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	46.08	134.00	10-FO1	0.93	5283.0904
Ventana Norte 3-Piso10	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	50.28	102.00	-	1	2307.8520
Ventana Norte3-Piso10	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	29.42	102.00	-	1	2760.7728
Ventana Norte 2-Piso11	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	18.7	102.00	-	1	858.3300
Ventana Norte2-Piso11	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	10.94	102.00	-	1	1026.6096
Ventana Este 2-Piso11	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	71.39	140.00	-	1	4497.5700
Ventana Este 2-Piso11	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	41.77	140.00	-	1	5379.9760
Ventana Oeste 1-Piso11	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	49.59	134.00	11-FO1	0.93	2780.9576
Ventana Oeste 1-Piso11	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	29.02	134.00	11-FO1	0.93	3327.1546
Ventana Norte 3-Piso11	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	50.28	102.00	-	1	2307.8520
Ventana Norte3-Piso11	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	29.42	102.00	-	1	2760.7728
Ventana Sur -Piso11	Vidrio 6mm , 12.7 mm gas y vidrio 6mm	0.45	29.69	114.00	-	1	1523.0970
Ventana Sur-Piso11	Vidrio 12.7 mm klare	0.92	17.37	114.00	-	1	1821.7656

( $\phi$  ps) SUBTOTAL 542003.9886

5. Resumen del Cálculo			
5.1 Presupuesto Energético			Ganancia Total
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	$\dot{\phi}_r = \dot{\phi}_{rc} + \dot{\phi}_{rs}$ $\dot{\phi}_p = \dot{\phi}_{pc} + \dot{\phi}_{ps}$ (W)
Edificio			
Referencia	( $\dot{\phi}_{rc}$ ) -124675.6547	( $\dot{\phi}_{rs}$ ) 496549.424	( $\dot{\phi}_r$ ) 371873.7693
Proyectado	( $\dot{\phi}_{pc}$ ) -66523.22039	( $\dot{\phi}_{ps}$ ) 542003.9886	( $\dot{\phi}_p$ ) 475480.7682
5.2 Cumplimiento			
Si ( $\dot{\phi}_r > \dot{\phi}_p$ )	-	No ( $\dot{\phi}_r < \dot{\phi}_p$ )	No cumple con la NOM-008-ENER- 2001
			Ahorro de energía % -28

Como podemos ver en el cálculo el edificio no cumple y además está consumiendo 28% más energía que un edificio que cumple con la norma, en el capítulo IV se indicarán algunas propuestas para mejorar.

## **CAPÍTULO III ANALISIS PRELIMINAR DE ENERGÍA**

Para el presente trabajo se hizo un análisis preliminar de energía, no se realiza como tal un diagnóstico energético debido a la restricción de los accesos para realizar el levantamiento, derivado de la contingencia sanitaria que se vivía a causa del COVID-19, solo se hace un análisis preliminar de energía con la información que se pudo recolectar (facturación, descripción general de las instalaciones, planos de instalaciones).

### **3.1 Diagnóstico Energético**

Un diagnóstico energético es un análisis sistemático del uso y consumo de energía, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre las oportunidades para mejorar el rendimiento energético.

Basadas en las normas ISO, británicas BSI y documentos de ASHRAE, existen 3 tipos o niveles de diagnósticos o auditorías energéticas, siendo el nivel 3 como el más estricto y de mejor nivel, los niveles 1 y 2 no son estrictos y pueden ser ajustados en el alcance, según las necesidades y requerimientos del cliente.

ASHRAE recomienda un análisis preliminar de energía PEA por sus siglas en inglés, este implica un análisis de facturación para establecer un indicador del uso de energía, y así poder partir y saber si hay oportunidades de mejora, comparando con el indicador recomendado o promedio para el tipo de edificio, dicho análisis es que se realiza en el presente trabajo.

#### **Diagnóstico energético nivel o tipo 1**

Un análisis de Nivel 1 es aplicable cuando se desea establecer el potencial de ahorro de energía. Los resultados del Nivel 1 pueden usarse para desarrollar una lista de prioridades para la realización de diagnósticos de Nivel 2 y 3. Este tipo de diagnósticos es recomendable para organizaciones con bajos consumos de energía.

#### **Diagnóstico energético nivel o tipo 2**

Es un levantamiento más detallado, consumo y análisis de pico de demanda, desglose de los usos finales de la energía. Un diagnóstico energético de Nivel 2 identificará y proporcionará los ahorros y costos y análisis de todas las medidas prácticas de eficiencia energética.

#### **Diagnóstico energético nivel o tipo 3**

Este nivel de auditoría está guiado por los niveles de auditoría uno y dos, la diferencia es el detalle, en este nivel se hacen recomendaciones de estudios adicionales como termografía, pruebas adicionales, monitoreo de los usos de energía, modificaciones en la distribución de

planta, entre otros. En este nivel se hace un proyecto de inversión considerando todos los costos involucrados en la inversión.

### **3.2 Descripción de las instalaciones**

Superficie o área arrendada: Predio de 18,113 m<sup>2</sup> distribuidos en un edificio de 11 niveles y una Planta baja o recepción, y puede albergar a más de 1000 empleados, en la empresa hay rotación de personal y esto depende de los proyectos con los que cuente la empresa. El edificio solo se utiliza para realizar servicios de ingeniería de proyectos, hay estaciones de trabajo con una computadora de escritorio para cada empleado y dependiendo el nivel se puede tener una oficina. La distribución del piso 1 es el área de Recursos Humanos, salas de capacitación, cuarto de servidores e impresión y un amplio comedor, en el piso 2 está el área de contabilidad y sistemas, del piso 3 al 9 se encuentra el personal de ingeniería, jefaturas de cada disciplina y gerencias, en los pisos 10 y 11 hay gerencias y la dirección de la empresa.

