



## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Ingeniería Eléctrica

Residencia profesional

### “DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LAS INSTALACIONES DEL COLEGIÓ DE INGENIEROS MECÁNICOS Y ELECTRICISTAS DEL ESTADO DE CHIAPAS A.C. (CIME)”

César Alejandro Carpio Estrada  
13270114

Juan Manuel Mendoza Cruz  
13270131

Asesor

Ing. Karlos Velázquez Moreno

ENERO-JUNIO 2017  
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



# ÍNDICE

## Contenido

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	4
1.2 ESTADO DEL ARTE .....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVO .....	7
1.4.1 <i>Generales</i> .....	7
1.4.2 <i>Específicos</i> .....	7
1.5 METODOLOGÍA .....	7
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO</b> .....	<b>8</b>
2.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	8
2.2 IMPORTANCIA DE LA AUDITORIA ENERGETICA .....	9
2.3 ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA.....	10
2.4 CLASIFICACIÓN DE DIAGNÓSTICOS DE ENERGÍA .....	11
2.4.1 <i>EL DIAGNÓSTICO DE NIVEL UNO O BÁSICO</i> .....	11
2.4.2 <i>EL DIAGNÓSTICO NIVEL DOS O FUNDAMENTAL</i> .....	12
2.4.3 <i>EL DIAGNÓSTICO NIVEL TRES O PRECISO</i> .....	12
2.5 METODOLOGÍA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	12
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>14</b>
<b>TARIFAS ELÉCTRICAS</b> .....	<b>14</b>
3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS .....	14
3.2 TENSIÓN DE SUMINISTRO .....	15
3.3 DESCRIPCIÓN DE LA TARIFA OM .....	17
3.3.1 <i>APLICACIÓN</i> .....	18
3.3.2 <i>MÍNIMO MENSUAL</i> .....	20
3.4 DEMANDA CONTRATADA.....	20
3.5 HORARIO .....	20
3.6 TEMPORADAS DE VERANO Y FUERA DE VERANO .....	20
3.6.1 <i>DEMANDA MAXIMA MEDIA</i> .....	20
3.6.2 <i>DEPOSITO DE GARANTIA</i> .....	21
3.7 DEMANDA FACTURABLE .....	21
3.8 CARGOS DE LA TARIA 3/OM .....	22
3.9 CONTROL DE LA DEMANDA.....	23
3.10 FACTOR DE CARGA .....	24
3.11 FACTOR DE POTENCIA .....	24
3.11.1 <i>POTENCIA</i> .....	24

3.11.2 POTENCIA ACTIVA.....	25
3.11.3 POTENCIA REACTIVA.....	25
3.11.4 POTENCIA APARENTE .....	26
3.11.5 FACTOR DE POTENCIA .....	26
3.11.6 IMPORTANCIA DEL CUIDADOD DEL FP .....	29
3.12 CARGO DE 2% POR MEDICIÓN EN SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR.....	31
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>31</b>
<b>ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL .....</b>	<b>31</b>
4.1 CLIMATIZACIÒN .....	31
4.2 CONDICIONES EXTERIORES .....	32
4.2.1 CONDICIONES DE INVIERNO .....	33
4.2.2 CONDICIONES DE VERANO .....	34
4.3 FLUJO DE CALOR POR CONDUCCIÓN .....	35
4.4 COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	36
4.5 CRISTALES MÚLTIPLES.....	40
4.6 GANANCIA POR RADIACIÓN SOLAR.....	43
4.7 CAPAS DE BAJA-EMISIVIDAD .....	47
4.8 RELLENOS DE GAS INERTE.....	49
4.9 CONDICIONES INTERIORES.....	50
4.10 SISTEMAS PASIVOS .....	51
4.11 TIPOS DE AISLAMIENTOS.....	54
4.12 SISTEMAS ACTIVOS .....	56
4.13 CLASIFICACIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS.....	58
4.13.1 EQUIPO DE VENTANA .....	62
4.13.2 EQUIPO DE UNIDADES SEPARADAS TIPO SPLIT .....	63
4.13.3 EQUIPO MINI-SPLIT.....	64
4.13.4 MINI-SPLIT TECNOLOGÍA INVERTER .....	65
4.13.5 MULTI-SPLIT .....	67
4.13.6 AUTOCONTENIDOS (CON O SIN CONDUCTOS).....	69
4.14 SELECCIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS .....	70
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>72</b>
<b>ILUMINACIÓN .....</b>	<b>72</b>
5.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN .....	72
5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ.....	73
5.3 CLASIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS .....	74
5.3.1 LÁMPARAS INCANDESCENTES .....	74
5.3.2 LÁMPARAS HALÓGENAS.....	74
5.3.3 LÁMPARAS FLUORESCENTES.....	75
5.3.4 LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO DE ALTA TENSIÓN .....	76
5.3.5 LÁMPARA DE LUZ MEZCLA.....	77
5.3.6 LÁMPARAS HALOGENUROS METÁLICAS .....	77
5.3.7 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN .....	78
5.3.8 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN .....	79
5.3.9 LÁMPARAS LED.....	81



5.4 CARACTERÍSTICA DE BALASTRO.....	82
5.5 TECNOLOGIA LEDS .....	84
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>86</b>
<b>ANÁLISIS PREVIO AL DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>86</b>
6.1 DATOS DE FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE CADA MEDIDOR .....	86
6.1.1 CARGAS INSTALADAS EN EL CIME, CHIAPAS A.C.....	87
6.1.2 COSTO MEDIO DE CADA MEDIDOR .....	88
6.1.3 COMPARATIVO DE IMPORTES DE CADA MEDIDOR .....	93
6.1.4 DEMANDA FACTURABLE POR PERÍODOS .....	96
6.1.5 CONSUMO POR PERÍODOS Y TOTAL DE CADA MEDIDOR .....	99
6.1.6 FACTOR DE POTENCIA .....	102
6.1.7 DEMANDA FACTURABLE POR CADA MEDIDOR .....	103
6.1.8 COSTO FACTURABLE POR CADA MEDIDOR .....	106
6.1.9 COSTO TOTAL VS DEMANDA FACTURABLE .....	109
6.1.10 CONSUMO TOTAL EN KWH POR MEDIDOR DEL EDIFICIO EN EL 2016.....	112
6.1.11 COSTO TOTAL DEL EDIFICIO POR MEDIDOR EN EL 2016 .....	113
6.1.12 COSTO Y CONSUMO TOTAL DEL EDIFICIO EN EL 2016 .....	114
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>116</b>
<b>PROPUESTAS DE AHORRO .....</b>	<b>116</b>
7.1 INTRODUCCION A TARIFAS ELECTRICAS.....	116
7.1.1 TARIFA OM CON DEMANDA MENOR DE 100 KW .....	116
7.1.2 FACTOR DE CARGA .....	117
7.1.3 CONTROL DE DEMANDA.....	117
7.1.4 FACTOR DE POTENCIA .....	118
7.1.5 FACTURACION BASICA.....	119
7.1.6 REGIONES DE TARIFAS EN CFE EN MEXICO .....	120
7.2 PROPUESTA DEL CAMBIO DE TARIA 2 A TARIFA OM.....	121
7.3 IMPLEMENTACION DE SUBESTACION DE 75 KVA.....	123
7.4 PROPUESTA DE CENSO DE CARGA DE ILUMINACIÓN .....	124
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>131</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>131</b>
8.1 INTRODUCCIÓN .....	131
8.2 cONCLUSIÓN SOBRE LA PROPUESTA DE AHORRO SUBESTACION ELECTRICA.....	131
8.3 RECOMENDACIONES.....	131
ANEXOS.....	133
REFERENCIAS.....	155

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Desde hace más de dos décadas, la entonces Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) estableció las primeras obligaciones de registro de instalaciones y de reporte de consumos de energía en edificios públicos. Estos trabajos se han mantenido, hasta la fecha, bajo mecanismos que han venido modificándose sin grandes cambios.

El cambio climático constituye actualmente la mayor amenaza ambiental de este siglo, un hecho hoy día reconocido por gobiernos, científicos, empresas y organizaciones de todo tipo. Aunque la variación del clima constituye un fenómeno natural, el problema al que nos enfrentamos es que esta variación se está viendo acelerada como consecuencia del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) originadas por la actividad humana.

El principal gas de efecto invernadero emitido por el hombre es el dióxido de carbono o CO<sub>2</sub>, procedente en su mayor parte de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y utilizados principalmente en la producción de energía y en el transporte.

Según estimaciones del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), al ritmo de crecimiento actual sólo tardaremos 35 años en duplicar el consumo mundial de energía y menos de 55 años en triplicarlo.

El ahorro de la energía en todas sus manifestaciones, en los últimos años ha jugado un papel de suma importancia dentro del desarrollo de la humanidad. Sin embargo, en México los índices energéticos (producción entre unidad de energía), siguen siendo altos comparados contra los respectivos valores de los países altamente industrializados, el mejorar estos índices depende de aprovechar al máximo la energía que se requiere en los procesos de producción.

Probablemente la parte de mayor relevancia para el ahorro de energía sea el diagnóstico energético, puesto que de la certeza y atención en que sea desarrollado dependerá en gran medida el éxito de las acciones que posteriormente sean emprendidas. Por el contrario, el pretender ahorrar energía sin haber pasado antes por un diagnóstico energético suele llevar a estrepitosos fracasos.

Particularmente en México, la energía eléctrica proviene de la quema del petróleo en más del 70%, según la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Lang, 2010). Esta situación presenta problemas graves, es decir, acabamos con nuestros recursos naturales no renovables, dañamos a la atmósfera debido a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Durante los últimos años, tanto las empresas como las instituciones han visto que la energía ha pasado de representar un factor marginal en sus costos operativos a ser un rubro importante y trascendental dentro de su operatividad. Debido al incremento constante en los precios de la energía eléctrica, se han tratado de disminuir los consumos o por lo menos mantenerlos en su mismo nivel.

Para ello, es preciso conocer claramente el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los lugares que conforman a una industria; o más específicamente los edificios, como empresas e instituciones, más directamente el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del estado de Chiapas; y así determinar las acciones pertinentes para abatir los costos por concepto de consumo de energía sin afectar la calidad, funcionalidad y comodidad ya existente.

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez es una región que cuenta con la existencia de grandes extensiones de terreno que en algunas ocasiones son destinadas a la construcción de edificaciones como: Empresas Industriales, Comercial, Universidades e incluso colegios como es el CIME, Chiapas que se encargan de promover la superación profesional, científica, técnica, económica, social y cultural de los Ingenieros de la especialidad.

Es conveniente realizar la auditoria energética del CIME Chiapas A. C, para verificar que las áreas que las constituyen cumplan con la normas. Por ende al analizar el resultado de cada área sabremos si existe un gasto elevado y desconsiderado de energía eléctrica, además de incentivar a realizar el mantenimiento adecuado de los equipos debido a que por la falta de esto la vida útil de ellos disminuye. Sin embargo, si de los resultados que se obtenga a partir del estudio, se concluye que los niveles de consumo no son los adecuados para cada área, se hará un protocolo del sistema con nuevas tecnologías para promover el ahorro de energía y a largo plazo disminuir el gasto económico de la empresa.

## **1.2 ESTADO DEL ARTE**

De acuerdo con Taylor et al. (2011) la EE trae mejoras para la industria, pues mejora su rentabilidad, productividad y competitividad a través de la disminución de los costos, además de que reduce los impactos que causan cambios climáticos.

Para Bennett & Wells (2002) la EE mejora la competitividad de las empresas toda vez que con su implementación se pueden planificar y controlar los potenciales efectos de la disponibilidad de la energía y su costo.

Según Rusell (2003) la importancia de la eficiencia energética no está basada solamente en la disminución de los costos de producción, sino también en el uso racional de la energía, pues la falta de ella junto con los desperdicios de materia prima y los recursos ociosos, puede detener la producción y afectar la rentabilidad de la empresa.

En una auditoria proporciona información sobre el consumo de energía tanto eléctrica como térmica por áreas funcionales o procesos específicos de operación, es decir se detecta los subsistemas de mayor desperdicio energético. Este nivel provee datos

acerca del ahorro de energía y en consecuencia de reducción de costos, como consecuencia de su realización se obtiene una cartera de proyectos de aplicación, logrando de esta forma dirigir el camino de las metas para ahorro energético.

Es el más útil para conocer los potenciales de ahorro de energía de una instalación. Estos se cualifican y se cuantifican. Se analiza entre el 75 y 80% de los consumidores energéticos, dando prioridad a los de potencia superior y mayor tiempo de utilización. En la aplicación del diagnóstico, a este nivel, será importante contar con los equipos e instrumentos necesarios para la evaluación de parámetros energéticos que conlleven a determinar los potenciales de ahorro de energía.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Ala problemática ya presentada algunas soluciones para el problema de desabasto de energía los gobiernos de los países apuestan su futuro en dos estrategias: la primera es la búsqueda y aprovechamiento de fuentes de energía renovable, tales como la energía eólica, solar y biomasa principalmente; la segunda estrategia es la cultura del uso eficiente de energía, es decir, la disminución del consumo energético al implementar estrategias de uso inteligente de energía con la finalidad de utilizar menos energía sin afectar la seguridad, la comodidad y la productividad de los usuarios.

La administración de la energía en cualquiera de sus manifestaciones, repercute directamente en los costos de producción, el proceso de administración de los recursos energéticos, consiste en la aplicación de las diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia en el uso de estos; es decir, utilizar de manera óptima y adecuada cada energético en la planta industrial, edificio comercial, colegio, hospital entre otros.

Así como las auditorías contables nos aseguran que nuestros costos y utilidades estén bien distribuidos, ya que una auditoría en general es una evaluación y diagnóstico de cómo nos encontramos en la materia que analizamos, también debemos aplicar esto a nuestros consumos energéticos.

Cualquier plan de reducción de costos energéticos que queramos implementar debe comenzar con un conocimiento de cómo nos encontramos actualmente consumiendo nuestra energía. En base a esta información real, podemos planificar la manera de ahorrar energía.

Este estudio debe incluir la confección del diagrama unifilar de distribución de cargas eléctricas al interior de nuestra planta y/o edificación, con mediciones o con lecturas de medidores ya instalados, así también debe incluir un análisis de los últimos doce meses como mínimo de consumos y de indicadores energéticos y una observación completa de nuestras instalaciones y proceso productivo, con la finalidad de saber si estamos mejorando, nos mantenemos, o tal vez estamos empeorando en cuanto a costos energéticos.

Así mismo el ahorro de energía contribuye a gastos necesarios que pueden ser invertidos en la formación académica de los mismos colegiados, en equipos necesarios de gran utilización, en la creación de nueva edificación, así mismo en el confort del personal administrativo y no solo aplica para esto; si no también ayuda al

fuerte impacto de la contaminación ambiental que ha tenido un alto índice de contaminación obteniendo una mejora al índice de radiación solar.

## **1.4 OBJETIVO**

### **1.4.1 Generales**

Realizar análisis preliminar de datos de consumo, costos de energía. Así mismo diseñar y aplicar sistemas particulares para el ahorro de energía en las diferentes áreas de uso, una propuesta de ahorro de energía aplicando la metodología de un diagnóstico energético mediante un análisis detectando áreas de oportunidades.

### **1.4.2 Específicos**

- Disminuir el consumo de energía sin afectar el confort de las personas Administrativas.
- Eficiencia energética actual de la empresa.
- Concientizar a las personas sobre el manejo y uso de la energía.
- Evaluar y analizar cambio de tarifa del CIME.
- Establecer metas de ahorro de energía.
- La reducción de la demanda facturable.
- Inversión y recuperación económica a corto plazo.
- Implementación de subestación para el CIME.

## **1.5 METODOLOGÍA**

Se presenta el diagnóstico energético, realizado en las instalaciones del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del estado de Chiapas, el cual incluye el análisis de facturación histórica, la situación energética actual, la identificación de áreas de oportunidad para el uso eficiente de energía eléctrica y la presentación de las principales propuestas de ahorro de energía.

Dentro de las alternativas más viables para dicho colegio se presentan la sustitución de equipo de iluminación actual por equipo más eficiente, la eliminación de la facturación punta o excedente en el periodo actual para un uso más eficiente.



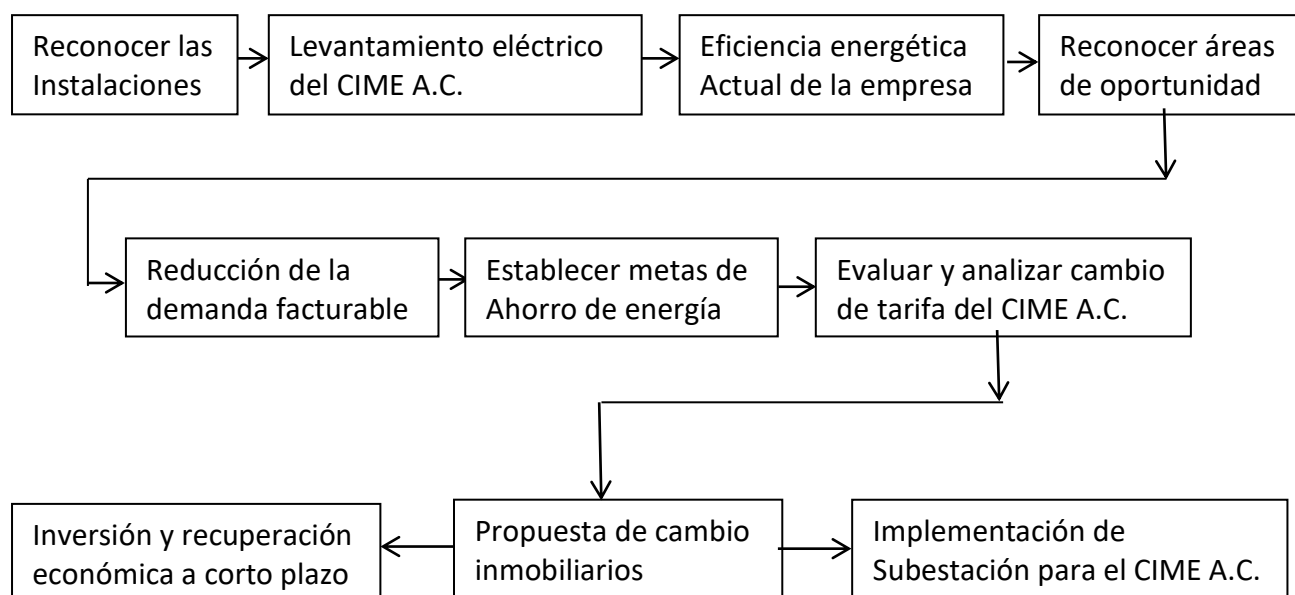


Fig. 1.1 Diagrama de metodología

## CAPÍTULO 2

### DESCRIPCIÓN DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

#### 2.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Una auditoría o un diagnóstico energético es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en una planta consumidora de energía (empresa de servicio o productiva), proceso o sistema con el objetivo de comprender la dinámica de la energía del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida.

Cuando el objeto de estudio es un edificio ocupado se busca reducir el consumo de energía, manteniendo y mejorando al mismo tiempo el confort, la salubridad y la seguridad. Más allá de la simple identificación de las fuentes de energía, una auditoría energética tiene por objeto dar prioridad a los usos energéticos de acuerdo con el mayor a menor costo efectivo de oportunidades para el ahorro de energía.

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuanta es desperdiciada.

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) (Programa de Uso Eficiente de la Energía en Inmuebles) “Es un estudio que incluye la evaluación del desempeño energético del inmueble, así como las oportunidades para ahorrar energía. Todo inmueble participante en el Programa, con un índice de consumo de energía eléctrica mayor a 80 kWh/m<sup>2</sup>-año, debe de contar con un diagnóstico energético integral”.

El ahorro de la energía en todas sus manifestaciones, en los últimos años ha jugado un papel de suma importancia dentro del desarrollo de la humanidad. La parte de mayor relevancia para el ahorro de energía sea el diagnóstico energético, puesto que de la certeza y atención en que sea desarrollado dependerá en gran medida el éxito de las acciones que posteriormente sean emprendidas. Por el contrario, el pretender ahorrar energía sin haber pasado antes por un diagnóstico energético suele llevar a estrepitosos fracasos.

## **2.2 IMPORTANCIA DE LA AUDITORIA ENERGETICA**

Así como las auditorías contables nos aseguran que nuestros costos y utilidades estén bien distribuidos, ya que una auditoría en general es una evaluación y diagnóstico de cómo nos encontramos en la materia que analizamos, también debemos aplicar esto a nuestros consumos energéticos. Cualquier plan de reducción de costos energéticos que queramos implementar debe comenzar con un conocimiento de cómo nos encontramos actualmente consumiendo nuestra energía.

En base a esta información real, podemos planificar la manera de ahorrar energía. Este estudio debe incluir la confección del diagrama unifilar de distribución de cargas eléctricas al interior de nuestra planta y/o edificación, con mediciones ó con lecturas de medidores ya instalados, así también debe incluir un análisis de los últimos doce meses de consumos y de indicadores energéticos y una observación completa de nuestras instalaciones y proceso productivo, con la finalidad de saber si estamos mejorando, nos mantenemos, o tal vez estamos empeorando en cuanto a costos energéticos.

Con esta información histórica podemos establecer metas concretas de ahorro o también podemos descubrir nuevos potenciales de ahorro, con inversión o sin inversión. Muchas veces creemos que es imposible reducir más nuestros costos energéticos, y esto se debe a la falta de información de nuestro potencial de ahorro. Este sólo se puede descubrir con una verdadera auditoría energética, y se menciona la palabra verdadera, porque muchas veces estos estudios se realizan por las mismas personas que consumen al interior de nuestra planta. Esta información tiene un sesgo, pues el mismo consumidor no puede ser juez y parte, y para evitar esto, es necesario que este trabajo sea realizado por consultores externos con amplia experiencia en estos temas, que nos aseguren una información exacta, real, fidedigna y completa de cómo estamos consumiendo nuestra energía y puedan determinar los potenciales de ahorro y hacer las recomendaciones respectivas.

Y este estudio no termina ahí, pues la manera de consumir energía varía con el tiempo, se implementan tecnologías, o se adquieren nuevas máquinas o se prescinde de algunas, se incrementa la producción, o se reduce, todas estas variaciones hacen

necesario que la auditoría energética se realice por lo menos una vez al año, lo que permitirá adaptarnos al cambio y descubrir nuevos potenciales, así como retroalimentarnos para hacer los ajustes necesarios en nuestro plan original de eficiencia energética y verificar que todo se esté cumpliendo según lo planificado el año anterior, o simplemente evaluarnos nuevamente para saber cómo hemos cambiado con respecto a la última auditoría realizada.

### **2.3 ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA**

La administración de la energía en cualquiera de sus manifestaciones, repercute directamente en los costos de producción, el proceso de administración de los recursos energéticos, consiste en la aplicación de las diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia en el uso de estos; es decir, utilizar de manera óptima y adecuada cada energético en la planta industrial, edificio comercial o público, hospital, club, hotel.

Para mejorar la eficiencia energética de la instalación en su totalidad se deben cubrir las siguientes etapas:

- Dirección o Gestor Energético.
- Diagnóstico.
- Planeación.
- Organización.
- Integración.
- Desarrollo.
- Control.

#### **Dirección o Gestor Energético.**

Consiste en delegar la autoridad necesaria a un responsable que promueva e impulse el uso racional y eficiente de la energía dentro la empresa y comunidad que en ella labora. Tendrá que diseñar y ejecutar un programa con metas concretas, reales y alcanzables según un calendario específico. Igualmente, se deben definir los mecanismos de supervisión y los medios de comunicación como los componentes esenciales del programa.

#### **Diagnóstico.**

Se refiere a la etapa fundamental de la gestión energética, implica el análisis histórico del uso de energía relacionado con los niveles de producción y el estudio detallado de las condiciones de diseño y operación de los equipos, sistemas y procesos involucrados en la actividad industrial o empresarial. El diagnóstico energético debe proponer las acciones y medidas correctivas que han de aplicarse para superar las condiciones actuales de operación energética, establece la factibilidad técnica y económica de realizarlas, así como la evaluación económica de las mismas, determinando los parámetros de rentabilidad de cada acción.

#### **Planeación.**

Consiste en elegir la alternativa concreta de acción a seguir, las políticas en materia de energía, el tiempo de ejecución, el logro de objetivos y, por último, se determina el monto de recursos financieros para la aplicación del programa.

### **Organización.**

En esta etapa se define la estructura que permita instrumentar el programa establecido. Aquí es necesario especificar las funciones de todos los grupos e individuos que participen en el Programa de Ahorro de Energía.

### **Integración.**

Consiste en elegir a la persona o grupos de personas que van a ser los responsables de la ejecución del programa, así como la adquisición de la instrumentación y el equipo necesario para la realización del diagnóstico y monitorear los avances del programa.

### **Control.**

En esta etapa se establecen normas de consumo de energía, de mantenimiento y de operación, así como el método que permita dar seguimiento permanente al programa. Todo ello, mediante monitoreo a través de un sistema integral de información energética y listas de verificación de la aplicación de medidas de ahorro de energía.

## **2.4 CLASIFICACIÓN DE DIAGNÓSTICOS DE ENERGÍA**

Los diagnósticos energéticos permiten determinar con exactitud el balance de energía de los principales equipos consumidores de energía. A través de los diagnósticos, se identifican los puntos del proceso de mayor uso de energía, haciendo resaltar aquellos donde ésta se desperdicia y donde es posible generar un ahorro (potenciales de ahorro de energía).

La clasificación que se asigna a un diagnóstico energético, está en función de la profundidad con que se estudia; es decir, depende del volumen de trabajo, el enfoque, la precisión buscada y el costo asignado. Reconocidos expertos los clasifican como de primer, segundo y tercer nivel.

### **2.4.1 EL DIAGNÓSTICO DE NIVEL UNO O BÁSICO**

Se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial o instalación de que se trate, reconociendo y revisando el diseño original de los equipos consumidores de energía, para dar una idea de los potenciales de ahorro de energía que se pueden lograr por modificación en los hábitos de operación, corrección de desperdicios o por la incorporación de tecnologías eficientes. De este diagnóstico se pueden obtener buenas recomendaciones a nivel general.

Por ejemplo, fugas de energía, mala operación de los equipos y/o instrumentos, equipos que pueden reemplazarse por otros más eficientes, como motores,

compresores, aires acondicionados, luces, etc. Pero los potenciales de ahorro de energía son estimados y descansan en muchas suposiciones por lo que los ahorros pueden o no lograrse, ya que en este nivel no se realizan mediciones y apenas se obtiene un conocimiento muy somero de las instalaciones energéticas. Su principal ventaja es dar una idea general sobre si existe o no posibilidad de ahorro energético. Este nivel tiene un costo económico, que es el de menor costo respecto a los de niveles superiores.

#### **2.4.2 EL DIAGNÓSTICO NIVEL DOS O FUNDAMENTAL**

Proporciona información sobre el consumo de energía tanto eléctrica como térmica por áreas funcionales o procesos específicos de operación, es decir se detecta los subsistemas de mayor desperdicio energético. Este nivel provee datos acerca del ahorro de energía y en consecuencia de reducción de costos, como consecuencia de su realización se obtiene una cartera de proyectos de aplicación, logrando de esta forma dirigir el camino de las metas para ahorro energético. Es el más útil para conocer los potenciales de ahorro de energía de una instalación. Estos se cualifican y se cuantifican. Se analiza entre el 75 y 80% de los consumidores energéticos, dando prioridad a los de potencia superior y mayor tiempo de utilización. En la aplicación del diagnóstico, a este nivel, será importante contar con los equipos e instrumentos necesarios para la evaluación de parámetros energéticos que conlleven a determinar los potenciales de ahorro de energía.

#### **2.4.3 EL DIAGNÓSTICO NIVEL TRES O PRECISO**

Proporciona información precisa y comprensible, de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso industrial o cualquier instalación a evaluar, así como las pérdidas de energía de cada uno de los equipos involucrados. Este nivel está caracterizado por instrumentación extensiva, por la adquisición de datos y por los estudios de ingeniería involucrada, se aclara que muchas de las acciones propuestas para lograr ahorro de energía son producto de reingeniería de los procesos.

Este tipo de diagnóstico es llamado como micro diagnóstico, ya que se profundiza en el proceso y equipos involucrados en este. Requiere la participación de especialistas particulares para definir aplicaciones complejas. Su costo es mucho mayor al de segundo nivel. El nivel del diagnóstico energético no es estricto, en muchos casos se puede aplicar un estudio a una sola parte o etapa del proceso, debido a estos surgen niveles intermedios, es decir, aquellos que cubren ciertos objetivos y alcances para un área específica de proceso o instalación. Por ejemplo, surgen los niveles intermedios como 1.5, el cual cubre gran parte del nivel dos pero enfocado a una parte del proceso, para lograr los balances de materia y energía de esta área, se debe proporcionar datos de los equipos que tengan una participación indirecta en el equipo en estudio o análisis.

### **2.5 METODOLOGÍA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

1. La CONAE desarrolla diferentes metodologías de diagnóstico energético para los sistemas que emplean grandes cantidades de energía en industrias y empresas, la energía eléctrica constituye un insumo estratégico que asegura el

progreso económico del país y un nivel adecuado en la calidad de vida de sus habitantes. Debido a esto, las empresas e industrias Mexicanas han sentido la necesidad de incorporar en sus estrategias y programas, el concepto de conservación de energía que incluye aspectos como: Manejo de la demanda y uso racional de la energía eléctrica.

Otro organismo que también se preocupa por el ahorro de energía, así como de su uso eficiente es el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE), el cual es un organismo privado no lucrativo, creado en 1990 en donde su comité técnico que es un órgano de gobierno está compuesto por: La CFE, la CONAE, Cámara Nacional de la Industria de Transformación y otros organismos privados, las funciones principales del FIDE son:

- Modificar patrones de consumo de energía eléctrica, consolidando una cultura del ahorro.
- Hacer una amplia difusión del ahorro de energía eléctrica, usando todos los mecanismos y medios disponibles.
- Demostrar que el ahorro de energía eléctrica es técnicamente factible, económicamente rentable y socialmente benéfico.
- Lograr la integración plena y sistemática de la gestión del ahorro de energía eléctrica en la planeación del sector.

2. Es por ello que La metodología de un diagnóstico energético no es una receta definida, sin embargo, los puntos estratégicos para determinar los potenciales de ahorro de energía pueden ser los siguientes:

- I. Trabajos previos de gabinete.
- II. Recopilación de la información de la instalación.
- III. Evaluación del estado energético actual de la instalación.
- IV. Determinación del potencial de ahorro de energía.
- V. Análisis de factibilidad técnica para la realización de las propuestas de ahorro de energía.
- VI. Evaluación económica.
- VII. Selección de las medidas ahorradoras a implementar.
- VIII. Aplicación de acciones correctivas.

## GUÍA PARA ELABORAR UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN INMUEBLES

La CONUEE (Comisión Nacional Para El Uso Eficiente De La Energía) la normatividad para realizar un diagnóstico energético se efectúa de la siguiente manera.

- I. **Antecedentes.** Breve descripción de la actividad acerca del del inmueble.
- II. **Medidas rentables a implementar:** resumen del ejecutivo, Durante la elaboración del diagnóstico energético se deben encontrar oportunidades de ahorro de energía por cambio tecnológico y por medidas operativas las cuales no necesitan de inversión alguna.

- III. **Análisis de la facturación eléctrica.** Se anexan graficas del comportamiento de la facturación total vs consumo total eléctrico, así como la explicación necesaria de las gráficas que sean tomadas en cuenta.
- IV. **Censos de cargas.** Se realiza un levantamiento de cada uno de los equipos de iluminación, aires acondicionados y equipos de fuerza (motores eléctricos), determinando las normas de cada uno de ellos.
- V. **Análisis.** Se determina las causas de cada una de las mediciones determinando los perfiles de los resultados obtenidos.
- VI. **Medidas operativas sin inversión.** Se describen las oportunidades de ahorro sin inversiones.
- VII. **Medidas operativas con inversión.** Se describen oportunidades de ahorro con inversiones recuperando a corto plazo.
- VIII. **Conclusiones.** Se concluye el diagnostico impartido al inmueble.

## CAPÍTULO 3

### TARIFAS ELÉCTRICAS

#### 3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS

Antes de hacer cálculos es importante conocer los costos de la energía, en el país existen diversos tipos de tarifas para los distintos servicios que se tienen como: Servicios de distribución dirigida al usuario final, Servicios de Transmisión y Servicios de Generación.

Dentro de los servicios de distribución se presentan varios tipos de tarifas; residencial, general, industrial, bombeo de agua, preferencial, pequeño comercio o industrial, mediana tensión y tarifas horarias, las cuales se detallan en el anexo de tarifas eléctricas.

##### **Específicas**

Las tarifas específicas son aquellas que se aplican a los suministros de energía eléctrica utilizados para los propósitos que las mismas señalan, a este grupo corresponden las siguientes: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC, 5, 5A, 6, 9, 9M, 9-CU, 9N.

##### **Generales**

Las tarifas para usos generales son aquellas aplicables a cualquier servicio eléctrico, exceptuando los específicos antes señalados; a este grupo corresponden los siguientes: 2, 3, 7, O-M, H-M, H-MC, H-S, H-T, H-SL, H-TL, I-15 E I-30 (salvo el caso

de las tarifas 6 y DAC a cuyo uso puede aplicarse la tarifa de uso general que corresponda a las condiciones de suministro).

### **De respaldo**

Son las tarifas para el servicio de respaldo en media y alta tensión, para particulares que se acojan a las modalidades de generación de energía eléctrica y establecen las opciones de respaldo para mantenimiento programado, a este grupo corresponden las siguientes: HM-R, HMRF, HS-R, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM.

## **3.2 TENSIÓN DE SUMINISTRO**

- a) Baja tensión es el servicio que suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 kiloVolts ó 1000 Volts.
- b) Media tensión es el servicio que suministra en niveles de tensión mayores a 1 kiloVolts, pero menores o iguales a 35 kiloVolts.
- c) Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 35 kiloVolts pero menores a 220 kiloVolts.
- d) Alta tensión a nivel Transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 kiloVolts.

Las tarifas se clasifican de acuerdo a la tensión de suministro en baja, media y alta tensión nivel subtransmisión y alta tensión nivel transmisión, de acuerdo al siguiente resumen:

Baja tensión: Tarifas 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC, 2, 3 y 9.

Baja o Media tensión: Tarifas 5, 5A, 6, 7, 9-CU y 9N.

Media tensión: Tarifas 9M, O-M, H-M, H-MC, HM-R, HM-RF Y HM-RM.

Alta tensión a nivel subtransmisión: Tarifas HS, H-SL, HS-R, HS-RF, HS-RM, I-15 E I-30.

Alta tensión a nivel Transmisión: Tarifas H-T, H-TL, HT-R, HT-RF, HT-RM, I-15 E I-30.



Clasificación de acuerdo a sus especificaciones:

TARIFA	ESPECIFICACIONES
1	Doméstico
1-A	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25°C
1-B	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28°C
1-C	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30°C
1-D	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31°C
1-E	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32°C
1-F	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 33°C
DAC	Doméstico Alto Consumo
5	Semáforos, Alumbrado público en las zonas conurbadas del DF, Mty y Guad
5-A	Semáforos, Alumbrado público en el resto del país
6	Bombeo de aguas potables o negras de servicio público
7	Servicio Temporal
9	Bombeo de agua para riego agrícola en baja tensión

9-M	Bombeo de agua para riego agrícola en media tensión
9-CU	Estímulo Bombeo de agua para riego agrícola con cargo único
9-N	Estímulo nocturno Bombeo de agua para riego agrícola
EA	Estímulo para instalaciones acuícolas
2	Hasta 25 kW de demanda
3	Mayor a 25 kW de demanda
OM	Ordinaria en Media Tensión con demanda menor a 100 kW
HM	Horaria en Media Tensión con demanda mayor a 100 kW
HMC	Horaria en Media Tensión con demanda mayor a 100 kW para corta utilización
OMF	Ordinaria en Media Tensión con demanda menor a 100 kW, cargos fijos
HS	Horaria en alta tensión nivel Sub-transmisión
HSL	Horaria en alta tensión nivel Sub-transmisión Larga Utilización
HT	Horaria en alta tensión nivel Transmisión
HTL	Horaria en alta tensión nivel Transmisión Larga Utilización
HS	Horaria en alta tensión nivel Sub-transmisión, cargos fijos
HSL	Horaria en alta tensión nivel Sub-transmisión Larga Utilización, cargos fijos
HT	Horaria en alta tensión nivel Transmisión, cargos fijos
HTL	Horaria en alta tensión nivel Transmisión Larga Utilización, cargos fijos
	HM-R, HM-RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM (Respaldo)
I15	Interrumpible con demanda máxima en cualquier periodo mayor a 10,000kW
I30	Interrumpible con demanda máxima en cualquier periodo mayor a 20,000kW

*Tabla 3.1 Especificaciones de la tarifa*

### 3.3 DESCRIPCIÓN DE LA TARIFA OM

La tarifa 3 es de uso general para cargas entre 25 y 100kW, en baja tensión (127/220V). La tarifa OM es de uso general para una carga menor a 100kW, en media tensión (entre 1 y 35 kV)

Energía: Cantidad de kWh que los equipos consumen por hora, al estar encendidos y trabajando.

Demanda: Demanda máxima se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición (medidor), que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación. Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se toma como kilowatt completo.

- PUEDE REPRESENTAR HASTA UN 60% DEL TOTAL DE SU RECIBO DE LUZ (antes de impuestos) y por lo tanto es el concepto que necesariamente se tiene que controlar.

## DEMANDA MÁXIMA

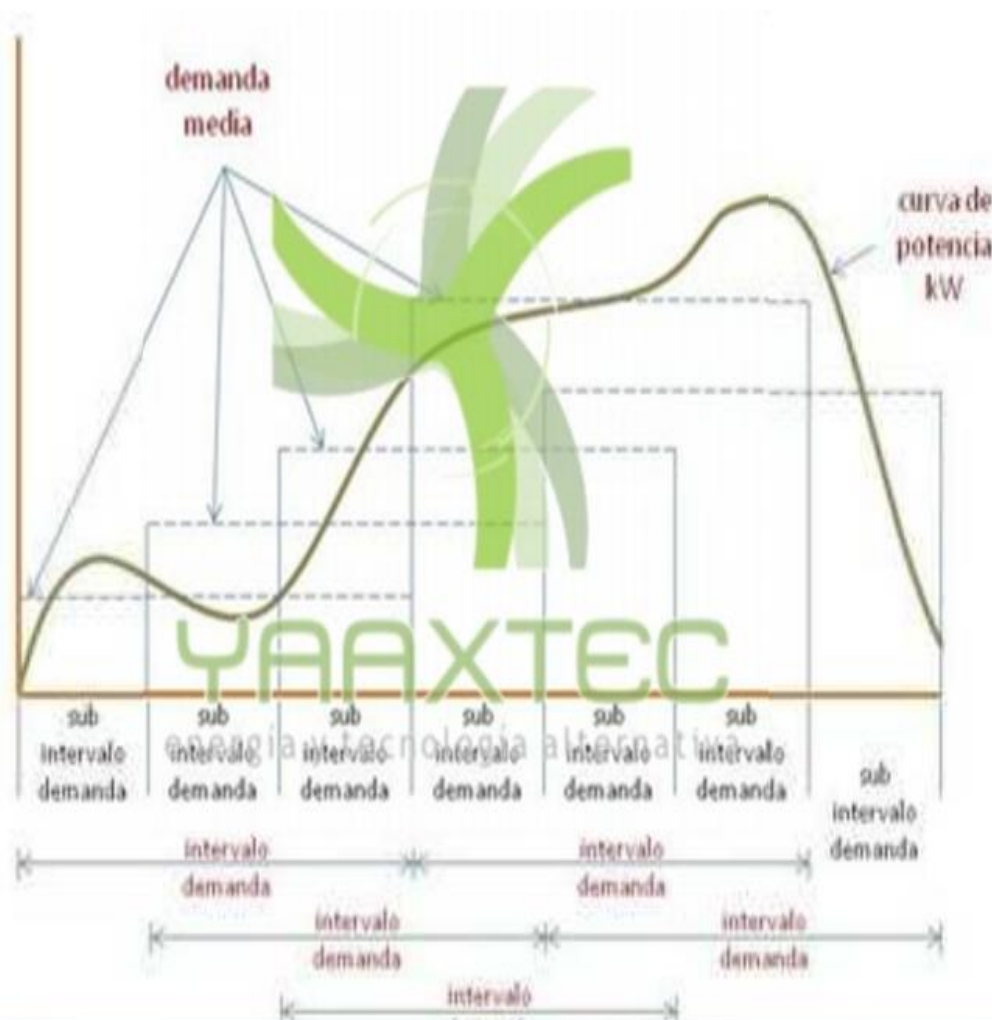


Fig. 3.2 Como facturan tarifa OM

### 3.3.1 APLICACIÓN

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda máxima medida y por la energía consumida:

REGIÓN	CARGO POR KILOWATT DE DEMANDA MÁXIMA MEDIDA	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA CONSUMIDA
Baja California	\$ 165.54	\$ 1.393
Baja California Sur	\$ 180.15	\$ 1.690
Central	\$ 206.73	\$ 1.699
Noreste	\$ 190.08	\$ 1.591
Noroeste	\$ 194.06	\$ 1.579
Norte	\$ 190.88	\$ 1.591
Peninsular	\$ 213.44	\$ 1.622
Sur	\$ 206.73	\$ 1.642

**Fig. 3.3 Especificaciones de la tarifa en el mes de Marzo**

CARGOS	DIC./16	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
<b>CENTRAL</b>													
Demanda (\$/kW)	194.78	197.88	200.65	206.73									
Energía (\$/kWh)	1.360	1.410	1.500	1.699									
<b>NORESTE</b>													
Demanda (\$/kW)	179.09	181.94	184.49	190.08									
Energía (\$/kWh)	1.273	1.320	1.405	1.591									
<b>NORTE</b>													
Demanda (\$/kW)	179.85	182.71	185.27	190.88									
Energía (\$/kWh)	1.273	1.320	1.405	1.591									
<b>PENINSULAR</b>													
Demanda (\$/kW)	201.10	204.30	207.16	213.44									
Energía (\$/kWh)	1.298	1.346	1.432	1.622									
<b>SUR</b>													
Demanda (\$/kW)	194.78	197.88	200.65	206.73									
Energía (\$/kWh)	1.314	1.363	1.450	1.642									

**Fig. 3.4 Especificaciones de la tarifa**

### **3.3.2 MÍNIMO MENSUAL**

El importe que resulta de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima medida.

### **3.4 DEMANDA CONTRATADA**

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 10 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

### **3.5 HORARIO**

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

### **3.6 TEMPORADAS DE VERANO Y FUERA DE VERANO**

Para la aplicación de las cuotas en las regiones Baja California y Baja California Sur se definen las siguientes temporadas:

Verano:

Región Baja California: del 1 de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Región Baja California Sur: del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Fuera de verano:

Región Baja California: del último domingo de octubre al 30 de abril.

Región Baja California Sur: del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

#### **3.6.1 DEMANDA MAXIMA MEDIA**

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda máxima medida se tomará como kilowatt completo.

Cuando la demanda máxima medida exceda de 100 kilowatts, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa H-M. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 100 kilowatts, será reclasificado por el suministrador en la tarifa H-M, notificando al usuario.

### 3.6.2 DEPOSITO DE GARANTIA

Resulta de aplicar 2 veces el importe del cargo por demanda máxima medida a la demanda contratada.

### 3.7 DEMANDA FACTURABLE

**Factura:**  
$$F (\$) = CD * DM + CE * E$$

CD= Cargo por Demanda (\$/Kw.)  
CE= Cargo por Energía (\$/Kwh.)  
DM= Demanda Máxima (KW)  
E= Energía consumida (Kwh.)

**Precio Unitario:**  
$$PU (\$/Kwh.) = F/E$$

F = Factura  
E = Energía consumida (Kwh.)