En cada nivel hay estaciones de trabajo, salas de juntas y oficinas en general, la antigüedad del edificio es de 7 años.

### **3.3 Descripción de los sistemas**

ICA Fluor cuenta con una subestación tipo compacta, con un transformador de 1500 KVA para un voltaje de 23 kV/480V.

Los principales equipos consumidores de energía que se identificaron son dos unidades manejadoras de aire, una planta de tratamiento de aguas, dos torres de enfriamiento, un sistema hidroneumático de tres bombas y su tanque precargado, 7 elevadores (6 de personal y uno de carga y personal), un site o cuarto de servidores. De todos los equipos no se pudo obtener características como son capacidad y tamaño.

El sistema de aire acondicionado es utilizado en los pisos del 1 al 11, tiene un termostato con control automático, pero se observa que a veces es manipulado por los empleados, ya sea para disminuir o aumentar la temperatura interior.

El sistema de iluminación que podría representar un consumo significativo está compuesto de luminarios fluorescentes lineales T5 de un luminario y lámparas con focos ahorradores, el sistema de iluminación siempre se encuentra encendido durante todo el horario laboral, cuenta con sensores de presencia seccionados.

En cuanto a equipos misceláneos, podemos encontrar hornos de microondas, cafeteras 2 por piso, 2 dispensadores de agua por piso, y las computadoras que están instaladas y dependen del personal que esté trabajando, una pantalla de TV por piso, y cuatro impresoras por piso. En general estos son los sistemas y equipos que consumen energía.

### 3.4 Análisis de facturación

La tarifa que viene indicada en el recibo es Gran Demanda en Media Tensión Horaria “GDMTH”, para la tarifa horaria aplican diferentes precios de la energía en distintos periodos base, intermedia y punta que son los periodos de tiempo en el día, en el que en el horario base el costo de kWh es el más bajo y va incrementado hasta el más alto que es en punta.

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, días de lunes a viernes y distintos horarios.

En la tarifa GDMTH (Gran Demanda en Media Tensión Horaria.) se facturan 3 conceptos., Cargo fijo que se realiza por el servicio de suministro de energía, cargo por energía que es el principal cargo tienen los usuarios de esta tarifa, el costo por energía es por tres conceptos de consumo de energía (kWh) y se refiere a periodos horarios donde la energía es utilizada base, Intermedia y Punta, cargo por factor de potencia, bonificación o penalización por factor de potencia, si se tiene un factor de potencia superior a 90%, se obtendrá una bonificación de hasta el 2.5% del el costo de energía, si se tiene un factor de potencia menor a 90%, se tendrá una penalización de hasta 120% del costo de energía.

Para el caso de la empresa ICAF se aplica un costo de 2% por medición en baja tensión, que se incluye para el cálculo de la bonificación o penalización por factor de potencia.

También se observa que la carga conectada es de 1302 kW y la demanda contratada es de 1100 kW, lo que puede decir que ha aumentado la carga conectada a lo que se estipuló por contrato de 1100 kW.

El análisis de facturación se realizó con los recibos de 10 meses del 2019 y con el historial para el año 2018, se comparó con los costos indicados por la comisión reguladora de energía y no se encontró alguna discrepancia a considerar entre el cálculo y la facturación real de CFE.

Datos de facturación

ICA FLUOR DANIEL S DE RL DE CV, DAKOTA 95, COL.NAPOLES, CIUDAD DE MEXICO, CDMX, C.P. 03810

No de Servicio: 977111102230, Medidor: 020F3W, Multiplicador:1200, Carga conectada:1302 kW, Demanda contratada 1100 kW

Tarifa GDMTH

El factor de carga del recibo no concuerda con el calculado de enero del 2018 hasta la fecha, por lo que se reporta un FC calculado como se muestra en la tabla 4. En los demás datos no hay datos anormales entre lo facturado.

Tabla 6. Consumo de energía anual 2018 acorde al histórico de facturación de CFE

AÑO 2018						
Mes	Dem. Máx kW	Consumo total (kWh)	FP (%)	FC (%)	Precio medio (\$/kWh)*	Costo total de energía \$*
February-18	351	147903	100	63	1.4840	\$ 219,488.05
March-18	348	161144	100	62	1.6035	\$ 258,394.40
April-18	349	152078	100	61	1.6853	\$ 256,297.05
May-18	353	168047	99.99	64	1.7671	\$ 296,955.85
June-18	363	161661	99.99	63	1.9321	\$ 312,345.22
July-18	373	169517	99.99	63	2.1449	\$ 363,597.01
August-18	362	166314	99.92	60	2.4211	\$ 402,662.83
September-18	358	157231	99.67	60	2.7391	\$ 430,671.43
October-18	358	166895	99.6	63	2.7923	\$ 466,020.91
November-18	358	152168	99.67	59	2.9211	\$ 444,497.94
December-18	350	144417	99.8	55	2.7314	\$ 394,460.59
January-19	345	125499	99.66	62	2.3166	\$ 290,730.98
Promedio	356	156073	99.86	61.25	2.21154	344676.85688
Total		1872874				\$ 4,136,122.28

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se muestra el consumo promedio mensual de 156,073 kWh y un factor de potencia promedio de 99.86 lo cual causa en todos los meses del año 2018 una bonificación, también se muestra el costo total de energía antes de impuestos promedio mensual y anual, cabe señalar que a partir del análisis de facturación se obtuvo el precio medio del \$/kWh en 2.211 dato muy importante para la estimación de los ahorros, también se muestra una demanda máxima promedio de 356 kW este datos está indicado en el histórico del recibo, dato importante que podría analizarse cuando se haga un diagnóstico energético con analizador de redes.

Tabla 7. Consumo de energía anual 2019 acorde a los recibos de facturación de CFE

AÑO 2019						
Mes	Dem. Máx kW	Consumo total (kWh)	FP (%)	FC (%)	Precio medio (\$/kWh)*	Costo total de energía \$*
January-19	345	158432	99.66	62	2.3166	\$ 367,023.57
February-19	343	143158	99.63	62	2.3710	\$ 339,427.62
March-19	347	154278	99.67	60	2.3551	\$ 363,340.12
April-19	332	154883	99.68	65	2.2287	\$ 345,187.74
May-19	330	153480	99.65	63	2.2141	\$ 339,820.07
June-19	329	146921	99.69	62	2.2492	\$ 330,454.71
July-19	334	159433	99.65	64	2.2206	\$ 354,036.92
August-19	347	160749	99.61	62	2.2259	\$ 357,811.20
September-19	366	155158	99.57	59	2.2215	\$ 344,683.50
October-19	367	172978	99.37	63	2.1959	\$ 379,842.39
November-19	363	160111	99.59	61	2.2716	\$ 363,708.15
December-19	342	153606	99.77	56	2.3337	\$ 358,470.32
Promedio	345	156099	99.63	61.58	2.26699	353650.52552
Total		1873187				\$ 4,243,806.31

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se muestra el consumo promedio mensual de 156,099 kWh y un factor de potencia promedio de 99.63 lo cual causa en todos los meses del año 2019 una bonificación, también se muestra el costo total de energía antes de impuestos promedio mensual y anual,

cabe señalar que a partir del análisis de facturación se obtuvo el precio medio del \$/kWh en 2.27 dato muy importante para la estimación de los ahorros, también se muestra una demanda máxima promedio de 345 kW, dato importante que podría analizarse cuando se haga un diagnóstico energético con analizador de redes.

Como se puede ver entre los años 2018 y 2019, el consumo anual es muy parecido, para el año 2019 incrementó 2.6%, pero la demanda máxima promedio disminuyó de 356 promedio en 2018 a 346 en 2019 un 2.88% menor, con un incremento en el precio del kWh de 2.5% y el factor de carga prácticamente en los 2 años se mantiene en un promedio mensual de ~61.

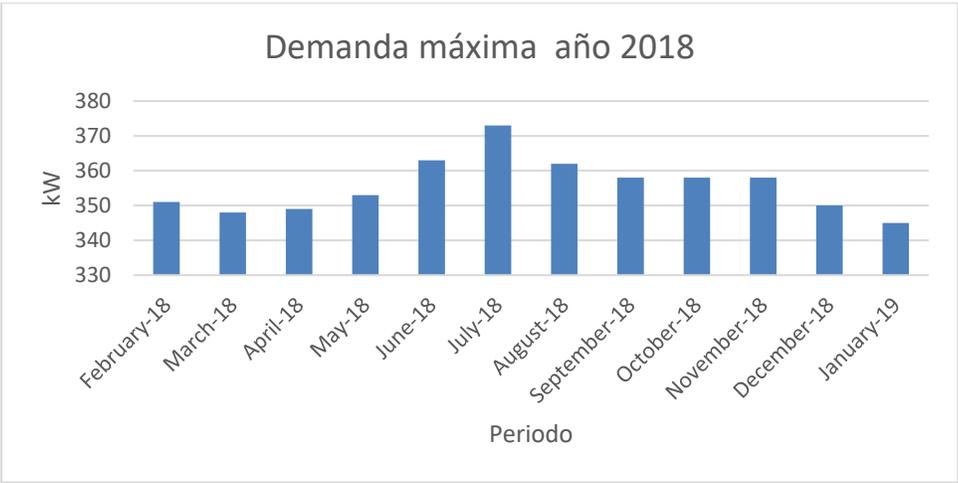


Figura 26. Demanda máxima por periodos mensuales del año 2018 acorde a la facturación de CFE Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 se muestra el comportamiento de la demanda máxima de potencia durante los 12 meses del año 2018, donde se puede observar que la demanda máxima mayor se da en el periodo de julio con un valor de 373 kW, y una demanda máxima menor de 345 kW en el periodo de enero ya del 2019, en general se mantiene en el promedio de 356 kW.

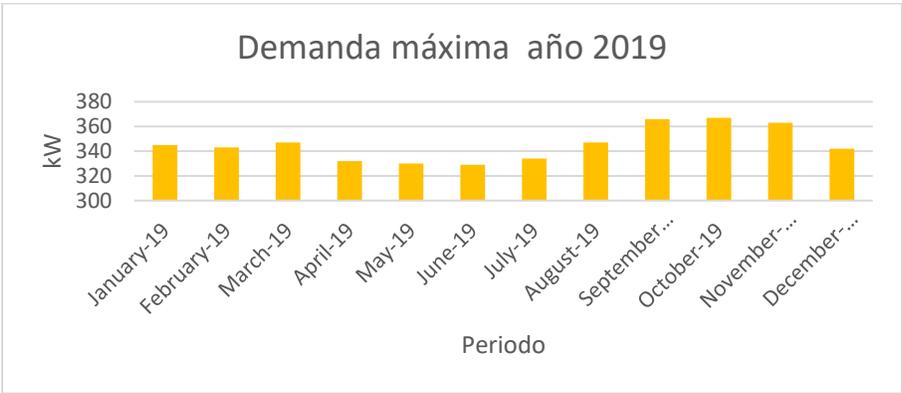


Figura 27. Demanda máxima por periodos mensuales del año 2019 acorde a la facturación de CFE Fuente: Elaboración propia

En la figura 27 se muestra el comportamiento de la demanda máxima de potencia durante los 12 meses del año 2019, donde se puede observar que la demanda máxima mayor se da en el periodo de octubre con un valor de 367 kW, y una demanda máxima menor de 329 kW en el periodo de junio, en general se mantiene en el promedio de 345 kW como ya se mencionó ligeramente menor al año 2018.