Fig. 3.5 Facturación

En las fórmulas que definen las demandas facturables, el símbolo "máx." significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente

Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

### 3.8 CARGOS DE LA TARIA 3/OM

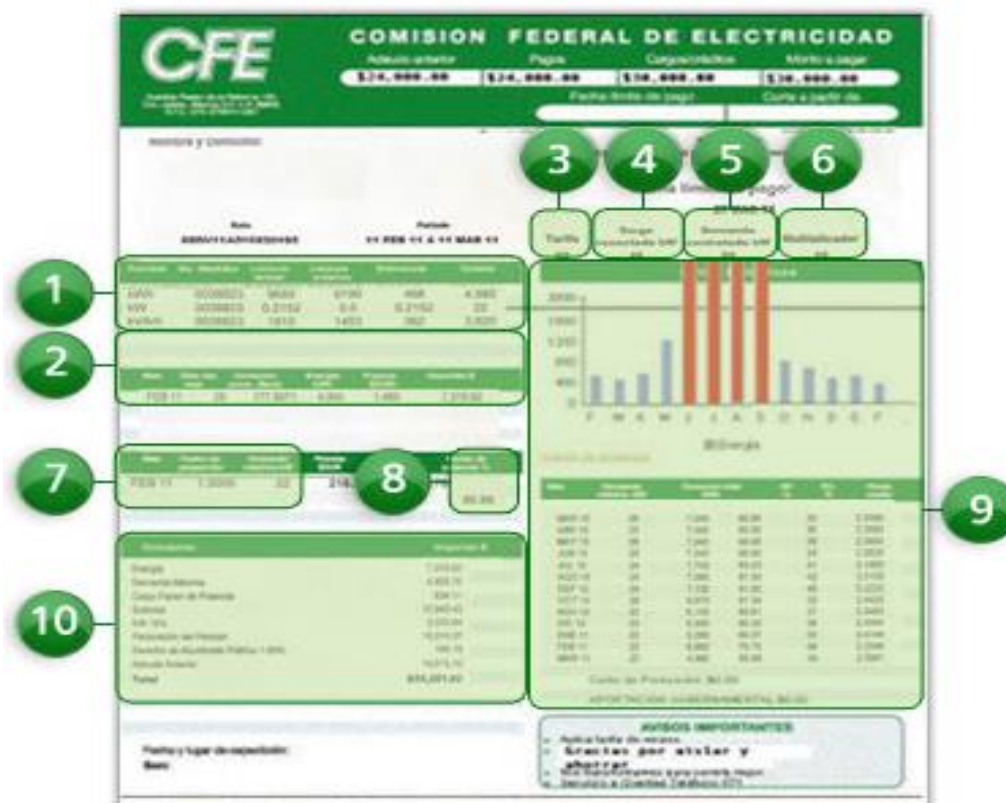


Fig. 3.6 Recibo de luz tarifa OM

1. Medición de consumos. Encontrarás el número de tu(s) medidor(es), las lecturas actuales y anteriores de kWh, kW y kVArh. La diferencia entre éstas lecturas, afectados por el factor multiplicador (punto 6) son los totales usados para calcular la facturación.
2. Periodo de consumo. Identifica el periodo de tiempo de tu consumo de electricidad y te da un consumo promedio diario. También muestra el costo unitario de la energía y el importe por este concepto.
3. Tarifa. La tarifa 3 es de uso general para cargas entre 25 y 100kW, en baja tensión (127/220V). La tarifa OM es de uso general para una carga menor a 100kW, en media tensión (entre 1 y 35 kV).
4. Carga. La carga conectada es la suma de las potencias de cada uno de los equipos instalados. Se toman en cuenta contactos, motores, computadoras, iluminación, etc.
5. Demanda. La demanda contratada es un porcentaje de la carga conectada con un valor entre el 60 y 100%.

6. Multiplicador. El multiplicador es un factor de conversión entre las lecturas del medidor, y el dato real. Genera tu propia energía y baja el costo de tu factura.
7. Demanda Máxima. La demanda máxima es el promedio de la suma de las potencias de cada uno de los aparatos que funcionan simultáneamente en un periodo de 15 minutos. Se toma el valor del periodo más alto para el cálculo de facturación eléctrica. ¿Cobro excesivo por demanda máxima? Ponte en contacto con nosotros.
8. Factor de Potencia El factor de potencia es la relación promedio entre la energía real y energía reactiva usada en el periodo. Un valor inferior a 90% genera un recargo y un valor superior a 90% genera una bonificación. ¿Recargo por factor de potencia bajo? Nosotros lo corregimos.
9. Datos Históricos. Muestra los datos de consumo, demanda máxima y factor de potencia de los últimos 13 meses.
10. Estado de cuenta. Muestra los cargos por concepto de energía, demanda máxima, factor de potencia y alumbrado público.

### **3.9 CONTROL DE LA DEMANDA**

La compañía suministradora tiene que surtir energía eléctrica las 24 horas los 365 días del año, por tal motivo, la central eléctrica debe tener a su disposición todo el equipo necesario para poder sostener esta carga sin interrupción. El costo para el sostenimiento de estos servicios, que exigen un máximo de esfuerzo, se les carga a los usuarios como demanda máxima. La demanda máxima medida en kilowatts se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media durante cualquier intervalos de 15 minutos rolado a 5 minutos en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Entre más alta sea la demanda de energía en un momento dado por un periodo de 15 minutos, más alto será su cargo. Entre más uniforme se reparta la energía eléctrica en una planta, más bajo será el cargo por demanda. El control de demanda automático debe ser considerado cuando la demanda es muy variable y su control sea factible debido a la existencia de cargas controlables.

El primer paso en la aplicación de control de demanda automático, es establecer el límite de demanda. El cual, está basado en las lecturas actuales de demanda o un análisis de la máxima Al analizar las curvas de demanda podrá determinarse cuando ocurren las demandas máximas y entonces se está en disponibilidad de adoptar las medidas adecuadas.

El segundo paso consiste en identificar las cargas controlables, las cuales pueden ser desenergizadas para obtener el límite deseado. Para poder reducir y controlar su



demanda, los usuarios deben reorganizar sus operaciones según el proceso se lo permita, para distribuir su demanda fuera de las horas pico; o bien limitar en forma automática la demanda mediante algún sistema controlado. En ambos casos el primer paso consiste en hacer un análisis que permita conocer las características de la demanda durante un período dado.

En este análisis se debe considerar los siguientes factores:

- Factor de carga.
- Valor y duración de los picos de demanda.
- Horario de los picos de demanda.
- Causa de los picos de demanda.

### 3.10 FACTOR DE CARGA

El factor de carga es la relación entre el consumo durante un periodo de tiempo determinado y el consumo que habría resultado de la utilización continua de la potencia máxima contratada durante ese período.

Dado que es la relación que existe entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100 % de su carga o de su factor de carga.

$$FC = \frac{\text{Consumo de energía (kWh/m)}}{\text{Demanda máxima (kW) x periodo (h/m)}} \times 100 \text{ [%]}$$

### 3.11 FACTOR DE POTENCIA

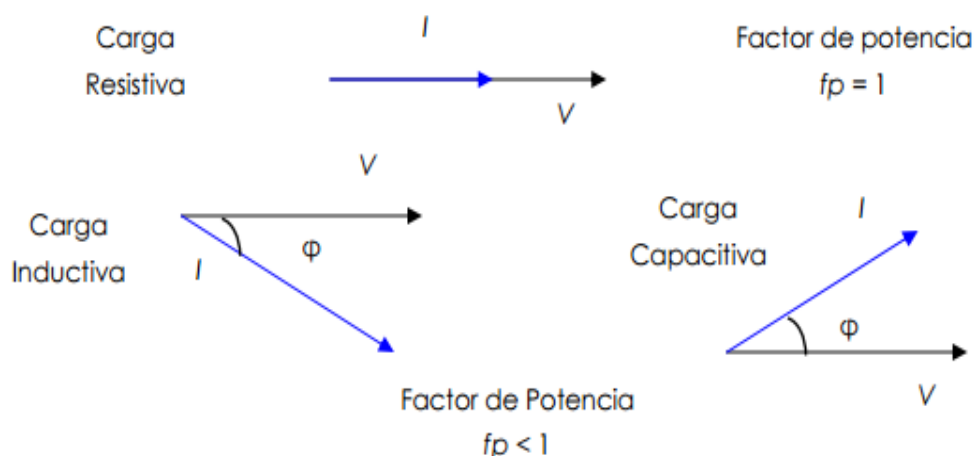
Factor de potencia: Una de las medidas de eficiencia que aumenta o disminuye dependiendo del tipo de cargas conectadas (motores, iluminación fluorescente, etc.) y que la CFE castiga con un cargo adicional cuando es menor a 90%. Al ser menor de 90%, se debe corregir mediante bancos de capacitores entre otros sistemas, para evitar cargos adicionales por bajo factor de potencia. Si el factor de potencia es mayor a 90%, la CFE premia con una bonificación que es un porcentaje del total de los importes de la demanda, energía y 2% baja tensión generados.

El factor de potencia se obtiene entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura ya sea que el factor de potencia debe tratarse que coincida con el coseno phi pero no es lo mismo.

#### 3.11.1 POTENCIA

La medición de potencia en corriente alterna es más complicada que la de corriente continua debido al efecto de los inductores y capacitores. Por lo que en cualquier circuito de corriente alterna existen estos tres parámetros de inductancia, capacitancia

y resistencia en una variedad de combinaciones. En circuitos puramente resistivos la tensión (V) está en fase con la corriente (i), siendo algunos de estos artefactos como lámparas incandescentes, planchas, estufas eléctricas etc. Toda la energía la transforma en energía lumínica o energía calorífica. Mientras que en un circuito inductivo o capacitivo la tensión y la corriente están desfasadas 90 ° una respecto a la otra. En un circuito puramente inductivo la corriente está atrasada 90 ° respecto de la tensión. Y en un circuito puramente capacitivo la corriente va adelantada 90 ° respecto de la tensión.



La potencia se puede definir como la capacidad para efectuar un trabajo, en otras palabras, como la razón de transformación, variación o transferencia de energía por unidad de tiempo.

### 3.11.2 POTENCIA ACTIVA

Los diferentes dispositivos eléctricos convierten energía eléctrica en otras formas de energía como: mecánica, lumínica, térmica, química, entre otras. Esta energía corresponde a la energía útil o potencia activa o simplemente potencia, similar a la consumida por una resistencia. Expresada en watts.

#### Potencia Activa

$$P = V \bullet I \bullet \text{Cos } \varphi$$

### 3.11.3 POTENCIA REACTIVA

Los motores, transformadores y en general todos los dispositivos eléctricos que hacen uso del efecto de un campo electromagnético, requieren potencia activa para efectuar un trabajo útil, mientras que la potencia reactiva es utilizada para la generación del campo magnético, almacenaje de campo eléctrico que en sí, no produce ningún

trabajo. La potencia reactiva esta 90 ° desfasada de la potencia activa. Esta potencia es expresada en volts-amperes reactivos. (VAR)

## Potencia Reactiva

$$Q = V \bullet I \bullet \text{Sen } \varphi$$

### 3.11.4 POTENCIA APARENTE

Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo de la corriente que éste demanda. Es también la resultante de la suma de los vectores de la potencia activa y la potencia reactiva. Esta potencia es expresada en volts-amperes ( VA )

## Potencia Aparente

$$S = V \bullet I = \sqrt{P^2 + Q^2} \angle \tan^{-1} \left( \frac{Q}{P} \right)$$

### 3.11.5 FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia (fp) es la relación entre las potencias activa (P) y aparente (S) si las corrientes y tensiones son señales sinusoidales. Si estas son señales perfectamente sinusoidales el factor de potencia será igual al cos  $\varphi$ , o bien el coseno del ángulo que forman los fasores de la corriente y la tensión, designándose en este caso como cos  $\varphi$  el valor de dicho ángulo. De acuerdo a la fig. 3.6.

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{POTENCIA ACTIVA}}{\text{POTENCIA APARENTE}} \quad \frac{KW}{KVA}$$

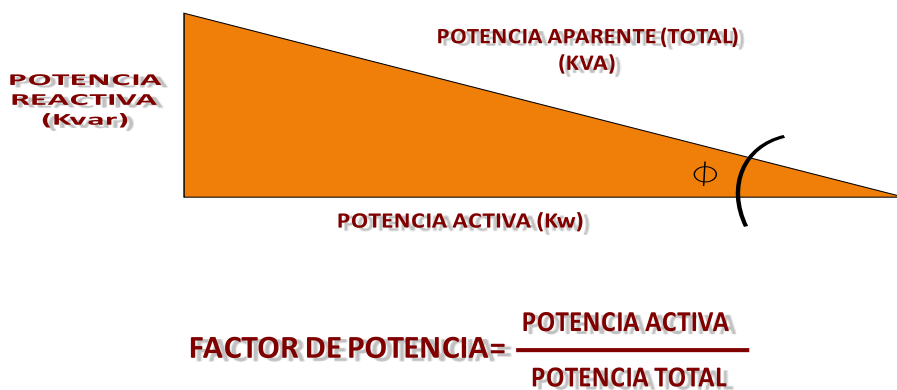
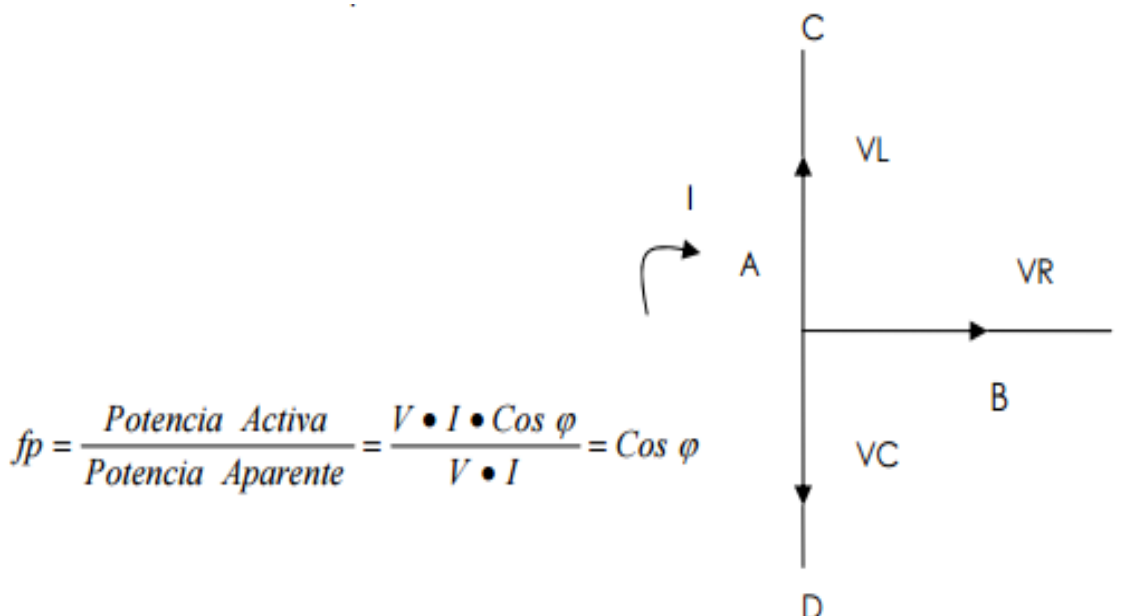


Fig. 3.7 Triangulo de potencia

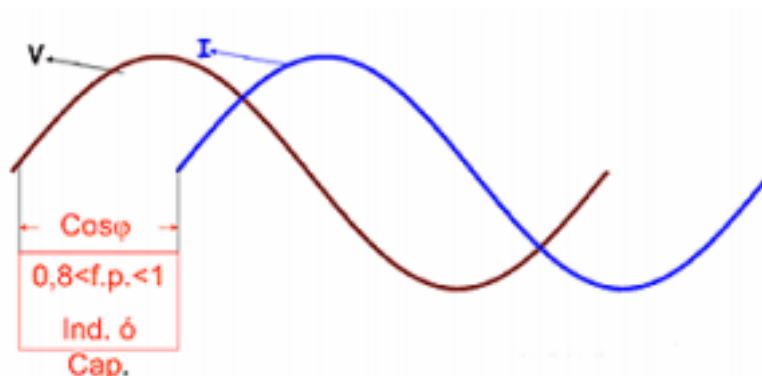
En el triángulo de potencias se observa gráficamente que es el factor de potencia o  $\cos \phi$  y su relación entre las potencias en un circuito de corriente alterna. El diagrama vectorial de la fig. 4 que se muestra para un circuito inductivo se observa que la corriente está atrasada a la tensión, existen dos componentes y uno de ellos es el vector AB, en fase con la tensión y es una potencia activa vista en la carga, la otra componente AC la cual está atrasada  $90^\circ$  representa la potencia reactiva, por lo tanto la relación entre la potencia activa y aparente es llamado factor de potencia.



El problema del bajo factor de potencia lo podemos dividir en dos grupos, económico y técnico.

¿Por qué existe bajo factor de potencia?

La potencia reactiva, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración, entre otros. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable, un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia. Entre las principales consecuencias de un bajo factor de potencia podemos mencionar los siguientes:



*Fig. 3.8 Presentación gráfica del factor de potencia*

Aumento en la corriente Incrementan las pérdidas por efecto Joule las cuales son una función del cuadrado de la corriente, ejemplo:

- Los cables entre el medidor y el usuario
- Los embobinados de los transformadores de distribución
- Dispositivos de operación y protección

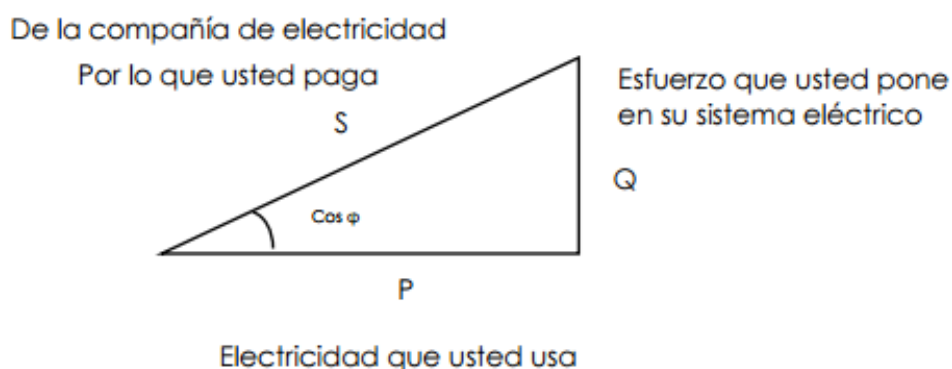
Aumento en la caída de tensión resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas, éstas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de tensión afecta a:

- Embobinados de transformadores de distribución
- Cables de alimentación
- Sistema de protección y control

Estas desventajas también afectan al productor y al distribuidor de energía eléctrica. El productor penaliza al usuario con factor de potencia bajo haciendo que pague más por su electricidad.

- Es por esta razón que las compañías de electricidad cargan tarifas más altas cuando el factor de potencia es bajo.

Una manera de visualizar las componentes que intervienen en ese incremento del costo de la energía se puede mostrar haciendo referencia al triángulo de potencias de la fig. 3.8.



**Fig. 3.9** Representación y correspondencia práctica de las potencias

La fig. 3.8 es la mejor forma de comprender de forma gráfica que es el  $\cos \phi$  y la estrecha relación con las restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna. Como se puede observar en el triángulo de la ilustración el  $\cos \phi$  representa gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Podemos representar matemáticamente por medio de la siguiente fórmula:

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

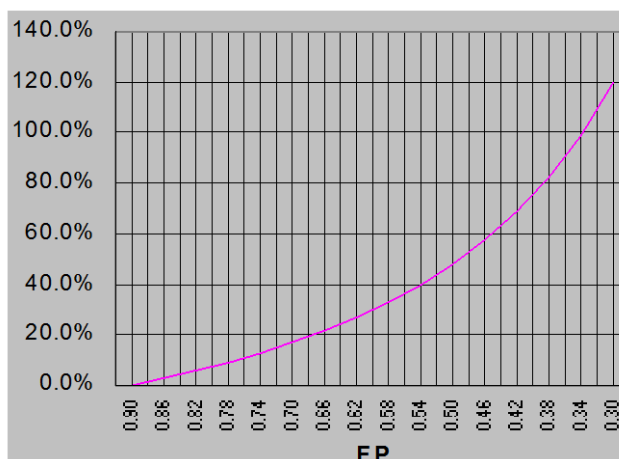
El factor de potencia es la relación entre las potencias activa (P) y aparente (S), si la señal es sinusoidales. Si la onda no fuese perfecta la potencia aparente (S) no estaría únicamente compuesta por la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q), sino que aparecería una tercera componente suma de todas las potencias que genera la distorsión D. Si suponemos que en la instalación hay una Tasa de Distorsión Armónica (THD) alta y debido a que hay corrientes armónicas junto con la tensión a la que está sometido el conductor por el fluyen como resultado una potencia, que si fuese ésta la única distorsión en la instalación, su valor correspondería con el total de las distorsiones D.

### 3.11.6 IMPORTANCIA DEL CUIDADOD DEL FP

El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

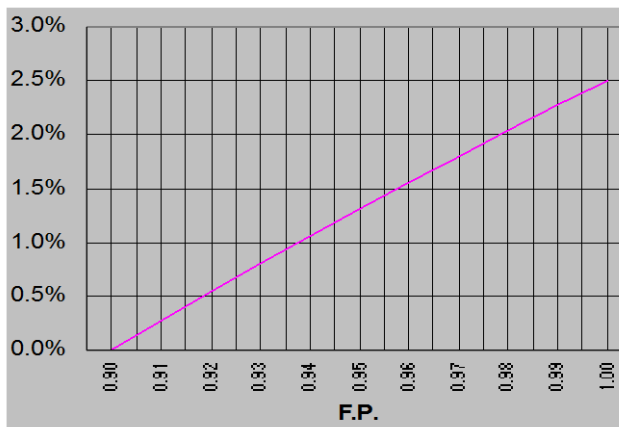
➤ *Cargo por factor de potencia < 90%* según la siguiente ecuación:  
 $\% \text{ Recargo} = 0.6 ((90/FP) - 1) \times 100$

*Limitado a 120%.*



**Fig. 3.10** Gráfica bajo F.P.

➤ *Bonificación por FP >= 90%* según la siguiente ecuación:  
 $\% \text{ Bonificación} = 0.25 (1 - (90/FP)) \times 100$



**Fig. 3.11** Gráfica alto F.P.

Considerando lo anterior el factor de potencia por debajo del 90% significa energía desperdiciada por su empresa y en consecuencia un incremento innecesario en el importe de su facturación por este concepto. De acuerdo al comportamiento del factor de potencia se aplica una penalización cuando el f.p. es < al 90% o bonificación cuando el f.p. es > al 90% conforme a lo siguiente:

**Origen del bajo Factor de Potencia** La mayoría de los equipos eléctricos utilizan potencia activa o real que es la que hace el trabajo real y utilizan también la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

### **3.12 CARGO DE 2% POR MEDICIÓN EN SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR**

El cargo por medición en baja tensión en servicios proporcionados en alta tensión, se calculará agregando el 2% a la facturación básica.

En los servicios con tarifa en baja tensión, si la medición se hace en el primario del transformador, se hará una bonificación del 2% a la facturación básica. El origen del cargo o bonificación del 2% se basa en la energía consumida por el transformador, que no se registra en la medición.

DAP Derechos de Alumbrado Público es un cargo que no en todos los estados o municipios existe solamente en los que así lo han convenido con la CFE.

Subtotal: La suma de los importes de todos los anteriores conceptos, antes del Impuesto al Valor Agregado (IVA)

## **CAPÍTULO 4**

### **ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL**

#### **4.1 CLIMATIZACIÓN**

La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados. La normativa define climatización como: dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.

Puede apreciarse que se ha abandonado cualquier referencia al aire acondicionado, por ser una expresión que, aunque correcta, puede prestarse a equívoco, ya que la mayoría de la gente parece entender que se refiere exclusivamente a la refrigeración (climatización de verano), aunque sería más lógico se refiriese al acondicionamiento del aire en todas las épocas, verano e invierno.

Así pues, la climatización comprende tres factores fundamentales: la ventilación, la calefacción, o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano. La climatización puede ser natural o artificial, aunque en lo que sigue se tratará exclusivamente de la artificial.



Un sistema de climatización es un conjunto de equipos que tienen como objetivo el control de las siguientes variables propias del local o locales a acondicionar:

- Temperatura seca
- Humedad y grado de pureza del aire de los locales
- Velocidad del aire
- Nivel sonoro producido por los equipos de climatización

El objetivo de la climatización es el de mantener las condiciones de temperatura y humedad de un ambiente dentro de un rango óptimo para la operación de los equipos y confortable al ser humano.

Las cargas térmicas en un inmueble son generadas por transferencia de calor en muros y techos, la ganancia solar, la resistencia térmica de materiales, infiltración de aire, ganancias de calor por iluminación, equipo eléctrico y ocupantes entre otros.

La climatización se puede lograr con sistemas pasivo, con sistemas activos ó con una combinación de ambos.

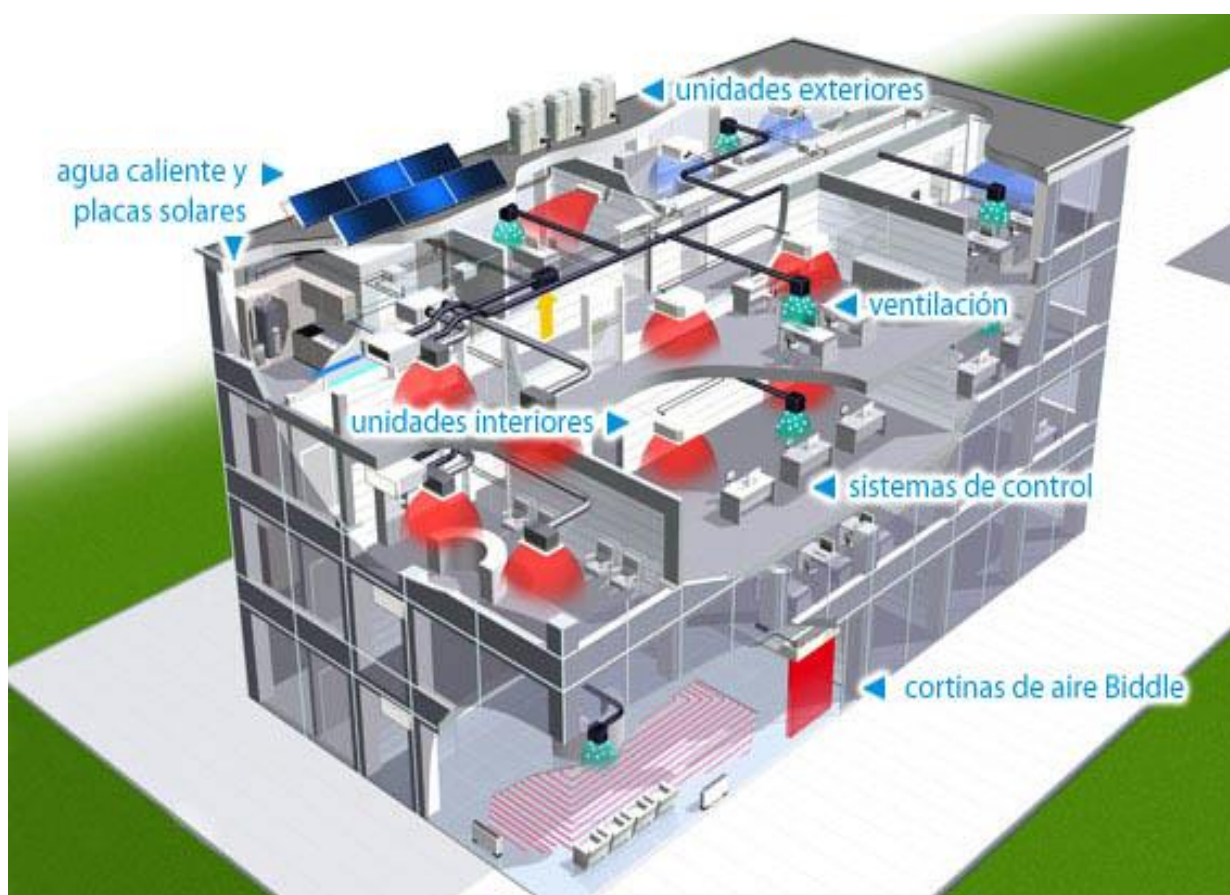
- Los sistemas activos son aquellos que requieren de alguna fuente de energía para llevar acabo la función de acondicionar el ambiente.
- los sistemas pasivos son aquellos que no requieren de ninguna fuente de energía para realizar la tarea de acondicionar el ambiente (Ventanas doble vidrio, vegetación, aislamiento térmico y diseño bioclimático).

#### **4.2 CONDICIONES EXTERIORES**

También en este caso las normativas suelen dar unas temperaturas de cálculo obtenidas a partir de datos meteorológicos tomados a lo largo de una serie de años.

Las condiciones exteriores del medio ambiente que influyen en la climatización son provocadas por los efectos naturales, Las cuales son:

- Conducción
- Radiación Solar Directa
- Ventilación
- Infiltración



**Fig. 4.1** Sistema en un edificio

#### 4.2.1 CONDICIONES DE INVIERNO

La manera de darlas varía de unos países a otros. En algunos se dan zonas climáticas mediante mapas fijando para cada una de ellas una temperatura de cálculo. En otros se dan para cada localidad concreta, a veces con una tabla de ajuste de esas temperaturas para localidades menores (generalmente sin observatorio meteorológico) en función de la diferencia de altitud con respecto al nivel del mar, de la localidad con observatorio. En general se dan solamente las temperaturas y no la humedad relativa.

Se definen dos temperaturas de cálculo. Una de ellas es la mínima superada en un 97,5% de las horas de los meses de diciembre, enero y febrero, para cada localidad; es decir que habrá temperaturas menores durante unas 54 horas en esa temporada, pero teniendo en cuenta que serán horas nocturnas, en que la calefacción debe de estar reducida.

La otra definición es igual pero para el 99% de las horas y se aplica a hospitales, residencias de ancianos, guarderías, en las que es necesario evitar que en ciertos momentos pueda haber escasez de temperatura en los ambientes.

El problema de esta definición aparentemente tan exacta, es que deja fuera muchas localidades en las que se deberán obtener estas temperaturas por aproximación o mediante tablas que las normativas no se atreven a fijar.

#### **4.2.2 CONDICIONES DE VERANO**

Para verano deben darse tanto la temperatura de cálculo como la humedad relativa de cálculo. en general la temperatura se da de dos modos: una temperatura de cálculo, hallada como media de temperaturas elevadas a lo largo de cierto periodo extenso, y una temperatura máxima que se puede alcanzar con cierta frecuencia, pero en periodos cortos, en la localidad o zona.

Respecto a la humedad relativa exterior, se dan los datos del mismo modo: una humedad relativa media máxima y un valor de humedad relativa punta. Se deja a criterio del proyectista prevenir una o la otra (la segunda da como resultado aparatos más potentes), en función del uso de los locales y de la necesidad específica de comodidad que requieran los usuarios.

También es importante conocer la posición del sol en los momentos más desfavorables (que se suele dar a finales del mes de julio en el hemisferio norte, finales de febrero en el sur) para poder calcular el soleamiento que recibirán los elementos acristalados, para lo que debe conocerse la latitud y la inclinación de las ventanas. En ese sentido es importante que no haya elementos acristalados inclinados (ventanas en el faldón de la cubierta) en lugares de clima cálido.

En cuanto a la hora en que esta solicitud se producirá, dependerá de la orientación de esos elementos acristalados por lo que habrá que estudiar cada fachada según su orientación, a una hora distinta.

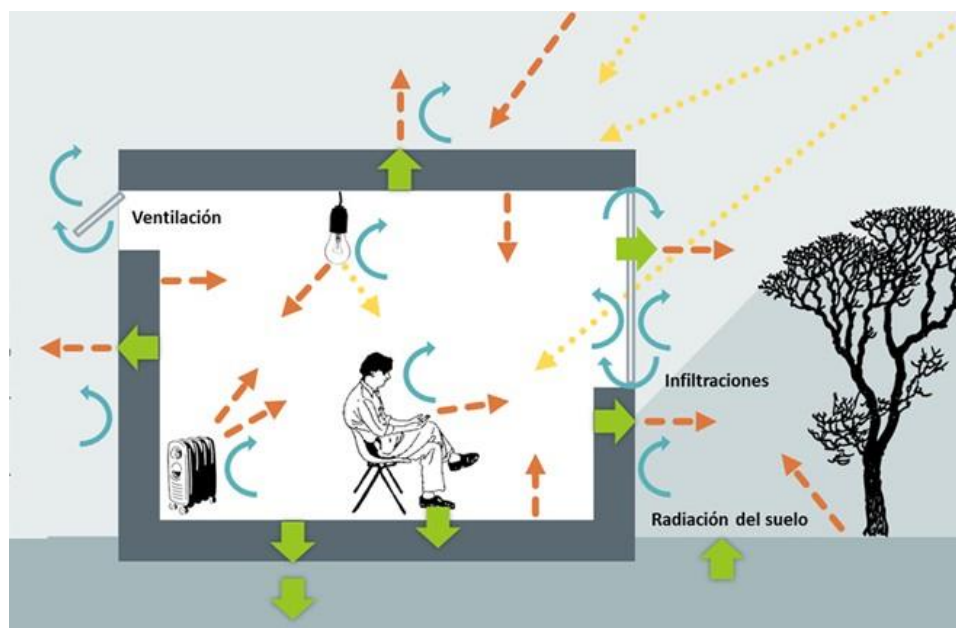


Fig. 4.2 Balance de calor

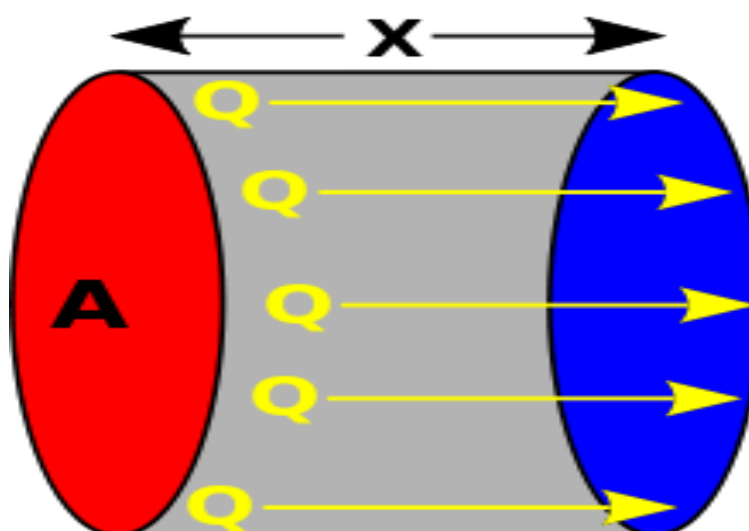
### 4.3 FLUJO DE CALOR POR CONDUCCIÓN

La transmisión de calor por conducción, entre dos cuerpos o entre diferentes partes de un cuerpo, es el intercambio de energía interna, que es una combinación de la energía cinética y energía potencial de sus partículas microscópicas: moléculas, átomos y electrones.

La conducción de calor o transmisión de calor por conducción es un proceso de transmisión de calor basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia, por el que el calor fluye desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura que está en contacto con el primero. La propiedad física de los materiales que determina su capacidad para conducir el calor es la conductividad térmica. La propiedad inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor.

La transmisión de calor por conducción, entre dos cuerpos o entre diferentes partes de un cuerpo, es el intercambio de energía interna, que es una combinación de la energía cinética y energía potencial de sus partículas microscópicas: moléculas, átomos y electrones. La conductividad térmica de la materia depende de su estructura microscópica: en un fluido se debe principalmente a colisiones aleatorias de las moléculas; en un sólido depende del intercambio de electrones libres (principalmente en metales) o de los modos de vibración de sus partículas microscópicas (dominante en los materiales no metálicos).

Para el caso simplificado de flujo de calor estacionario en una sola dirección, el calor transmitido es proporcional al área perpendicular al flujo de calor, a la conductividad del material y a la diferencia de temperatura, y es inversamente proporcional al espesor:



**Fig. 4.3** El segundo principio de la termodinámica

#### 4.4 COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Las leyes de la Termodinámica tratan de la transferencia de energía pero solo se refieren a sistemas que están en equilibrio. Por ello, permiten determinar la cantidad de energía requerida para cambiar un sistema de un estado de equilibrio a otro pero no sirven para predecir la rapidez con que puedan producirse estos cambios. La transferencia de calor complementa la primera y la segunda ley, proporcionando los métodos de análisis que pueden utilizarse para predecir esta velocidad de transmisión.

En un intercambiador se tienen dos flujos de fluido, uno con mayor temperatura que el otro, el calor se transfiere del fluido caliente al fluido frío a través de cinco resistencias térmicas principales:

1.- Resistencia de capa convectiva de lado del fluido con mayor temperatura:

$$R_h = \frac{1}{h_h \eta_{ov,h} S_h} \quad [K/W]$$

2.- Resistencia en el lado caliente por suciedad debido a la acumulación de residuos de materiales indeseables en la superficie de intercambio de fluido caliente:

$$R_{dh} = \frac{1}{h_{dh}\eta_{ov,h}S_h} \quad [K/W]$$

3.- Resistencia del material del intercambiador, el cual presenta una conductividad térmica finita y que toma un valor en función del tipo de intercambiador:

$$R_m = \begin{cases} \frac{\delta m}{k_m S_m} & [K/W] & \text{paredes planas} \\ \frac{\ln(d_o)(d_i)}{2\pi k_m L n_t} & [K/W] & \text{tubos circulares} \end{cases}$$

4.- Resistencia en el lado frío por suciedad:

$$R_{dc} = \frac{1}{h_{dc}\eta_{ov,c}S_c} \quad [K/W]$$

5.- Resistencia de capa convectiva de lado del fluido con menor temperatura:

$$R_c = \frac{1}{h_c\eta_{ov,c}S_c} \quad [K/W]$$

**Otra forma de conocer el coeficiente de la ecuación son, sobre los siguientes parámetros**

Este parámetro define el comportamiento térmico de conducción o transmisión de calor de un cuerpo, integrando la barrera de aire exterior e interior (viento máximo de 2 mts/seg.)

$$U = \frac{1}{1/h_e + e_n/k_n + 1/h_c + e_n/k_n + 1/h_i}$$

Donde:

- $h_i$  = coeficiente convección del aire interior
- $h_e$  = coeficiente convección del aire exterior ( $34,06 \text{ W/hm}^2\text{°C}$ )
- $e$  = espesor del material (por cada capa)
- $k$  = coeficiente de conductividad térmica ( $\text{W/hm}^2\text{°C}$ )
- $h_c$  = coeficiente convección del aire interior entre dos muros.
- $h_e = 17,03 \text{ W/hm}^2\text{°C}$  para superficies horizontales
- $h_i = 9,36 \text{ W/hm}^2\text{°C}$  para techos y muros.  $9,08 \text{ W/hm}^2\text{°C}$  para ventanas

En la siguiente tabla se puede apreciar las propiedades térmicas de materiales de construcción y aislante.

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad ( $\text{kg/m}^3$ )	Calor específico ( $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ )	Conductividad térmica ( $\text{W}/$ ( $\text{m}\cdot\text{K}$ ))	Difusividad térmica ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) ( $\times 10^{-6}$ )
Cartón	-	-	0,14-0,35	-
Cemento (duro)	-	-	1,047	-
Cinc	7140	389	106-140	38,16-50,41
Cobre	8900	389	372-385	107,45-111,20
Corcho (expandido)	120	-	0,036	-
Corcho (tableros)	120	1880	0,042	0,186
Espuma de poliuretano	40	1674	0,029	0,433
Espuma de vidrio	100	-	0,047	-
Estaño	7400	251	64	34,46
Fibra de vidrio	220	795	0,035	0,200
Fundición	7500	-	55,8	

**Fig. 4.4** Propiedades térmicas

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m <sup>2</sup> /s) (x10 <sup>-6</sup> )
Acero	7850	460	47-58	13,01-16,06
Agua	1000	4186	0,58	0,139
Aire	1,2	1000	0,026	21,67
Alpaca	8,72	398	29,1	8384,8
Aluminio	2700	909	209-232	85,16-94,53
Amianto	383-400	816	0,078-0,113	0,250-0,346
Arcilla refractaria	2000	879	0,46	0,261
Arena húmeda	1640	-	1,13	-
Arena seca	1400	795	0,33-0,58	0,296-0,521
Asfalto	2120	1700	0,74-0,76	0,205-0,211
Baldosas cerámicas	1750	-	0,81	-
Baquelita	1270	900	0,233	0,201
Bitumen asfáltico	1000	-	0,198	-
Bloques cerámicos	730	-	0,37	-
Bronce	8000	360	116-186	40,28-64,58
Carbón (antracita)	1370	1260	0,238	0,139

Fig. 4.5 Propiedades térmicas

A continuación se muestra una imagen comparativa de coeficiente global de transferencia de calor (U).

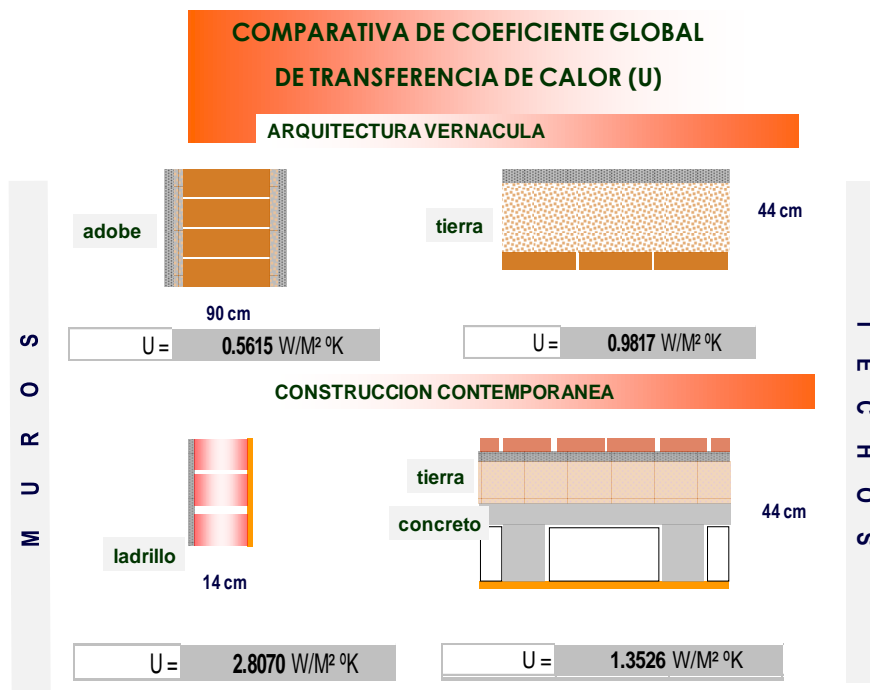


Fig. 4.6 Comparación de calor

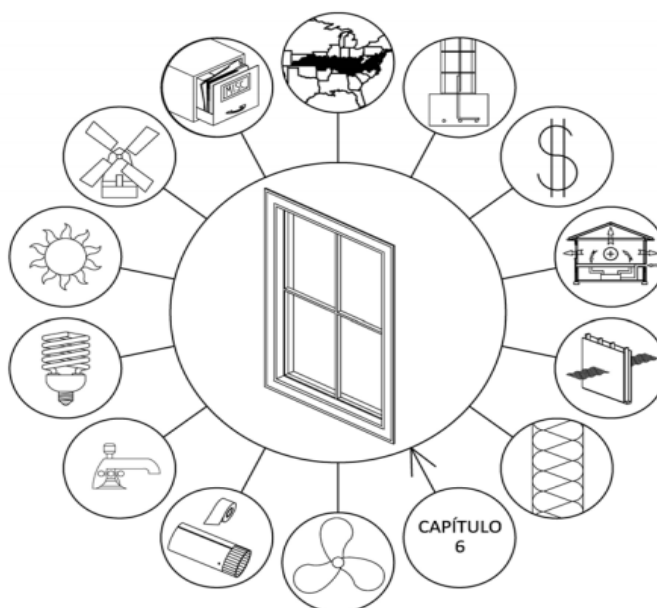


## 4.5 CRISTALES MÚLTIPLES

Las ventanas y las puertas conectan el interior de una casa al exterior, proporcionan ventilación y la luz del día, son importantes elementos estéticos. Las ventanas y las puertas a menudo son el punto arquitectónico focal de los diseños residenciales, pero aun así proporcionan el más bajo valor de aislamiento en la superficie exterior del edificio. Aunque la eficiencia de las ventanas ha mejorado mucho, todavía representan uno de los mayores riesgos de energía en la construcción nueva.

El tipo, el tamaño, y la ubicación de las ventanas afectan enormemente los costos de calefacción y de enfriamiento. Seleccionar ventanas de buena calidad, pero comprar inteligentemente para la mejor combinación de precio y desempeño. Muchos de los presupuestos de la construcción han sido arruinados al gastar miles de dólares adicionales en ventanas de la mejor calidad con ahorros marginales en energía. En general, las unidades de doble cristal con recubrimientos de baja emisividad son una opción rentable de ventanas.

Las casas bien diseñadas consideran cuidadosamente la ubicación y el tamaño de las ventanas. En el verano, las ventanas sin sombra pueden doblar los costos de mantener fresca una casa. A través de todo el año las ventanas de diseño deficiente pueden causar resplandor del sol, descoloramiento de las telas, y reducir la comodidad. El objetivo es sobre diseño solar pasivo, describe cómo diseñar ventanas para ahorrar aún más energía.