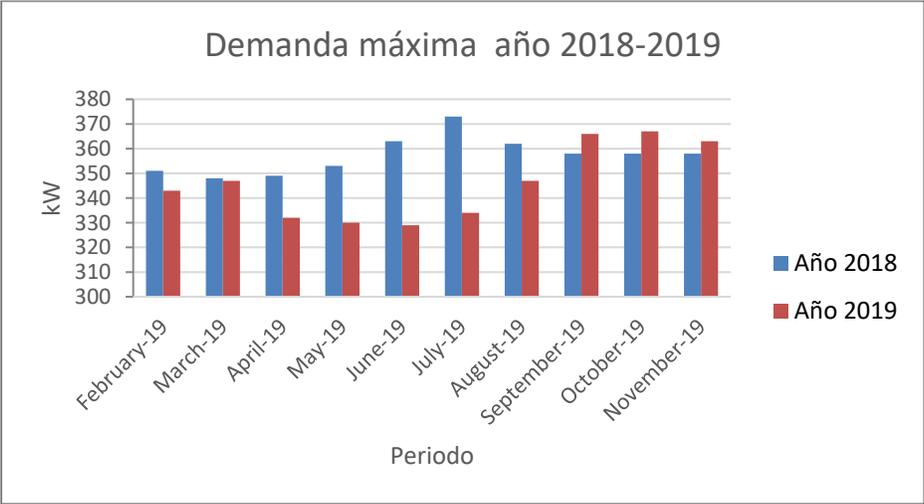


Figura 28. Demanda máxima por periodos mensuales de los años 2018 y 2019 acorde a la facturación de CFE, solo de los 10 meses de recibos que se analizaron  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 28 se puede ver mejor la disminución en la demanda máxima con respecto al año anterior 2018.

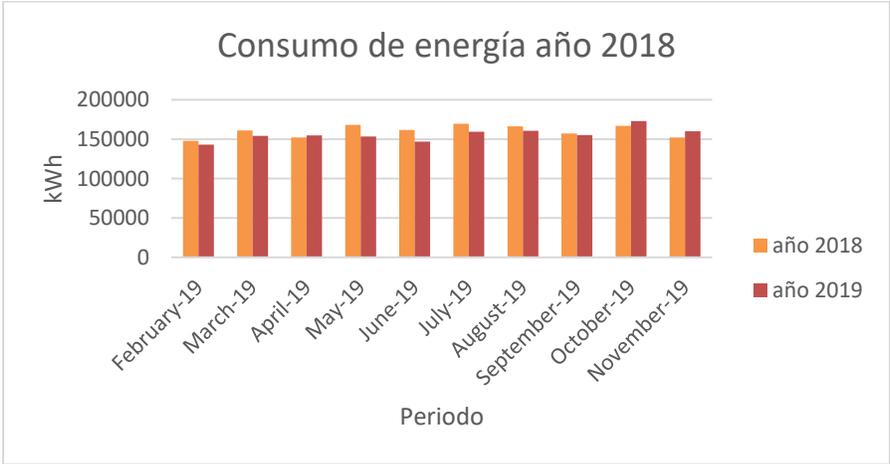


Figura 29. Consumo de energía por periodos de dos años acorde a la facturación de CFE los años 2018 y 2019, solo de los 10 meses de recibos que se analizaron  
Fuente: Elaboración propia

La figura 29 nos muestra que el consumo mensual promedio de 2018 y 2019 son muy parecidos mes con mes, lo cual es un dato importante y nos indica que el consumo de energía es constante en la empresa.

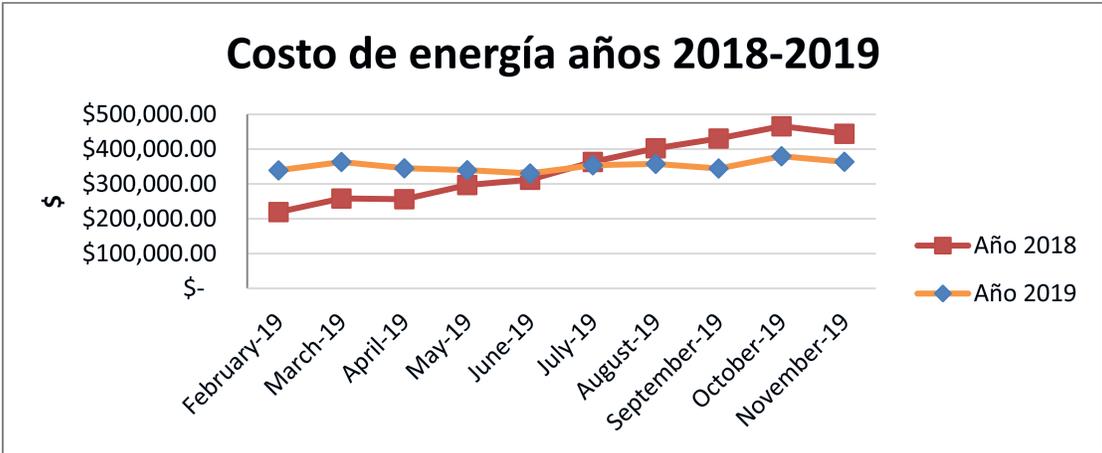


Figura 30. Costo de energía por periodos de dos años acorde a la facturación de CFE los años 2018 y 2019, incluye solamente los recibos que se analizaron  
Fuente: Elaboración propia

La figura 30 nos muestra que el costo mensual promedio por consumo de energía, a pesar de que los consumos promedios mensuales son muy parecidos, se podría indicar que de febrero a mayo del 2018 el costo del kWh era \$1.635 en promedio y en los mismos meses del 2019 el costo promedio de \$2.292 kWh, se nota la diferencia en la gráfica; el costo en 2019 se mantiene constante, y en el 2018 si fue variable debido a los incrementos en el costo del kWh.

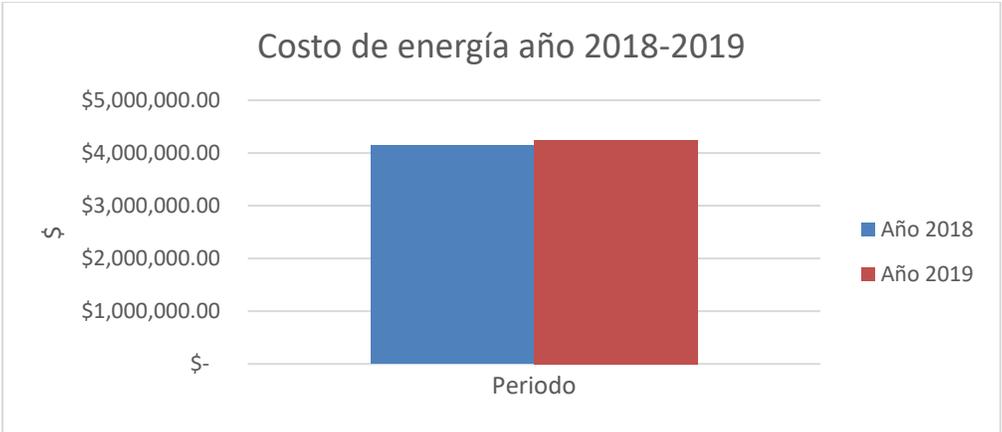


Figura 31. Costo de energía anual de dos años acorde a la facturación de CFE los años 2018 y 2019 fue normalizado  
Fuente: Elaboración propia

La figura 31 nos muestra que el costo anual promedio por consumo de energía es muy parecido en 2018 y 2019 aunque con un pequeño incremento en el 2019 que ya fue mencionado.

Como podemos ver en las figuras anteriores, el comportamiento del consumo de energía es muy parecido mes con mes y al menos en el año 2018 y 2019, no hay datos que tengamos que analizar a detalle, con excepción de la demanda máxima promedio que ha disminuido

### 3.5 Indicadores energéticos

Uno de los objetivos específicos del presente trabajo es obtener indicadores energéticos para poder compararlos con los mínimos o máximos recomendados, debido a que no se realizó como tal un diagnóstico energético los indicadores energéticos se basan principalmente en los datos de facturación de CFE de los 10 meses de recibos que se analizaron

A continuación, se muestran algunos indicadores obtenidos y comparados con algo similar:

- 1. Índice de consumo de energía eléctrica (ICEE) de 1,873,187 kWh / 18,113 m<sup>2</sup> =103.41 kWh/ m<sup>2</sup>-año**, de acuerdo con lo indicado en la tabla 8. Índices Máximos de Consumo de Energía Eléctrica (IMCEE) en inmuebles de uso de oficina, indica 80 kWh/m<sup>2</sup>-año para la zona 3A que sería la de la delegación Benito Juárez, (tabla 6).

El Índice de consumo de energía eléctrica (ICEE) de ICA Fluor de 103.41 está 30% arriba de lo recomendado para este tipo de inmuebles.

Tabla 8. Índices máximos de consumo de energía Eléctrica (IMCEE) en inmuebles de uso de oficina

Zona térmica	Índice Máximo de Consumo de Energía Eléctrica (kWh/m <sup>2</sup> -año)	
	Con acondicionamiento de aire	Sin acondicionamiento de aire
1	120	
2	90	45
3A	80	65
3B	100	75
3C	90	55
4A	75	50

Nota: Las subclasificaciones de las zonas térmicas son: A (Húmeda), B (Seca) y C (Marina).

Fuente: (gob.mx 2018)

Respecto a la recomendación de la norma NMX-AA-164-SCFI-2013 Edificación sustentable criterios y requerimientos ambientales mínimos. En la tabla 9 como se muestra a continuación:

Tabla 9. Consumo energético de referencia kWh/m<sup>2</sup>-año

Uso del edificio	Zona bioclimática			
	Cálido seco	Cálido Húmedo	Cálido Subhúmedo	Templado
Hoteles	170	200	190	120
Oficinas	120	200	105	70
Escuelas	60	70	55	40
Hospitales	260	350	240	220
Restaurantes	325	350	225	240
Centros comerciales	190	265	250	155
Tiendas de autoservicio	200	290	280	170
Otros	190	265	225	155

**NOTA 1:** Tomado de: Estrategias regionales y sectoriales para lograr un desarrollo sustentable y de baja intensidad de carbono en México. CMM

Fuente: NMX-AA-164-SCFI-2013

Para el clima templado con uso de edificio de oficinas marca un valor de 70 kWh/m<sup>2</sup>-año recomendado el valor de ICAF es de 103.41 está 48% arriba de lo recomendado para este tipo de inmuebles.