**Fig. 4.7** Mapa de propiedades

Las ventanas pierden y ganan calor de las siguientes maneras:

- Conducción a través del vidrio y del marco;
- Convección a través del espacio de aire en las unidades en unidades esmaltadas dobles y triples;
- Escape de aire alrededor de los marcos; y
- Radiación a través del glaseado.

Las metas de las ventanas eficientes en energía son:

- Bajos factores-U;
- Índices de transmisión moderados a altos de la luz visible;
- Índices bajos de escape de aire; y
- Índices de transmisión bajos de radiación –de energía de la luz ultravioleta e infrarroja invisible.

Pocas ventanas pueden cumplir con todas estas metas, pero en los últimos años, la industria de ventanas ha revelado un arsenal increíble de productos de eficacia más alta. Los recientes productos más notables incluyen:

- Puentes térmicos para reducir pérdidas de calor a través de sistemas glaseados altamente conductivos y de marcos de metal;
- Rellenos de gas inerte, tales como argón y criptón, que ayudan a amortiguar el espacio aire entre las capas de glaseado y aumentar así los valores de aislamiento de las ventanas;
- Sistemas de weatherstripping más apretados para disminuir los índices de escapes de aire; y
- Capas de baja-emisividad, que obstaculizan el flujo del calor radiante.

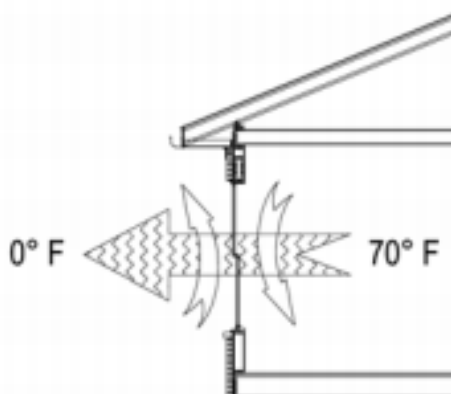
### Cristales múltiples

Para reducir más el factor-U de las ventanas, algunos fabricantes han introducido ventanas con cristal triple. Estas ventanas tienen espacio adicional que realza el factor-U de la ventana. Se debe hacer un estudio detallado de estas ventanas para su uso en la zona de clima 4.

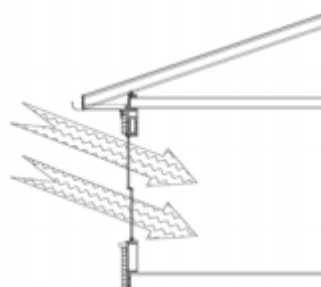
### El Factor-U

El factor-U es el índice en la cual una ventana, una puerta, o un tragaluz conducen el flujo del calor no-solar. Se expresa generalmente en unidades de Btu/hr-ft<sup>2</sup>-°F. Los índices del factor-U representan el desempeño entero de la ventana, incluyendo el marco y el material espaciador. Un factor-U más bajo significa que las ventanas, las puertas, o los tragaluces son más eficientes en energía, cuadro 6-3. Recomendación:

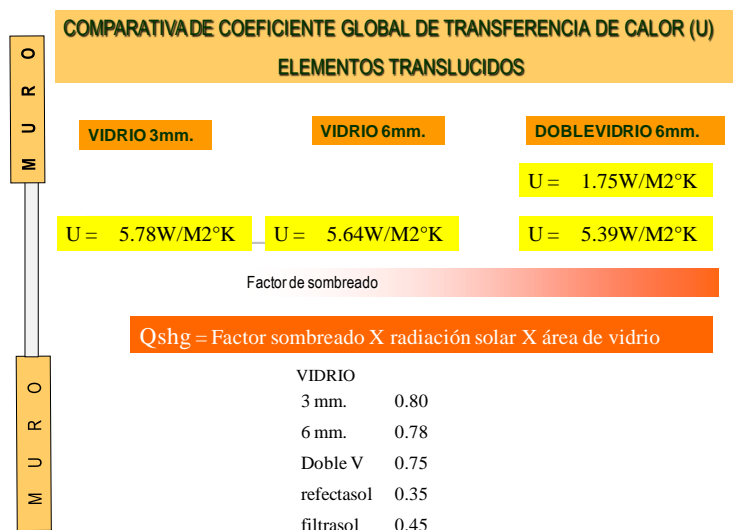
El mínimo del código para las ventanas es un factor U de 0,40. Los hogares del alto rendimiento deben tener un factor-U de la ventana de 0,35 o menos.



**Fig. 4.8** Factor U



**Fig. 4.9** Ganancia de calor



**Fig. 4.10** Coeficiente de calor

## 4.6 GANANCIA POR RADIACIÓN SOLAR

En las zonas de clima del país donde el enfriamiento es el uso principal de la energía, es importante que las ventanas reduzcan el aumento del calor solar. El Coeficiente de Ganancia del Calor Solar [Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)] es la fracción de la radiación solar incidente que penetra a través de una ventana. SHGC se expresa como un número entre 0 a 1. Mientras menor sea el coeficiente de ganancia de calor solar, se transmite menos calor solar.

Todas las zonas de clima del país se benefician de una ganancia de calor solar reducida en los lados este y oeste que dan a las ventanas porque la ganancia de calor para la calefacción reduce menos el requerimiento de energía de calefacción que el requerimiento de energía para enfriamiento. Hay un elemento de compensación entre la ganancia de calor solar y la transmisión de luz visible (una propiedad óptica que indica la cantidad de luz visible transmitida). Los beneficios totales están a favor de las ventanas con coeficiente de ganancia de calor más bajo.

Mientras más capas de vidrio, baños de pintura, o coloraciones tenga una ventana, impide más la luz del sol, lo que resulta en un SHGC más bajo. Los valores típicos se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 6-1 Tratamiento Típico de Ventanas Coeficientes de Ganancia del Calor Solar		
Tratamiento	Tipo de Ventana	Coefficiente de Ganancia del Calor Solar*
Ventana de Cristal Doble	Vidrio de ¼ de pulgada	0.76
	Vidrio de ¼ de pulgada	0.70
	Vidrio coloreado de ¼ de pulgada	0.58
Ventana de baja-e	Alcance típico, vidrio claro	0.34 to 0.40
	Ganancia solar alta	0.55 to 0.60
	Ganancia solar baja	0.25
Persianas	Vidrio doble de ¼ de pulgada	0.46
Persianas de rodillo blancas	Vidrio doble de ¼ de pulgada	0.22
Cortinas aireadas, claras	Vidrio doble de ¼ de pulgada	0.50
Cortinas pesadas	Vidrio doble de ¼ de pulgada	0.36
Persiana para sombra, persiana para el sol	Vidrio doble de ¼ de pulgada	0.36
*Fracción de la luz solar que pasa a través del vidrio y del tratamiento de la ventana. Se asume que la luz solar pega perpendicular al vidrio.		

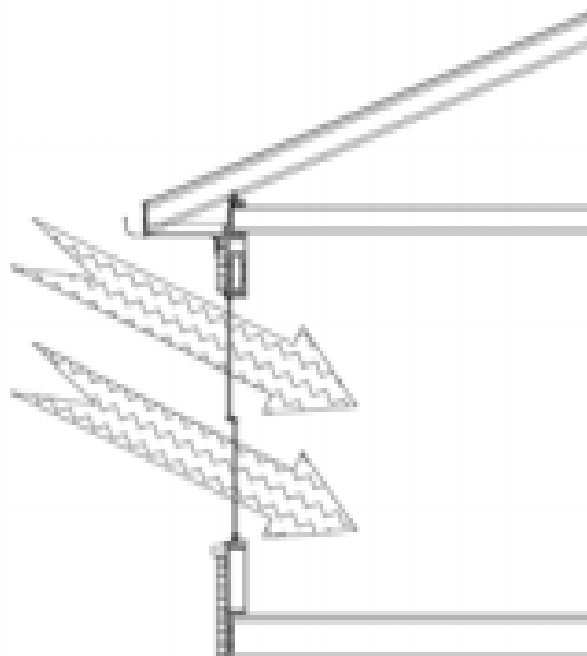
**Tabla. 4.1** Coeficiente de ganancia

Los hogares con ventanas con baja-e generalmente ya tienen bajo SHGC. La mayoría de las ventanas con baja-e tienen valores SHGC menos de 0,40. Si se desean valores SHGC de más de 0,40 para ciertas ventanas, algunos modelos de baja-e tienen un SHGC de sobre 0,50. El uso más común para las ventanas con SHGC alto estaría en el lado sur de los hogares solares pasivos.

Coeficiente de Ganancia del Calor Solar (SHGC) El SHGC es la fracción de la radiación solar que penetra a través de una ventana, de una puerta, o un tragaluz- ya sea transmitida directamente y/o absorbida, y posteriormente liberada como calor dentro de un hogar. Mientras más bajo sea el SHGC, menos calor solar es transmitido y mayor es su capacidad de dar sombra. Un producto con un índice alto de SHGC es más eficaz de juntar calor solar durante el invierno. Un producto con un índice bajo es más eficaz para reducir las cargas de enfriamiento durante el verano al bloquear el calor que se gana del sol.

Recomendación: No existen requisitos del código para SHGC en la zona de clima 4; Sin embargo, los hogares de alto rendimiento debieran tomar en consideración valores SHGC de 0,40 o menos. Mientras que las ventanas con valores SHGC más bajos

reducen el enfriamiento en el verano y el sobrecalentamiento, ellas también reducen la ganancia de calor solar en el invierno.



**Fig. 4.11** Ganancia de calor solar

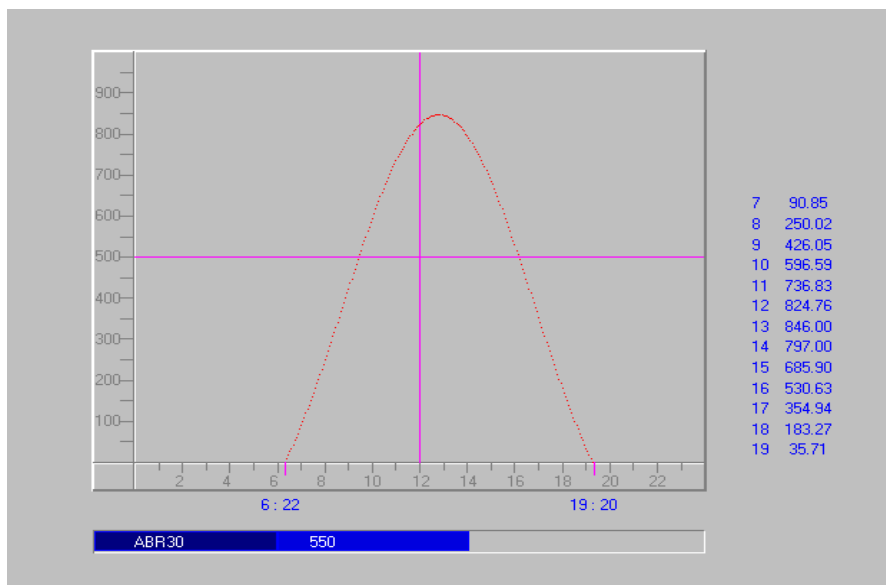
Flujo de calor por RADIACION SOLAR DIRECTA (shgc).

Dónde:

$A_v$  = área de la ventana

$F_c$  = fracción de radiación solar que pasa por la ventana

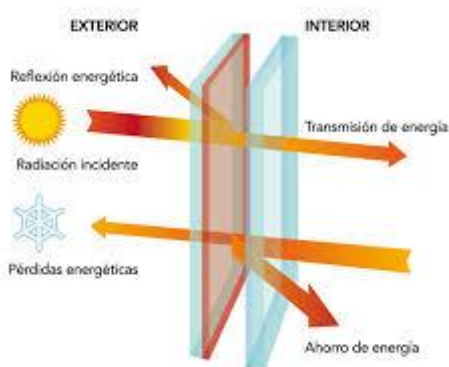
$H_T$  = radiación solar global ( $W/m^2$ )



**Fig. 4.12** Grafica radiación solar

Ganancia de Calor por la radiación solar en ventanas Este valor se da a través de la siguiente fórmula:

- $Q_s = ( \text{Area} ) ( \text{Radiación solar} ) ( F_g )$
- Donde  $F_g$  es el factor de ganancia solar de los cristales.



**Fig. 4.13** Comportamiento del cristal

**Fgs = factor de ganancia solar**

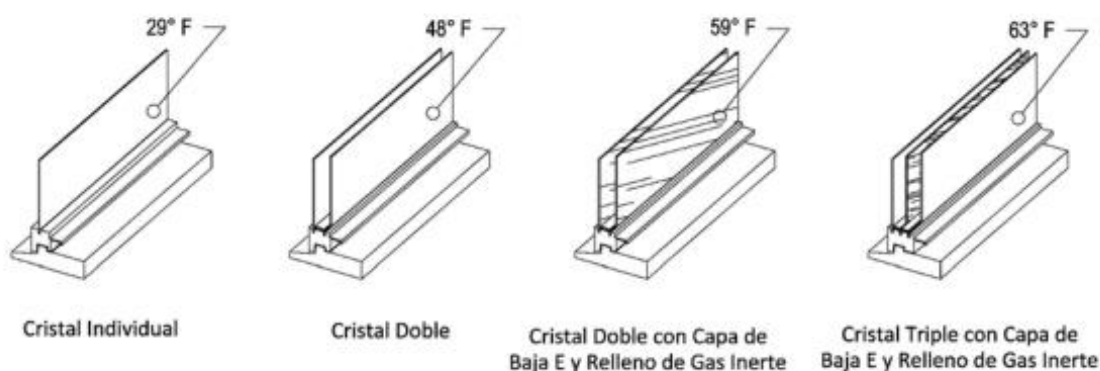
**TABLA DE COMPORTAMIENTO TERMICO Y LUMINICO DEL CRISTAL FLOTADO CLARO**

ESPESOR NOMINAL mm	LUZ VISIBLE		CALOR SOLAR			COEFICIENTE DE SOMBREADO	VALOR "U"	
	REFLEXION	TRANSMISION	REFLEXION	ABSORCION	TRANSMISION TOTAL		VER.	INV.
	%	%	%	%	%		(W/m <sup>2</sup> °C)	
3	8	90	8	6	88	1.01	5.96	6.54
4	8	90	8	7	87	1.00	5.93	6.49
5	8	89	8	9	85	0.98	5.89	6.45
6	8	89	7	12	84	0.97	5.86	6.41
10	7	86	7	19	79	0.91	5.68	6.20
12	7	84	6	26	75	0.86	5.56	6.06
19	6	81	5	-	68	0.78	-	-

■ EL COEFICIENTE DE SOMBREADO ES LA RELACION QUE EXISTE ENTRE EL CALOR DE RADIACION SOLAR QUE SE GANA A TRAVES DE UN CRISTAL ESPECIFICO, EN COMPARACION AL CALOR DE RADIACION SOLAR QUE SE GANA A TRAVES DE UN CRISTAL CLARO DE 4 mm DE ESPESOR, BAJO IDENTICAS CONDICIONES

▲ VALOR DE "U" ES EL COEFICIENTE DE TRANSMISION TERMICA QUE MIDE LA CANTIDAD DE CALOR QUE SE ESTA GANANDO O PERDIENDO A TRAVES DEL CRISTAL, DEBIDO A LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL AIRE INTERIOR Y EL AIRE EXTERIOR

**Tabla. 4.2** Tabla de comportamiento del cristal



**Fig. 4.14** Temperatura de la superficie de la ventana interior

## 4.7 CAPAS DE BAJA-EMISIVIDAD

### Transmisión y reflexión

Para la transmisión luminosa hay que medir los factores de transmisión y de reflexión en el dominio visible. Si queremos hacer la hipótesis de que ninguna luz es difusa por la capa de baja emisividad, la medida será de factores normales-normales. Si existe duda, la detección debe ser hemisférica: debemos medir entonces los factores normales hemisféricos. Para el factor solar el dominio espectral de medida de factores de transmisión y de reflexión se extiende hasta 2.500 nm, pero en lo que concierne a la geometría se aplican las conclusiones anteriores. Si nos interesamos por los factores direccionales para una incidencia de 70° podemos aceptar para el acristalamiento con capas las correlaciones conocidas para el vidrio, y podemos calcular ese nuevo factor. Pero pensamos que ciertas capas tienen alguna incidencia diferente de la normal, un

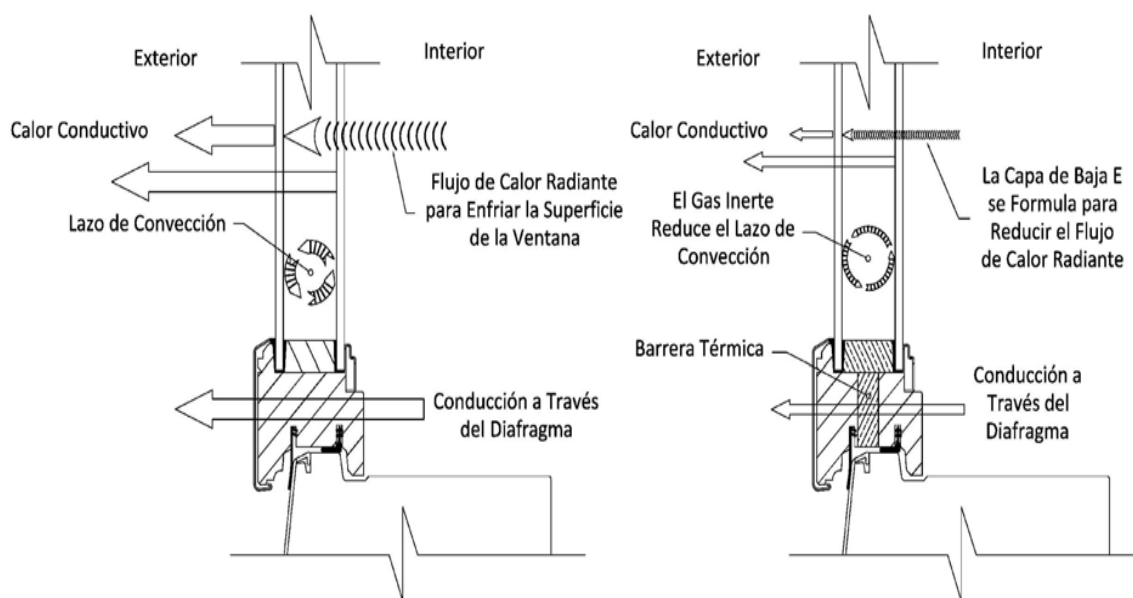


comportamiento específico, y será entonces útil tomar la medida real a incidencia variable; existe no obstante un problema de instrumentación, porque ningún instrumento del mercado permite medir el factor de transmisión direccional hemisférico a diferentes incidencias.

Las capas de baja emisividad son diseñadas principalmente para obstaculizar el flujo del calor radiante a través de ventanas multi glaseadas. Algunas superficies, como el metal negro y plano, que se usa en las estufas de madera, tienen altas emisividades e irradian calor fácilmente. Sin embargo, otras superficies, tales como el aluminio brillante, tienen bajas emisividades, e irradian poco calor, incluso a temperaturas elevadas.

Las capas con baja-e se componen generalmente de una capa de plata aplicada entre dos capas protectoras. El uso de capas es ahora el estándar para los fabricantes nacionales de ventanas.

- Protegen de la radiación ultravioleta, lo que reduce el descoloramiento de la tela.
- Aumentan la temperatura superficial del interior del vidrio, lo que nos hace sentir más calor porque irradiamos menos calor.



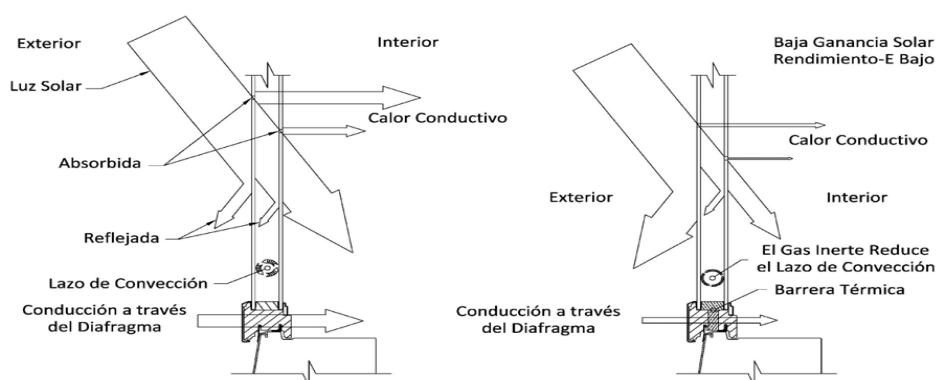
**Fig. 4.15** Pérdidas de calor en cristales dobles

## Ventajas del vidrio de baja emisividad

- La baja emisividad anula el efecto “pared fría” en invierno y “pared caliente” en verano
- Las ventanas o balconeras pueden aumentar de tamaño sin miedo a una fuga de calor importante y constante
- Estar junto a las ventanas ya no es un problema, pues dejan de convertirse en “congeladores” o “hornos”, aumentando el confort junto ellas.
- La baja emisividad reduce la transmitancia térmica en más de un 60% que un vidrio simple. El valor U de transmisión térmica es:
  - con un vidrio simple de 5.8 W/m<sup>2</sup>K
  - con un vidrio doble normal (cámara de aire de 12 mm) de 2.8 W/m<sup>2</sup>K (-51%)
  - con vidrio de baja emisividad de 1.8 W/m<sup>2</sup>K (-69%)

Su aspecto es casi el mismo que el de un vidrio incoloro.

- La baja emisividad produce una alta reflectancia del calor (energía de onda larga) pero no de la luz visible (energía de onda corta): impide al calor generado dentro de la estancia “escaparse” al exterior. Y todo ello sin perder luminosidad, pues permite a la luz solar atravesar el vidrio.



**Fig. 4.16** Pérdidas de calor en cristales dobles

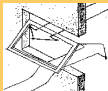
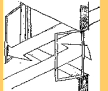
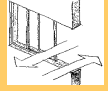
## 4.8 RELLENOS DE GAS INERTE

Los rellenos de gas inerte realzan el funcionamiento de las ventanas de doble cristal al reducir la pérdida del calor conductivo. El gas inerte es más pesado que el aire y circula

menos, de tal modo que reduce las corrientes de convección entre los cristales de la ventana. El gas inerte también es mejor aislante que el aire. Las ventanas clasificadas ENERGY STAR, que se pueden utilizar en cualquier zona de clima, están llenas de un gas inerte.

Las recomendaciones de las ventanas

- **Debe evitarse el efecto invernadero no recibiendo soleamiento directo en verano y en la transición al invierno.**
- **Recomendaciones de forma, tamaño, tipo y ubicación de las ventanas:**

VENTANA	NORTE	SUR	ESTE
Forma geométrica más adecuada	Rectangular horizontal	Rectangular horizontal	Rectangular vertical
Tamaño más apropiado respecto al área de muro de la fachada % = área de la ventana/área de muro (para cuartos de forma aproximadamente cúbica)	10 a 20 %	40 a 60 %	10 a 15 %
Ubicación más recomendable en el muro respectivo	Centrada	Esquina hacia el Este para evitar profundidad de penetración solar por las tardes	Esquinada hacia el Sur para reducir la profundidad de penetración solar en verano
Tipo de ventana recomendable	De resbalón: Ventilación buena 	Abatible: Ventilación buena 	Corrediza: Ventilación buena 

**Tabla. 4.3** Tabla de recomendaciones

## 4.9 CONDICIONES INTERIORES

El cuerpo humano es, entre otras cosas, una bomba de calor, el cual necesita perder constantemente y a una rapidez determinada y fijada por el metabolismo de la persona, que permita mantener la temperatura corporal interna entre 36.5 y 37.5 °C con el mínimo esfuerzo, y permita el desarrollo del trabajo fisiológico en óptimas condiciones”.

Las condiciones interiores pueden manifestarse por:

- Por personas
- Por equipos eléctricos

Flujo de calor por PERSONAS ( $Q_{metabolico}$ ).

$$Q_{metS} = W / \text{personas} * \text{No. personas}$$

$$Q_{metL} = W / \text{personas} * \text{No. personas}$$

Flujo de calor por EQUIPOS ELECTRICOS ( $Q_{light}$ ).

$$Q_{light} = \text{pot} * \text{No. aparatos}$$

Donde:

Pot = potencia de cada aparato eléctrico (W/h)

### Niveles Metabólicos (M) de las siguientes Actividades: W/m<sup>2</sup>

Acostado.....	46
Sentado relajado.....	58
Trabajo de relojero.....	65
De pié, relajado.....	70
Actividad sedentaria: oficina, vivienda, escuela.....	70
Conduciendo un automóvil.....	180
Profesión gráfica, encuadernador.....	85
De pié, actividad ligera: comprando, industria ligera.....	93
Profesor.....	95
Trabajo doméstico: afeitarse, lavarse, vestirse.....	100
Caminando horizontal 2 Km./h.....	110
De pié, actividad media: vendedor, trabajo domestico.....	116
Construcción, colocando bloques de 15 Kg.....	125
De pié, lavando platos.....	145
Trabajo doméstico: rastrillando hojas sobre el césped.....	170
Trabajo doméstico: lavando a mano y planchando. (120-220 W/m <sup>2</sup> ).....	170
Construcción: hormigonando con un vibrador neumático.....	175
Construcción: encofrando.180Caminando en horizontal 5 Km/h.....	200
Forestal: cortando monte con una sierra mecánica.....	205
Agricultura: arando con un tiro de animales.....	235
Construcción: cargando una carretilla con piedras.....	275
Deporte: patinando sobre hielo 18 Km/h.....	360
Agricultura: cavando con una pala (24 golpes/minuto).....	380
Deporte: esquiando en horizontal 9 Km/h.....	405
Forestal: trabajando con un hacha de 2 Kg (33 golpes/minuto).....	500
<b>Deporte: corriendo a 15 Km/h.....</b>	<b>550</b>

*Tabla. 4.4 Tabla de niveles de metabolismo*

Si el valor es positivo, significa que se debe de instalar un equipo de aire acondicionado de cierta capacidad, si por el contrario el resultado es negativo indicara que se debe de instalar un equipo calefactor.

- Flujo de calor TOTAL (Qload).  

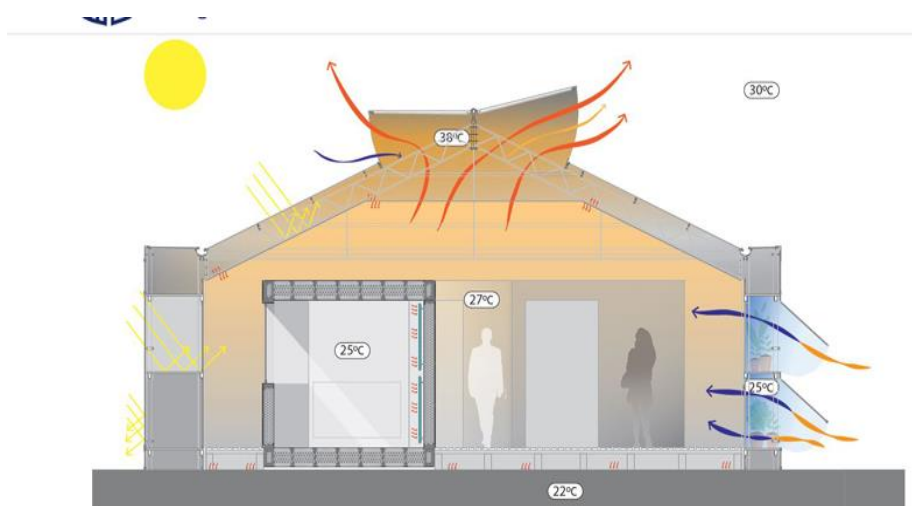
$$Q_{load} = Q_{cond} + Q_{shg} + Q_{vent} (+ Q_{inf}) + Q_{met} + Q_{light}$$

#### 4.10 SISTEMAS PASIVOS

La energía consumida por los edificios durante su uso es responsable de gran parte del impacto ambiental asociado a la edificación. Esta energía se usa en gran medida para dotar a los espacios del confort térmico y lumínico necesario.

- Relación entre clima y soluciones pasivas
- Funcionamiento conjunto de diferentes estrategias
- Fundamentos teóricos para entender el funcionamiento del edificio

Los dos conceptos, el de confort térmico y lumínico, están muy relacionados con el diseño del edificio. En este aspecto, el diseño desde un punto de vista bioclimático puede suponer enormes mejoras respecto a los estándares establecidos. El conocimiento sobre diferentes aspectos de la arquitectura bioclimática o pasiva, dotaran al técnico de las herramientas necesarias para obtener una arquitectura que con un mejor aprovechamiento de los recursos de su alrededor reduzca su impacto.



**Fig. 4.17** Sistema pasivo

Clasificación de los sistemas pasivos de climatización.

Para la clasificación de los sistemas pasivos de climatización se consideran tres aspectos.

- Configuración estructural.
- Género.
- Requerimientos de climatización.

De acuerdo con su configuración estructural, los sistemas pasivos se clasifican en los siguientes tipos:

- Ganancia directa.
- Muro de almacenamiento térmico.
- Invernadero acoplado.
- Techo de almacenamiento térmico.
- Techo de almacenamiento térmico e intercambiado de calor.
- -Circuito convectivo.

Según su género, los sistemas pasivos de climatización se clasifican en:

- Directo.
- Indirecto.
- Aislado.

Conforme a los requerimientos de climatización los sistemas pasivos de climatización se clasifican en:

- Calefacción.
- Enfriamiento.
- Humidificación.
- Deshumidificación.
- Ganancia directa y protección solar.

**GANANCIA DIRECTA.** Se presenta cuando la radiación solar penetra en el espacio por calentar a través de una cubierta transparente, donde es absorbida por las superficies de captación y convertida en calor.

**MURO DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO.** Se logra cuando la radiación solar penetra por una cubierta transparente o translúcida, e incide sobre la superficie de un muro interpuesto entre la cubierta y el espacio por calentar.

**INVERNADERO ACOPLADO.** Combinación de ganancia directa con muro de almacenamiento térmico; este último divide a la casa del invernadero. De esta manera, los espacios se calientan en forma directa.

**TECHO DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO E INTERCAMBIADOR DE CALOR.** Techo en el que se capta, almacena y transfiere radiación solar hacia el interior o donde se acumula, transfiere y disipa calor del interior hacia la atmósfera y el espacio.

**CIRCUITO CONVECTIVO.** Se realiza a través del movimiento de un fluido (gas o líquido) el cual transporta calor.

De acuerdo con su género se clasifican en:

- Directo. Semejante a la descripción de configuración estructural de ganancia directa.
- Indirecto. Se entiende cuando la radiación solar es absorbida por la superficie de un material interpuesto entre la cubierta transparente y el espacio por calentar

Los sistemas pasivos se caracterizan por formar parte de la estructura misma de la edificación, aunque acoplados de tal manera a las características del medio ambiente, que pueden captar, bloquear, transferir, almacenar o descargar energía en forma natural y casi siempre auto regulable, según el proceso de climatización implicado.

## AISLAMIENTO TÉRMICO

Son materiales que se oponen a la transmisión del calor o el frío en un espacio determinado. Su aplicación y beneficios son múltiples por ejemplo en cuartos fríos, refrigeradores, termos para bebidas y alimentos.

1. En casas habitación es aplicable a techos y paredes, lo que permite una temperatura agradable en el interior de la vivienda.
2. En verano impide el paso de calor por las radiaciones solares y en invierno que el calor de la casa no se pierda por las bajas temperaturas externas.
3. El aislamiento térmico ofrece la posibilidad de ahorrar en la facturación de su recibo de energía eléctrica
4. Durante el verano el calor que se absorbe en las casas nos hace gastar mas dinero ya que se deben mantener funcionando constantemente los aparatos de refrigeración o ventiladores; y lo mismo sucede en invierno con los aparatos de calefacción.

#### **4.11 TIPOS DE AISLAMIENTOS**

Aislante térmico es un material usado en la construcción y caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura. celulosa , lana de vidrio , lana de roca , poliestireno, espuma de uretano ,vermiculita , perlita, fibra de madera, fibras vegetales (canabis, el lino, el algodón, corcho), paja de plantas, fibras de origen animal (lana de oveja),son ejemplos de materiales aislantes.

Un aislador térmico reduce la pérdida de calor no deseado o ganancia y puede disminuir la demanda energética de calefacción y refrigeración.

Aislamiento de edificios

Se puede ahorrar mucha energía aislando adecuadamente las viviendas, oficinas y edificios que necesitan calefacción o aire acondicionado para mantenerse confortables. Construir un edificio con un buen aislamiento cuesta más dinero, pero a la larga es más económico porque ahorra mucho gasto de calefacción o de refrigeración del aire.

#### **Reflectivos**

Refleja los rayos del sol impidiendo que se caliente el área afectada. Esto se obtiene pintando de colores claros los techos y paredes. En el techo la aplicación de un impermeabilizante a base de cal y lejía actúa también como aislante reflectivo. Las superficies oscuras siempre tendrán mayores temperaturas que las superficies claras expuesta a los mismo rayos del sol.

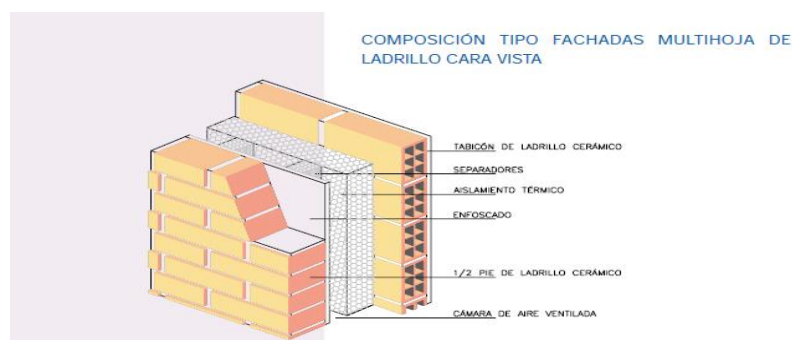
Color de la Superficie pintada	Porcentaje de calor radiante reflejado	Porcentaje de calor radiante absorbido
Blanco	80	20
Aluminio	72	28
Rojo Claro	37	63
Negro	6	94

**Tabla. 4.5** Tabla comparativa

## Celular

En este caso se emplean materiales a base de espuma. Se ha comprobado que una capa de 25 milímetros de poliuretano en el techo, reduce el consumo de energía por uso de aire acondicionado en un 29 %.

Experiencias con placas de poliestireno en la construcción sobre tierra y en el subsuelo ponen de manifiesto características convincentes como: estabilidad y durabilidad; insensibilidad a la influencia de la humedad; resistencia al ataque de organismos del suelo; así como un comportamiento biológicamente neutro ya que no pone en peligro los mantos freáticos. Además, la materia prima con que se elabora este producto contiene aditivos que no permiten la propagación de flama.



**Fig. 4.18** Composición tipo fachada

## Natural

Por los beneficios que da su sombra están considerados como aislantes térmicos naturales.

Una opción es sembrar árboles alrededor de su casa y cuidarlos para que crezcan y den sombra le ayudara a ahorrar en consumos de energía. Las banquetas son



importantes conductores de calor, deje un espacio con plantas entre la banquetta y la fachada.

#### **4.12 SISTEMAS ACTIVOS**

Después de tener un diseño pasivo optimizado, se define un diseño activo, en el que el objetivo central será definir un sistema HVAC eficiente. Hoy en día, los sistemas HVAC más eficientes de un edificio se encuentran en los sistemas de agua helada, los cuales tienen chillers, equipos de bombeo, torres de enfriamiento y unidades manejadoras de aire, entre otros. Tales sistemas han sido el estándar en edificios de grandes dimensiones y alto desempeño, debido a su capacidad de entregar niveles de aire a la temperatura deseada de forma segura, operando eficientemente cuando se encuentran bien dimensionados. Aunque, debido a los altos costos, sobre todo en edificios pequeños o medianos, se han desarrollado nuevas tecnologías alternativas.

Un caso particular ha sido el de sistemas del tipo de volumen de refrigerante variable (VRF). Los sistemas VRF son sistemas relativamente nuevos en el continente americano, a pesar de tener más de 20 años. El término volumen de refrigerante variable refiere a la capacidad del sistema de variar la cantidad de refrigerante que fluye hacia los evaporadores, lo que permite conectar a éstos últimos en distintas capacidades.

Su uso empieza a ser cada vez más popular, debido a las considerables ventajas que presenta respecto de los sistemas tradicionales de agua helada: básicamente consisten en un sistema de expansión directa de funcionamiento parecido a los minisplit, pero con una capacidad mucho mayor. Esto permite la conexión de varias unidades interiores a una sola exterior.

Al igual que los sistemas de agua helada con vigas frías, los VRF tienen la particularidad de no necesitar ductos, pues la transferencia de calor necesaria para enfriar / calentar el espacio se hace directamente con evaporadores ubicados cerca del espacio, en lugar de los sistemas convencionales que requieren mover aire, de donde surge la necesidad de tener sistema de ductos.

Un sistema VRF es muy eficiente en aplicaciones donde se requieran de varias condiciones de confort diferentes en distintos tipos de espacios. Debido a que son sistemas más pequeños y pueden subdividirse, el ahorro energético de estos sistemas es considerablemente mayor y al no requerir todo un sistema trabajando a carga plena de forma individual. Hay que considerar que no reemplazan a los sistemas de agua helada tradicional, ya que existen aplicaciones en las que no resultan tan convenientes. El chiller enfriado por agua y variador de frecuencia con bombeo variable es, en la mayoría de los casos, en edificios grandes, el sistema comercial más eficiente en la actualidad.

Asimismo, existen otras nuevas tecnologías de climatización para edificios de alto desempeño que, dependiendo de la zona climática, pueden proveer múltiples beneficios en términos de la huella de carbono del edificio. Basándose en el tipo de clima de cada proyecto, existen diversas opciones, como sistemas de evaporadores para climas más cálidos y secos, que pueden representar ahorros significativos. En

climas con bajo contenido de humedad en el aire, los sistemas de vigas frías representan ahorros en la distribución de aire y en la instalación de ductos.

En zonas con alta radiación solar, los sistemas de absorción presentan potencial al generar la energía térmica para el funcionamiento del equipo a un costo más bajo de inversión, menor área de colectores solares. De manera análoga, en edificios que operan 24 / 7 pueden beneficiarse de sistemas de generación eléctrica en cogeneración, donde la energía térmica residual es utilizada para proveer la climatización.

Pero estas tecnologías no han sido adoptadas ampliamente en el mercado mexicano, por lo cual se tienen, hasta la fecha, altos costos de mantenimiento e inversión que afectan la factibilidad económica de éstos, aun con ahorros considerables de energía.

Es importante recordar que el costo mínimo de energía del sistema HVAC no lo dicta la tecnología o la dimensionamiento del equipo, sino que es un balance entre los factores que afectan su desempeño. Así como los fabricantes de equipos HVAC tuvieron que producir equipos menos eficientes al eliminar los clorofluorocarbonos como refrigerantes de trabajo, por el impacto que tenían en la capa de ozono, también el costo mínimo del sistema de HVAC lo define la cantidad de aire exterior necesaria para cumplir con la salud y bienestar de los ocupantes.

#### Aire lavado

Los enfriadores evaporativos, utilizan con total éxito la sencilla tecnología del enfriamiento evaporativo, dicha tecnología bien dada por la evaporación de agua al pasar un volumen de aire determinado por unos paneles que provocan una disminución de la temperatura del aire así como un aumento del grado de humedad del mismo.

#### Su funcionamiento



Fig. 4.19 Aire lavado

El concepto del sistema de enfriamiento evaporativo está al alza como medio de enfriamiento en plantas industriales, granjas invernaderos o todo local que requiera el enfriamiento con un aporte de humedad.

Este sistema es totalmente ecológico ya que para ello no utiliza ningún tipo de gas refrigerante y la aportación eléctrica es mínima en comparación con los sistemas tradicionales de aire acondicionado su funcionamiento solo es necesaria una aportación de agua de la red general.

#### **4.13 CLASIFICACIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS**

##### **CICLO DE REFRIGERACIÓN**

El ciclo está definido por cuatro procesos fundamentales:

- Expansión
- Vaporización
- Compresión
- Condensación

##### **Expansión**

Es el proceso de reducción de presión del líquido refrigerante que entra en la válvula de expansión (o en el capilar, según el tipo y capacidad del equipo) para permitir su posterior evaporación.

##### **Vaporización**

Es el proceso mediante el cual, el líquido refrigerante entrante en el evaporador, se evapora, absorbiendo el calor del aire del espacio acondicionado.

##### **Compresión**

Es el proceso compresión y bombeo del refrigerante vapor procedente del evaporador, descargándolo a alta temperatura en forma de vapor recalentado.

##### **Condensación**

Es el proceso de licuefacción del refrigerante vapor a alta presión, procedente del compresor, que entra en el condensador que se halla a menor temperatura para su posterior circulación en forma de refrigerante líquido.

El ciclo de refrigeración se lleva a cabo de la siguiente manera:

El líquido que entra en el evaporador está controlado por un dispositivo de estrangulamiento automático (válvula de expansión o capilares según el modelo y la capacidad del sistema de aire acondicionado).

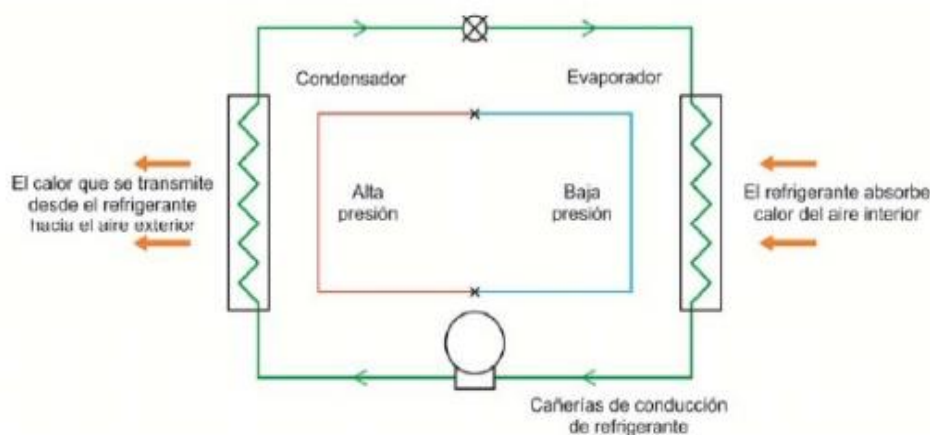
Este dispositivo, permite la expansión del fluido refrigerante en estado líquido y a alta presión. La expansión produce una baja de presión. La baja presión, permite la

evaporación del refrigerante a baja temperatura. El cambio de estado del refrigerante, de líquido a vapor, se produce cuando el mismo pasa por el evaporador.

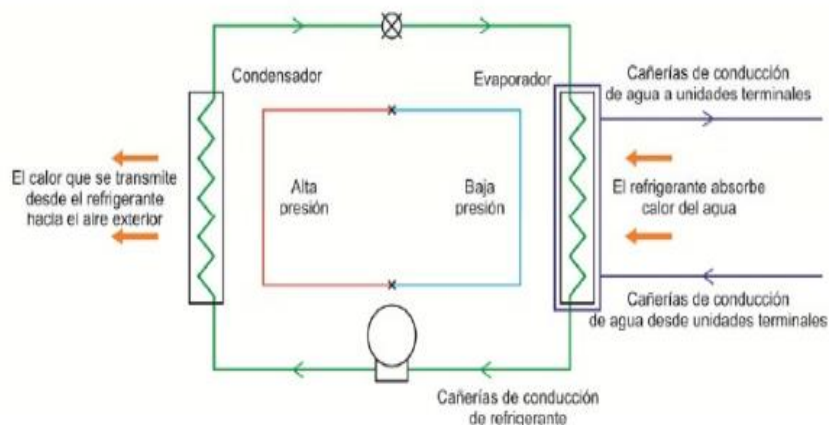
La evaporación del refrigerante, ocurre porqué el mismo, absorbe calor del aire (en los sistemas de expansión directa) o agua (en los sistemas de expansión indirecta) que fluye a través de la superficie del evaporador. Esta absorción de calor es la que produce el efecto de enfriamiento.

Debido a la acción aspirante del compresor, el medio refrigerante (evaporado) pasa por la línea de succión del cilindro del compresor, el que le otorga al medio refrigerante una mayor presión.

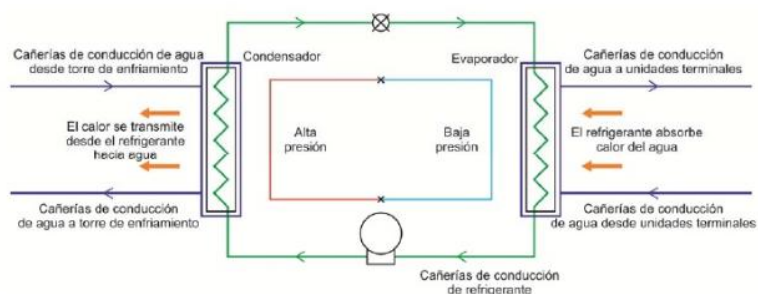
El refrigerante, en estado gaseoso y a alta presión pasa por el condensador, donde el calor se transmite del gas caliente al medio condensador aire (en los sistemas enfriados por aire, (en los sistemas enfriados por agua, los cuales necesitan torre de enfriamiento). Este medio condensador, ya sea aire o agua, enfría al gas refrigerante y lo condensa (es decir lo vuelve al estado líquido). De esta manera, el fluido refrigerante, en estado líquido y a alta presión, es forzado nuevamente hacia la válvula de expansión y de esta manera, se repite el ciclo.



**Fig. 4.20** Ciclo de refrigeración: expansión directa, condensación por aire



**Fig. 4.21** Ciclo de refrigeración: expansión indirecta, condensación por aire.



**Fig. 4.22** Ciclo de refrigeración: expansión indirecta, condensación por agua.

Existen diversas formas de clasificar a los sistemas de aire acondicionado. Es posible encontrar clasificaciones que tienen en cuenta el grado de centralidad, el tipo de expansión o el sistema, por nombrar solo algunas.

Según el grado de centralización de la instalación

- Individuales: equipos de ventana, unidades separadas tipo Split, unidades separadas tipo Multi-split y auto-contenidos (con y sin conductos).
- Centralizados: Roof top, unidades separadas comerciales, fan-coil y VRV.

Según el tipo de expansión

- Expansión directa: estos equipos tienen un intercambio directo entre el aire a acondicionar y el refrigerante, el aire se enfría por la expansión directa de un refrigerante. Ellos son: equipos de ventana, unidades separadas tipo Split, unidades separadas tipo multi-Split, auto-contenidos (con y sin conductos), roof top, unidades separadas comerciales y VRV.

- Expansión Indirecta: estos equipos presentan un intercambio indirecto entre el aire a acondicionar y el refrigerante a través de agua como fluido intermedio, es decir que el refrigerante enfría agua, la cual es distribuida a las unidades ubicadas en cada local o zona del edificio, donde el serpentín trabaja con agua fría. Comprende al sistema Fan-coil.

Según el sistema

- Sistema Unitarios: equipos de ventana y auto-contenidos (con y sin conductos)
- Sistema Todo Aire: Roof top y unidades separadas comerciales.
- Sistema Todo Agua: Fan-coil.
- Sistema Todo Refrigerante: unidades separadas tipo Split, unidades separadas tipo Multi-split y VRV.

En el caso del presente informe se utilizara la clasificación según el grado de centralidad

Por su distribución de componentes y forma física se dividen en:

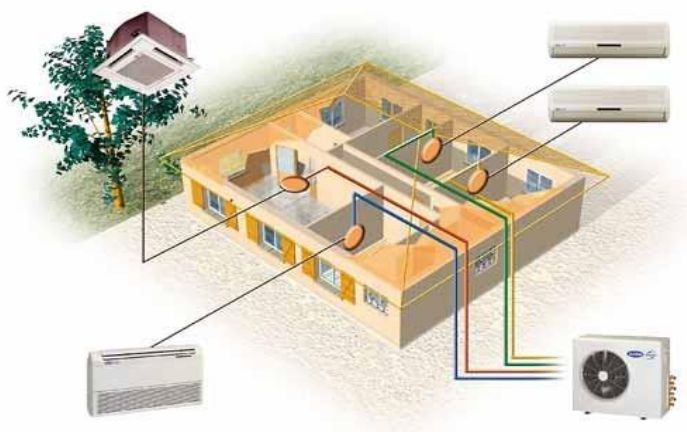
Equipos auto contenido:

- Ventana
- Paquete
- Chillers

Equipos divididos:

- Split
- Paquetes divididos
- Fan and coil

Cada uno de los tipos posee características propias de instalación, operación capacidad de enfriamiento y eficiencia



**Fig. 4.23** Clasificación de aire acondicionado

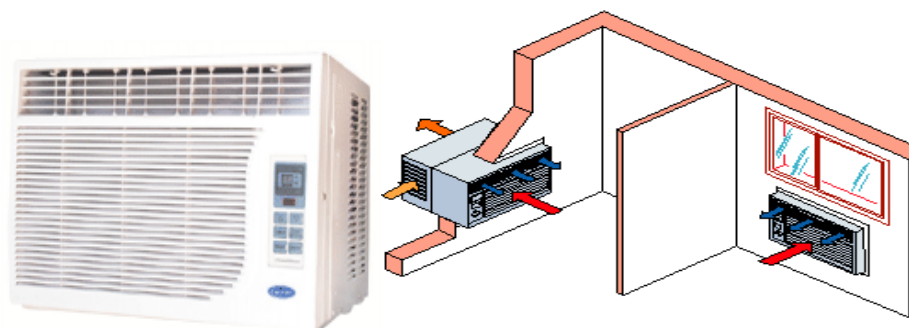
#### 4.13.1 EQUIPO DE VENTANA

Son unidades que están equipadas con: ventiladores, sistema calefactor (bomba de calor), sistema de refrigeración (por compresión) y filtro de aire (bajo rendimiento). En una carcasa con aberturas de aspiración y expulsión de aire, se encuentra el sistema de refrigeración, constituido por el compresor, el evaporador, el condensador y el dispositivo de expansión, además del sistema de encendido y control, los ventiladores, el filtro de aire y las rejillas de control.

A través de las rejillas de retorno y con la ayuda de un ventilador radial centrífugo, el aire del local es aspirado pasando por el filtro y el serpentín de refrigeración (evaporador).

El aire, después de pasar por el evaporador, es tomado por el ventilador y soplado nuevamente al interior del local a través de las rejillas de impulsión. El aire nuevo (aire exterior) se prevé solo por infiltración, ya que este tipo de sistema, no tiene posibilidad de tomar aire exterior para renovación. El montaje de estos equipos se realiza en muros exteriores, ventanas o antepechos. De esta manera, el calor que se extrae del interior del local es cedido directamente al exterior. A estas unidades no pueden conectarse conductos de distribución del aire, ya que su ventilador no está previsto para absorber las pérdidas de carga adicionales, como las que surgirían en esas condiciones. Son apropiadas para locales pequeños como ser: oficinas individuales, consultorios y casas particulares. Su montaje puede realizarse una vez concluida la obra civil

Estos equipos cuentan con 2 unidades. Una es el evaporador-condensador que es la unidad que va en el interior de la habitación, y un compresor que es la unidad que va en el exterior del edificio y se conecta con el condensador a través de unos tubos. Es por esta razón que los orificios que se hacen en la pared o losa son mucho menores que con un equipo de ventana.



**Fig. 4.24** Aire acondicionado tipo ventana

#### Ventajas

- Bajo costo de instalación, ya que no requieren de grandes espacios para salas de máquinas, o instalaciones especiales.

- Posibilidad de independizar distintos sectores o plantas del edificio (en el caso que se ubique un equipo en cada uno de los locales o sectores del edificio).

#### Desventajas

- Distribución de aire con alcance reducido.
- Altos niveles de ruido.
- Dificultad en la evacuación del agua de condensación.
- Poca satisfacción de los requisitos térmicos.
- No incorporan aire exterior al local, solo trabajan con aire de recirculación

#### **4.13.2 EQUIPO DE UNIDADES SEPARADAS TIPO SPLIT**

A diferencia de los equipos de ventana, las unidades tipo Split están divididas en dos partes: una unidad montada en el exterior y otra en el interior.

- La unidad exterior está compuesta por compresor, condensador, ventilador para la refrigeración del condensador y el dispositivo de expansión.
- La unidad interior lleva filtro de aire, evaporador (serpentin de refrigeración) y ventilador.

Ambas, se vinculan por cañerías que conducen fluido refrigerante, además de las correspondientes conexiones eléctricas. La unidad exterior debe ser instalada de tal manera que pueda estar debidamente ventilada, ya que el condensador es enfriado por aire. En algunos casos, al no preverse en el proyecto de arquitectura el lugar de ubicación, estas unidades aparecen en balcones, voladizos o en la fachada misma del edificio, lo cual va en contra de su estética.

Comparando los sistemas de unidades divididas con los de ventana, se pueden destacar algunas diferencias:

- Las unidades separadas tienen el compresor y el condensador fuera del ambiente, por lo que las unidades interiores son más silenciosas que las unidades de tipo ventana. Sin embargo se debe tener en cuenta que el ruido que realizan los primeros, lo hacen en el exterior.
- En los sistemas de ventana, se precisa realizar un orificio grande en el muro en donde se instalará, mientras que para un sistema de unidades divididas es suficiente con orificio pequeño, solo para pasar las cañerías que conducen el refrigerante

#### **AIRE ACONDICIONADO. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS** Página 9

#### Ventajas

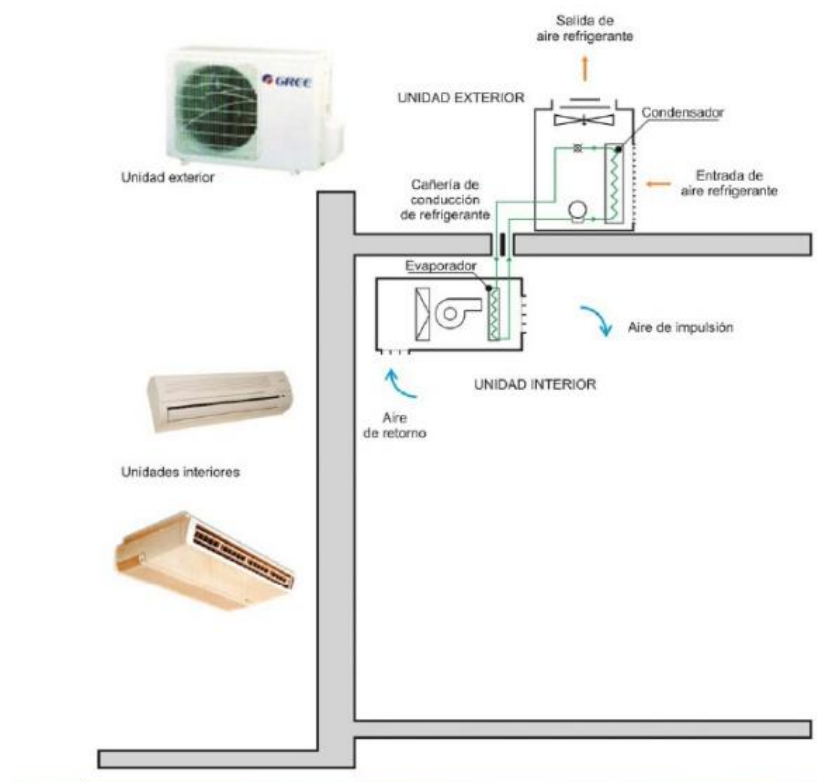
- Bajo costo de instalación, ya que no requieren de grandes espacios para salas de máquinas, o instalaciones especiales.
- Posibilidad de independizar distintos sectores o plantas del edificio (en caso que se ubique un equipo en cada uno de los locales o sectores del edificio).



- Bajo nivel de ruido en el interior del local.

#### Desventajas

- Aire de impulsión con alcance reducido.
- Poca satisfacción de los requisitos térmicos.
- No incorporan aire exterior al local, solo trabajan con aire de recirculación.



*Fig. 4.25 Unidades separadas tipo Split con interior de pared*

#### 4.13.3 EQUIPO MINI-SPLIT

Estos equipos cuentan con 2 unidades. Una es el evaporador-condensador que es la unidad que va en el interior de la habitación, y un compresor que es la unidad que va en el exterior del edificio y se conecta con el condensador a través de unos tubos. Es por esta razón que los orificios que se hacen en la pared o losa son mucho menores que con un equipo de ventana.

**Ventajas** nivel de ruido muy bajo y sobre todo los más modernos, son muy estéticos. Además el mantenimiento es muy sencillo, Consumen menos electricidad.

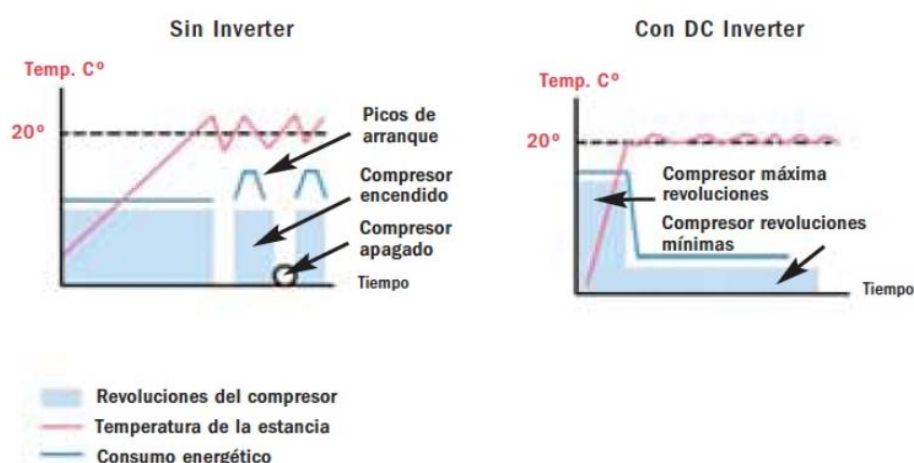
**Desventajas** su instalación es más complicada que los equipos de ventana y su costo es mayor.



**Fig. 4.26** Mini-split

#### 4.13.4 MINI-SPLIT TECNOLOGÍA INVERTER

La tecnología inverter consiste en un circuito de conversión de energía que integra un dispositivo electrónico de alimentación sensible a los cambios de temperatura modulando las revoluciones del compresor para adaptarse a las necesidades de temperatura de la estancia a climatizar. Una vez alcanzada la temperatura deseada, los equipos Inverter funcionan a una potencia mínima reduciendo muy significativamente el consumo eléctrico y evitando así los picos de arranque del compresor. Esto se traduce en un ahorro anual de electricidad de hasta un 40% respecto a sistemas no Inverter y un control total de la temperatura, confort a medida.



**Fig. 4.27** Comportamiento del mini-split inverter

El sistema Inverter permite por un lado que el compresor trabaje un 30% por encima de su potencia para conseguir muy rápidamente la temperatura deseada. Por otro lado, una vez alcanzada esta temperatura de confort, el sistema Inverter permite el funcionamiento del equipo hasta un 15% por debajo de su potencia, manteniendo

constante la temperatura de confort en un margen de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  evitando fluctuaciones de temperatura. Esto se traduce en una significativa reducción de ruido y consumo y un incremento en la sensación de confort.

### Cálculo del rendimiento EER COP en Split con la placa de características técnicas

Una pregunta muy usual cuando los técnicos (sobre todo de la rama de arquitectura) se enfrentan a una certificación energética es como sacar el rendimiento de la máquina EER o COP, en caso de que no vengan directamente como datos.

Lo vamos a explicar sobre la siguiente imagen, en esta si que viene el COP y el EER, pero también vienen los datos sobre los que se pueden calcular en caso de que nos encontremos con una máquina que no vengan, de esta forma comprobaremos nuestros resultados.

MODELO		SPCZS-100V ó YKA	
Unidad interior		PCA-RP100KAQ	
Unidad exterior		PUHZ-P100VHA4/YHA2	
Frio / Calor	Capacidad Nominal (Frio /Calor)	kW	9,4 / 11,2
	Consumo Nominal (Frio/Calor)	kW	3,130 / 3,280
	EER / COP	placa tecnica split bomba calor insem	3 / 3,41
	SEER (Rango)		5,1 (A)
	SCOP (Rango)*		3,8 (A)
Dimensiones	Nivel sonoro u. interior mín/máx	dB	37 - 43
	Diam. tuberías líquido/gas	mm	9,52 / 15,88
	Long. Máx. tubería vert/total	m	30 / 50
	Tensión - Intensidad Máxima	V / A	230 / 28,7   400 / 13,7
	U. interior alto x ancho x fondo	mm	230 x 1.600 x 680
	U. exterior alto x ancho x fondo	mm	943 x 950 x 330

\* SCOP Para zona climática intermedia según directiva ErP 206/2012  
No incluye bomba de drenaje

**Fig. 4.28** Placa de datos

En caso de que no vengan los datos EER, COP o los estacionales SERR o SCOP, hay que buscar cuanto consume la máquina y cuanto energía nos aporta.

Como sabemos para una bomba de calor tanto el consumo como el aporte varían en función de si están funcionando en modo calor (COP) o en modo frío (EER).

En nuestro ejemplo, para el caso del **cálculo del rendimiento en frío** tenemos que la máquina aporta 9.4 Kw en frío y consume 3.130Kw, por tanto su EER sería:

**EER=**Energía aportada en frío/Energía consumida en frío= $9.4\text{Kw}/3.130\text{Kw}=\mathbf{3.00}$   
Hay que tener cuidado ya que en algunas máquinas la potencia frigorífica o calorífica viene en Kcalorías, no pasa nada la pasamos a Kw y operamos.

En nuestro ejemplo, para el caso del **cálculo del rendimiento en frío** tenemos que la máquina aporta 9.4 Kw en frío y consume 3.130Kw, por tanto su EER sería:

**COP=**Energía aportada calor/Energía consumida en calor=11.2Kw/3.28Kw=**3.41**  
Como vemos los datos calculados concuerdan con los datos que nos da el fabricante.

#### 4.13.5 MULTI-SPLIT

Una unidad exterior alimenta, según las necesidades, desde 2 hasta 5 unidades interiores. La abertura en losa o pared necesaria para unir la unidad exterior y la interior es muy pequeña.

1. Ventajas. Permite regular la climatización de las estancias de manera independiente.
2. Desventajas. al fallar el compresor subiría la temperatura en las áreas a las que se les suministra acondicionamiento.



*Fig. 4.29 Multi Split*

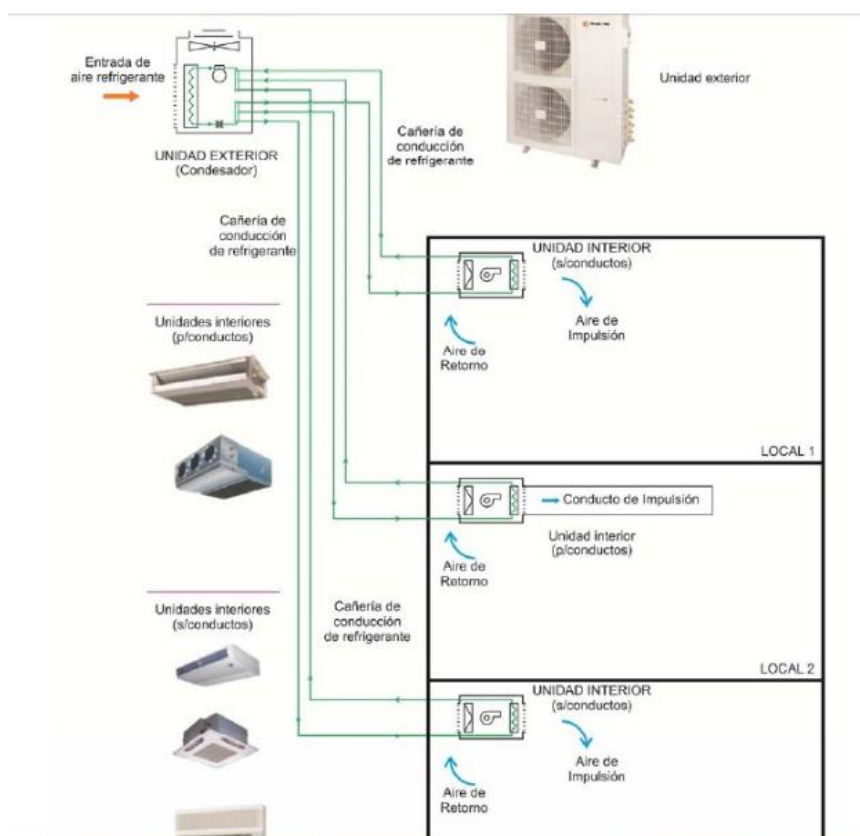
Similares a los sistemas tipo Split, el sistema Multi-Split tiene la ventaja de poder alimentar con una sola unidad exterior varias unidades interiores, generalmente, dos a cinco unidades interiores. Utilizan la tecnología Inverter. La unidad exterior está compuesta por compresor, condensador, ventilador para la refrigeración del condensador y dispositivo de expansión. Las unidades ubicadas en el interior de los locales, llevan filtro de aire, evaporador (serpentín de refrigeración) y ventilador de impulsión. Existen muchos modelos distintos de unidades interiores. Algunas de ellas, permiten la colocación de conductos de distribución de aire, mientras que otras no. Este tipo de sistema es adecuado para pequeños conjuntos de locales que requieren independencia de funcionamiento y condiciones del aire, por ejemplo viviendas, grupos de oficinas (no más de cinco),

## Ventajas

- Posibilidad de independizar los distintos sectores o plantas del edificio.
- Una sola unidad exterior abastece a varias unidades interiores.
- Bajo nivel de ruido en el interior del local.
- Buena distribución del aire en el caso de utilizar unidades con conductos.

## Desventajas

- Alcance reducido en las unidades sin conducto.
- Poca satisfacción de los requisitos térmicos.
- No incorporan aire exterior al local, solo trabajan con recirculación



**Fig. 4.30** Unidades separadas tipo multi-split

A continuación se muestra la *Fig. 4.29* en la que se aprecia el desglose de acuerdo a la capacidad de BTU.

MODELO	CAPACIDAD BTU/HR	EFICIENCIA ENERGÉTICA SEER	V-FHz	NIVEL DE RUIDO (dBA)			DIMENSIONES (cm)			PESO NETO Kg	CONSUMO ENERGÍA WATTS (w)	AMPERES (A)
				BAJA	MEDIA	ALTA	ALTO	FRENTE	FONDO			
Unidad Ventana (Descarga Horizontal)												
MCA051RB-C	5,000	9.7	115-1-60	45	-	50	31.5	45	40	21	515	4.8
Unidad Ventana (Descarga Vertical)												
MCA081RB-C	8,000	9.8	115-1-60	45	-	50	35	47	45	26	815	7.6
MCB 121RB-C	12,000	9.8	115-1-60	54	-	58	37.5	56	60	44	1,220	11.1
MCB 123RB-C	12,000	9.8	230-1-60	54	-	58	37.5	56	60	44	1,220	5.6
MCB243RB-C	24,000	8.5	230-1-60	58	-	62	42.8	66	77	70	2,820	12.9

*Fig. 4.31* Capacidad BTU'S

Los denominados Chillers (de agua helada) son empleados en grandes espacios a acondicionar y poseen eficiencias (consumo de energía vs capacidad de enfriamiento) por encima de otras tecnologías.

#### 4.13.6 AUTOCONTENIDOS (CON O SIN CONDUCTOS)

Estas unidades tienen características similares a los equipos de ventana. Están compuestos, generalmente, de los siguientes elementos: filtro de aire, ventiladores, batería de calor (calefactores a gas o eléctricos), condensador, evaporador y dispositivo de expansión. Todos los elementos se colocan en una sola unidad y tienen la conformación de un armario.

Por lo general en la parte baja se ubica el compresor y el condensador. Encima de ellos se ubica la batería de calor y el serpentín de refrigeración (evaporador) y en la parte superior los ventiladores. Entre el evaporador y los otros elementos citados, se encuentran las rejillas de toma de aire exterior y de aire de recirculación. Inmediatamente de esta especie de cámara de mezcla se ubican los filtros (Negrete 1991). El principio de funcionamiento es el siguiente: la mezcla de aire exterior con aire de recirculación, se limpia en el filtro, luego pasa través del evaporador (enfriamiento) o de la batería de calor (calefacción).

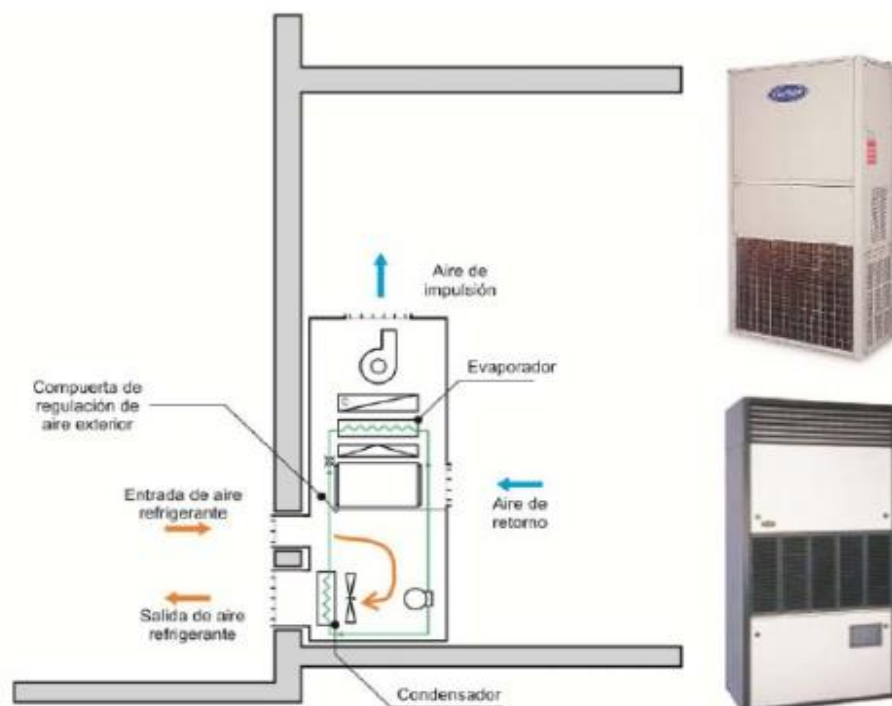
El ventilador aspira este aire frío o caliente impulsándolo al local en forma directa o a través de conductos de impulsión que los distribuyen en el local por medio de rejillas o difusores (Negrete 1991). Estos equipos pueden colocarse libremente en el local a tratar o en un local adjunto. Son utilizados especialmente para un solo local o grupo de locales que requieran iguales condiciones de temperatura y humedad del aire. Son apropiados para talleres, supermercados, bares, confiterías y restaurantes. sin conductos.

Ventajas

- Bajo costo de instalación, ya que debido a que se colocan en el mismo local al que sirven, no requieren de grandes espacios para salas de máquinas o instalaciones especiales.
- Buena distribución del aire y satisfacción de requisitos térmicos en caso de utilización de conductos de alimentación y retorno.
- Permite la entrada de aire exterior, lo cual ayuda para la renovación del aire del local acondicionado.

#### Desventajas

- Alcance reducido cuando se los utiliza sin conductos.
- Ruidosos cuando se colocan dentro del local



*Fig. 4.32 Auto-contenido sin conductos de distribución de aire*

#### 4.14 SELECCIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS

PARA SELECCIONAR EL EQUIPO MAS EFICIENTE SE TIENE QUE CONSIDERAR 2 COSAS

- Conocer las Toneladas de refrigeración requerida, si lo trae en BTU considerar 12,000 BTU por tonelada.
- Conocer la potencia eléctrica en kW del equipo

De tal forma que se pueda seleccionar el equipo que satisfaga la demanda de refrigeración con la menor potencia posible.

Ejemplo: Existe un equipo de 1 Tonelada, en tres modelos indicando las siguientes potencias 1300 watts, 1200 watts y otro 1000 watts respectivamente.

Seleccionaremos el equipo de 1000 watts del cual obtenemos 1 Tonelada de refrigeración a la menor potencia eléctrica posible.

Para la selección del equipo se debe verificar en la etiqueta para seleccionar un equipo de aire acondicionado.

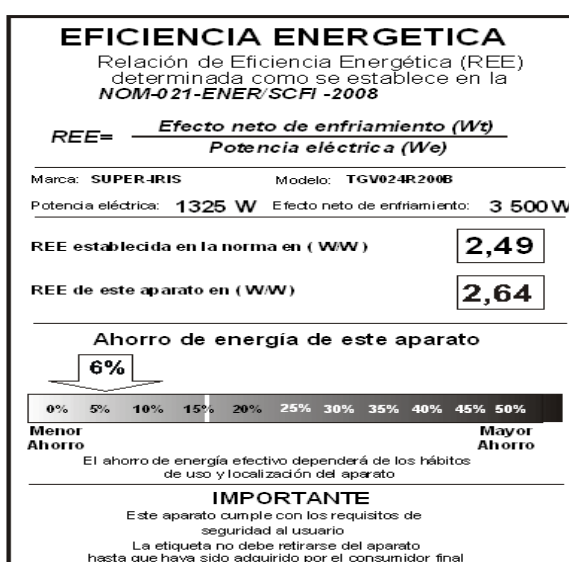


Fig. 4.33 Etiqueta de selección

Para conocer el ahorro de energía eléctrica que ofrece el producto de la etiqueta en base a los valores que se establecen en la norma **NOM-021-ENER/SCFI-2008** de Eficiencia en acondicionadores de aire tipo cuarto.

El siguiente ejemplo es con el dato de placa de la figura 30.

**REE = Efecto neto de enfriamiento, W**

**Potencia Eléctrica, W**

$$REE = 3500 \text{ W} / 1325 \text{ W}$$

$$REE = 2.64$$

Para conocer el ahorro de energía:



$$\left( \left( \frac{\text{REE de este aparato en (W/W)}}{\text{REE establecida en la norma en (W/W)}} \right) - 1 \right) \times 100\%$$

$$\% \text{ Ahorro Energía} = \left( \frac{2.64}{2.49} - 1 \right) \times 100\% = 6.024 \%$$

Este porcentaje quiere decir que este equipo ahorra un 6 % más de lo que se establece en la norma.

## CAPÍTULO 5

### ILUMINACIÓN

#### 5.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN

Es la acción y efecto de iluminar. Se conoce como iluminación, por lo tanto, al conjunto de luces que se instala en un determinado lugar con la intención de afectarlo a nivel visual, La iluminación se lleva a cabo a través de diversos elementos y artefactos.

- a) Intensidad Luminosa: Un antecedente de la luz que irradia con determinada claridad , un flujo luminoso al incidir sobre una superficie genera en ésta una cierta iluminación, a la que se conoce como intensidad de iluminación, y se mide en candela (cd).
- b) Flujo Luminoso: Es la cantidad de luz generada por una fuente luminosa. Su unidad es el lumen (lm)
- c) La Iluminación o Luminancia (E): Es la medida de la cantidad de luz incidente en una cierta área. Su unidad en el Sistema Internacional es el Lumen/m<sup>2</sup> = Lux
- d) La Iluminancia (Brillantez Fotométrica): Es la intensidad luminosa de cualquier superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie vista desde esa dirección. Su unidad en el Sistema SI es cd/m<sup>2</sup>
- e) La Brillantez subjetiva: Es el atributo subjetivo de cualquier sensación luminosa que da lugar a la escala completa de cualidades de ser reluciente, iluminado, brillante, empañado u oscuro.
- f) Absorción, reflexión y transmisión: Son los causas generales por los cuales un flujo luminoso incidente interacciona con un medio. La Absorción es el proceso por medio del cual el flujo se disipa.

g) La Reflexión es el proceso por el cual el flujo incidente deja una superficie o medio por el mismo lado de incidencia. La reflexión puede ocurrir como en un espejo (reflexión especular), irradiarse en ángulos distintos al del flujo incidente con el plano de incidencia (reflexión difusa), ó puede ser una composición de los dos tipos de reflexión.

h) La Transmisión es el proceso por el cual el flujo incidente abandona una superficie o medio por un lado distinto al suceso. Si el rayo de luz se reduce solo en intensidad, la transmisión se llama regular. Si el rayo emerge en todas direcciones, la transmisión se llama difusa. Ambos modos pueden existir combinados.  $\text{Flujo incidente} = \text{Flujo Absorbido} + \text{Flujo Reflejado} + \text{Flujo Transmitido}$

## 5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ

La luz natural es la que proviene del sol. La cantidad de luminosidad cambia de acuerdo con el tamaño del espacio por donde ingresa al ambiente, y se regula mediante cortinas o equivalentes. Intensidad. Se puede graduar la intensidad de la luz natural que penetra en un ambiente utilizando persianas, cortinas, estores, etc. Reflexión. La luz, al ingresar, se refleja sobre determinados objetos. Tonalidad dependerá de la hora, por las mañanas será blanca y al atardecer rojiza.

La luz es la radiación visible del espectro electromagnético que podemos captar con nuestros ojos. La temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color se expresa en kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura, por ser la misma solo una medida relativa.

La temperatura de color no tiene relación directa con la denominación de color cálido y frío, aunque popularmente se relacionen estos términos. A partir de 5000 K se dice que se trata de colores fríos, mientras que con temperaturas más bajas (2700-3000 K) se les consideran colores cálidos.

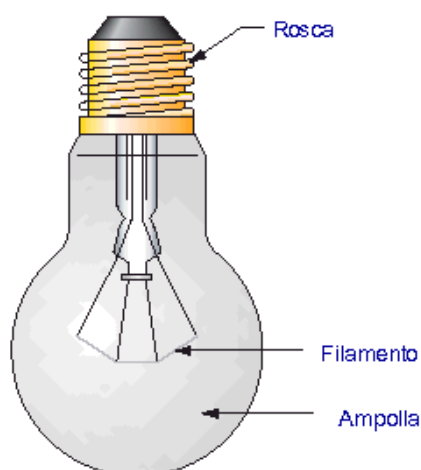
Índice de rendimiento de color es la capacidad de una fuente de luz artificial en reproducir los colores, siendo la referencia la luz del sol. Esta capacidad se mide en un porcentaje donde el 100% lo da la luz natural de sol. Las lámparas de filamento (incandescentes e incandescentes halógenas) tienen una reproducción del 100% ya que su espectro de emisión es continuo. Una lámpara de descarga tiene un espectro de emisión en unas determinadas longitudes de onda por lo que su capacidad de reproducir colores es menor.

La luz artificial es indispensable cuando la natural desaparece. Si en una habitación bien decorada no se han tomado en cuenta los cambios de luz, todo su encanto desaparece cuando la iluminación se torna deficiente. Si se conocen y manejan óptimamente los efectos que produce cada tipo de luz artificial, ésta no representará ningún problema.

## 5.3 CLASIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS

### 5.3.1 LÁMPARAS INCANDESCENTES

Tienen un filamento de Wolframio, que al ser atravesado por la corriente eléctrica se pone incandescente (2600 °k) y tiene un rendimiento aproximado de 550 lúmenes. El rendimiento luminoso de una Lámpara estándar es escaso y su vida útil limitada, por el ennegrecimiento de la ampolla con las partículas de wolframio evaporadas del filamento, aunque a la ampolla de vidrio se le hace el vacío y se le rellena con un gas inerte (argón). Por este motivo, las lámparas han sido sustituidas prácticamente por las halógenas, aunque siguen teniendo su vigencia en pilotos de maniobras y señalización.

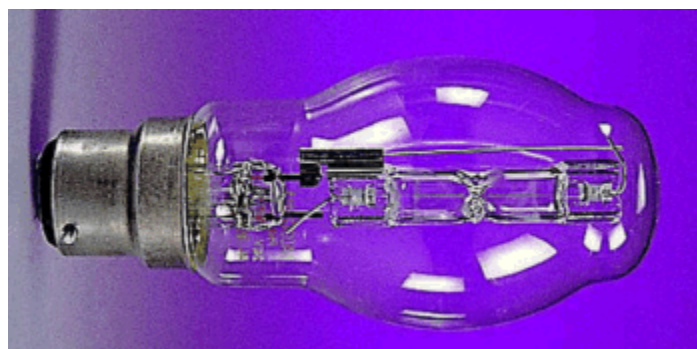


*Fig. 5.1* Incandescencia convencional

### 5.3.2 LÁMPARAS HALÓGENAS

La lámpara halógena incandescente entrega una luz más blanca que la lámpara incandescente corriente. Su color de luz se ubica dentro del margen del blanco cálido. La reproducción cromática es excelente, debido a su espectro continuo. A causa de su forma compacta, la lámpara halógena incandescente es una excelente fuente de luz puntual. La eficacia luminosa y duración de vida de lámparas incandescentes halógenas son superiores a las de las lámparas incandescentes corrientes.

Las lámparas incandescentes halógenas son regulables y no requieren sistemas electrónicos adicionales; no obstante, las lámparas halógenas de bajo voltaje requieren unos transformadores para su funcionamiento. Estas lámparas despiden la luz en toda dirección.



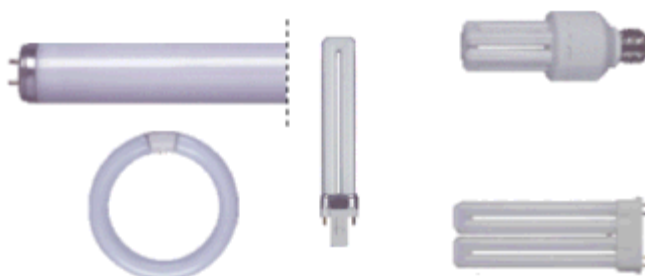
*Fig. 5.2 Incandescencia convencional halógena*

### **5.3.3 LÁMPARAS FLUORESCENTES**

Las lámparas fluorescentes tienen una gran superficie que despiden la luz, produciendo mayormente una luz difusa con poca brillantez. Los colores de luz de las lámparas fluorescentes son: el blanco cálido, el blanco neutro y el blanco de luz diurna. Las lámparas fluorescentes se caracterizan por una eficacia luminosa elevada y una duración de vida larga. El gas cargado es un gas raro que facilita el encendido y que controla la descarga. Al estar excitado, el vapor de mercurio despiden rayos ultravioletas. Los materiales fluorescentes, que están dentro del depósito de descarga, convierten los rayos ultravioletas, por fluorescencia, en luz visible.

#### **Lámparas fluorescentes compactas**

Gracias a la forma curva del depósito de descarga, las lámparas fluorescentes compactas son más cortas que las lámparas fluorescentes corrientes. Tienen básicamente las mismas propiedades que las lámparas fluorescentes convencionales, ante todo una elevada eficacia luminosa y larga duración de vida. El volumen relativamente pequeño del depósito de descarga permite producir luz concentrada mediante el reflector de una luminaria.



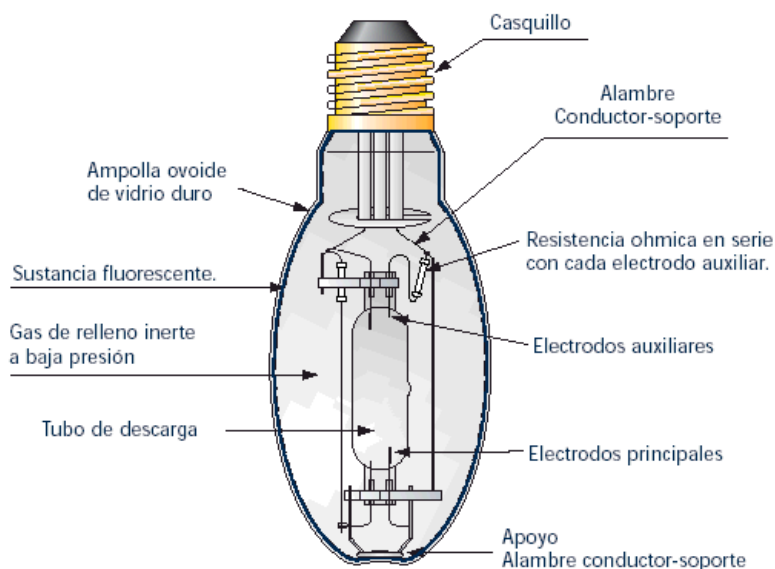
*Fig. 5.3 Lámparas Fluorescentes*

### 5.3.4 LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO DE ALTA TENSIÓN

A medida que aumenta la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible. En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente.

La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible. Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares.

En su arranque se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.



**Fig. 5.4** Vapor de mercurio a alta presión

### 5.3.5 LÁMPARA DE LUZ MEZCLA

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia.

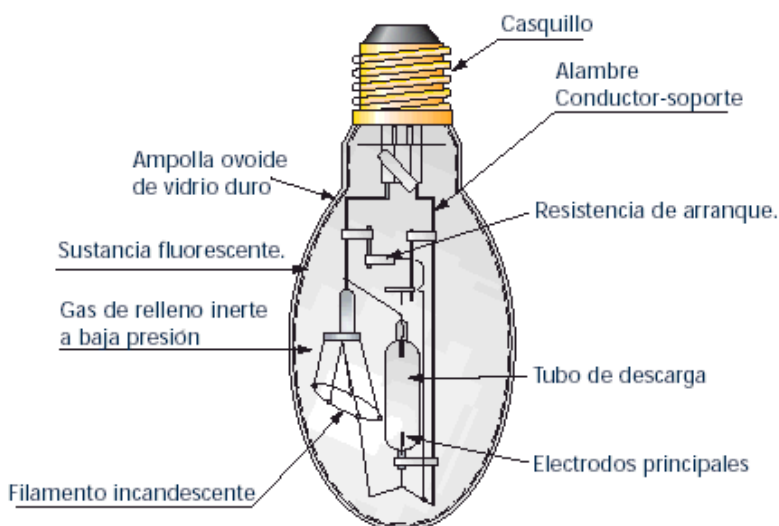
Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga.

Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600 K.

La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos causas.

- El ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado.
- La pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes.
- En general, la vida media se sitúa en torno a las 6000 horas.

Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balastro ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.



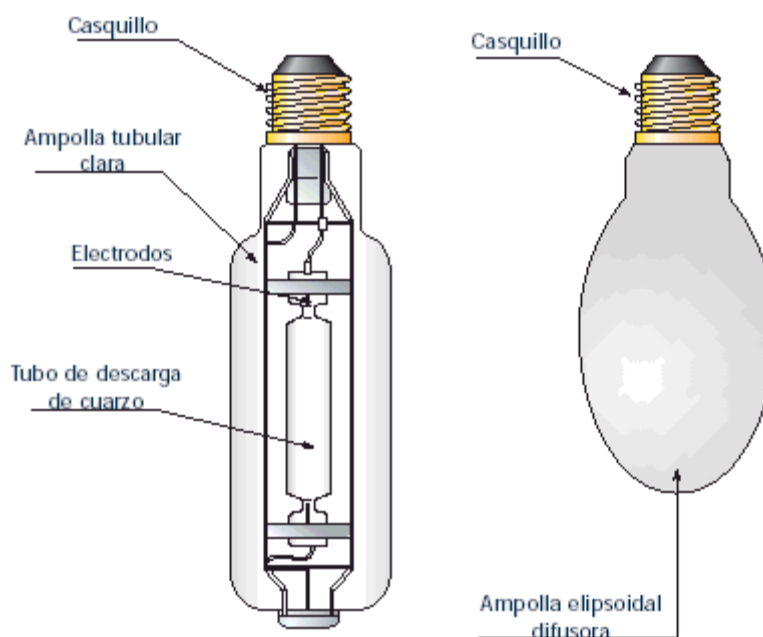
*Fig. 5.5 Lámparas Luz Mezcla*

### 5.3.6 LÁMPARAS HALOGENUROS METÁLICAS

Las lámparas de halogenuros metálicos cuentan con una excelente eficacia luminosa a la par con una buena reproducción cromática; su duración de vida nominal es alta.

Vienen a ser una fuente de luz compacta. Ópticamente su luz permite muy bien el ajuste de su dirección y la reproducción cromática no es constante. Las lámparas de halogenuros metálicos están disponibles en los tres colores de luz: blanco cálido, blanco neutro y blanco de luz diurna, y no se regulan. Contienen, adicionalmente, una mezcla de halogenuros metálicos.

Además del aumento de la eficacia luminosa, se obtiene una mejor reproducción cromática. Mediante unas combinaciones correspondientes de metales, se puede producir un espectro de rayas múltiples casi continuo. Las lámparas de halogenuros metálicos están disponibles en los tres colores de luz: blanco cálido, blanco neutro y blanco de luz diurna. Las lámparas reflectoras de halogenuros metálicos combinan la tecnología de las lámparas de vapor metálico con la de las lámparas reflectoras parabólicas.



*Fig. 5.6 Halogenuros metálicos*

### 5.3.7 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática característica formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí.

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm).

Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W).

### Ventajas

- permite una gran comodidad y agudeza visual.
- Una buena percepción de contrastes.

### Desventaja

- su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas.

Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas.

En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.