En conclusión, el indicador se podría mejorar, mejorando la eficiencia energética de la envolvente del edificio.

## CAPÍTULO IV PROPUESTAS EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO DE ENERGÍA

La propuesta general para el ahorro de energía está relacionada principalmente con la envolvente del edificio, como se indica en la descripción del edificio en específico para el tipo de ventanas utilizadas en la envolvente del edificio todas son translucidas, aunado a esto, las fichas técnicas y la información recolectada del lugar evaluado, ninguna ventana cuenta con alguna certificación o sello FIDE, también el edificio solo tiene partes sombreadoras en las fachadas Oeste del edificio.

Para realizar la propuesta para mejorar la eficiencia energética de la envolvente del edificio se han considerado las siguientes dos propuestas:

1. Para no alterar la arquitectura del edificio completamente, se propone instalar partes sombreadoras tipo “louver” en las fachadas Este del edificio solo de los pisos 1 al 11, los louvers serían de la misma forma y tamaño que los que están en las fachadas Oeste del edificio.



Figura 32. Propuesta de partes sombreadoras tipo "louvers" en la fachada Este 2



Figura 33. Propuesta de partes sombreadoras tipo "louvers" en la fachada Este 1

Fuente. Elaboración propia

En las figuras 32 y 33 se muestra la propuesta en color rojo para las partes sombreadoras tipo "louvers" en la fachada Este 2 para los pisos 1 al 11 y para la fachada Este 1 de los pisos 1 al 8.

2. Se propone sustituir la porción de los vidrios "klare" en las fachadas (Este 1, Este 2, Oeste 1 y Oeste 2), esta propuesta es para todos los niveles del edificio planta baja, gimnasio y pisos del 1 al 11. La sustitución es por un vidrio "**Low E A**" que cumpla con la especificación No. 4150 del FIDE, para los cálculos de la propuesta utilizaremos los valores indicados en la especificación No. 4150 " $K=1.657 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ " y " $CS=CGCS/0.86=0.383/0.86=\sim 0.45$ ".

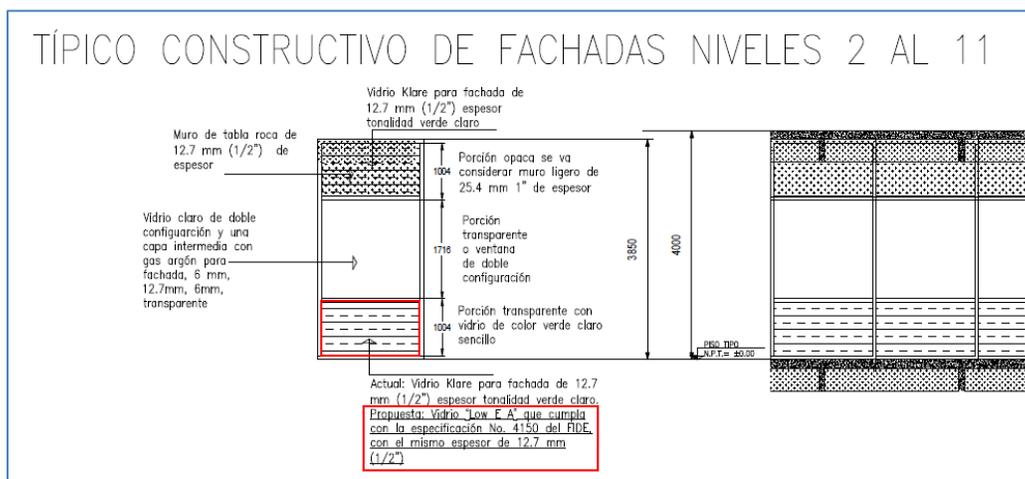
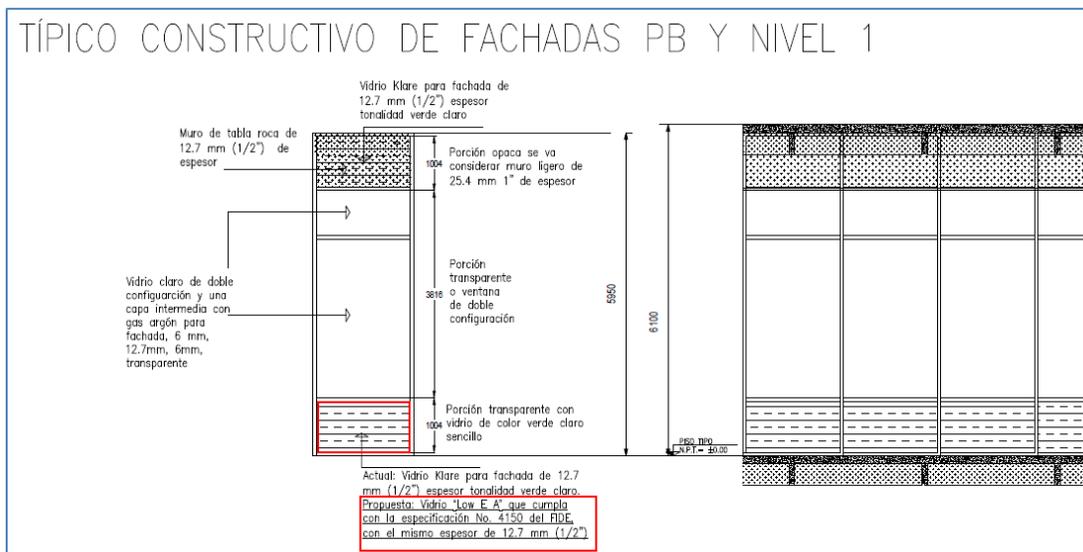
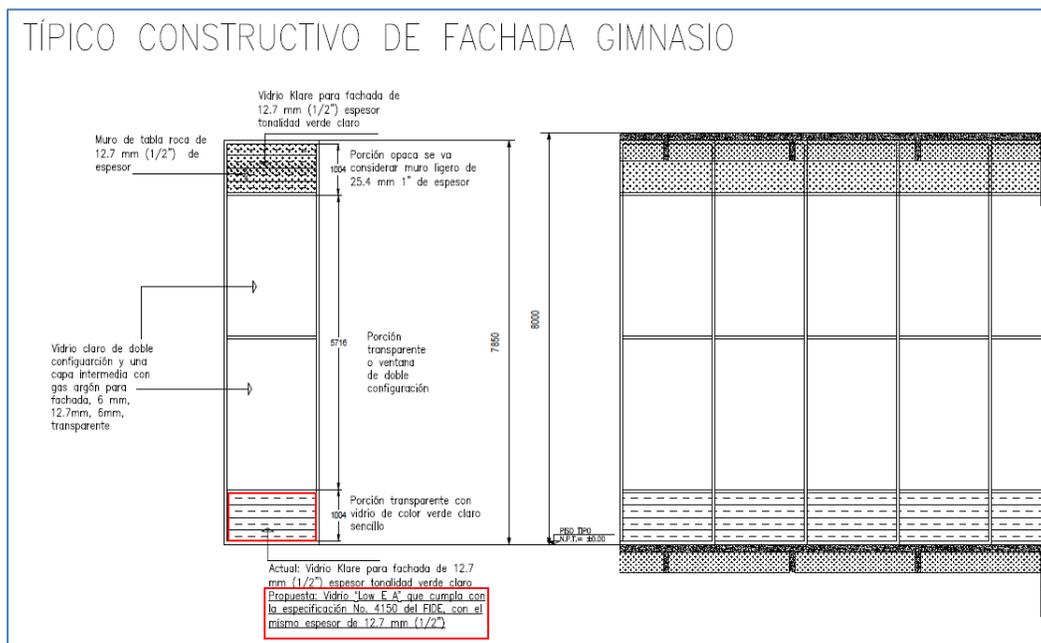