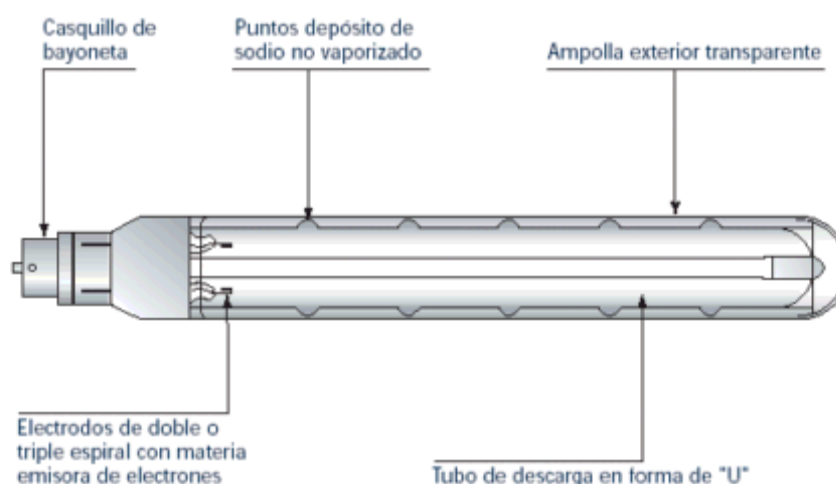


FIGURA 5.7 Sodio a baja presión

### 5.3.8 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.



Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color (Color= 2100 K) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión (IRC = 25, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

#### Vida media

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

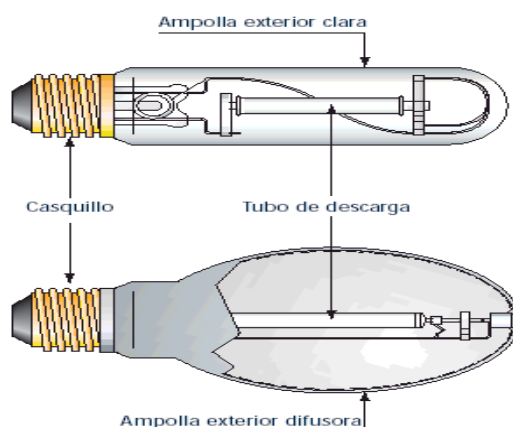
#### Condiciones de funcionamiento

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000 °C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga.

En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

#### Aplicaciones

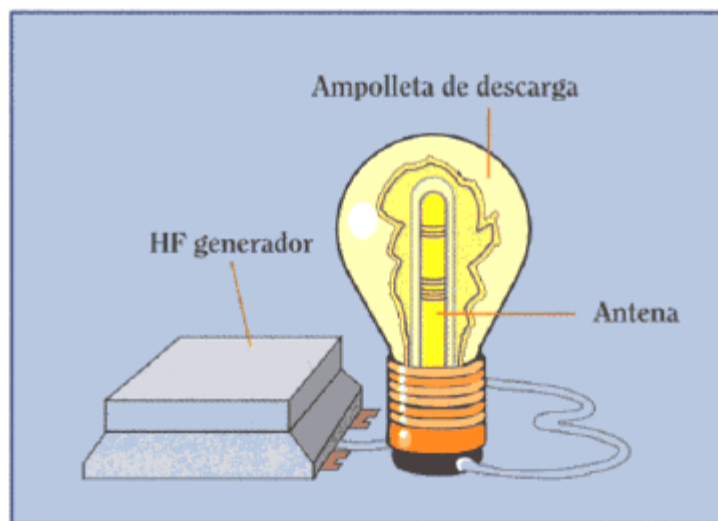
Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.



**Fig. 5.8** Sodio a alta presión

Las lámparas de inducción tienen una extraordinaria vida de 100 mil horas, esto es aproximadamente 5 veces más el servicio de vida normal de una lámpara fluorescente convencional. En contraste con las lámparas fluorescentes convencionales, la descarga para generar la luz, no tiene lugar entre dos electrodos sino que se genera a través de dos electroimanes. La energía inyectada a través de anillos de ferrita desde el exterior de la lámpara utilizando campos magnéticos.

- Larga vida (100 mil horas)
- Alto flujo luminoso
- Encendido instantáneo sin parpadeos
- Alta eficacia luminosa
- Excelente calidad de luz IRC 80
- Alto flujo luminoso de 90% aun en temperaturas extremas (desde  $-25^{\circ}\text{C}$  hasta  $125^{\circ}\text{C}$ )



*Fig. 5.9 Inducción*

### 5.3.9 LÁMPARAS LED

El **LED** (Light-Emitting Diode: Diodo Emisor de Luz), es un dispositivo semiconductor que emite luz incoherente de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN en la cual circula por él una corriente eléctrica. Este fenómeno es una forma de electroluminiscencia, el LED es un tipo especial de diodo que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica, emite luz.

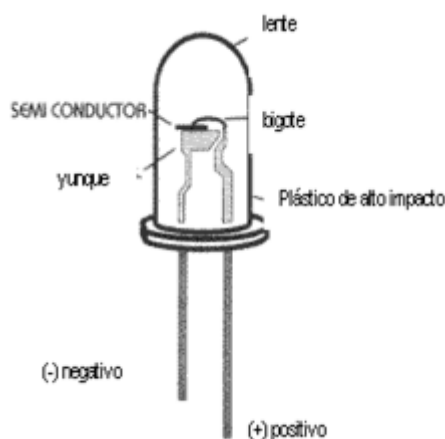
Este dispositivo semiconductor está comúnmente encapsulado en una cubierta de plástico de mayor resistencia que las de vidrio que usualmente se emplean en las

lámparas incandescentes. Aunque el plástico puede estar coloreado, es sólo por razones estéticas, ya que ello no influye en el color de la luz emitida. Usualmente un LED es una fuente de luz compuesta con diferentes partes, razón por la cual el patrón de intensidad de la luz emitida puede ser bastante complejo.

Para obtener una buena intensidad luminosa debe escogerse bien la corriente que atraviesa el LED y evitar que este se pueda dañar; para ello, hay que tener en cuenta que el voltaje de operación va desde 1,8 hasta 3,8 voltios aproximadamente (lo que está relacionado con el material de fabricación y el color de la luz que emite) y la gama de intensidades que debe circular por él varía según su aplicación.

Los Valores típicos de corriente directa de polarización de un LED están comprendidos entre los 10 y 20 miliamperios (mA) en los diodos de color rojo y de entre los 20 y 40 miliamperios (mA) para los otros **LED**. Los **diodos LED** tienen enormes ventajas sobre las lámparas indicadoras comunes, como su bajo consumo de energía, su mantenimiento casi nulo y con una vida aproximada de 100,000 horas. Para la protección del LED en caso haya picos inesperados que puedan dañarlo. Se coloca en paralelo y en sentido opuesto un diodo de silicio común

En general, los LED suelen tener mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, con lo cual, en su operación de forma optimizada, se suele buscar un compromiso entre la intensidad luminosa que producen (mayor cuanto más grande es la intensidad que circula por ellos) y la eficiencia (mayor cuanto menor es la intensidad que circula por ellos).



**Fig. 5.10** Led

#### 5.4 CARACTERÍSTICA DE BALASTRO

El balastro, es un dispositivo electrónico, electromagnético o híbrido, que por medio de inductancia, provee un arco de energía necesario para el arranque de la lámpara, además de que limita la corriente eléctrica para brindar un funcionamiento correcto.

El tipo de balastro, depende del tipo de lámpara y aplicación que se necesite: pero en forma general se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Balastro Electromagnético para lámparas fluorescentes
- Balastro Electrónico para lámparas fluorescentes
- T12, T8, T5, Compacta y Dimming (atenuación)
- Balastro de Emergencia para lámparas fluorescentes
- Balastro Magnético para lámparas HID
- Balastro de Electrónico para lámparas HID

¿Cuál es su función?

Las principales funciones del balastro son:

a) Proporcionar la tensión de encendido para el arranque de la lámpara, así como la tensión de operación necesaria para que funcione la lámpara, proporcionando un voltaje continuo.

a) Proporcionar las condiciones específicas para un buen funcionamiento y vida plena de la lámpara (Regulación)

b) Controlar y limitar la energía eléctrica a los valores apropiados para que la lámpara opere en condiciones nominales. Limita la corriente de operación a través de la lámpara y controla la potencia que llega a la lámpara para un funcionamiento adecuado.

¿En dónde se instala?

Lo ideal es instalar el balastro dentro del luminario ya que esto da la adecuada protección al balastro, sin embargo, también es muy común instalarlo por encima del luminario, a fin de disminuir la temperatura y dar mejor operación al balastro; o de forma remota (fuera del luminario).

Para la instalación remota, normalmente se tiene un límite de distancia. Por ejemplo, en el caso balastros electrónicos para lámparas fluorescentes, de los rango de distancia de 1.80 a 6 mts; y en los balastros magnéticos HID de hasta 15 mts, pero se requiere del uso de un ignitor de largo alcance.

Sin embargo, debemos considerar que no todos los balastros permiten una instalación remota, sin importar la marca.

¿Qué elementos integran la estructura de un balastro?

Los elementos que integran un balastro, dependerán fundamentalmente si es magnético o electrónico. Por ejemplo los balastros magnéticos para lámparas HID, constan de:

- Laminado y Bobinas  $f$
- Capacitor  $f$
- Ignitor

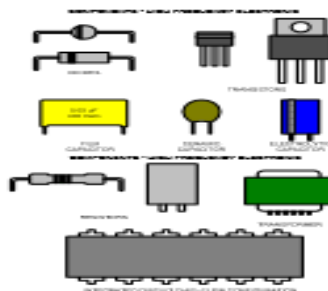
En lo que refiere a los balastos electromagnéticos para lámparas fluorescentes, podemos encontrar los siguientes elementos:



*Fig. 5.11 Balastro electromagnéticos*

Con respecto a los balastos electrónicos, se encuentran integrados por circuitos electrónicos como son:

- Resistores
- Capacitores  $f$
- Diodos  $f$
- Transistores  $f$
- Circuitos Integrados
- Transformadores  $f$
- Tarjeta Cto. Impreso



*Fig. 5.12 Balastro electrónicos*

## 5.5 TECNOLOGIA LEDS

La tecnología led se está poniendo hoy en día a flote, por lo que en la actualidad se pretende sustituir las lámparas tradicionales (incandescentes u fluorescentes) por la razón de su mayor consumo de potencia, haciendo que los leds (diodo emisor de luz) pasen a un primer plano ya que su consumo de potencia es aproximado a un 40% menos que las lámparas tradicionales. la tecnología led y se está empleado en la gama de televisores haciéndoles más nítidas las imágenes y menos volumen en su diseño, en semáforos haciéndoles a estos que consuman menos potencia y sean más visibles y duraderos que los semáforos normales.

Los LEDs actualmente disponibles ya están reemplazando rápidamente a otras fuentes de iluminación como así también son hoy la tecnología preferida para luces decorativas y de diferentes aplicaciones. La potencia de los LEDs, como fuente de iluminación general (luz blanca), es actualmente una de sus principales promesas de cara al futuro. En este documento se presenta la tecnología de la iluminación con LED, centrándose en sus aplicaciones, ciclo de vida y su capacidad para mejorar la eficiencia.

- Con la tecnología LED se produce una menor disipación de calor. Esto es debido a que la incandescencia emite luz en todo el espectro visible, siendo el difusor (que hace de filtro) quien deja pasar sólo el color requerido y el resto del espectro se transforma en calor, mientras que el diodo LED emite luz monocromática directamente, en la longitud de onda de color requerido, por lo que no existe la transformación de luz en calor.
- Esta diferencia en la emisión de luz entre la incandescencia más el filtro y el diodo LED, hace que ésta sea más eficiente, ya que toda la luz emitida por foco luminoso es aprovechada en la iluminación del punto de luz.
- La vida útil de la lámpara incandescente es de 6.000 h mientras que la del LED puede llegar a 100.000 h, es decir, 17 veces mayor.
- Altos niveles de flujo e intensidad dirigida.
- Significante tamaño para múltiples y diferentes opciones de diseño.
- Alta eficiencia, ahorro de energía.
- Luz blanca.
- Todos los colores (de 460 nm a 650 nm).
- Requerimientos bajos de Voltaje y Consumos.
- Alta resistencia a los golpes y vibraciones.
- Sin radiación U. V.
- Pueden ser fácilmente controlados y programados.
- Diferentes formas con diferentes ángulos de radiación.

LED se define por sus siglas como diodo emisor de luz, no es más que un pequeño chip de material semiconductor, que cuando es atravesado por una corriente eléctrica, en sentido apropiado, emite luz monocromática sin producir calor, es decir un

componente electrónico semiconductor, con polaridad por lo que se usará en funciones de señalización, estética y, actualmente iluminación.

Su estructura consta de un hilo muy fino, entre el cátodo y el ánodo, que podría dar apariencia de fragilidad, pero no es así; porque no tiene que ponerse incandescente (de hecho apenas se calienta) y no está al aire, sino incrustado dentro del epoxy.



*Fig. 5.13 Led*

Hoy en día de la tecnología led se ha aprovechado su gran economía eléctrica para ser utilizado en varios dispositivos como luces, linternas, luces para vehículos, mandos a distancia (leds infrarrojos o IRED), teléfonos móviles e inclusive pantallas, siendo las pantallas basadas en led la más novedosa y revolucionara forma de utilizar estos pequeños diodos.

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS PREVIO AL DIAGNÓSTICO

#### 6.1 DATOS DE FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE CADA MEDIDOR

En la **Tabla 6.1** se puede apreciar los datos de identificación del servicio la cual procederá a realizar un análisis.

<b>R.P.U. :</b>	<b>NOMBRE DE USUARIO:</b>	<b>NUMERO DE CUENTA:</b>
739041001114	COLEGIO ING MEC ELECTRICISTAS	24DK04A011121370

<b>MEDIDOR:</b> 512RK7	<b>DIRECCION:</b> Av. Paseo Gárgolas 160A - Chapultepec 1		
<b>TARIFA:</b> 3- 3 HILOS	<b>CARGA CONECTADA KW:</b> 319	<b>DEMANDA CONTRATADA KW</b> 319	<b>MULTIPLICADOR:</b> 1

*Tabla 6.1 Especificaciones de la tarifa*

En la **Tabla 6.2** se puede apreciar los datos de identificación del servicio la cual procederá a realizar un análisis.

<b>R.P.U. :</b> 739041001114	<b>NOMBRE DE USUARIO:</b> COLEGIO ING MEC ELECTRICISTAS	<b>NUMERO DE CUENTA:</b> 24DK04A011121390	
<b>MEDIDOR:</b> 19X5C5	<b>DIRECCION:</b> Av. Paseo Gárgolas 160A - Chapultepec 1		
<b>TARIFA:</b> 3- 3 HILOS	<b>CARGA CONECTADA KW:</b> 319	<b>DEMANDA CONTRATADA KW</b> 319	<b>MULTIPLICADOR:</b> 1

*Tabla 6.2 Especificaciones de la tarifa*

En la **Tabla 6.3** se puede apreciar los datos de identificación del servicio la cual procederá a realizar un análisis.

<b>R.P.U. :</b> 739041001114	<b>NOMBRE DE USUARIO:</b> COLEGIO ING MEC ELECTRICISTAS	<b>NUMERO DE CUENTA:</b> 24DK04A011121380	
<b>MEDIDOR:</b> 20X1C4	<b>DIRECCION:</b> Av. Paseo Gárgolas 160A - Chapultepec 1		
<b>TARIFA:</b> 3- 3 HILOS	<b>CARGA CONECTADA KW:</b> 319	<b>DEMANDA CONTRATADA KW</b> 319	<b>MULTIPLICADOR:</b> 1

*Tabla 6.3 Especificaciones de la tarifa*

### 6.1.1 CARGAS INSTALADAS EN EL CIME, CHIAPAS A.C.

Giro de la empresa	COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS Y ELECTRICISTAS DE ESTADO DE CHIAPAS
--------------------	--



Instalaciones	Planta baja.- Salón de eventos, Cocina cafetería, Baño H, Baño M, Portón.
	Planta principal.- Administración, Presidencia, Sala de capacitación, Sala de Juntas Cocina, Sala de espera, Baño H, Baño M, Pasillo, Escaleras.
	Planta Baja.- Aula Magna, Bodega, Baño M, Baño H, Recepción, Sala de espera, Escaleras,
	Estacionamiento.- Reflectores.
Principales Cargas	Bomba, Aires acondicionados, Iluminación, Cafeteras, Refrigeradores Equipos de cómputo e impresoras.
Horarios de Operación	Operan de 9 am a 5 pm En ocasiones especiales la planta de abajo y arriba operan de 4 pm a 10 pm
Tarifa	3

*Fig. 6.1 Cargas instaladas en el CIME, CHIAPAS*

### 6.1.2 COSTO MEDIO DE CADA MEDIDOR

Por tener tarifa 3, en el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, tenemos tres precios que se conforman en: primer escalón, segundo escalón, y tercer escalón, así promediamos el precio para tener un solo valor y ese se puso en las siguientes tablas y figuras

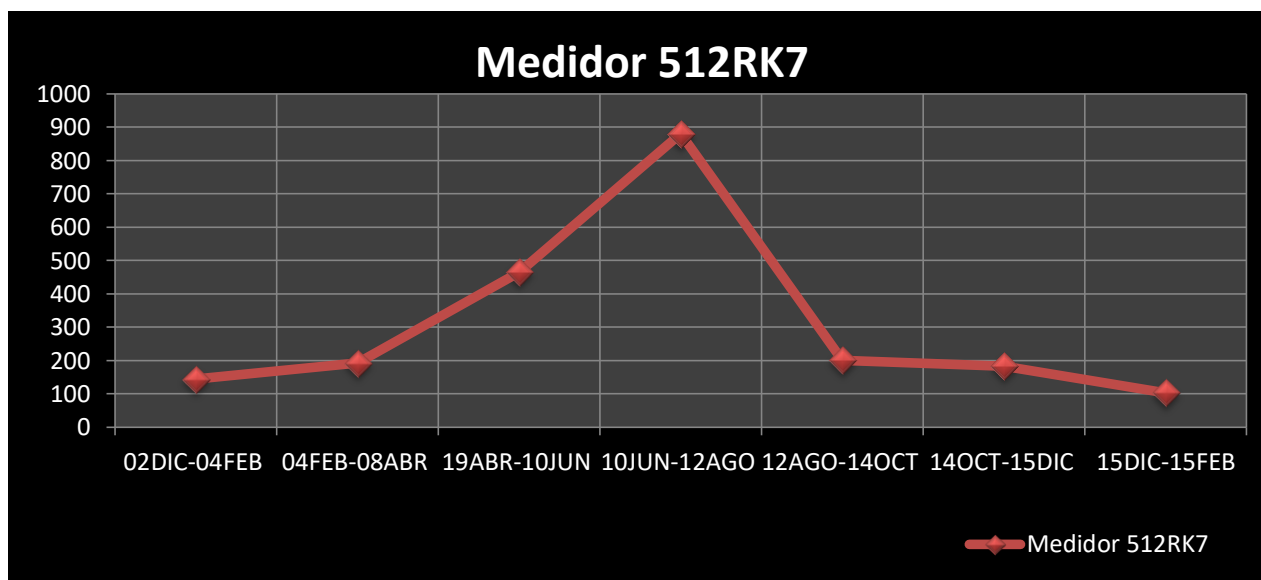
Es la representación del costo en peso relativo al consumo de energía del servicio por lo que en se puede apreciar los meses que se elevó el precio, del medidor 512RK7.

Tabla 6.4.- Medidor 512RK7

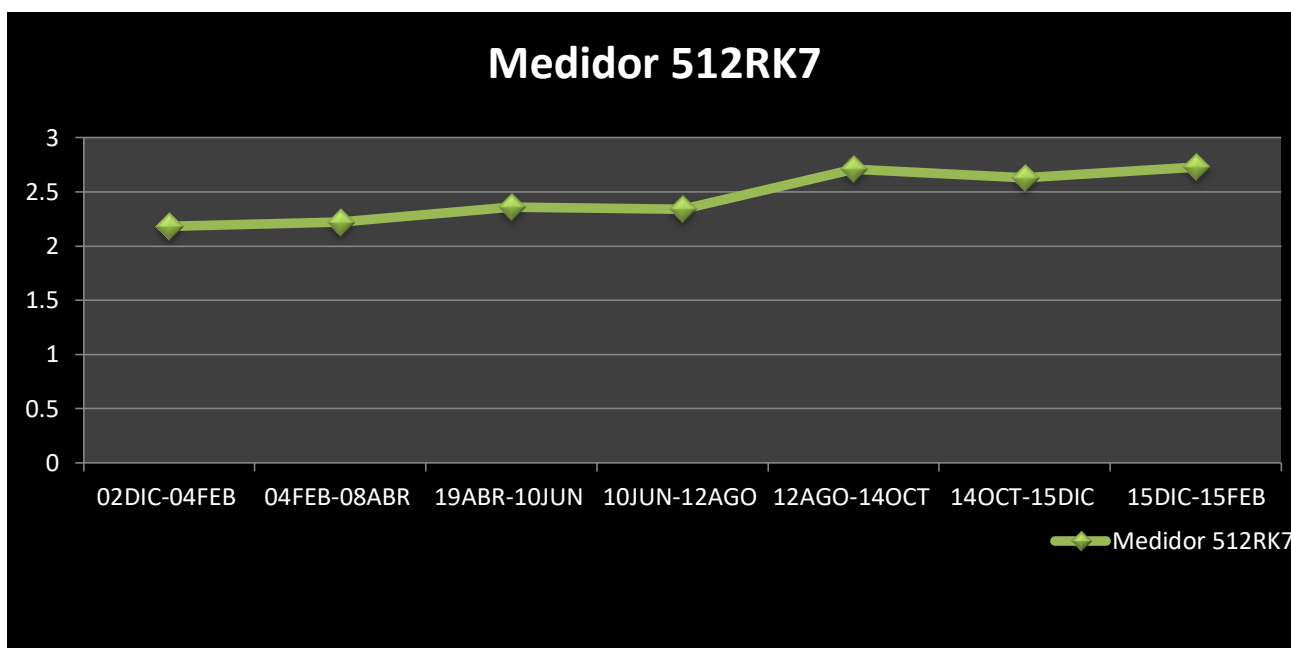
Año/Mes	Consumo en kWh	
	2016	CON. PROM
02DIC-04FEB	144	2.18
04FEB-08ABR	192	2.22
19ABR-10JUN	465	2.36
10JUN-12AGO	880	2.34

12AGO-14OCT	201	2.71
14OCT-15DIC	183	2.63
15DIC-15FEB	103	2.73
<b>Total</b>		<b>2168</b>

**Tabla 6.4** Consumo del Medidor 512RK7 en KW y consumo promedio



**Fig. 6.2** Consumo en KW durante el periodo 2016



**Fig. 6.3** Consumo en precio por kWh durante el periodo 2016

Es la representación del costo en peso relativo al consumo de energía del servicio por lo que en se puede apreciar los meses que se elevó el precio, del medidor 20X1C4.

Tabla 2.- Medidor 20X1C4

Año/Mes	Consumo en kWh	
	2016	CON. PROM
15 DIC-15 ENE	254	2.16
15 ENE-15 FEB	71	2.18
15 FEB-15 MAR	317	2.19
16 MAR-16 ABR	840	2.22
19 ABR-10 JUN	1213	2.36
10 JUN-12 AGO	1651	2.34
12 AGO-14 OCT	1460	2.71
14 OCT-15 DIC	359	2.63
15 DIC-15 FEB	452	2.73
<b>Total</b>	<b>6617</b>	

**Tabla 6.5** Consumo del Medidor 20XC14 en KW y consumo promedio

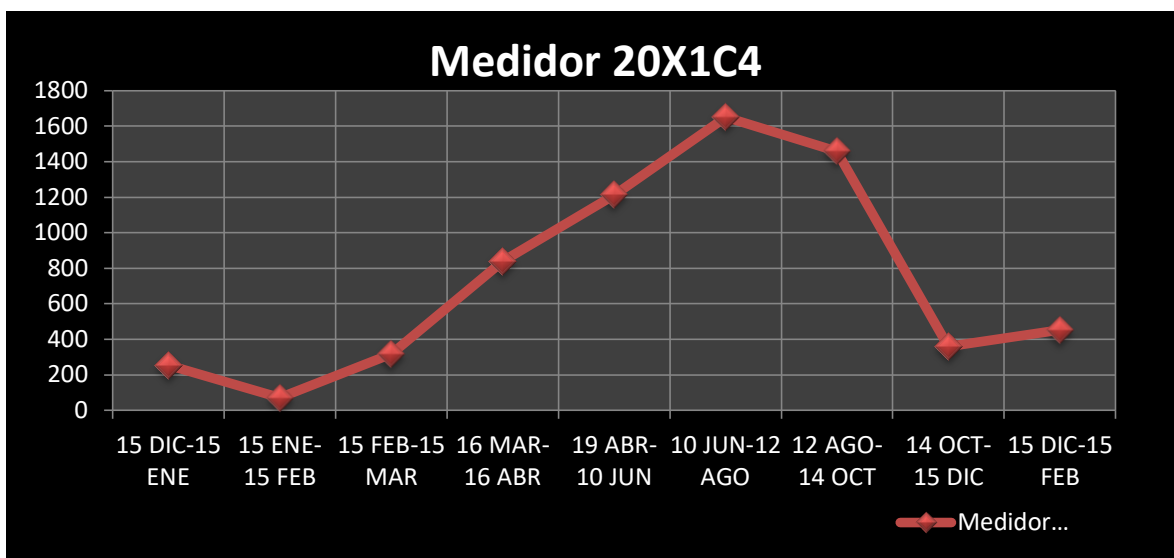


Fig. 6.4 Consumo en KW durante el periodo 2016

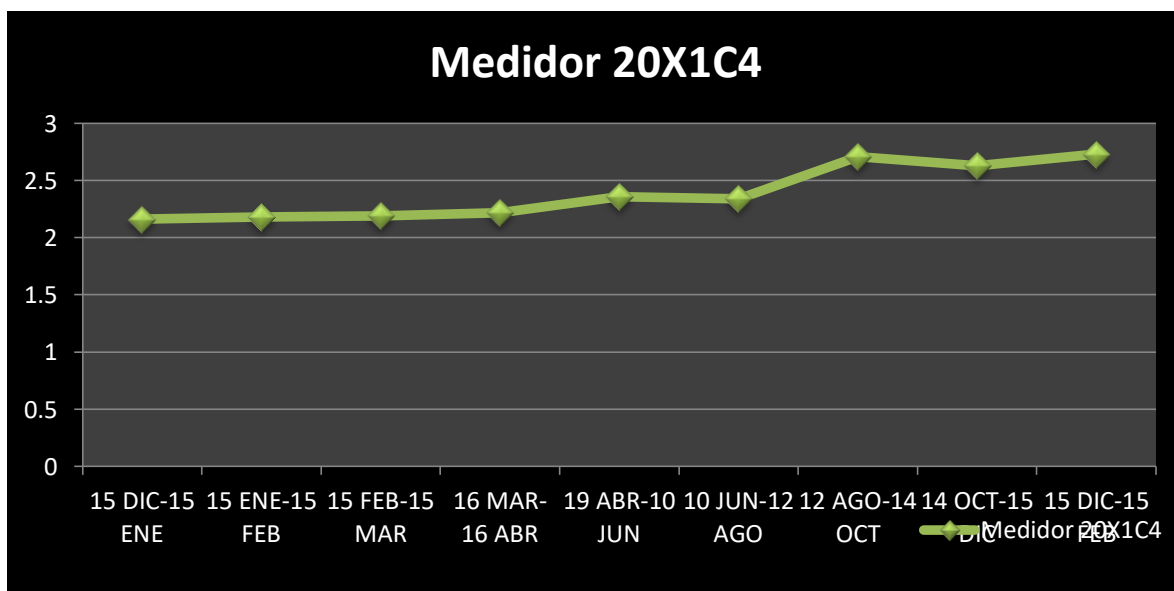


Fig. 6.5 Consumo en precio por KWh durante el periodo 2016

Es la representación del costo en peso relativo al consumo de energía del servicio por lo que en se puede apreciar los meses que se elevó el precio, del medidor 19X5C5.

Tabla 3.- Medidor 19X5C5

Año/Mes	Consumo en kWh	
	2016	CON. PROM
15 DIC 15-15 ENE 16	336	2.16
15 ENE 16 - 15 FEB 16	493	2.18
15 FEB 16 - 15 MAR 16	662	2.19
16 MAR 16- 16- ABR16	1019	2.22
19 ABR 16 - 10 JUN 16	1932	2.36
10 JUN 16 - 12 AGO 16	2269	2.34
12 AGO 16 - 14 OCT 16	2357	2.71
14 OCT 16 - 15 DIC 16	1770	2.63
15 DIC 16 - 15 FEB 17	1088	2.73
<b>Total</b>	<b>11926</b>	

Tabla 6.6 Consumo del Medidor 19X5C5 en KW y consumo promedio

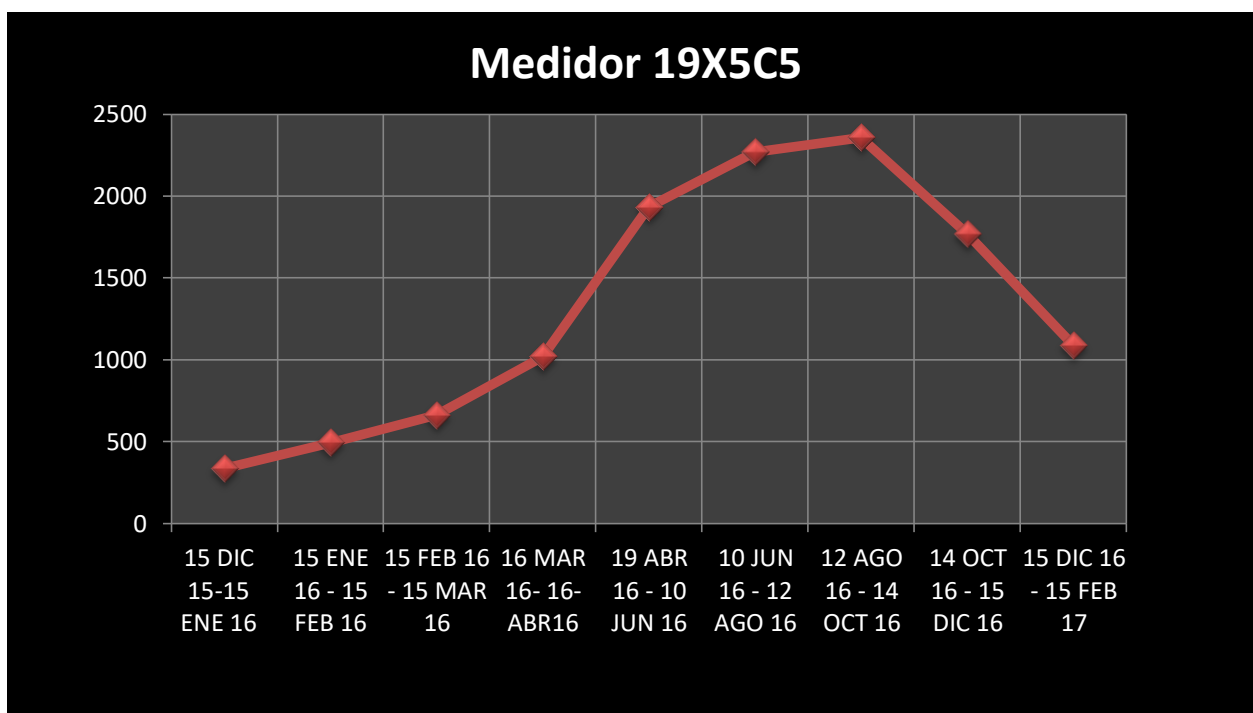


Fig. 6.6 Consumo en KW durante el periodo 2016

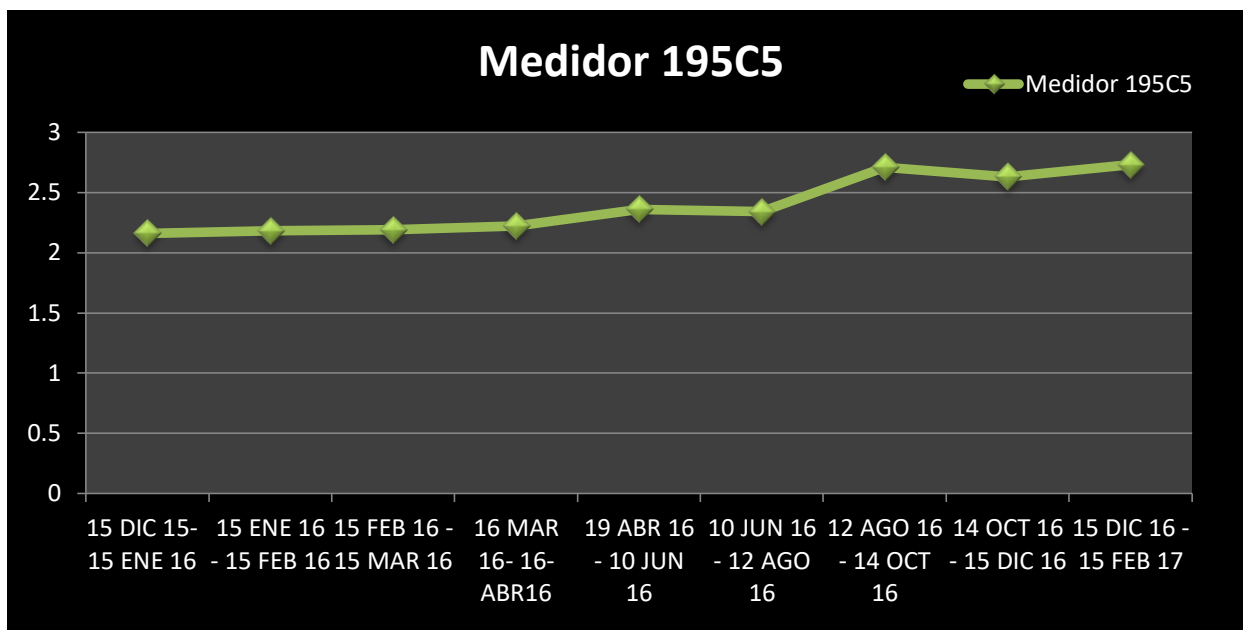


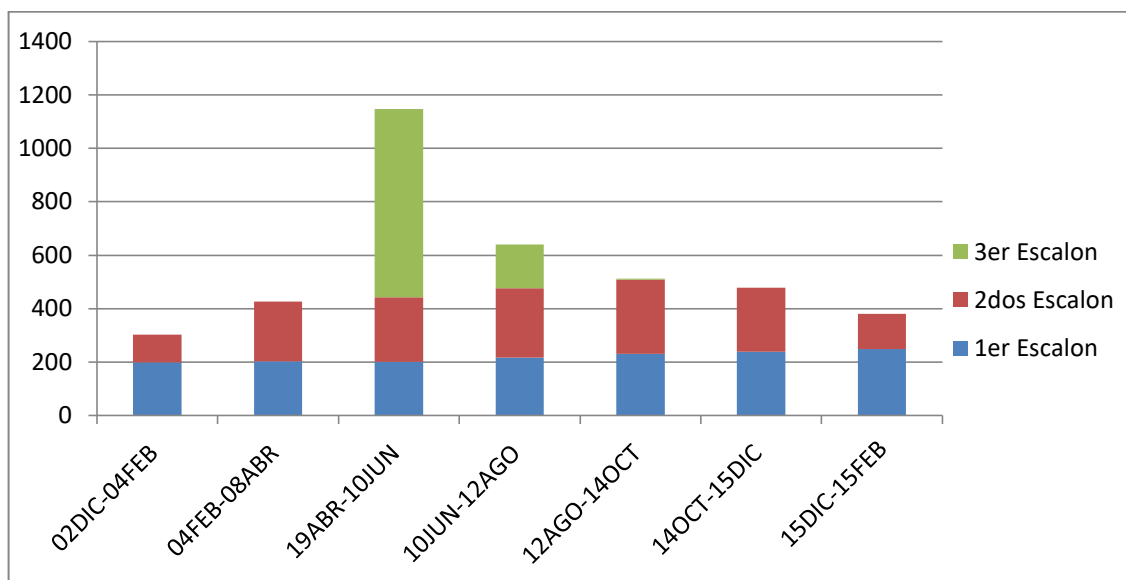
Fig. 6.7 Consumo en precio por KWh durante el periodo 2016

### 6.1.3 COMPARATIVO DE IMPORTES DE CADA MEDIDOR

Se visualiza el comparativo de importes de los costos en pesos de los horarios que se maneja el servicio, dado en el tercer escalón, costos muy elevados, lo cuales nos hacen dar a saber que el precio que pagamos se eleva exponencialmente, ahora presentamos al medidor 512RK7

Medidor 512RK7			
Año/Mes	Demanda de importe \$		
	1er Escalón	2dos Escalón	3er Escalón
02DIC-04FEB	198.1	105.16	
04FEB-08ABR	202.1	224.204	
19ABR-10JUN	200.4	241.7	705.96
10JUN-12AGO	215.8	260.2	163.476
12AGO-14OCT	230.7	278.2	3.006
14OCT-15DIC	238.6	238.791	
15DIC-15FEB	248.2	131.692	

Tabla 6.7 Importe del Medidor 512RK7 por escalones

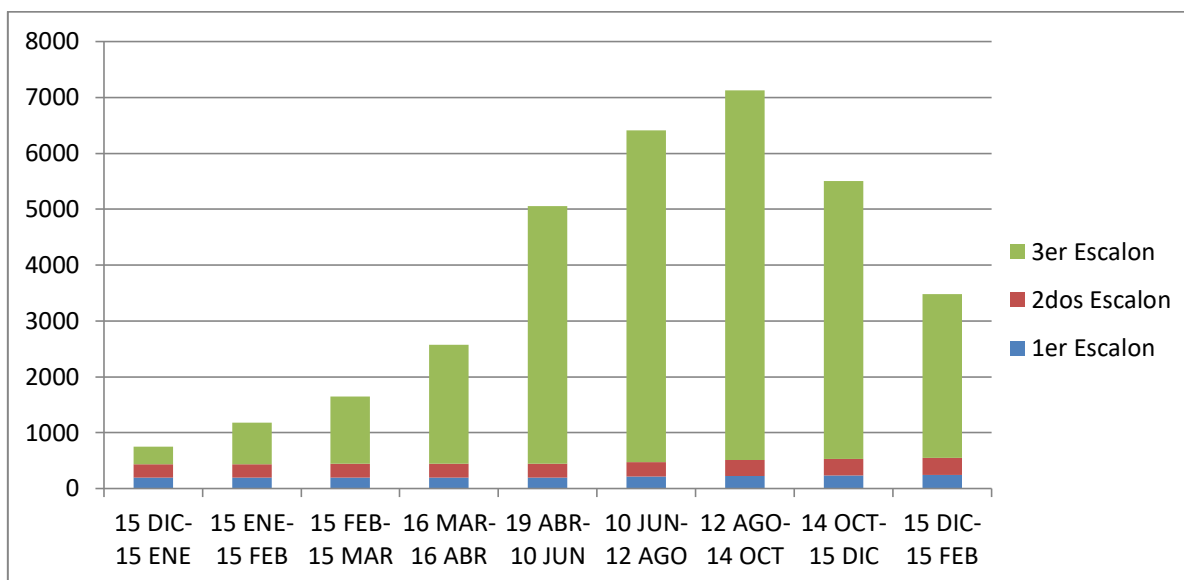


**Fig. 6.8** Importe en precio por escalones durante el periodo 2016

Se visualiza el comparativo de importes de los costos en pesos de los horarios que se maneja el servicio, dado en el tercer escalón, costos muy elevados, lo cuales nos hacen dar a saber que el precio que pagamos se eleva exponencialmente, ahora presentamos al medidor 19X5C5

Medidor 19X5C5			
Año/Mes	Demanda kWh		
	1er escalón	2dos escalón	3er escalón
15 DIC-15 ENE	198.1	239	317.898
15 ENE-15 FEB	198.1	239	739.239
15 FEB-15 MAR	202.1	243.7	1202.586
16 MAR-16 ABR	202.1	243.7	2131.857
19 ABR-10 JUN	200.4	241.7	4614.048
10 JUN-12 AGO	215.8	260.2	5933.892
12 AGO-14 OCT	230.7	278.2	6613.362
14 OCT-15 DIC	238.6	288.7	4978.47
15 DIC-15 FEB	248.2	299.3	2929.512

**Tabla 6.8** Importe del Medidor 19X5C5 por escalones



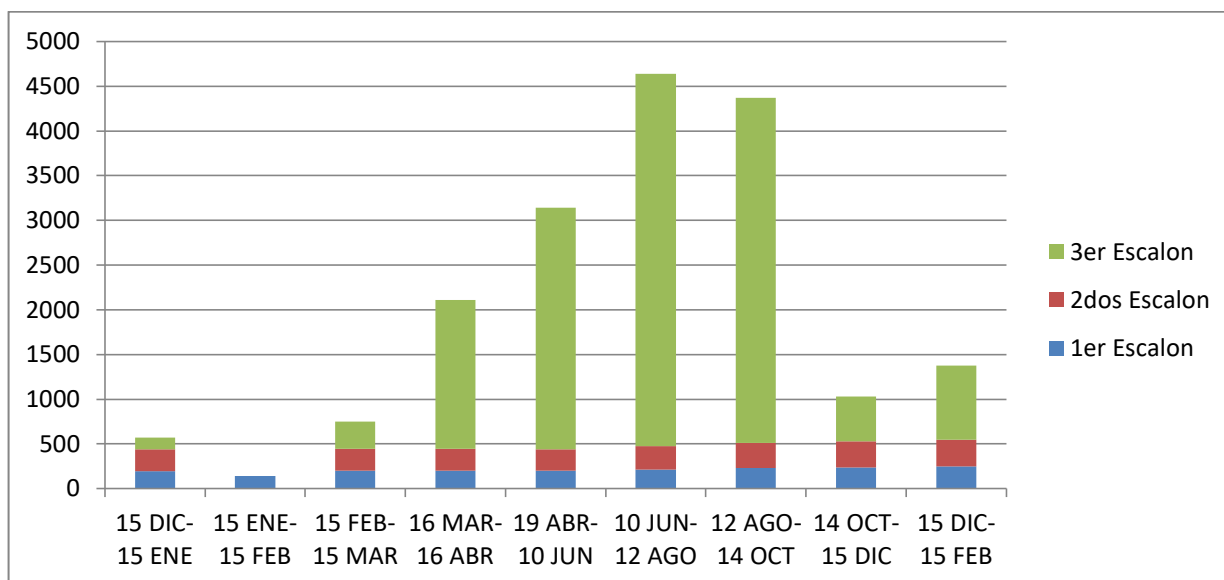
**Fig. 6.9** Importe en precio por escalones durante el periodo 2016

Se visualiza el comparativo de importes de los costos en pesos de los horarios que se maneja el servicio, dado en el tercer escalón, costos muy elevados, lo cuales nos hacen dar a saber que el precio que pagamos se eleva exponencialmente, ahora presentamos al medidor 21X1C4

Tabla 9.- Medidor 21X1C4			
Año/Mes	Demanda kWh		
	1er escalón	2dos escalón	3er escalón
15 DIC-15 ENE	198.1	239	136.242
15 ENE-15 FEB	140.651		
15 FEB-15 MAR	202.1	243.7	304.551
16 MAR-16 ABR	202.1	243.7	1665.92
19 ABR-10 JUN	200.4	241.7	2698.632
10 JUN-12 AGO	215.8	260.2	4161.468
12 AGO-14 OCT	230.7	278.2	3863.16
14 OCT-15 DIC	238.6	288.7	504.189
15 DIC-15 FEB	248.2	299.3	831.348

**Tabla 6.9** Importe del Medidor 21XC14 por escalones





**Fig. 6.10** Importe en precio por escalones durante el periodo 2016

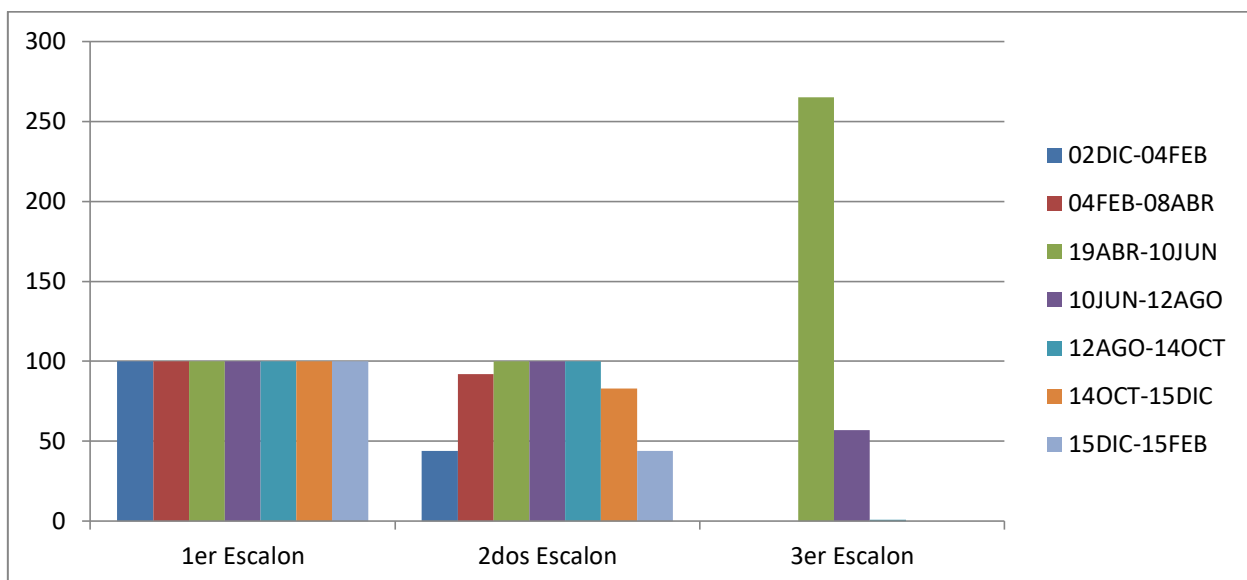
#### 6.1.4 DEMANDA FACTURABLE POR PERÍODOS

Se visualiza el comparativo de la demanda facturable y desglosada en los periodos. Se puede apreciar que en los periodos de los meses la demanda facturable va de la mano. En este comparativo los costos se pueden apreciar por mes, en el medidor 512RK7.

Medidor 512RK7

Año/Mes	Demanda kWh			Total
	1er escalón	2dos escalón	3er escalón	
02DIC-04FEB	100	44		144
04FEB-08ABR	100	92		192
19ABR-10JUN	100	100	265	465
10JUN-12AGO	100	100	57	257
12AGO-14OCT	100	100	1	201
14OCT-15DIC	100	83		183
15DIC-15FEB	100	44		

**Tabla 6.10** Demanda facturable en kWh por escalones



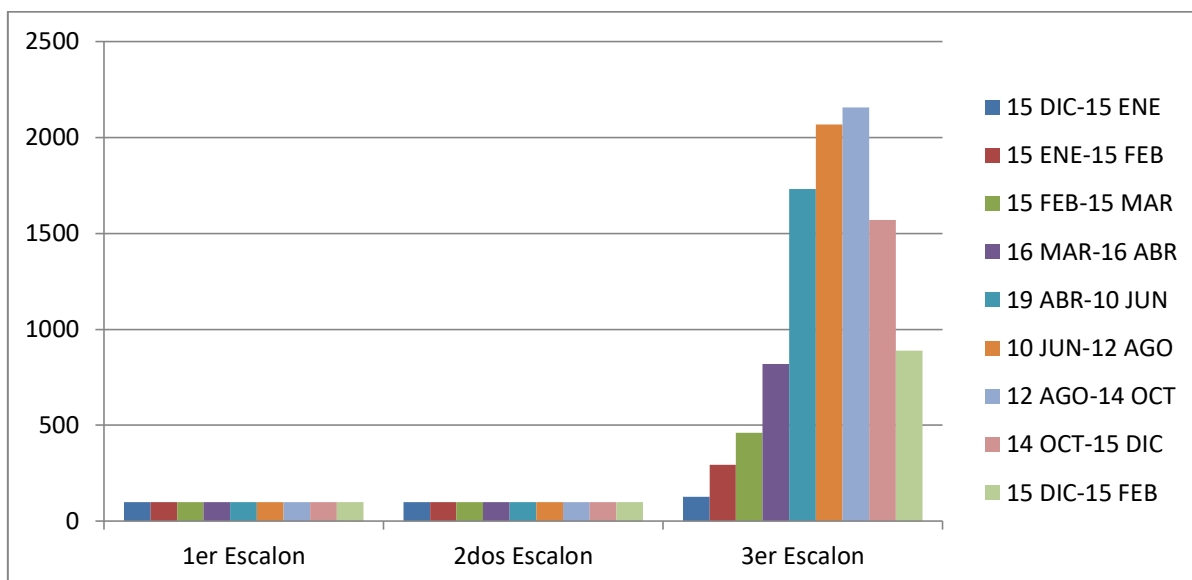
**Fig. 6.11** Demanda facturable por escalones

Se visualiza el comparativo de la demanda facturable y desglosada en los periodos. Se puede apreciar que en los periodos de los meses la demanda facturable va de la mano con la demanda en el tercer escalón. En este comparativo los costos disminuirán que desaparezca la demanda del 3er escalón, en el medidor 19X5C5.

Medidor 19X5C5

Año/Mes	Demanda kWh			
	1er escalón	2dos escalón	3er escalón	Total
15 DIC-15 ENE	100	100	126	336
15 ENE-15 FEB	100	100	293	493
15 FEB-15 MAR	100	100	462	662
16 MAR-16 ABR	100	100	819	1019
19 ABR-10 JUN	100	100	1732	1932
10 JUN-12 AGO	100	100	2069	2269
12 AGO-14 OCT	100	100	2157	2357
14 OCT-15 DIC	100	100	1570	1770
15 DIC-15 FEB	100	100	888	1088

**Tabla 6.11** Demanda facturable en kWh por escalones



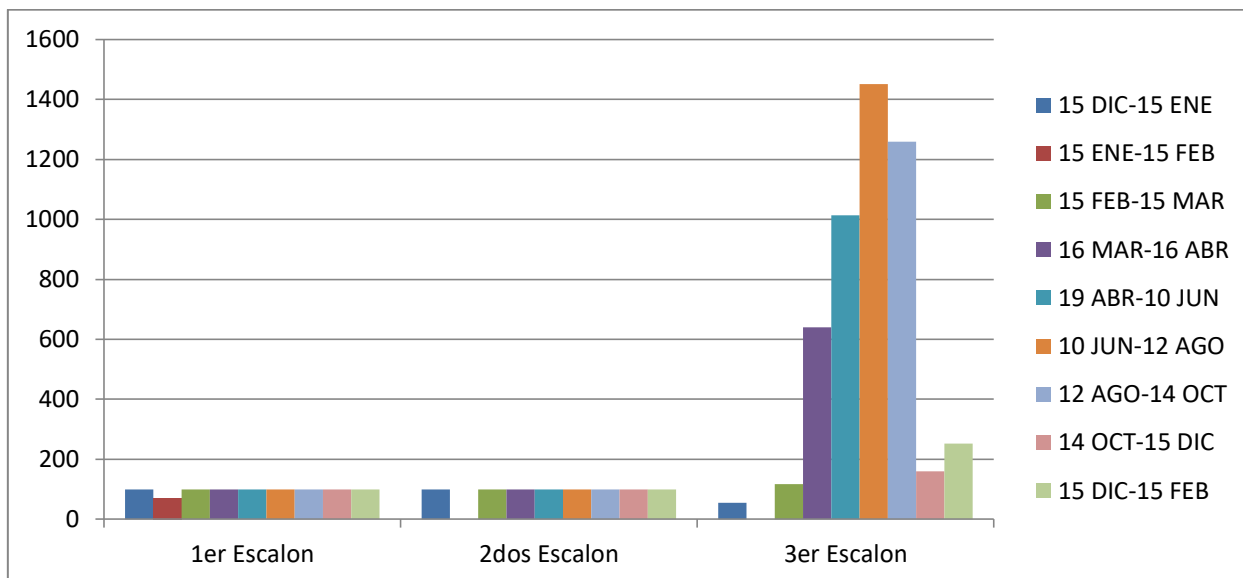
**Fig. 6.12** Demanda facturable por escalones

Se visualiza el comparativo de la demanda facturable y desglosada en los periodos. Se puede apreciar que en los periodos de los meses la demanda facturable va de la mano con la demanda en el tercer escalón. En este comparativo los costos disminuirán que desaparezca la demanda del 3er escalón, en el medidor 19X5C5.

Medidor 21X1C4

Año/Mes	Demanda kWh			
	1er escalón	2dos escalón	3er escalón	Total
15 DIC-15 ENE	100	100	54	254
15 ENE-15 FEB	71	100	71	242
15 FEB-15 MAR	100	100	117	317
16 MAR-16 ABR	100	100	640	840
19 ABR-10 JUN	100	100	1013	1213
10 JUN-12 AGO	100	100	1451	1651
12 AGO-14 OCT	100	100	1260	1460
14 OCT-15 DIC	100	100	159	359
15 DIC-15 FEB	100	100	252	452

**Tabla 6.12** Demanda facturable en kWh por escalones



**Fig. 6.13** Demanda facturable por escalones

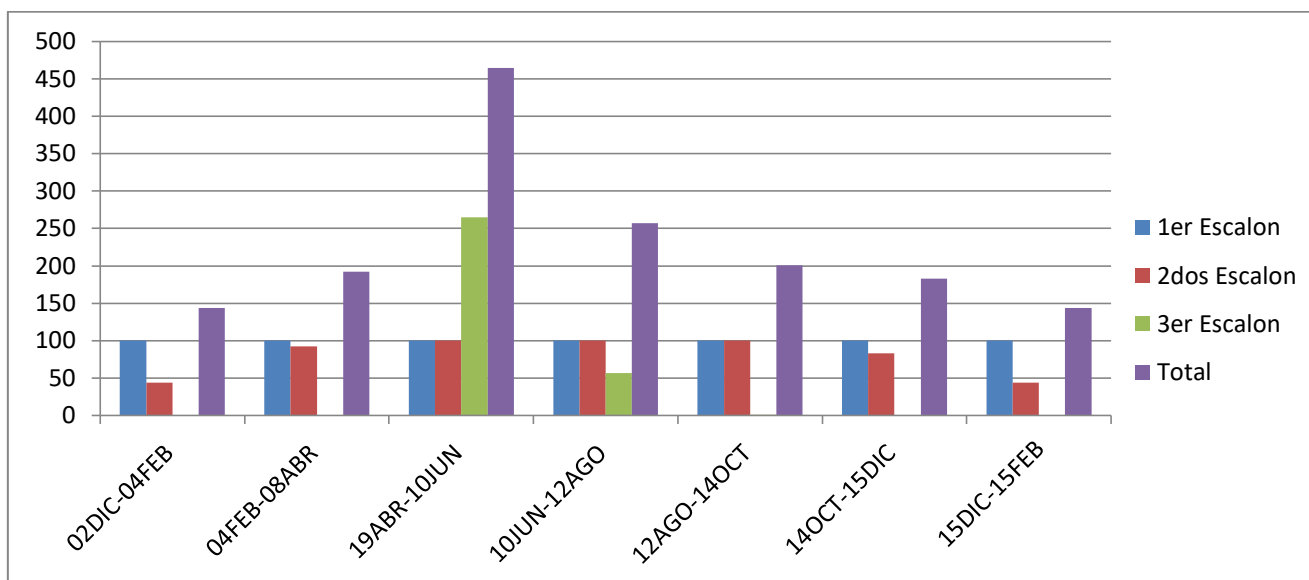
### 6.1.5 CONSUMO POR PERÍODOS Y TOTAL DE CADA MEDIDOR

Se visualiza el consumo por periodos y el consumo total, en los escalones, si el escalón es mayor el precio también será por kWh, el primero y segundo escalón cada uno consta de 100 kWh, de ahí es el 3er escalón no tiene límites, pero por ello es mucho más caro que los anteriores. Podemos observar el consumo en el medidor 512RK7.

Medidor 512RK7

Año/Mes	Demanda kWh			
	1er Escalón	2do Escalón	3er Escalón	Total
02DIC-04FEB	100	44		144
04FEB-08ABR	100	92		192
19ABR-10JUN	100	100	265	465
10JUN-12AGO	100	100	57	257
12AGO-14OCT	100	100	1	201
14OCT-15DIC	100	83		183
15DIC-15FEB	100	44		144

**Tabla 6.13** Demanda facturable en kWh por escalones y total



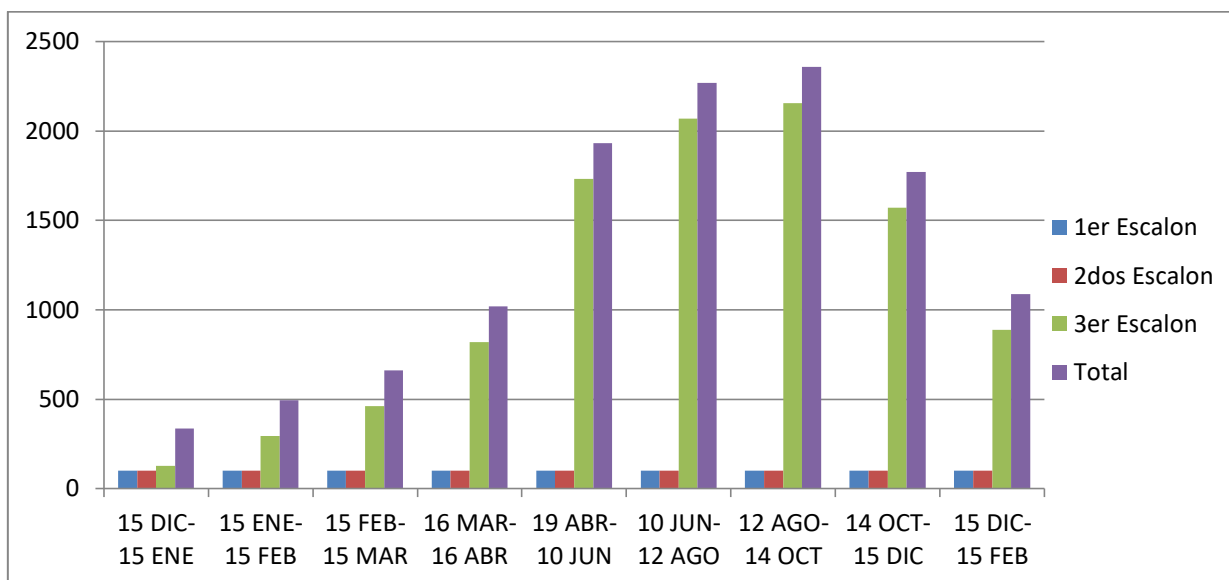
**Fig. 6.14** Demanda facturable por escalones bimestral y total

Se visualiza el consumo por periodos y el consumo total, en los escalones, si el escalón es mayor el precio también será por kWh, el primero y segundo escalón cada uno consta de 100 kWh, de ahí es el 3er escalón no tiene límites, pero por ello es mucho más caro que los anteriores. Podemos observar el consumo en el medidor 19X5C5.

Medidor 19X5C5

Año/Mes	Demanda kWh			
	1er escalón	2dos escalón	3er escalón	Total
15 DIC-15 ENE	100	100	126	336
15 ENE-15 FEB	100	100	293	493
15 FEB-15 MAR	100	100	462	662
16 MAR-16 ABR	100	100	819	1019
19 ABR-10 JUN	100	100	1732	1932
10 JUN-12 AGO	100	100	2069	2269
12 AGO-14 OCT	100	100	2157	2357
14 OCT-15 DIC	100	100	1570	1770
15 DIC-15 FEB	100	100	888	1088

**Tabla 6.14** Demanda facturable en kWh por escalones y total



**Fig. 6.15** Demanda facturable por escalones bimestral y total

Medidor 21X1C4

Año/Mes	Demanda kWh			
	1er Escalon	2dos Escalon	3er Escalon	Total
15 DIC-15 ENE	100	100	54	254
15 ENE-15 FEB	71			71
15 FEB-15 MAR	100	100	117	317
16 MAR-16 ABR	100	100	640	840
19 ABR-10 JUN	100	100	1013	1213
10 JUN-12 AGO	100	100	1451	1651
12 AGO-14 OCT	100	100	1260	1460
14 OCT-15 DIC	100	100	159	359
15 DIC-15 FEB	100	100	252	452

**Tabla 6.15** Demanda facturable en kWh por escalones y total

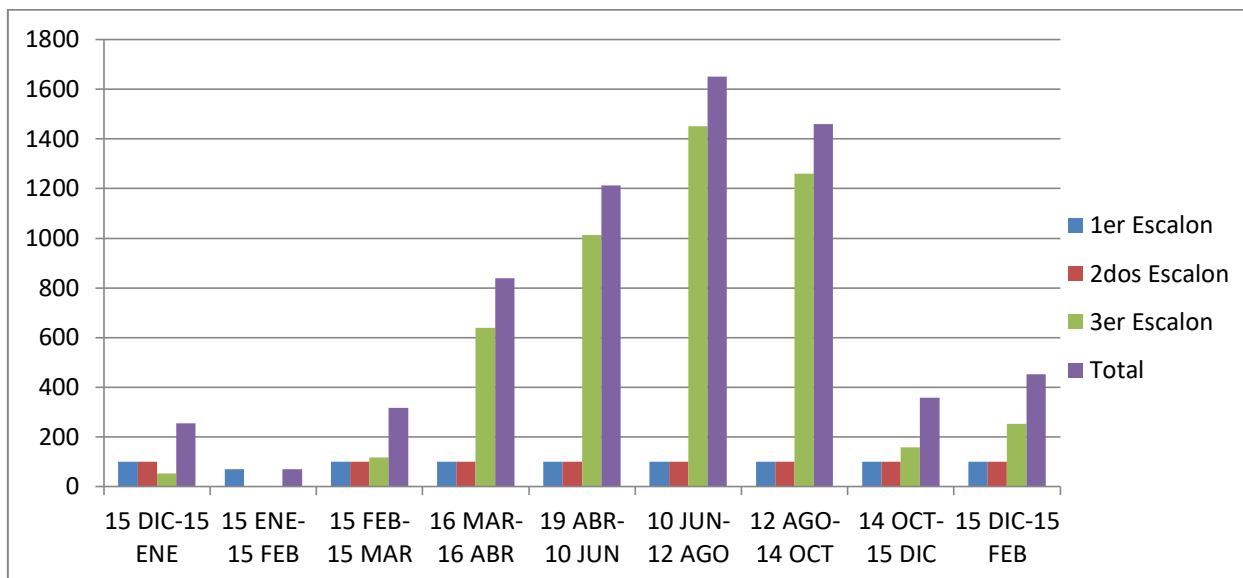


Fig. 6.16 Demanda facturable por escalones bimestral y total

### 6.1.6 FACTOR DE POTENCIA

El valor ideal que hay que tener acerca del factor de potencia es de mayor a 90% para que haya bonificación por CFE, si es por debajo del 90% se penaliza.

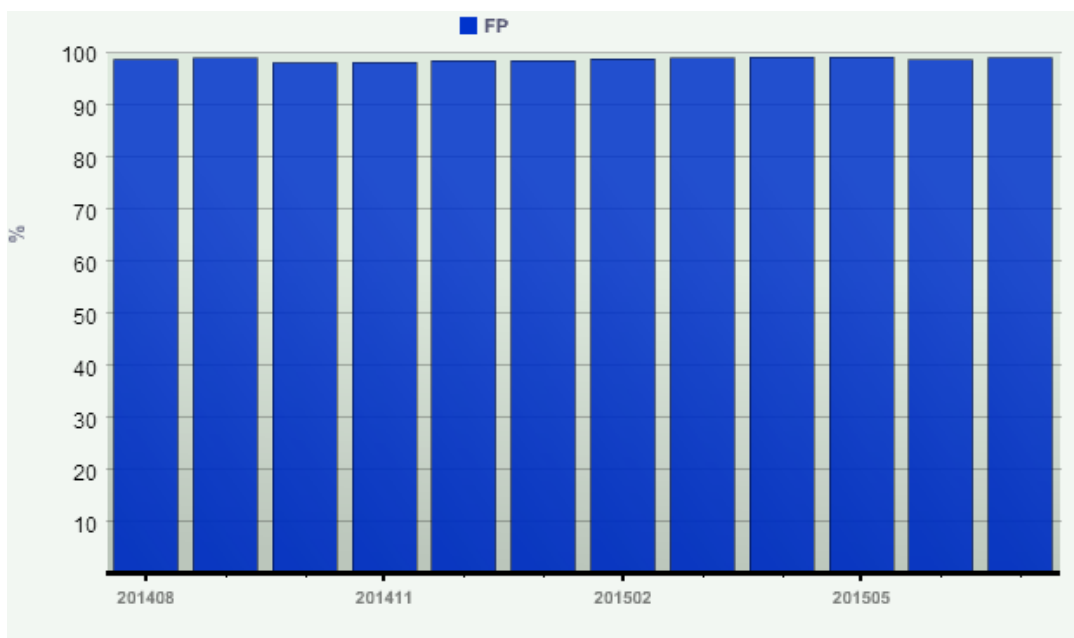


Fig. 6.16 Grafica del factor de potencia

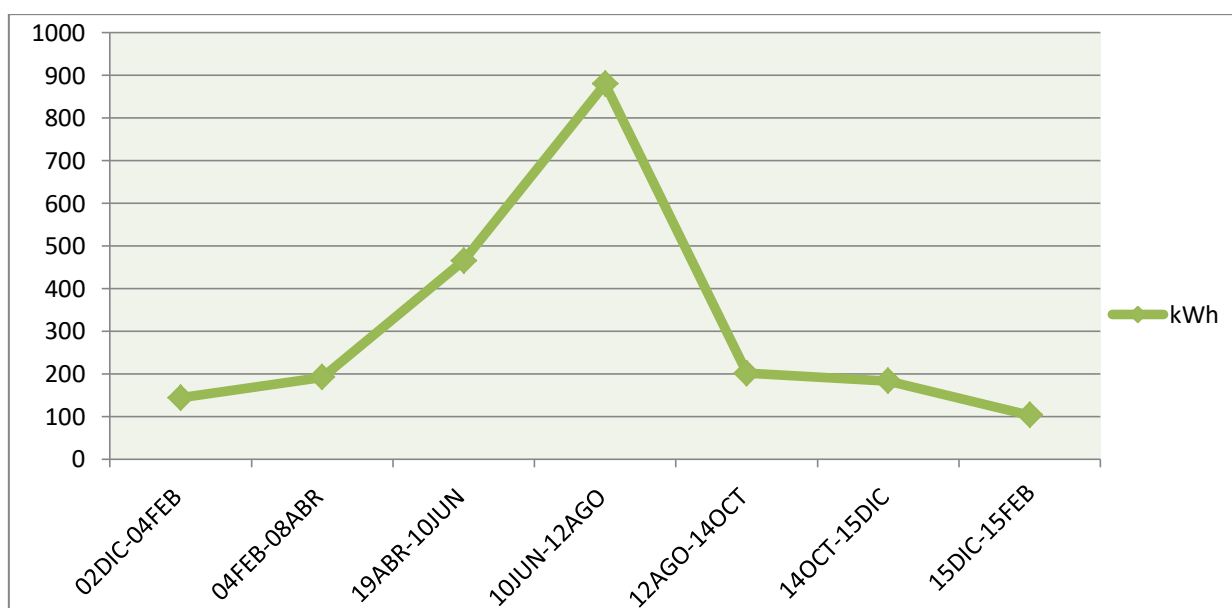
### 6.1.7 DEMANDA FACTURABLE POR CADA MEDIDOR

Se analiza la demanda facturable por cada medidor del año 2016, para darnos cuenta en que mes se dispara nuestro consumo y de ahí ver áreas de oportunidad. La siguiente tabla es del medidor 512RK7.

Medidor 512RK7

Año/Mes	Consumo en kWh
	2016
02DIC-04FEB	144
04FEB-08ABR	192
19ABR-10JUN	465
10JUN-12AGO	880
12AGO-14OCT	201
14OCT-15DIC	183
15DIC-15FEB	103
<b>Total</b>	<b>2168</b>

**Tabla 6.17** Demanda facturable en kWh del medidor 512RK7 en el año 2016



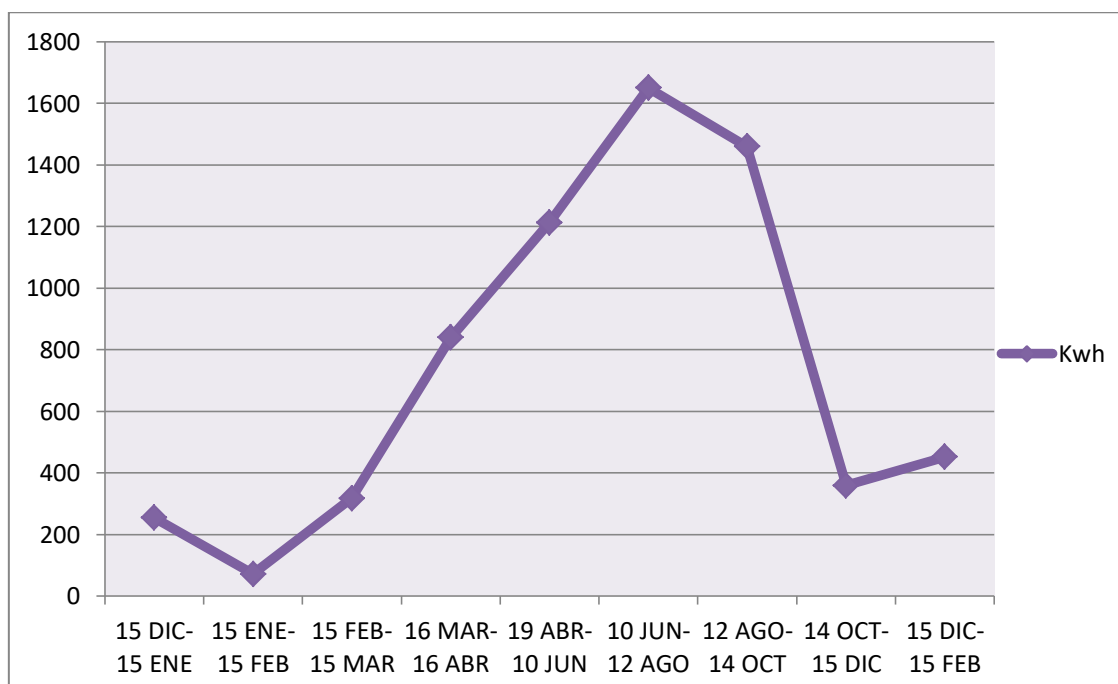
**Fig. 6.17** Demanda facturable del año 2016



Se analiza la demanda facturable por cada medidor del año 2016, para darnos cuenta en que mes se dispara nuestro consumo y de ahí ver áreas de oportunidad. La siguiente tabla es del medidor 20X1C4.

Medidor 20X1C4	
Año/Mes	Consumo en kWh
	2016
15 DIC-15 ENE	254
15 ENE-15 FEB	71
15 FEB-15 MAR	317
16 MAR-16 ABR	840
19 ABR-10 JUN	1213
10 JUN-12 AGO	1651
12 AGO-14 OCT	1460
14 OCT-15 DIC	359
15 DIC-15 FEB	452
<b>Total</b>	
	<b>6617</b>

**Tabla 6.18** Demanda facturable en KWh del medidor 20X1C4 en el año 2016



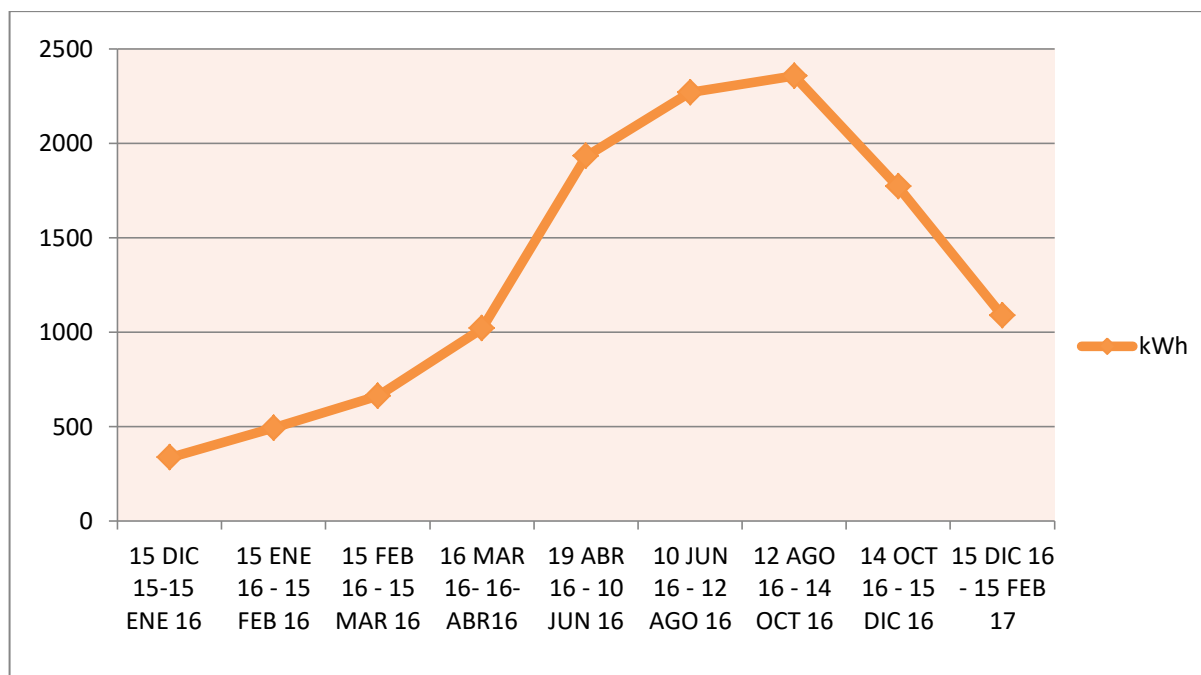
**Fig. 6.18** Demanda facturable del año 2016

Se analiza la demanda facturable por cada medidor del año 2016, para darnos cuenta en que mes se dispara nuestro consumo y de ahí ver áreas de oportunidad. La siguiente tabla es del medidor 19X5C5.

Medidor 19X5C5

Año/Mes	Consumo en kWh
	2016
15 DIC 15-15 ENE 16	336
15 ENE 16 - 15 FEB 16	493
15 FEB 16 - 15 MAR 16	662
16 MAR 16- 16- ABR16	1019
19 ABR 16 - 10 JUN 16	1932
10 JUN 16 - 12 AGO 16	2269
12 AGO 16 - 14 OCT 16	2357
14 OCT 16 - 15 DIC 16	1770
15 DIC 16 - 15 FEB 17	1088
<b>Total</b>	<b>11926</b>

**Tabla 6.19** Demanda facturable en KWh del medidor 19X5C5 en el año 2016



**Fig. 6.19** Demanda facturable del año 2016

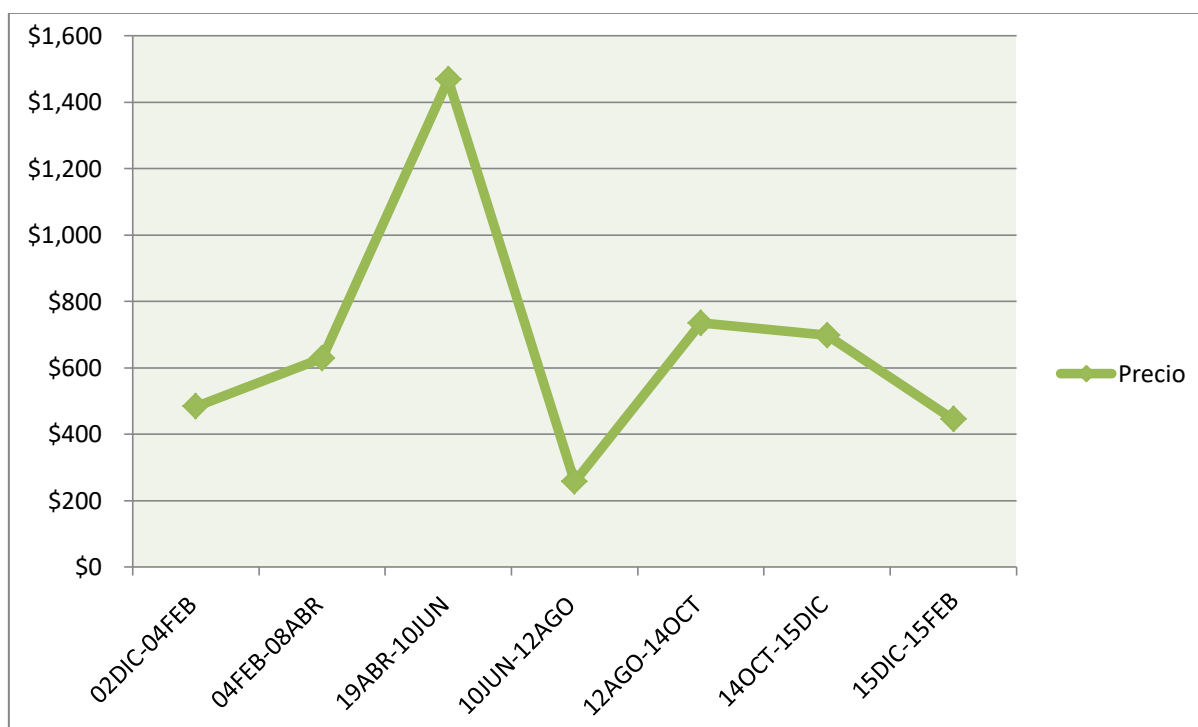
### 6.1.8 COSTO FACTURABLE POR CADA MEDIDOR

Se analiza el costo facturable por cada medidor del año 2016, para darnos cuenta en que mes se dispara nuestro consumo y de ahí ver áreas de oportunidad. La siguiente tabla es del medidor 512RK7.

Medidor 512RK7

Año/Mes	Demanda facturable \$
	2016
02DIC-04FEB	\$484
04FEB-08ABR	\$629
19ABR-10JUN	\$1,468
10JUN-12AGO	\$257
12AGO-14OCT	\$735
14OCT-15DIC	\$698
15DIC-15FEB	\$445
<b>TOTAL</b>	<b>\$4,716</b>

**Tabla 6.20** Costo facturable en KWh del medidor 512RK7 en el año 2016



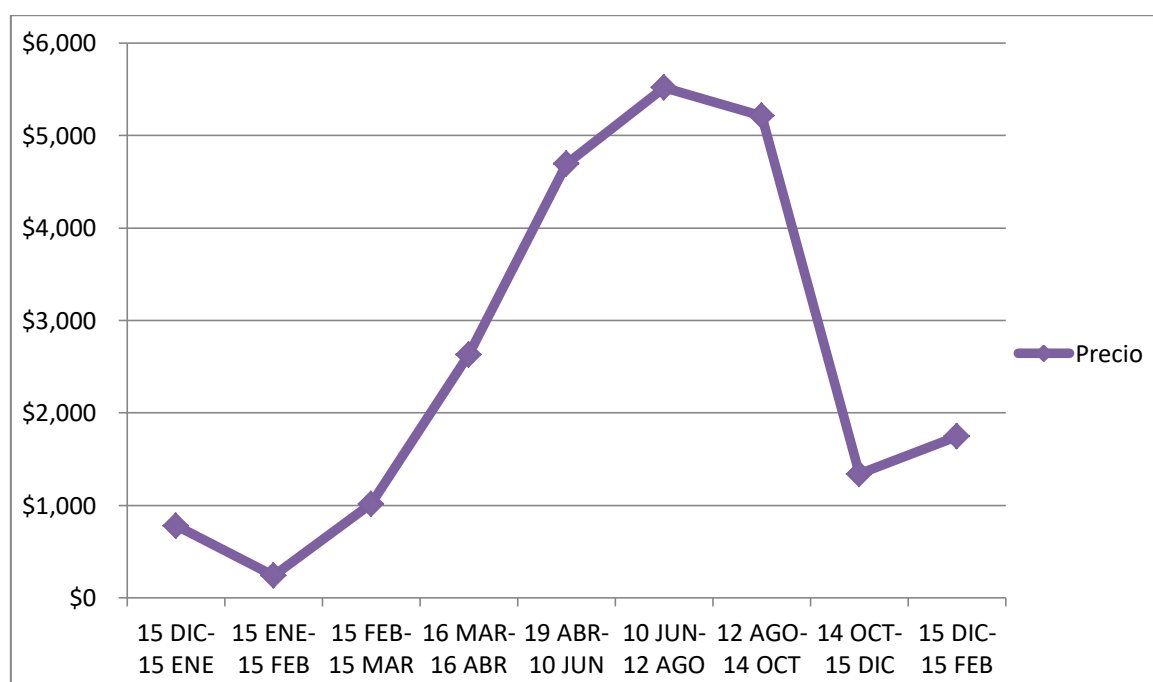
**Fig. 6.20** Costo facturable del año 2016

Se analiza el costo facturable por cada medidor del año 2016, para darnos cuenta en que mes se dispara nuestro consumo y de ahí ver áreas de oportunidad. La siguiente tabla es del medidor 20X1C4.

Medidor 20X1C4

Año/Mes	Demanda facturable \$
	2016
15 DIC-15 ENE	\$780
15 ENE-15 FEB	\$239
15 FEB-15 MAR	\$1,015
16 MAR-16 ABR	\$2,633
19 ABR-10 JUN	\$4,695
10 JUN-12 AGO	\$5,518
12 AGO-14 OCT	\$5,213
14 OCT-15 DIC	\$1,339
15 DIC-15 FEB	\$1,746
<b>TOTAL</b>	<b>\$22,159</b>

**Tabla 6.21** Costo facturable en KWh del medidor 20X1C4 en el año 2016



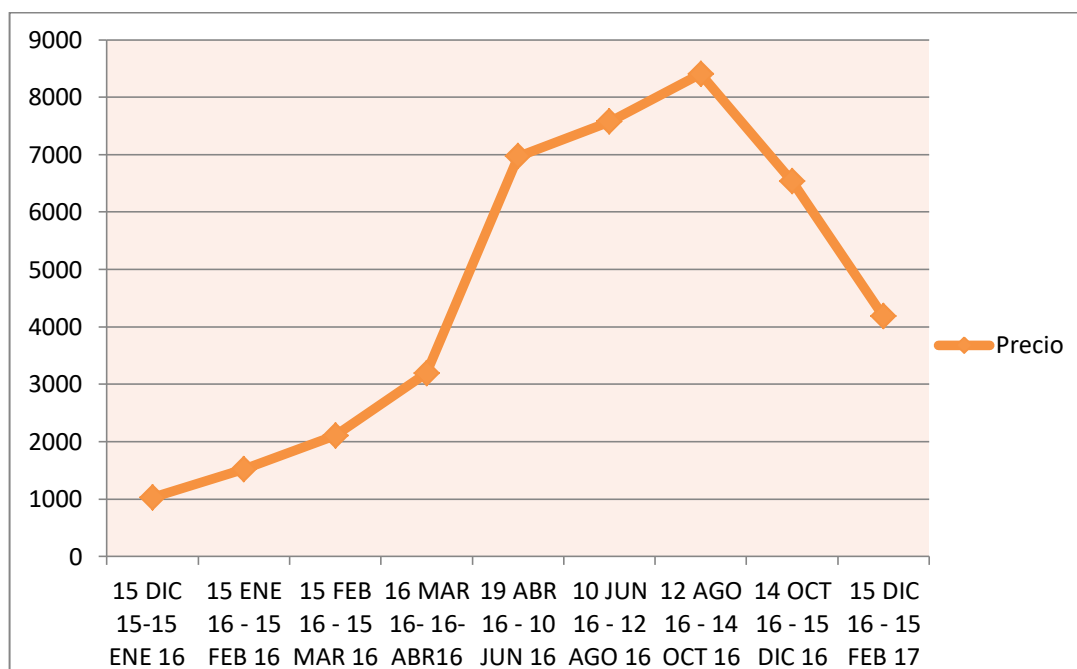
**Fig. 6.21** Costo facturable del año 2016

Se analiza el costo facturable por cada medidor del año 2016, para darnos cuenta en que mes se dispara nuestro consumo y de ahí ver áreas de oportunidad. La siguiente tabla es del medidor 19X5C5.

Medidor 19X5C5

Año/Mes	Demanda facturable \$
	2016
15 DIC 15-15 ENE 16	1027
15 ENE 16 - 15 FEB 16	1520
15 FEB 16 - 15 MAR 16	2107
16 MAR 16- 16- ABR16	3190
19 ABR 16 - 10 JUN 16	\$6,967
10 JUN 16 - 12 AGO 16	\$7,574
12 AGO 16 - 14 OCT 16	8403
14 OCT 16 - 15 DIC 16	\$6,530
15 DIC 16 - 15 FEB 17	\$4,180
<b>TOTAL</b>	<b>\$38,951</b>

**Tabla 6.22** Costo facturable en KWh del medidor 19X5C5 en el año 2016



**Fig. 6.22** Costo facturable del año 2016

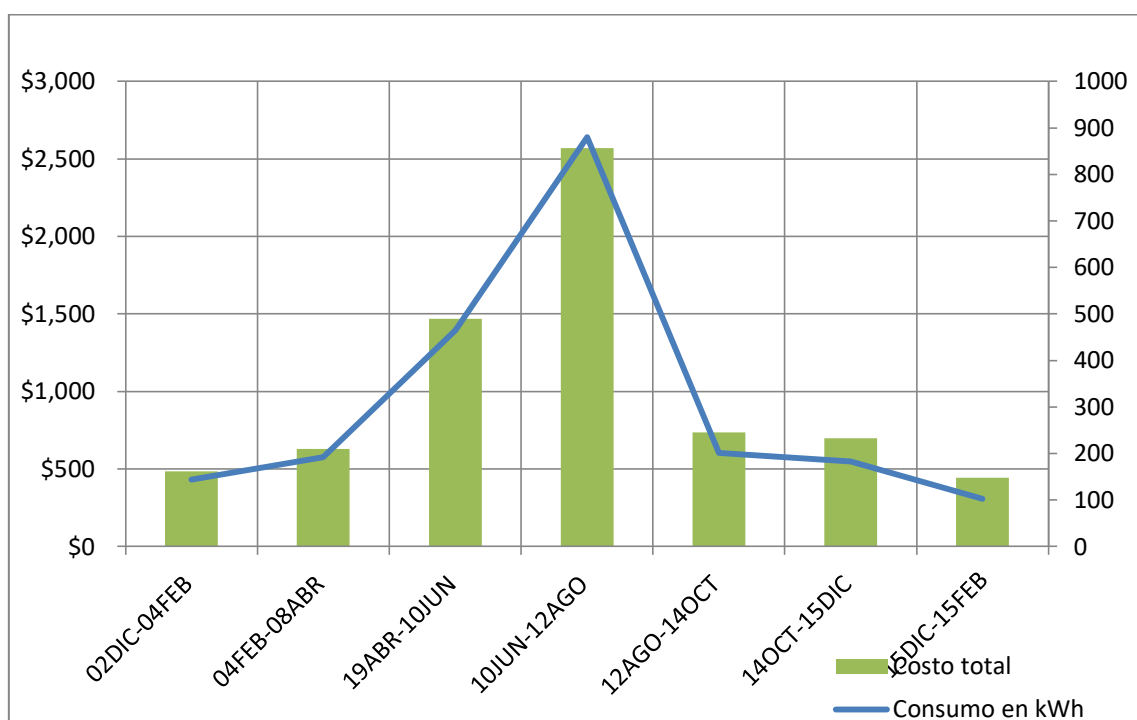
### 6.1.9 COSTO TOTAL VS DEMANDA FACTURABLE

Se puede apreciar que el precio con respecto a la demanda facturable es la que tiene una mayor elevación con respecto a su facturación, por lo que a menor demanda menor costo y a menor uso del tercer escalón hay mucho mayor ahorro sin aportación, pero que es casi imposible, lo cual por ello se buscara la solución. La siguiente cuadro es del medidor 512RK7.

Medidor 512RK7

Año/Mes	Consumo en kWh	Costo total
	2016	2016
02DIC-04FEB	144	\$484
04FEB-08ABR	192	\$629
19ABR-10JUN	465	\$1,468
10JUN-12AGO	880	\$2,570
12AGO-14OCT	201	\$735
14OCT-15DIC	183	\$698
15DIC-15FEB	103	\$445
<b>Total</b>	<b>2168</b>	<b>\$7,029</b>

**Tabla 6.23** Costo total vs demanda facturable del medidor 512RK7 en el año 2016

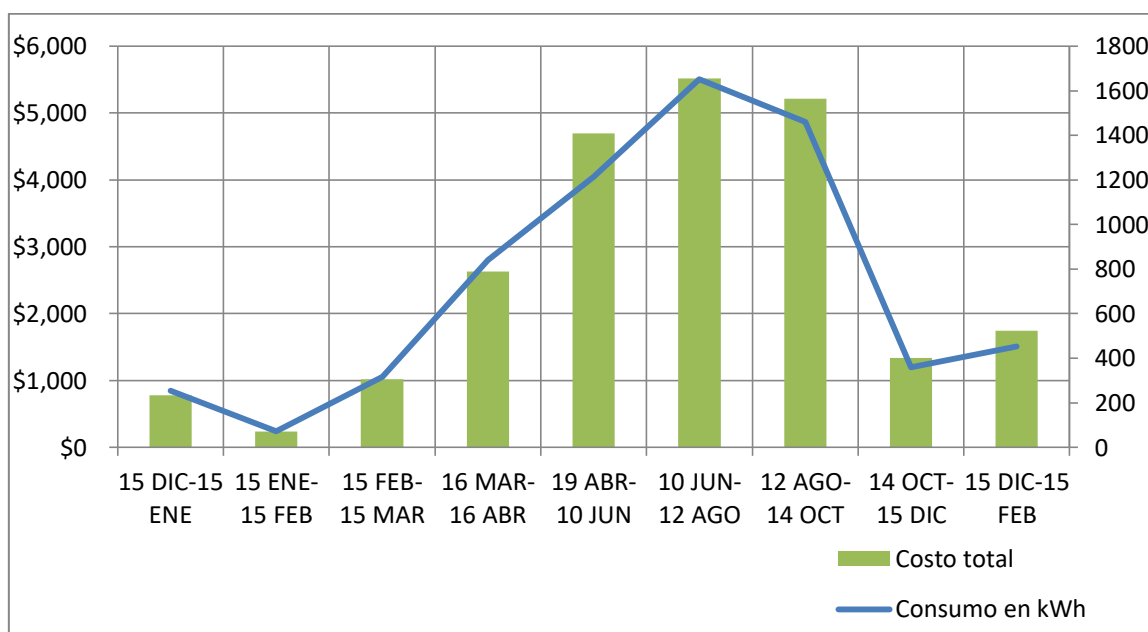


**Fig. 6.23** Costo total vs demanda facturable del año 2016

Se puede apreciar que el precio con respecto a la demanda facturable es la que tiene una mayor elevación con respecto a su facturación, por lo que a menor demanda menor costo y a menor uso del tercer escalón hay mucho mayor ahorro sin aportación, pero que es casi imposible, lo cual por ello se buscara la solución. La siguiente cuadro es del medidor 20X1C4.