Figura 34. Propuesta para sustituir vidrio "klare" por vidrio "Low EA" fachadas pisos 2 al 11

Fuente: Elaboración propia



*Figura 35. Propuesta para sustituir vidrio "klare" por vidrio "Low EA" fachadas planta baja y piso 1*  
 Fuente: Elaboración propia



*Figura 36. Propuesta para sustituir vidrio "klare" por vidrio "Low EA" fachada gimnasio*  
 Fuente: Elaboración propia

En las figuras 34, 35 y 36 se muestra la propuesta en color rojo de sustituir el vidrio "klare" por vidrio "Low EA" de acuerdo con la especificación 4150 del FIDE, esta propuesta es para todos los niveles o pisos del edificio.

Al realizar el cálculo considerando las propuestas; de partes sombreadoras para las fachadas Este 1 y 2 en los pisos 1 al 11, y al sustituir los vidrios de las porciones “klare” por vidrio “Low EA” de acuerdo con la especificación 4150 del FIDE se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 10. Resultado del análisis con las dos propuestas de mejora mencionadas

5. Resumen del Cálculo			
5.1 Presupuesto Energético			Canancia Total
	Canancia por Conducción (W)	Canancia por Radiación (W)	$\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}$ $\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$ (W)
Edificio			
Referencia	( $\phi_{rc}$ ) -124675.6547	( $\phi_{rs}$ ) 496549.424	( $\phi_r$ ) 371873.7693
Proyectado	( $\phi_{pc}$ ) -34168.88119	( $\phi_{ps}$ ) 404710.4708	( $\phi_p$ ) 370541.5897
5.2 Cumplimiento			
Si ( $\phi_r > \phi_p$ )	Cumple con la NOM-008-ENER-2001		No ( $\phi_r < \phi_p$ )
			Ahorro de energía % 0

En la tabla 8 se muestra el resultado obtenido al implementar las dos propuestas indicadas, partes sombreadoras y sustitución de vidrio “klare” en las fachadas de los pisos y las porciones indicadas, de acuerdo con el resultado del análisis el edificio estaría en cumplimiento con la norma.

## CONCLUSIONES

El presente trabajo se limitó solo a la evaluación de la envolvente debido a las limitantes de información del edificio y al acceso limitado al edificio para poder realizar un diagnóstico energético más completo, esto derivado de la pandemia por COVID 19 que se vivía en el año 2020 que fue cuando se realizó el presente trabajo.

No se contaba con planos constructivos y arquitectónicos del edificio, especificaciones del sistema de vidriado y facturación de energía, al ser un edificio arrendado por la empresa ICA Fluor no contaba con toda la información, y en el historial de facturación solo se pudo tener acceso a 10 recibos del año 2019.

Se tuvieron que realizar dibujos de las fachadas de los diferentes pisos del edificio, realizando mediciones físicas de las dimensiones de las ventanas, se realizó una búsqueda en internet de las especificaciones de las ventanas de acuerdo con las características de estas.