Medidor 20X1C4		
Año/Mes	Consumo en kWh	Costo total
	2016	2016
15 DIC-15 ENE	254	\$780
15 ENE-15 FEB	71	\$239
15 FEB-15 MAR	317	\$1,015
16 MAR-16 ABR	840	\$2,633
19 ABR-10 JUN	1213	\$4,695
10 JUN-12 AGO	1651	\$5,518
12 AGO-14 OCT	1460	\$5,213
14 OCT-15 DIC	359	\$1,339
15 DIC-15 FEB	452	\$1,746
<b>Total</b>	<b>6617</b>	<b>\$22,159</b>

**Tabla 6.24** Costo total vs demanda facturable del medidor 20X1C4 en el año 2016

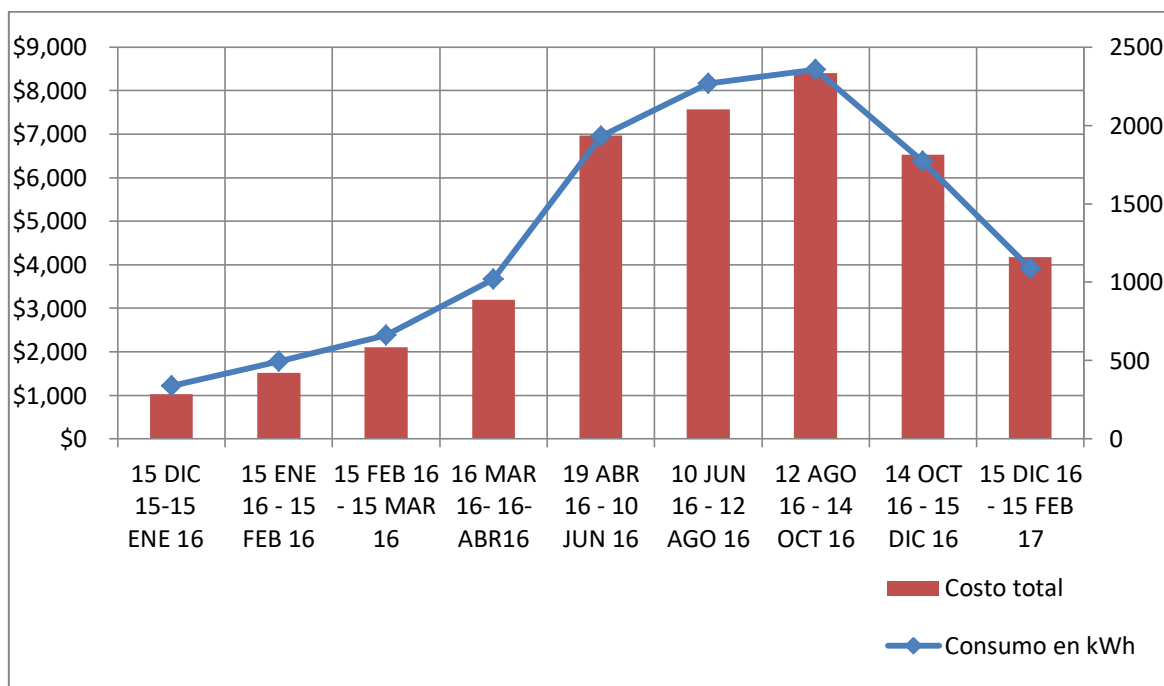


**Fig. 6.24** Costo total vs demanda facturable del año 2016

Se puede apreciar que el precio con respecto a la demanda facturable es la que tiene una mayor elevación con respecto a su facturación, por lo que a menor demanda menor costo y a menor uso del tercer escalón hay mucho mayor ahorro sin aportación, pero que es casi imposible, lo cual por ello se buscara la solución. La siguiente cuadro es del medidor 19X5C5.

Medidor 19X5C5		
Año/Mes	Consumo en kWh	Costo total
	2016	2016
15 DIC 15-15 ENE 16	\$336	\$1,027
15 ENE 16 - 15 FEB 16	\$493	\$1,520
15 FEB 16 - 15 MAR 16	\$662	\$2,107
16 MAR 16- 16- ABR16	\$1,019	\$3,190
19 ABR 16 - 10 JUN 16	\$1,932	\$6,967
10 JUN 16 - 12 AGO 16	\$2,269	\$7,574
12 AGO 16 - 14 OCT 16	\$2,357	\$8,403
14 OCT 16 - 15 DIC 16	\$1,770	\$6,530
15 DIC 16 - 15 FEB 17	\$1,088	\$4,180
<b>Total</b>	<b>11926</b>	<b>\$38,951</b>

**Tabla 6.25** Costo total vs demanda facturable del medidor 19X5C5 en el año 2016



**Fig. 6.25** Costo total vs demanda facturable del año 2016

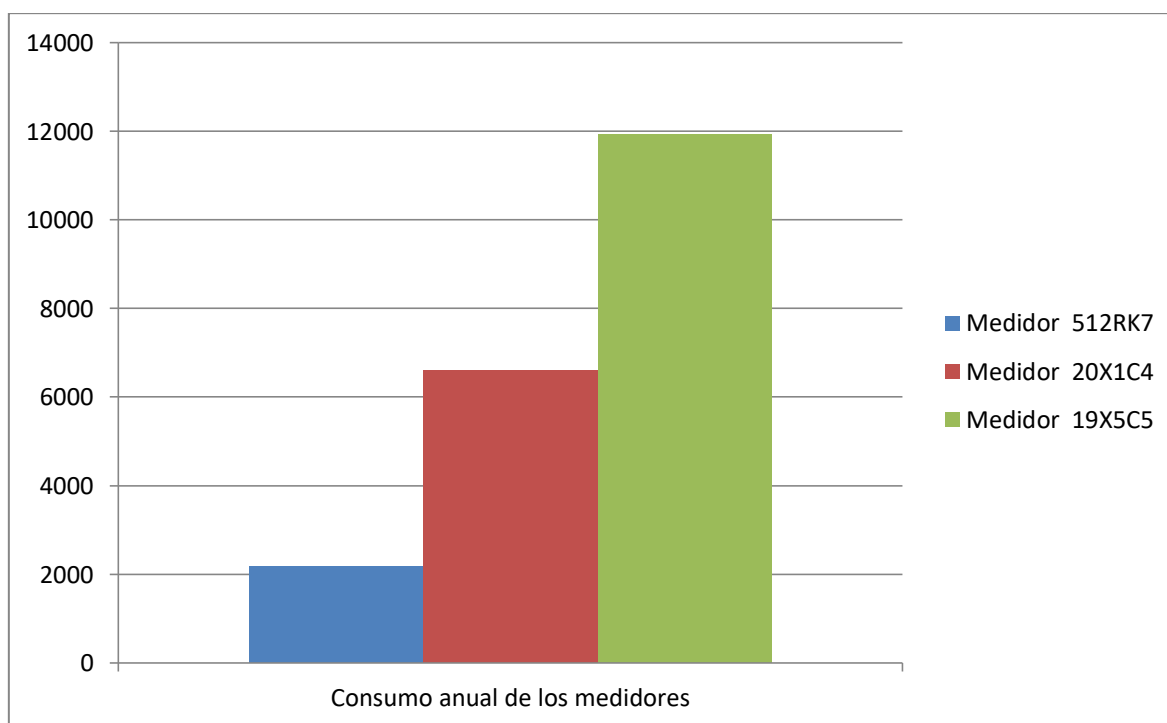


### 6.1.10 CONSUMO TOTAL EN KWH POR MEDIDOR DEL EDIFICIO EN EL 2016

Consumo anual de los medidores

Medidores	Demanda en kWh
	Año 2016
Medidor 512RK7	2168
Medidor 20X1C4	6617
Medidor 19X5C5	11926
<b>Total</b>	<b>20711</b>

**Tabla 6.26** Demanda facturable en el año 2016



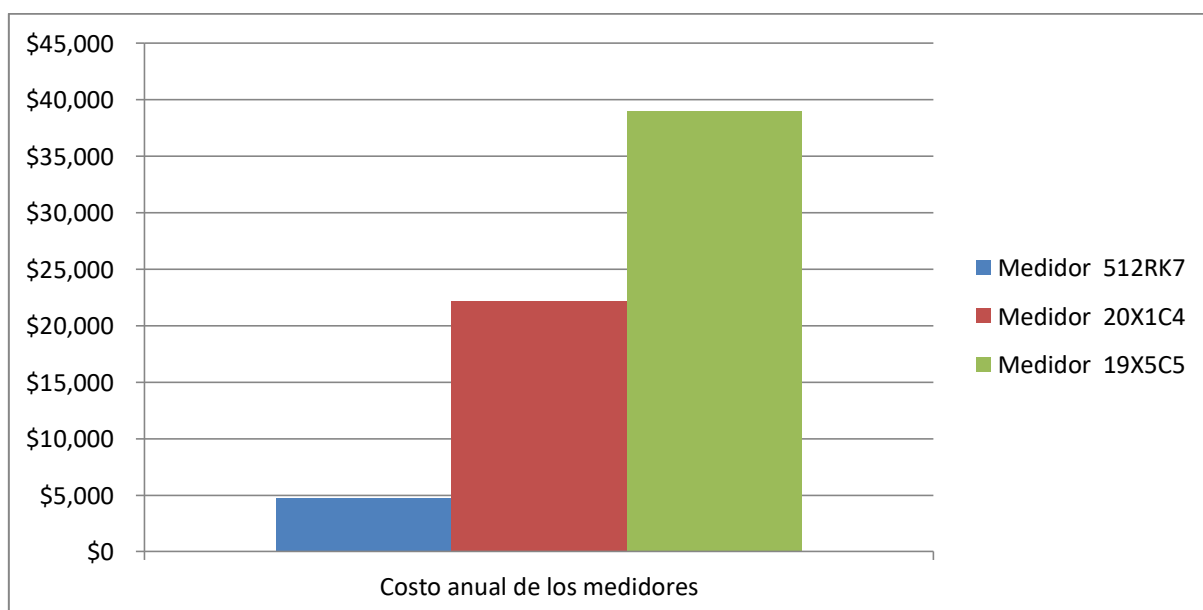
**Fig. 6.26** Consumo anual del año 2016

### 6.1.11 COSTO TOTAL DEL EDIFICIO POR MEDIDOR EN EL 2016

Costo anual de los medidores

Medidores	Costo total
	Año 2016
Medidor 512RK7	\$4,716
Medidor 20X1C4	\$22,159
Medidor 19X5C5	\$38,951
<b>Total</b>	<b>\$65,826</b>

**Tabla 6.27** Costo total en el año 2016



**Fig. 6.27** Costo total del año 2016

### 6.1.12 COSTO Y CONSUMO TOTAL DEL EDIFICIO EN EL 2016

Costo y Consumo total del edificio en el periodo 2016	
Consumo total (kWh)	Costo total
20711	\$65,826

Tabla 6.28 Consumo vs costo total

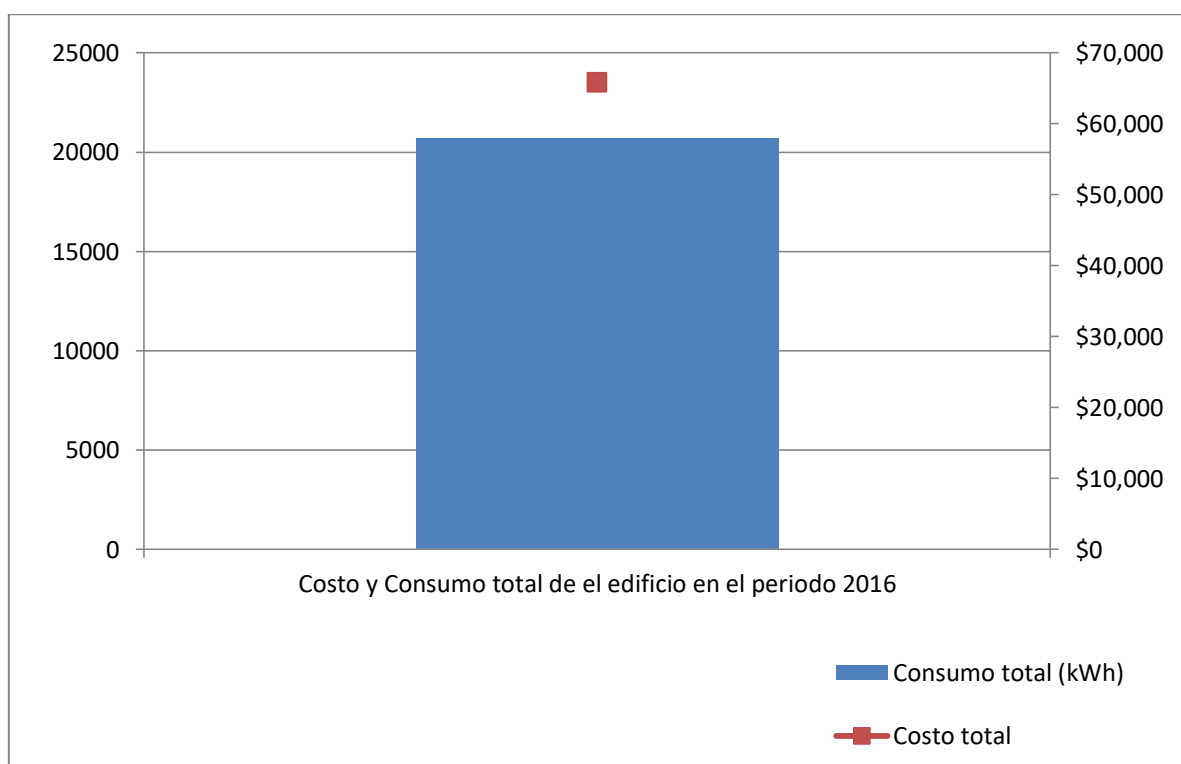
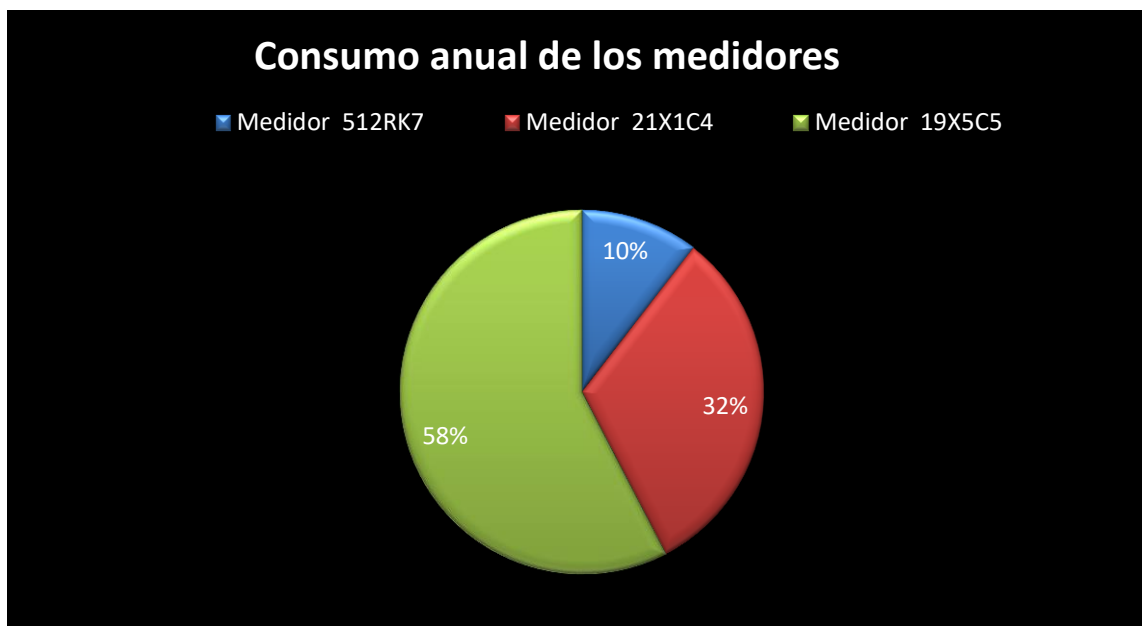
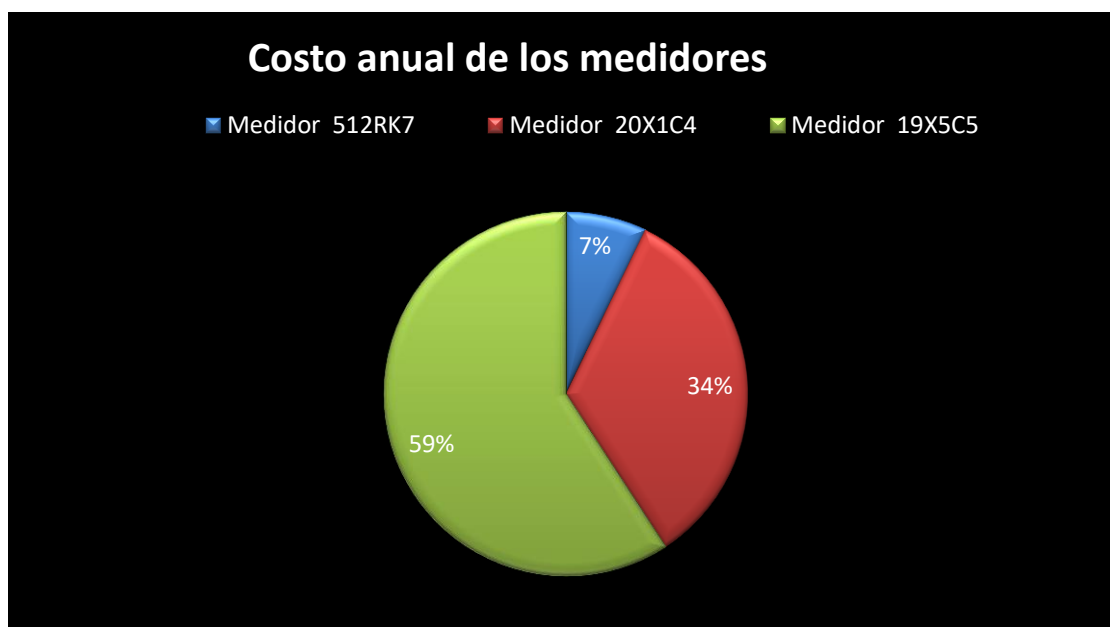


Fig. 6.28 Costo vs Consumo



*Fig. 6.29 Grafica de porcentaje para ver el consumo al año de cada medidor*



*Fig. 6.30 Grafica de porcentaje para ver el costo al año de cada medidor*

## CAPÍTULO 7

### PROPUESTAS DE AHORRO

#### 7.1 INTRODUCCION A TARIFAS ELECTRICAS

Actualmente México cuenta con una capacidad eléctrica instalada de 25 millones de kilowatts, con lo cual atiende una demanda de 100 mil millones de kilowatts-hora por año, generada por 15 millones de usuarios, con un alto crecimiento en la industria manufacturera. Del 100% de la energía producida, el sector industrial consume 56%, el sector doméstico 22%, los servicios públicos y comerciales 16%, y la agricultura 7%. Con el alto crecimiento de la industria, la CFE requiere instalar nuevas plantas productoras de energía eléctrica, por lo que la industria empezó a invertir en cogeneración.

##### 7.1.1 TARIFA OM CON DEMANDA MENOR DE 100 KW

###### a) Tensión de suministro

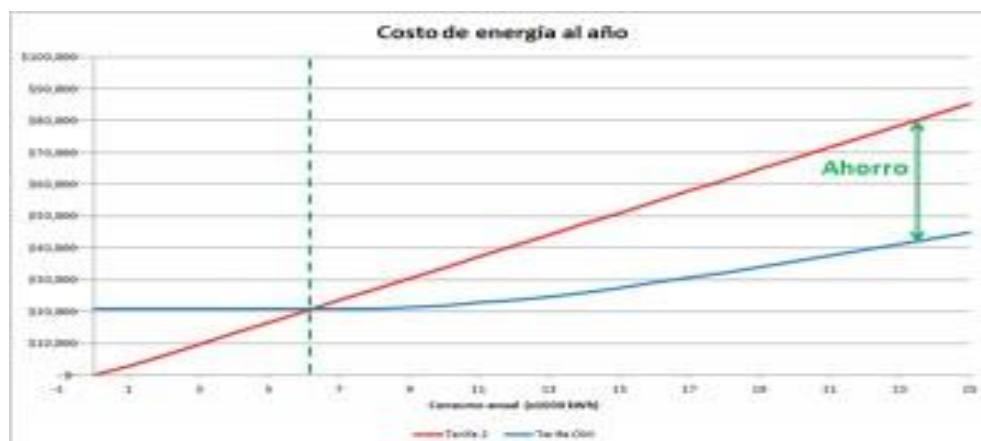
Estos servicios se suministrarán en media tensión.

###### b) Carga y demanda por contratar

La carga por contratar será la suma de las potencias en kilowatts de los equipos, aparatos y dispositivos que el usuario manifiesta tener conectados. La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario, su valor no será menor del 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de 10 (diez) kilowatts o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En caso de que el 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, solo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90% (noventa por ciento).

Muchos negocios y edificios comerciales deciden cambiarse de la Tarifa 2 a la Tarifa O-M, porque esto supone un ahorro importante en su factura de electricidad. Es importante mencionar que una subestación eléctrica NO AHORRA ENERGÍA, el edificio consume la misma cantidad de energía, pero paga menos debido a que ésta baja de costo.



**Fig.7.1** comparación de tarifas residenciales con la OM

### 7.1.2 FACTOR DE CARGA

Esta es la relación que existe entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100 % de su carga o de su factor de carga. En esa forma se logran las tarifas más bajas por kilowattthora.

### 7.1.3 CONTROL DE DEMANDA

La compañía suministradora tiene que surtir energía eléctrica las 24 horas los 365 días del año, por tal motivo, la central eléctrica debe tener a su disposición todo el equipo necesario para poder sostener esta carga sin interrupción. Pero la central, no da servicio a unas cuantas fábricas, sino que tiene que suministrar algunos cientos de miles de fábricas, de manera, que está obligado a mantener disponible en todo tiempo una extensa reserva de energía.

El costo para el sostenimiento de estos servicios, que exigen un máximo de esfuerzo, se les carga a los usuarios como demanda máxima. La demanda máxima medida en kilowatts se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media durante cualquier intervalos de 15 minutos rolado a 5 minutos en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación. Entre más alta sea la demanda de energía en un momento dado por un periodo de 15 minutos, mas alto será su cargo.

Entre más uniforme se reparta la energía eléctrica en una planta, más bajo será el cargo por demanda. El control de demanda automático debe ser considerado cuando la demanda es muy variable y su control sea factible debido a la existencia de cargas controlables. El primer paso en la aplicación de control de demanda automático, es establecer el límite de demanda. El cual, está basado en las lecturas actuales de demanda o un análisis de la máxima Al analizar las curvas de demanda podrá determinarse cuando ocurren las demandas máximas y entonces se está en disponibilidad de adoptar las medidas adecuadas.

El segundo paso consiste en identificar las cargas controlables, las cuales pueden ser desenergizadas para obtener el límite deseado. Para poder reducir y controlar su demanda, los usuarios deben reorganizar sus operaciones según el proceso se lo permita, para distribuir su demanda fuera de las horas pico; o bien limitar en forma automática la demanda mediante algún sistema controlado. En ambos casos el primer paso consiste en hacer un análisis que permita conocer las características de la demanda durante un período dado. En este análisis se debe considerar los siguientes factores:

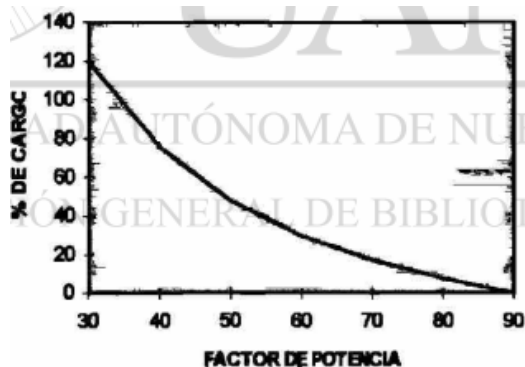
- Factor de carga.
- Valor y duración de los picos de demanda.
- Horario de los picos de demanda.
- Causa de los picos de demanda.

#### 7.1.4 FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia se expresa como la relación entre la corriente productora de potencia y la corriente total de circuito.  $\text{Factor de potencia} = \frac{kV \cdot kW}{k \cdot V \cdot A} = FP$  Las facturas de consumo de energía se basan en las mediciones de la demanda y consumo de energía activa, de la fórmula anterior se desprende que para enviar cierta cantidad de potencia a un consumidor, la central tendrá que transmitir una corriente mayor hacia un sistema que tenga un factor de potencia bajo, que hacia otro cuyo factor de potencia sea más alto.

El valor de la corriente adicional no es registrado por el wathhorímetro del consumidor y por lo tanto representa una pérdida para la compañía suministradora. Esta condición exige la instalación de cables más gruesos y en algunos casos cambio de transformadores, generadores y otros equipos donde la capacidad lo exige. En algunos casos la compañía suministradora requiere invertir, para mantener la demanda de carga de factor de potencia bajo.

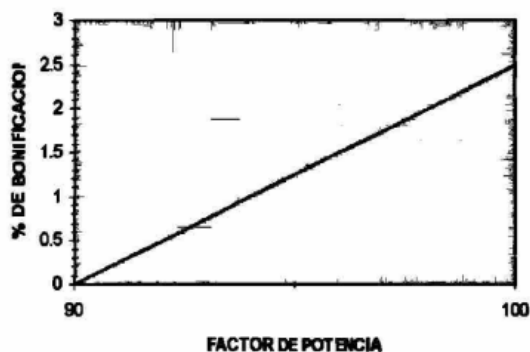
La compañía eléctrica ha introducido una cláusula donde se ofrece una reducción en las cuotas de consumo para cargas con factor de potencia de 90 % o más, con esta medida el usuario procurará estar más cerca al 100 % del factor de potencia. Los cargos y bonificaciones relacionados con el factor de potencia de acuerdo a la compañía suministradora son que abajo de 90 % de factor de potencia se hará un cargo según fórmula. Fórmula de recargo:  $\frac{3}{5} \times ([90/FP] - 1) \times 100$  Para un factor de potencia < 90%



*Fig.7.2 cargo por bajo factor de potencia*

Cuando se tiene un factor de potencia mayor a 90 % el suministrador de energía eléctrica tiene la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según fórmula. Fórmula de bonificación:

$\frac{1}{4} \times (1 - [90/FP]) \times 100$  Para un factor de potencia >90%



*Fig.7.3 bonificación por alto factor de potencia*

### 7.1.5 FACTURACION BASICA

La facturación se integra adicionando al cargo por demanda facturable, las cuotas autorizadas a los consumos en punta, intermedia y base que se registran en un período normal de facturación, de acuerdo a las regiones tarifarias y horarios aplicables que correspondan. Por la importancia de estos suministros, el período de consumo será de las 0:00 horas del día 1o. del mes de facturación, a las 24:00 horas del día último, para lo cual los medidores son activados con una función de congelamiento de lecturas que mantendrá estos valores en memoria, lo que permite tomar lecturas el día 1o. de cada mes.

- En los meses que exista cambio de estación en día diferente al 1 o al último del mes, el medidor congelará la lectura en el cambio de estación y adicionalmente en el día último del mes.
- El día primero del mes siguiente, se tomarán las lecturas congeladas correspondientes a ambas fechas, la del cambio de estación y la del fin de mes.
- En el sistema se alimentarán ambos juegos de lecturas o consumos en orden cronológico, con las cuales se hará el cálculo de la facturación para cada subperíodo, utilizando el factor de proporcionalidad para el cargo por demanda según los días del período.
- Se sumarán los cargos de cada subperíodo y se presentará una sola factura por el importe total del mes.
- Como información adicional, se entregará a los usuarios una hoja con los cálculos de cada subperíodo y otra que contiene los totales del mes y los datos históricos del servicio.

a) Cargo por medición en baja tensión.



En caso de que la medición se efectúe en el lado secundario de la subestación del usuario, se le aplicará un cargo del 2% a la facturación básica.

b) Mínimo mensual.

El cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la demanda contratada.

### 7.1.6 REGIONES DE TARIFAS EN CFE EN MEXICO

Existen en el país diferentes regiones y estaciones en los costos del suministro de energía eléctrica con el objeto de reflejar el costo real del servicio



**Fig.7.4** Regiones de tarifas en México

REGIÓN	CARGO POR KILOWATT DE DEMANDA MÁXIMA MEDIDA	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA CONSUMIDA
Baja California	\$ 182.54	\$ 1.487
Baja California Sur	\$ 202.12	\$ 2.008
Central	\$ 206.49	\$ 1.487
Noreste	\$ 189.86	\$ 1.393
Noroeste	\$ 193.83	\$ 1.382
Norte	\$ 190.67	\$ 1.393
Peninsular	\$ 213.20	\$ 1.419
Sur	\$ 206.49	\$ 1.437

**Fig.7.5** tabla por la demanda máxima medida y por la energía consumida

## 7.2 PROPUESTA DEL CAMBIO DE TARIA 2 A TARIFA OM

Actualmente el Colegio de Ingenieros Mecánicos y electricistas de Chiapas tiene el servicio de la tarifa 2, la cual sigue en vigencia, teniendo también tres medidores los cuales comparten la misma tarifa ya mencionada.

Se determinó una nueva propuesta implementando una nueva tarifa a contratar la cual es la tarifa OM, que pide que sea la carga menor a 100KW instalado, bajo el análisis ya echo, el CIME de Chiapas cuenta con esta característica.

Simulando que tuviéramos la tarifa OM nos arrojando resultados satisfactorios presentados a continuación, cabe recalcar que en la nueva propuesta se tomó en cuenta ya solo un medidor reemplazando los tres, y teniendo a futuro también su propia subestación tipo pedestal. A continuación se presentaran los resultados.

- Estudio de consumo en kWh de los tres medidor de Diciembre 215 a Enero 2017, teniendo los datos históricos.

Medidor 512RK7		Medidor 19X5C5		Medidor 20X1C4	
Año/Mes	DEMANDA	Año/Mes	DEMANDA	Año/Mes	DEMANDA
	KWH		KWH		KWH
DICIEMBRE	44	DICIEMBRE	168	DICIEMBRE	127
ENERO	100	ENERO	414.5	ENERO	162.5
FEBRERO	96	FEBRERO	577.5	FEBRERO	194
MARZO	96	MARZO	840.2	MARZO	578.5
ABRIL	232	ABRIL	992.2	ABRIL	723.25
MAYO	233	MAYO	966	MAYO	606.5
JUNIO	127	JUNIO	1050.25	JUNIO	716
JULIO	128	JULIO	1134	JULIO	825.5
AGOSTO	100	AGOSTO	1156.25	AGOSTO	777.75
SEPTIEMBRE	101	SEPTIEMBRE	1178.5	SEPTIEMBRE	730
OCTUBRE	90	OCTUBRE	1031.75	OCTUBRE	454.75
NOVIEMBRE	93	NOVIEMBRE	885	NOVIEMBRE	202.75
DICIEMBRE	122	DICIEMBRE	714.5	DICIEMBRE	226
ENERO	89	ENERO	544	ENERO	113

**Tabla 7.1** Consumo total de los 3 medidores en todo el año

- Simulación teniendo los datos históricos de Diciembre 2015 a Enero 2016 pasando todo el consumo a la Tarifa OM teniendo los costos dados en la página de CFE, arrojando los resultados de la tabla.
- Nota: No se tomó en cuenta por cuestiones de medición al transformador el factor de potencia, por cuestiones de bonificación o aumento de costo final.

<b>DEMANDA FACTURABLE TOTAL CON LA TARIFA OM</b>						
Año/Mes	DEMANDA (kWh)	ENERGIA	COSTO POR MES	DEMANDA MAXIMA	DEMANDA MAX.	COSTO POR MES
	KWH	\$kWh	\$	kWh	\$	\$
DICIEMBRE	339	0.94	318.66	2	178.38	356.76
ENERO	677	0.968	655.336	2	178.24	356.48
FEBRERO	867.5	1.033	896.1275	2	179.18	358.36
MARZO	1514.7	0.984	1490.4648	2	182.12	364.24
ABRIL	1947.45	1.06	2064.297	2	184.6	369.2
MAYO	1805.5	0.955	1724.2525	2	183.6	367.2
JUNIO	1893.25	0.99	1874.3175	2	183.71	367.42
JULIO	2087.5	1.091	2277.4625	2	186.36	372.72
AGOSTO	2034	1.127	2292.318	2	189.34	378.68
SEPTIEMBRE	2009.5	1.216	2443.552	2	191.24	382.48
OCTUBRE	1576.5	1.213	1912.2945	2	192.08	384.16
NOVIEMBRE	1180.75	1.28	1511.36	2	194.37	388.74
DICIEMBRE	1062.5	1.314	1396.125	2	194.78	389.56
ENERO	746	1.363	1016.798	2	197.08	394.16
<b>Total</b>	<b>20711</b>		<b>21873.3653</b>			<b>5230.16</b>

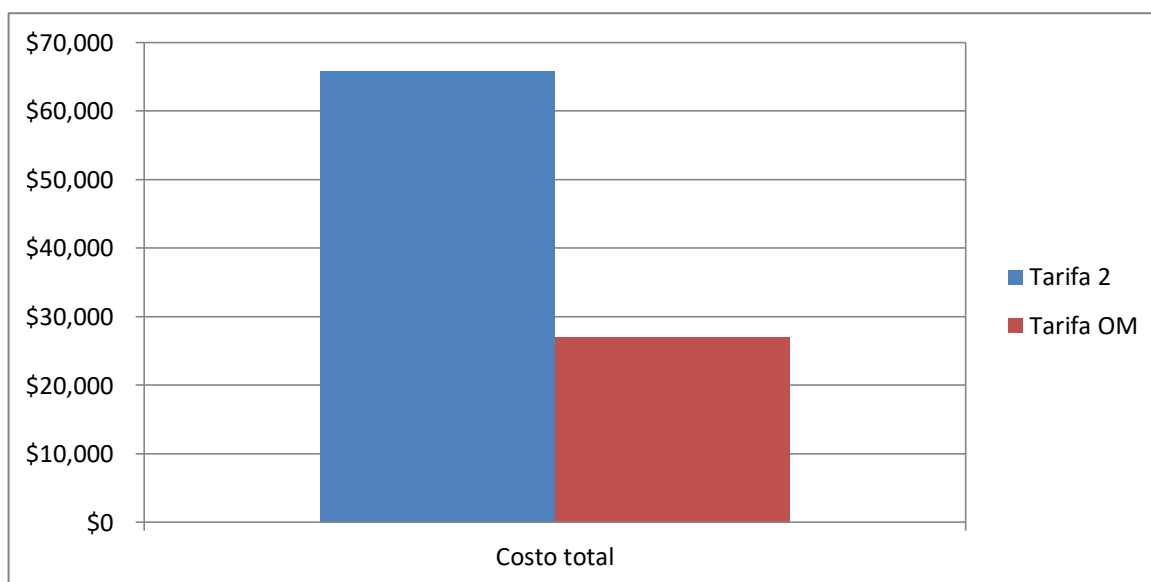
**Tabla 7.2** Consumo total de la nueva propuesta de un solo medidor y con la tarifa OM

- Los siguientes resultados fueron tomados, de un hecho histórico dado por el CIME de Chiapas, la primera tabla en base al estudio hecho en el capítulo 6 la tabla de alado se hizo con la simulación de los resultados del mismo análisis, estando satisfechos por los concluido.

Costo y Consumo total del edificio en el periodo 2016 con tarifa 2		Costo y Consumo total del edificio en el periodo 2016 con tarifa OM	
Consumo total (kWh)	Costo total	Consumo total (kWh)	Costo total
20711	\$65,826	20711	\$27,104

TARIFA 2
TARIFA OM

**Tabla 7.3** Resultados tarifa 2 vs tarifa OM



**Fig. 7.6** Costos tarifa 2 vs costos tarifa OM

### 7.3 IMPLEMENTACION DE SUBESTACION DE 75 KVA

En la **Tabla 7.4** mostramos las cargas totales en el colegio de ingenieros mecánicos y electricistas de Chiapas de cada factor tal como son luminarias, contactos y climas.

carga total	
luminarias	4091 KW
contactos	13770 KW
climas	29048 KW

**Tabla. 7.4** cargas totales del inmobiliario

En la **Tabla 7.5** mostramos las cargas instaladas en el colegio de ingenieros mecánicos y electricistas de Chiapas, al igual que el factor de utilización, la demanda por contratar y por último la capacidad del transformador tipo pedestal de 75 KVA. Propusimos la subestación de esta capacidad ya que hay cargas futuras muy grandes como son la climatización del área del salón del colegio que se tiene pensado utilizar 3 climas de paquete de aproximadamente 10000 watts cada uno.

Carga instalada	46.909	KW
Factor de utilizacion	80%	
Demanda maxima por contratar	37.53	KW
Transformador pedestal	75	KVA

*Tabla. 7.5 cargas totales del inmobiliario*

#### 7.4 PROPUESTA DE CENSO DE CARGA DE ILUMINACIÓN

Respecto a la **Tabla 7.6** Se determinó una nueva propuesta implementando luminarias Led's por piso en este caso es de la planta alta, arrojando un resultado de demanda y consumo menor, de tal manera que mostramos el consumo por hora, precio de consumo por hora y precio por mes, así mismo un importe de facturación muy bajo.

Lugar	Especificaciones (Tipo de lamparas)	Potencia por lampara	Cantidad	Potencia consumo	Horas mes
<b>Planta alta.-</b>					
Aula magna	Luminaria led 3 x 18 w	54	8	432	240
	Luminaria led 1 w	1	9	9	240
Bodega de capacitacion	foco led 9 w	9	3	27	240
Sala de recepcion barra	foco led 9 w	9	6	54	240
Sala de recepcion	foco led 9 w	15	6	90	240
Escalera de planta alta	foco led 9 w	9	3	27	240
Baño Hombres	foco led 9 w	9	1	9	240
	Luminaria led 9 w	9	1	9	240
Baño Mujeres	foco led 9 w	9	1	9	240
	Luminaria led 9 w	9	1	9	240
Fachada	lampara led 4 w	4	10	40	240
		watts total	Kw/h	\$ x hora	\$ x mes
potencia total		715	0.715	2.64	634.75

*Tabla. 7.6 tabla de implementación de luminarias led's*

Respecto a la **Tabla 7.7** Se determinó una nueva propuesta implementando luminarias Led's por piso en este caso es de la planta baja , arrojando un resultado de demanda y consumo menor, de tal manera que mostramos el consumo por hora, precio de consumo por hora y precio por mes, así mismo un importe de facturación muy bajo.

Lugar	Especificaciones	Potencia	Cantidad	Potencia	horas
	(Tipo de lamparas)	por lampara		consumo	mes
<b>Planta baja.-</b>					
Cocina	Luminaria led 3 x 9 w	27	2	54	240
	lampara led 4 w	4	9	36	240
Sala comedor	Luminaria led 3 x 9 w	27	8	216	240
	lampara led 4 w	4	20	80	240
Baño H	Luminaria led 3 x 9 w	27	1	27	240
	lampara led 9 w	9	2	18	240
Baño M	Luminaria led 3 x 9 w	27	1	27	240
Salon	lampara led 9 w	9	1	9	240
	Luminaria tipo campana 100 w	100	8	800	240
	lampara led 4 w	4	8	32	240
	lampara led 4w	4	4	16	240
		watts total	Kw/h	\$ x hora	\$ x mes
potencia total		1315	1.315	4.86	1167.40

**Tabla. 7.7** tabla de implementación de luminarias led's

Respecto a la **Tabla 7.8** Se determinó una nueva propuesta implementando luminarias Led's por piso en este caso es de la planta principal, arrojando un resultado de demanda y consumo menor, de tal manera que mostramos el consumo por hora, precio de consumo por hora y precio por mes, así mismo un importe de facturación muy bajo.

Lugar	Especificaciones	Potencia	Cantidad	Potencia	horas
	(Tipo de lamparas)	por lampara		consumo	mes
<b>Planta principal.-</b>					
Baño H	Luminaria led 9 w	9	2	18	240
	foco led 9 w	9	1	9	240
Baño M	Luminaria led 9 w	9	2	18	240
	foco led 9 w	9	1	9	240
Pasillo escaleras	Luminaria led 9 w	9	2	18	240
Pasillo capac-baño	lampara led 4 w	4	5	20	240
Sala de recepcion	Luminaria led 3 x 9 w	27	3	81	240
	lampara led 4 w	4	9	36	240
Cocina	foco led 9 w	9	1	9	240
Administracion	Luminaria led 9 w	9	3	27	240
Sala de juntas	Luminaria led 3 x 9 w	27	6	162	240
Pasillo administracion	Luminaria led 9 w	9	1	9	240
Sala de capacitacion	Luminaria led 3 x 9 w	27	4	108	240
	lampara led 4 w	4	14	56	240
Presidencia	Luminaria led 3 x 9 w	27	6	162	240
	lampara led 4 w	4	16	64	240
		watts total	Kw/h	\$ x hora	\$ x mes
potencia total		734	0.734	2.72	651.62

**Tabla. 7.8** tabla de implementación de luminarias led's

➤ Estudio económico

Respecto a la **Tabla 7.9** se realizó un estudio económico por piso del edificio en este caso es de la planta alta, del precio aproximado de luminarias Led's optando por este, donde mostramos la inversión total.

Lugar	Especificaciones (Tipo de lamparas)	Potencia por lampara	Cantidad	Potencia consumo	Horas mes	\$ precio unitario	INVERSION TOTAL
<b>Planta alta.-</b>							
Aula magna	Luminaria led 3 x 18 w	54	8	432	240	1060	8480
	Luminaria led 1 w	1	9	9	240		
Bodega de capacitacion	foco led 9 w	9	3	27	240	60	180
Sala de recepcion barra	foco led 9 w	9	6	54	240	60	360
Sala de recepcion	foco led 9 w	15	6	90	240	60	360
Escalera de planta alta	foco led 9 w	9	3	27	240	60	180
Baño Hombres	foco led 9 w	9	1	9	240	60	60
	Luminaria led 9 w	9	1	9	240	380	380
Baño Mujeres	foco led 9 w	9	1	9	240	60	60
	Luminaria led 9 w	9	1	9	240	380	380
Fachada	lampara led 4 w	4	10	40	240	100	1000
		watts total	Kw/h	\$x hora	\$x mes	\$ Total/u	\$ Inv. Total
potencia total		715	0.715	\$2.64	\$634.75	2,280.00	11,440.00

**Tabla.7.9** estudio económico implementación led's



Respecto a la **Tabla 7.10** se realizó un estudio económico por piso del edificio en este caso es de la planta baja, del precio aproximado de luminarias Led's optando por este, donde mostramos la inversión total.