El análisis de la envolvente nos indica que el edificio está consumiendo 28% más de energía, comparado con un edificio de referencia que cumple con la NOM-008-ENER-2001, esto debido al sistema de vidriado para las fachadas que en su mayoría son ventanas transparentes y opacas con colores claros, y las dos variables (Transferencia de calor (Factor U) y Coeficiente de Ganancia de Calor Solar (CGCS) son altos en comparación con lo recomendado por el FIDE en sus especificaciones para sistemas de vidriado.

Sobre el análisis de la envolvente y el indicador ICEE es muy parecido, para la envolvente el análisis con la NOM-008-ENER-2001 indicó que el edificio excede el consumo de energía en un 28% y para el indicador “Índice de consumo de energía eléctrica (ICEE)” está 30% arriba de lo recomendado para este tipo de inmuebles, si se implementarán las mejoras para la envolvente se podría evaluar en que cantidad mejoró el indicador “ICEE” del edificio.

La propuesta de mejora que se realizó fue solo para cumplir con la NOM-008-ENER-2001 e impactar lo menor posible en la arquitectura del edificio, la propuesta se basa principalmente en instalar partes sombreadoras tipo louvers en las fachadas Este del edificio, y sustituir los vidrios de la porción “klare” de las fachadas Este 1, Este 2, Oeste 1 y Oeste 2 por un vidrio “Low E A” que cumpla con la especificación No. 4150 del FIDE.

## REFERENCIAS

- ANSI/ACCA (2016) *Manual J Residential Load Calculation*, 8th Edition. Arlington, VA: Air Conditioning Contractors of America
- ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1 (2016) *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*
- ANSI/ASHRAE Standard 140-2017 (2017) *Standard Method of Test For The Evaluation Of Building Energy Analysis Computer Programs*
- ASHRAE (2017) *Handbook Fundamentals chapter 15 fenestration*
- BS EN 16247-2 (2014) *Energy audits Part 2: Building*
- Cengel, Y. (2011) *Termodinámica*. 7ª Edición. McGraw Hill
- CONUEE (2015a) *Inspección, En qué consiste la inspección de una NOM*. Gob.mx. Consultado el 25 de marzo del 2020. <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/verificacion-en-que-consiste-la-verificacion-de-una-nom>
- CONUEE (2015b) *Proceso de verificación de una instalación sujeta al cumplimiento de una NOM-ENER de sistema*. Consultado el 20 de marzo del 2020. <https://www.gob.mx/conuee/galerias/proceso-de-verificacion-de-una-instalacion-sujeta-al-cumplimiento-de-una-nom-ener-de-sistema>
- FIDE (2012) *Especificación sello fide sistema de vidrios con aislamiento térmico No. 4150, revisión 2*.
- FIDE (2016) *Especificación sello fide No. 003 películas de control solar, revisión 3*.
- Gob.mx (2016a) *DISPOSICIONES Administrativas de carácter general en materia de eficiencia energética en los inmuebles, flotas vehiculares e instalaciones industriales de la Administración Pública Federal 2016*. Dof.gob.mx. Consultado el 10 de marzo del 2020. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5431283&fecha=29/03/2016#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5431283&fecha=29/03/2016#gsc.tab=0)
- Gob.mx (2018) *DISPOSICIONES Administrativas de carácter general en materia de eficiencia energética en los inmuebles, flotas vehiculares e instalaciones industriales de la Administración Pública Federal 2018 y Lineamientos para la entrega de información por parte de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para la integración del Sistema de Información de Transición Energética*. Consultado el 12 de marzo del 2020.

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5522570&fecha=15/05/2018#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5522570&fecha=15/05/2018#gsc.tab=0)

- Gob.mx (2016b) *Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*. gob.mx. Consultado el 15 de marzo del 2020.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/617159/NOM-008.pdf>
- IEA (2018) *World Energy Outlook 2018*. Iea.org. Consultado el 20 de febrero del 2020.  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>
- IOPSCIENCE (2016) *Typology of building shading elements on Jalan Sudirman corridor in Pekanbaru*. iopscience.iop.org. Consultado el 10 de marzo del 2020. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/128/1/012029/pdf>
- IOPSCIENCE (2018) *External shading devices for energy efficient building*. iopscience.iop.org. Consultado el 03 de marzo del 2020.  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/117/1/012034/pdf>
- ISO 50002 (2014) *Energy audits — Requirements with guidance for use* (ISO International Organization for Standardization. Derechos de Autor 2014.
- ISO 52000-1 (2017) *Energy performance of buildings— Overarching EPB assessment—Part1: General framework and procedures*
- ISO 52000-2 (2017) *Energy performance of buildings— Overarching EPB assessment— Part 2: Explanation and justification of ISO 52000-1*
- Michelle C. (2011) *Guidebook to the LEED Certification Process FOR LEED FOR NEW CONSTRUCTION, LEED FOR CORE & SHELL, AND LEED FOR COMMERCIAL INTERIORS*. John Wiley & Sons, Inc.
- NMX-AA-164-SCFI-2013 (2013) *Edificación sustentable - criterios y requerimientos ambientales mínimos*
- NOM-008-ENER-2001 (2001) *Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*.
- SEDEMA (15 de marzo de 2020) *Convoca Sedema al Reto Edificios Eficientes*. Obtenido de Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno de la Ciudad de México:  
<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/convoca-sedema-al-reto-edificios-eficientes>

VITRO (2019) *Vidrio Klare*. Vitro.com. Consultado el 05 de marzo del 2020.  
<https://www.vitroglazings.com/es/productos/vidrios-neutrales/klare/>