Lugar	Especificaciones	Potencia	Cantidad	Potencia	horas	\$ precio	INVERSION
	(Tipo de lamparas)	por lampara		consumo	mes	unitario	TOTAL
<b>Planta baja.-</b>							
Cocina	Luminaria led 3 x 9 w	27	2	54	240	690	1380
	lampara led 4 w	4	9	36	240	100	900
Sala comedor	Luminaria led 3 x 9 w	27	8	216	240	690	5520
	lampara led 4 w	4	20	80	240	100	2000
Baño H	Luminaria led 3 x 9 w	27	1	27	240	690	690
	lampara led 9 w	9	2	18	240	380	760
Baño M	Luminaria led 3 x 9 w	27	1	27	240	690	690
Salon	lampara led 9 w	9	1	9	240	380	380
	Luminaria tipo campana 100 w	100	8	800	240	3200	25600
	lampara led 4 w	4	8	32	240	100	800
	lampara led 4w	4	4	16	240	100	400
		watts total	Kw/h	\$x hora	\$x mes	\$Total/u	\$ Inv. Total
potencia total		1315	1.315	\$4.86	\$1,167.40	\$7,120.00	\$39,120.00

**Tabla 7.10** estudio económico implementación led's

Respecto a la **Tabla 7.11** se realizó un estudio económico por piso del edificio en este caso es de la planta principal, del precio aproximado de luminarias Led's optando por este, donde mostramos la inversión total.

Lugar	Especificaciones	Potencia	Cantidad	Potencia	horas	\$ precio	INVERSION
	(Tipo de lamparas)	por lampara		consumo	mes	unitario	TOTAL
<b>Planta principal.-</b>							
Baño H	Luminaria led 9 w	9	2	18	240	380	760
	foco led 9 w	9	1	9	240	60	60
Baño M	Luminaria led 9 w	9	2	18	240	380	760
	foco led 9 w	9	1	9	240	60	60
Pasillo escaleras	Luminaria led 9 w	9	2	18	240	380	760
Pasillo capac-baño	lampara led 4 w	4	5	20	240	100	500
Sala de recepcion	Luminaria led 3 x 9 w	27	3	81	240	690	2070
	lampara led 4 w	4	9	36	240	100	900
Cocina	foco led 9 w	9	1	9	240	60	60
Administracion	Luminaria led 9 w	9	3	27	240	380	1140
Sala de juntas	Luminaria led 3 x 9 w	27	6	162	240	690	4140
Pasillo administracion	Luminaria led 9 w	9	1	9	240	380	380
Sala de capacitacion	Luminaria led 3 x 9 w	27	4	108	240	690	2760
	lampara led 4 w	4	14	56	240	100	1400
Presidencia	Luminaria led 3 x 9 w	27	6	162	240	690	4140
	lampara led 4 w	4	16	64	240	100	1600
		watts total	Kw/h	\$x hora	\$x mes	\$ Total/u	\$ Inv. Total
potencia total		734	0.734	\$2.72	\$651.62	\$5,240.00	\$3,980.00

**Tabla 7.11** estudio económico implementación led's

Respecto a la **Tabla 7.12** después de haber realizado un estudio económico por piso, en la siguiente tabla se muestra los precios de kw/h, kwh/mes, la inversión total, el ahorro y por último el tiempo de recuperación que es de 16.18 meses aproximadamente.

					ahorro en \$	T. recup.
	kw/h	\$ kw/h	\$ kwh/mes	Inv. Total	kw/h x mes	Meses
Luminarias actuales	6.56	\$24.27	\$5,824.13			
Luminarias propuesta	2.76	\$10.22	\$2,453.77	\$54,540.00	\$3,370.36	16.18

**Tabla 7.12** tiempo de recuperación

## **CAPÍTULO 8**

### **CONCLUSIONES**

#### **8.1 INTRODUCCIÓN**

Con la implementación de este proyecto detectamos un consumo y un cobro muy elevado en la facturación eléctrica a través de un análisis detallado de la metodología de cálculo. Se pudieron determinar los índices energéticos del colegio a través de la relación de energía eléctrica consumida, facturada y censada, con respecto al área construida del colegio, al analizar los censos de cargas y las mediciones de los niveles de las cargas continuas y no continuas.

Se pudieron identificar las posibles medidas de ahorro de energía en el sistema eléctrico en general al igual evaluamos las diferentes alternativas tecnológicas en el sistema de iluminación por medio de un estudio técnico y económico, usando el software DIALux.

#### **8.2 CONCLUSIÓN SOBRE LA PROPUESTA DE AHORRO SUBESTACION ELECTRICA**

Principalmente una subestación eléctrica es una instalación, o conjunto de dispositivos eléctricos, que forma parte de un sistema eléctrico de potencia. su principal función es la producción, conversión, transformación, regulación, repartición y distribución de la energía eléctrica. La subestación debe modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para que la energía eléctrica pueda ser transportada y distribuida. el transformador es el equipo principal de una subestación.

Como se pudo observar en el desarrollo del presente proyecto, la parte más importante del diagnóstico energético correspondió a determinar los potenciales de ahorro, tanto de energía eléctrica como económica, dando alternativas para toda la carga demandada en el colegio.

Concluyendo la propuesta de una subestación Es lógico que para implementar un sistema de este tipo es necesario hacer una inversión importante. Pero largo plazo habría una recuperación de economía ya que en la tarifa OM( ORDINADIRA MEDIA) son para usuarios que recibe el suministro en voltajes de 1000 a 34000 Volts y cuya demanda máxima es menor a KW. Están sujetos a bonificación por los valores superiores a 0.9. Sin embargo no tiene tarifa horaria.

#### **8.3 RECOMENDACIONES**

Principalmente la concientización y racionalización en el uso de la energía eléctrica Un sistema de enfriamiento bien mantenido funciona de manera más eficiente, consume menos energía y genera facturas más bajas; por lo tanto, limpiar o

reemplazar los filtros de aire regularmente. Asimismo, mantener limpios los serpentines de los sistemas de acondicionamiento de aire. La acumulación de suciedad en el serpentín es la causa más común de la baja eficiencia del funcionamiento.

- Reduzca la carga de enfriamiento colocando persianas adecuadas en las ventanas que dan al este y al oeste. Cuando sea posible, posponga las actividades que generan calor hasta la noche. Cerrar las cortinas durante el día, e instale toldos en las ventanas que dan al norte. Plante árboles o arbustos que den sombra.

- Los ventiladores de techo y otros ventiladores proporcionan enfriamiento adicional y una mejor circulación, de manera que se puede subir el termostato y reducir los costos del aire acondicionado. Los ventiladores de techo que incluyen lámparas compactas fluorescentes de alta eficiencia en cuanto al consumo de energía son hasta 20 por ciento más eficientes que los de lámparas incandescentes.

- El frío máximo no siempre es la mejor solución del entorno. No es tanto la baja temperatura sino el buen equilibrio entre temperatura y humedad del aire, lo que produce confort. En salones en contacto permanente con el exterior fijar una temperatura no inferior a 7-10 grados respecto a la exterior, para no crear diferencias térmicas perjudiciales para la salud.

- Limpiar periódicamente las luminarias, porque la suciedad disminuye el nivel de iluminación de una lámpara hasta en un 20%.

- Evaluar la posibilidad de utilizar luz natural, instalando láminas transparentes o similares. Este recurso se puede aprovechar, siempre y cuando brinde un nivel adecuado de iluminación.

- Usar colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.

- Reemplazar lámparas incandescentes por fluorescentes de bajo consumo (LFC).

- Reemplazar los tubos fluorescentes T 12/T10 convencionales por ejemplo de 40 W por fluorescentes delgados de T-8 de 36 W porque ilumina igual. Este reemplazo significa un ahorro económico de 10% en la facturación, ya que los T-8 consumen 4 W menos, utilizan los mismos conectores y lo más importante es que cuestan igual.

- Independizar y sectorizar los circuitos de iluminación, esto les ayudará iluminar sólo los lugares que necesiten.

- Instalar superficies reflectoras porque direcciona e incrementa la iluminación y posibilita la reducción de lámparas en la luminaria.

- Seleccionar las lámparas que les suministren los niveles de iluminación requeridos en las normas de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolle.

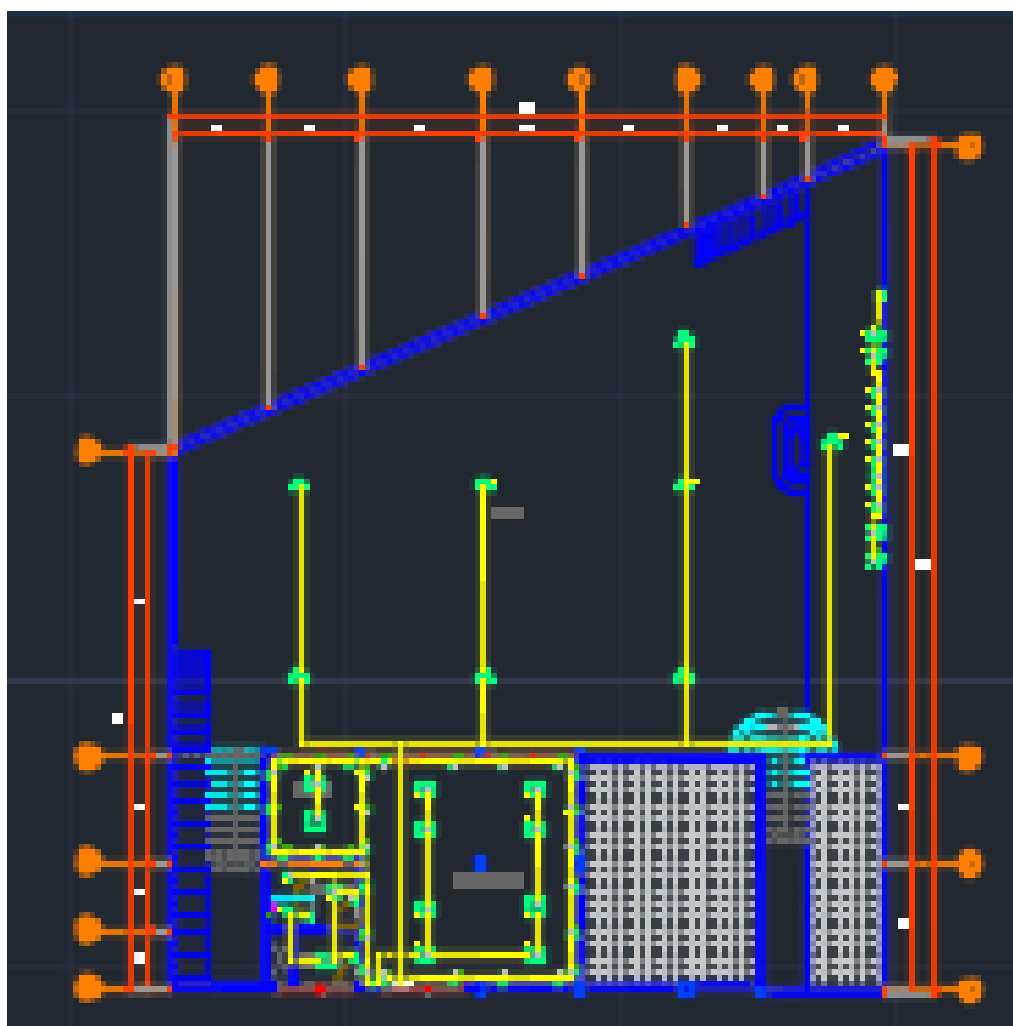
- Utilizar balastos electrónicos, porque permiten ahorrar energía hasta un 10% y corrige el factor de potencia, así como incrementa la vida útil de los fluorescentes.

- Evaluar la posibilidad de instalar sensores de presencia, timers y/o dimmers para el control de los sistemas de iluminación de cada empresa.

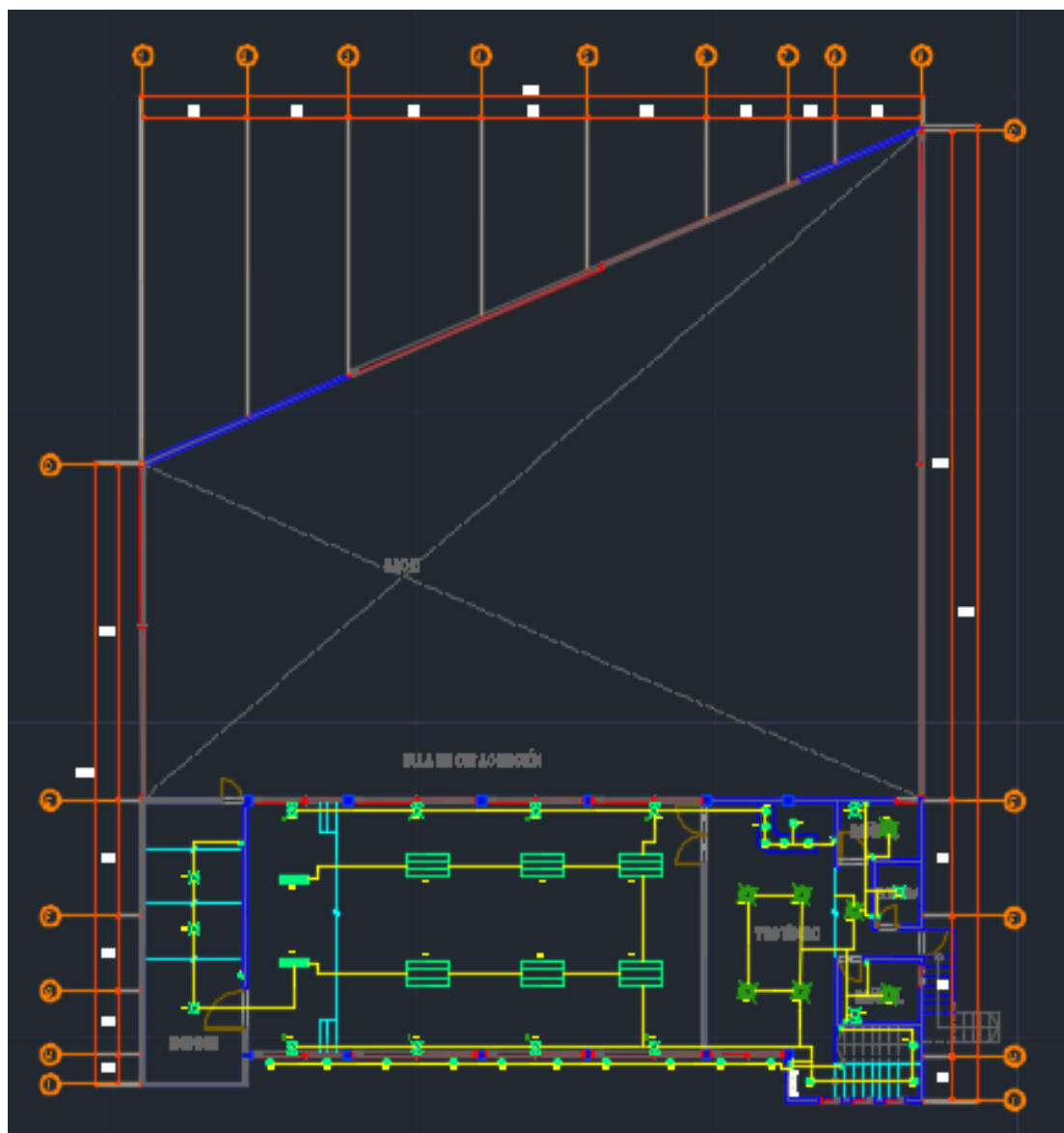
- Utilizar las luminarias apropiadas como las pantallas difusoras con rejillas.

- No es aconsejable utilizar difusores o pantallas opacas porque generan pérdidas de luz por lo que tendrás que utilizar más lámparas.

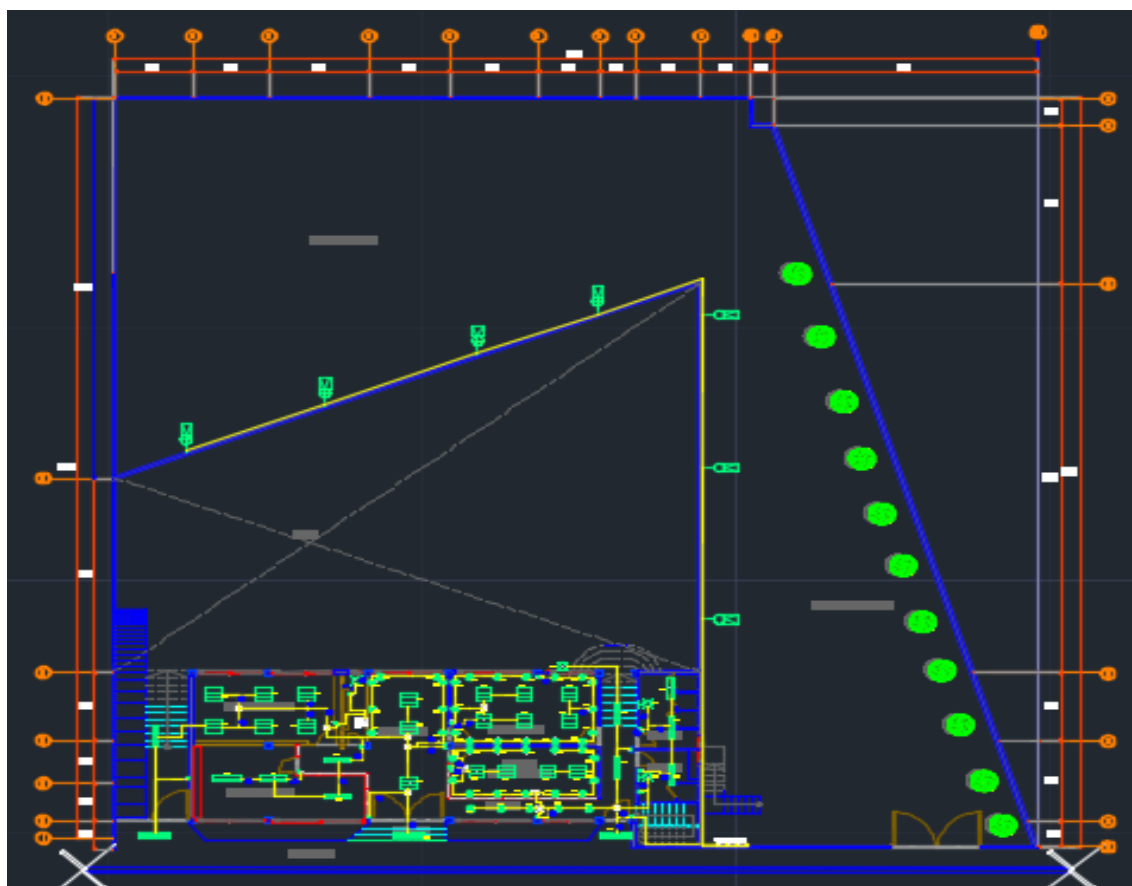
## ANEXOS



*Anexo. A.1 luminarias actuales planta baja dibujo de autocad*

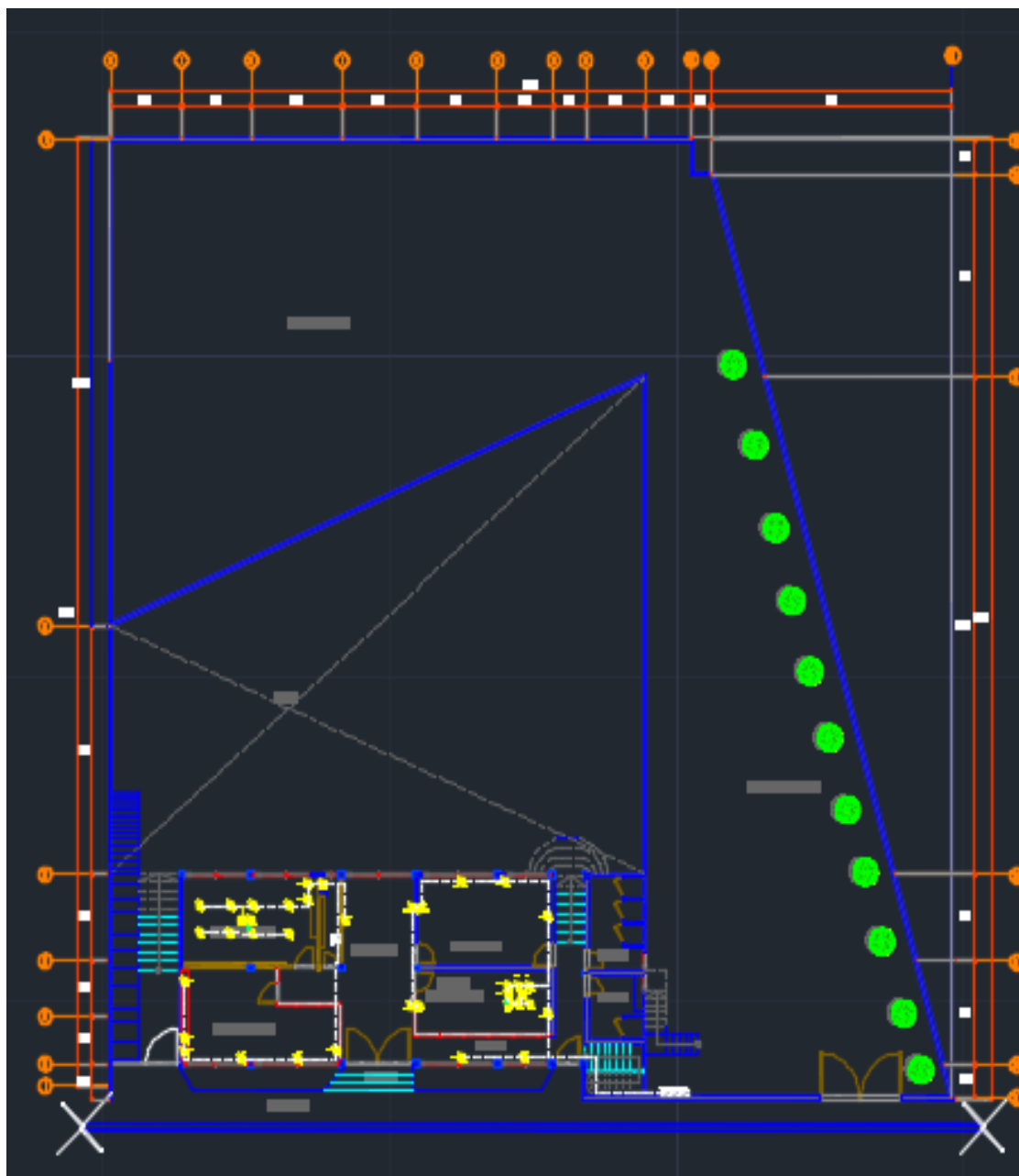


*Anexo. A.2 luminarias actuales planta alta dibujo de autocad*

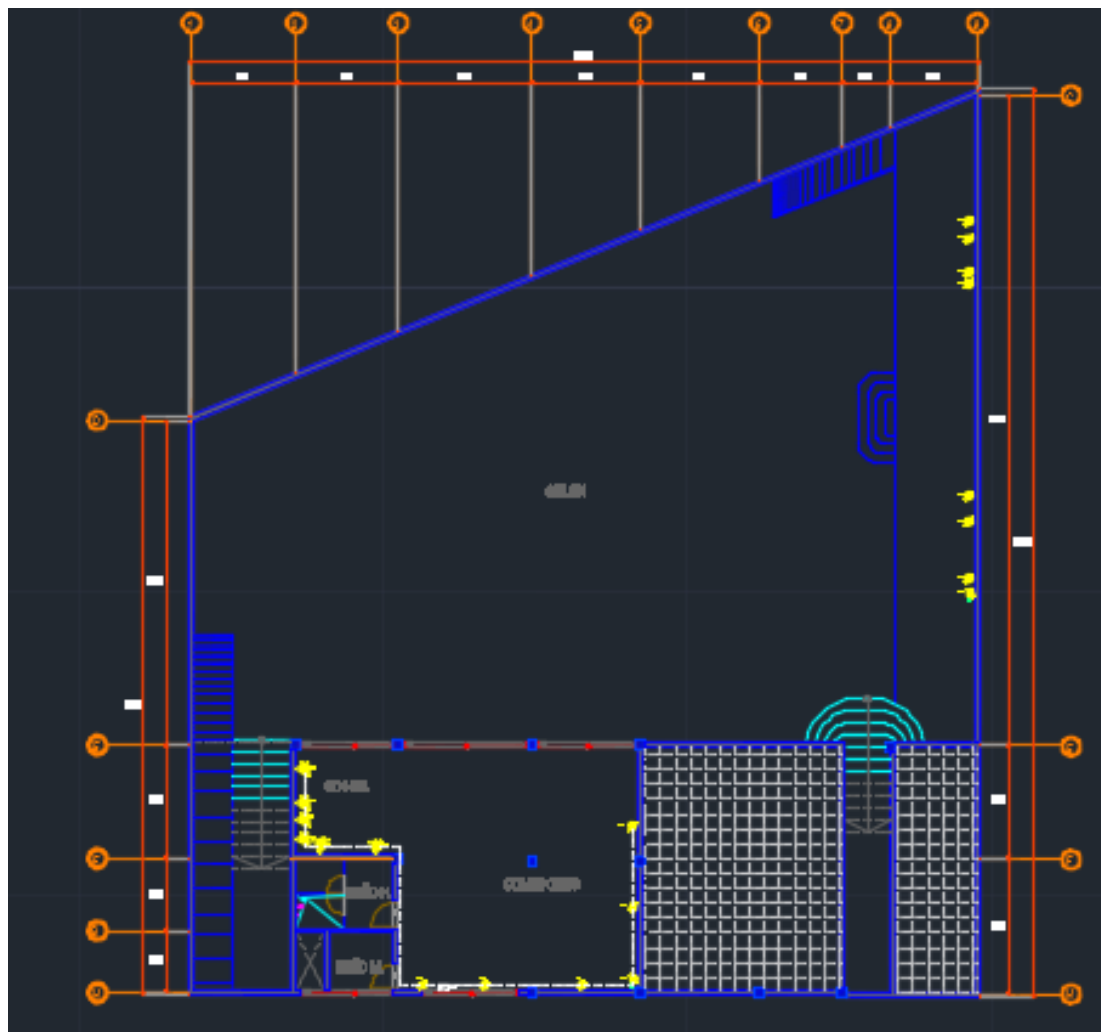


*Anexo. A.3 luminarias actuales de la planta principal dibujo de autocad*

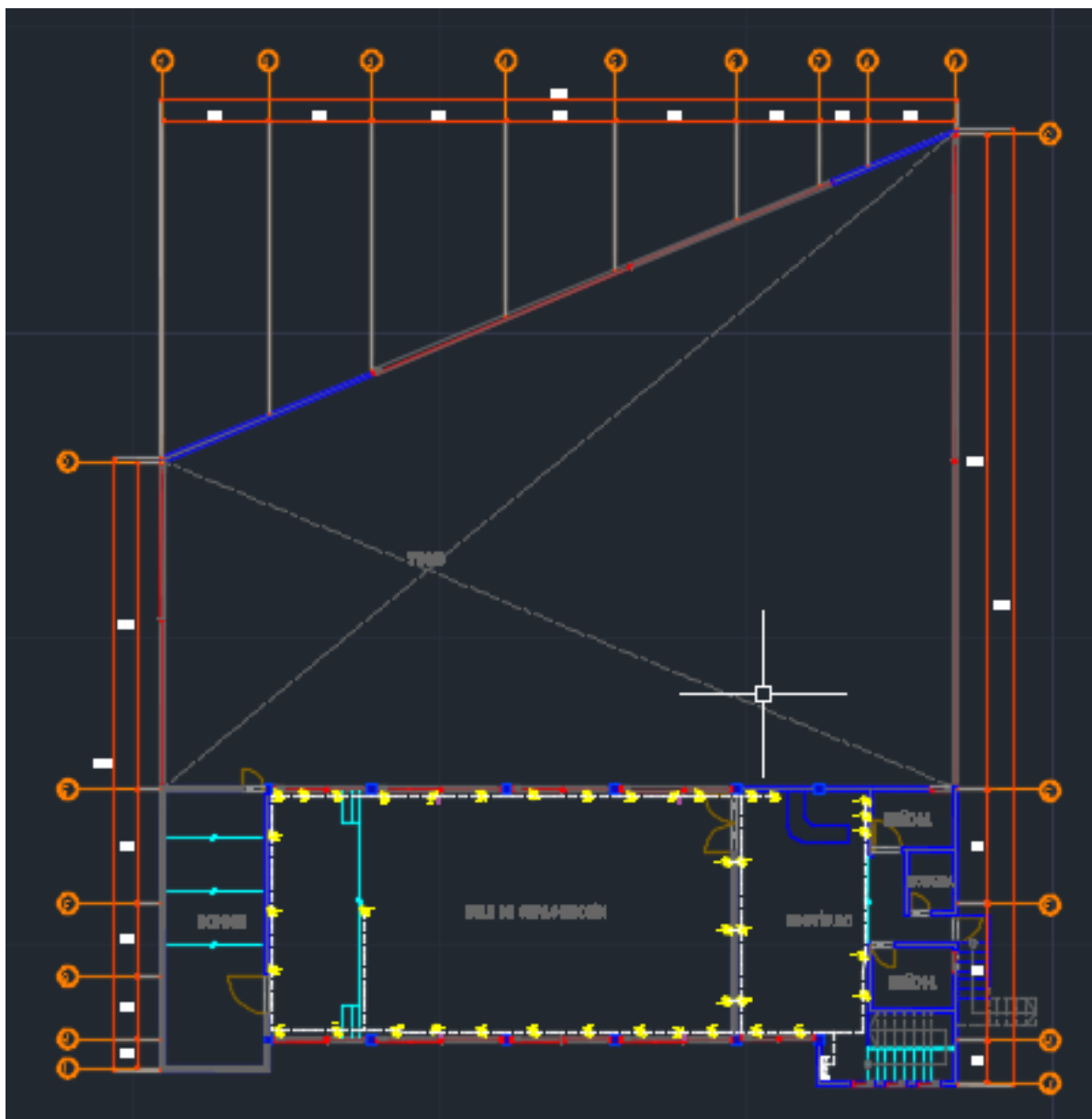




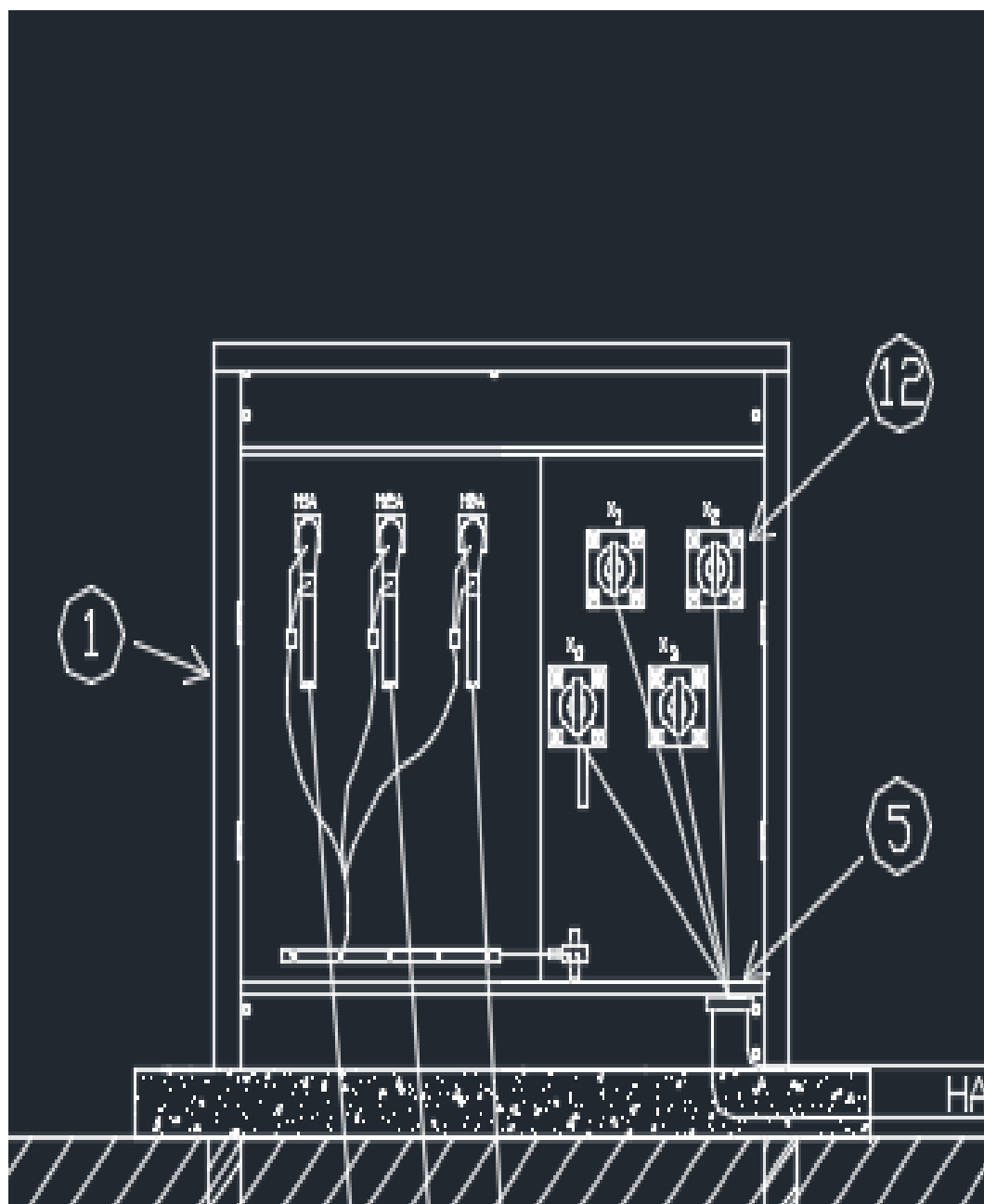
*Anexo. A.4 contactos actuales en la planta principal dibujo en autocad*



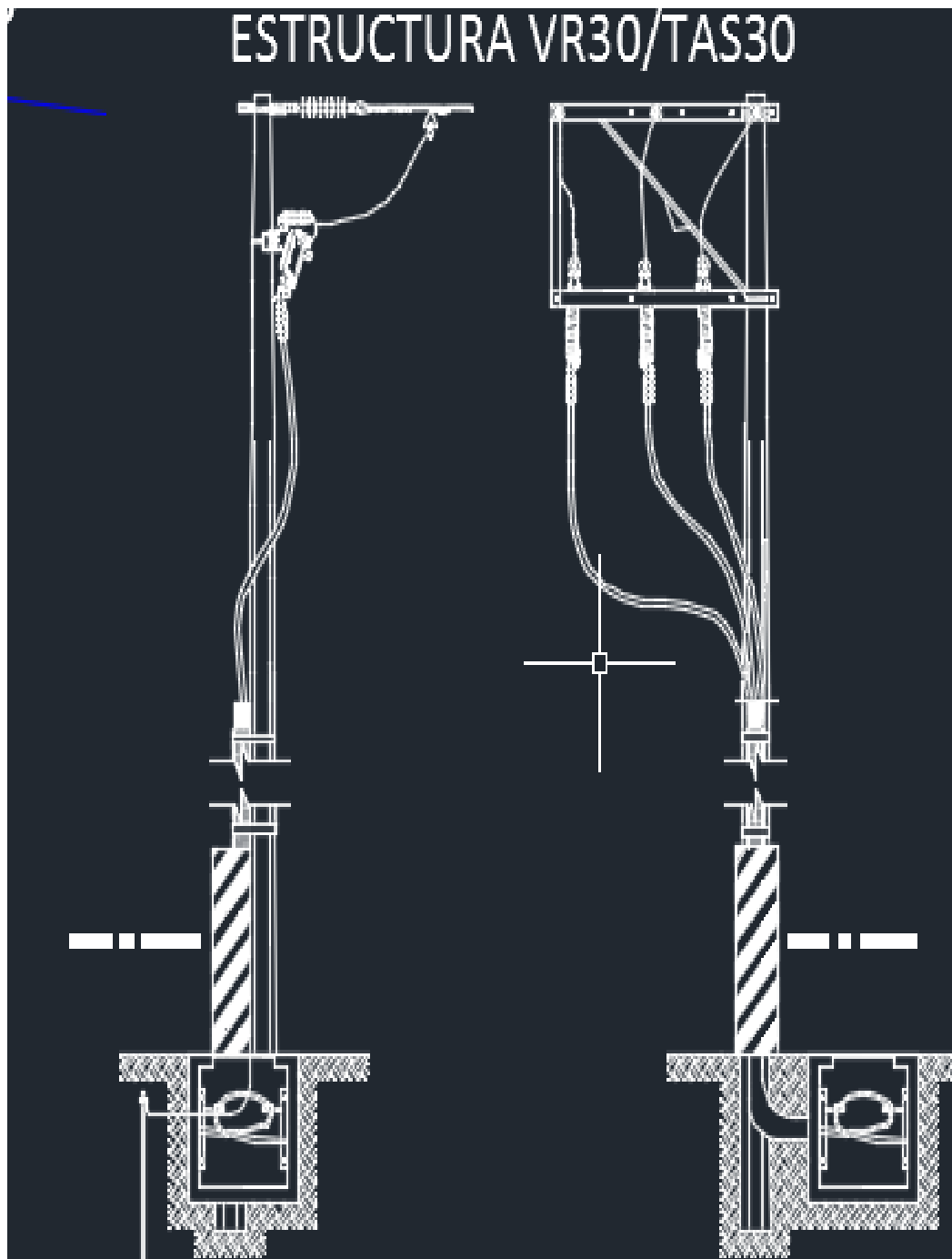
*Anexo. A.5 contactos actuales en planta baja dibujo en autocad*



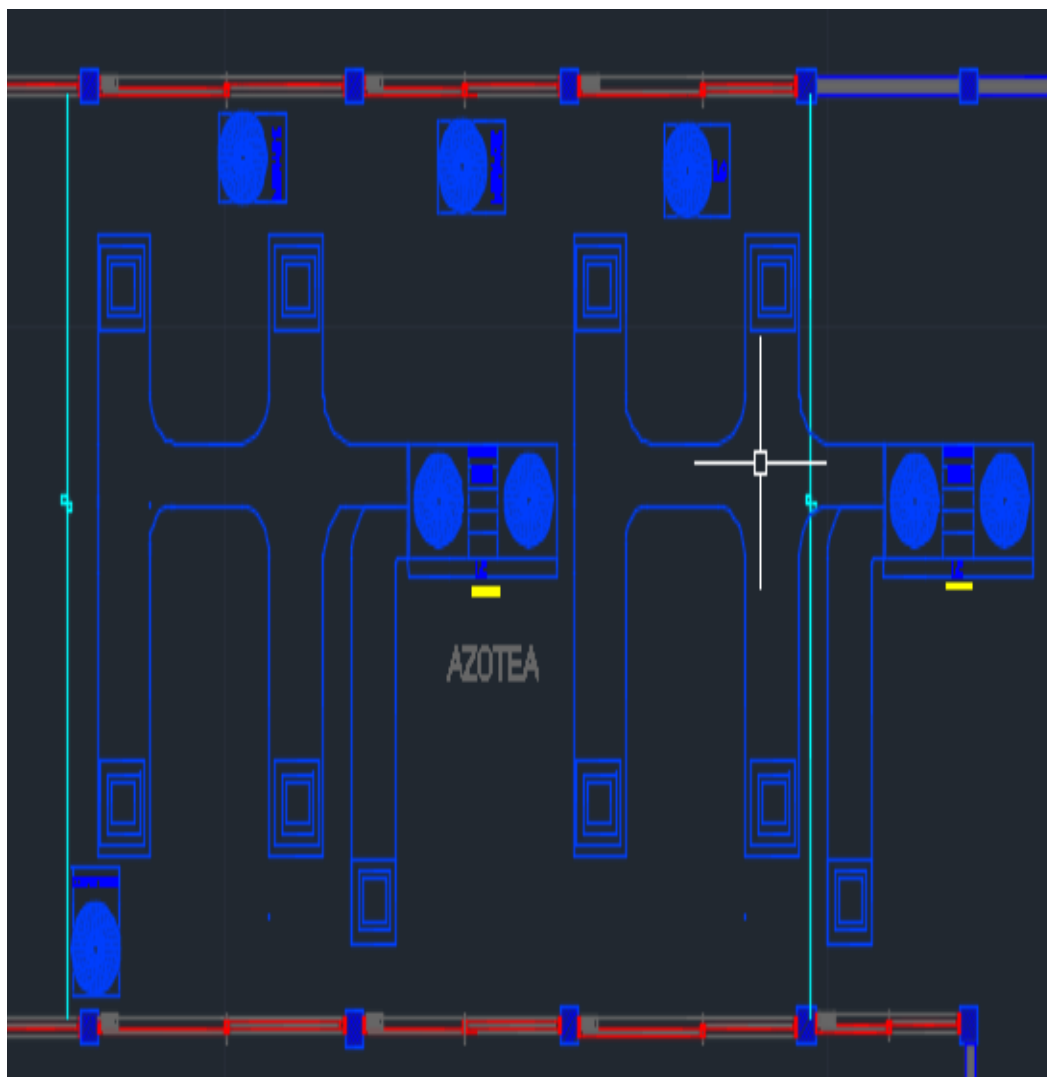
*Anexo. A.6 contactos actuales en planta alta dibujo en autocad*



Anexo. A.7 subestación de 75 KVA diseñada dibujo en autocad



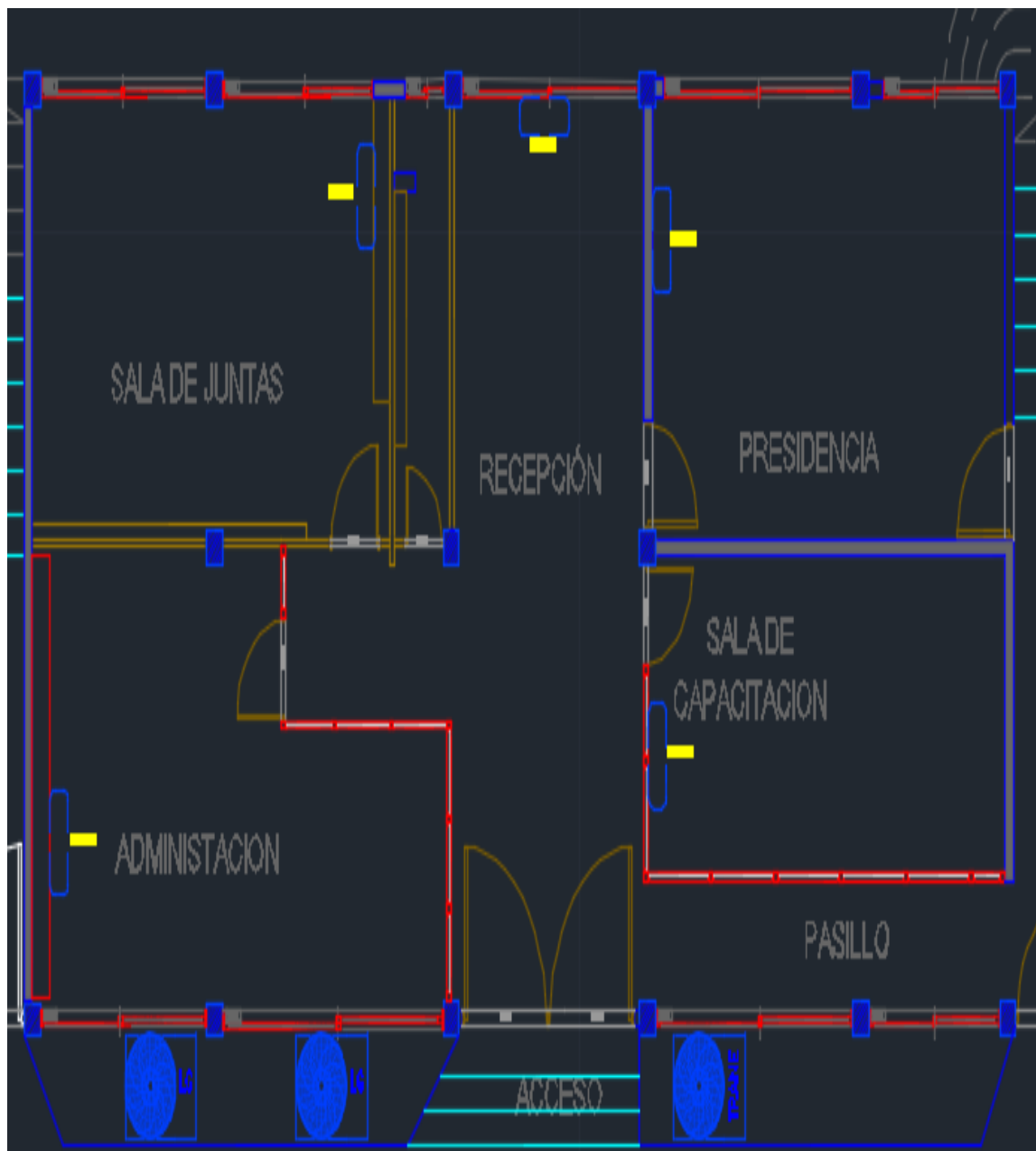
*Anexo. A.8 transición de media tensión área - subterránea diseñada dibujo en autocad*



*Anexo. A.9 conductos de clima tipo paquete actuales en planta alta dibujo en autocad*

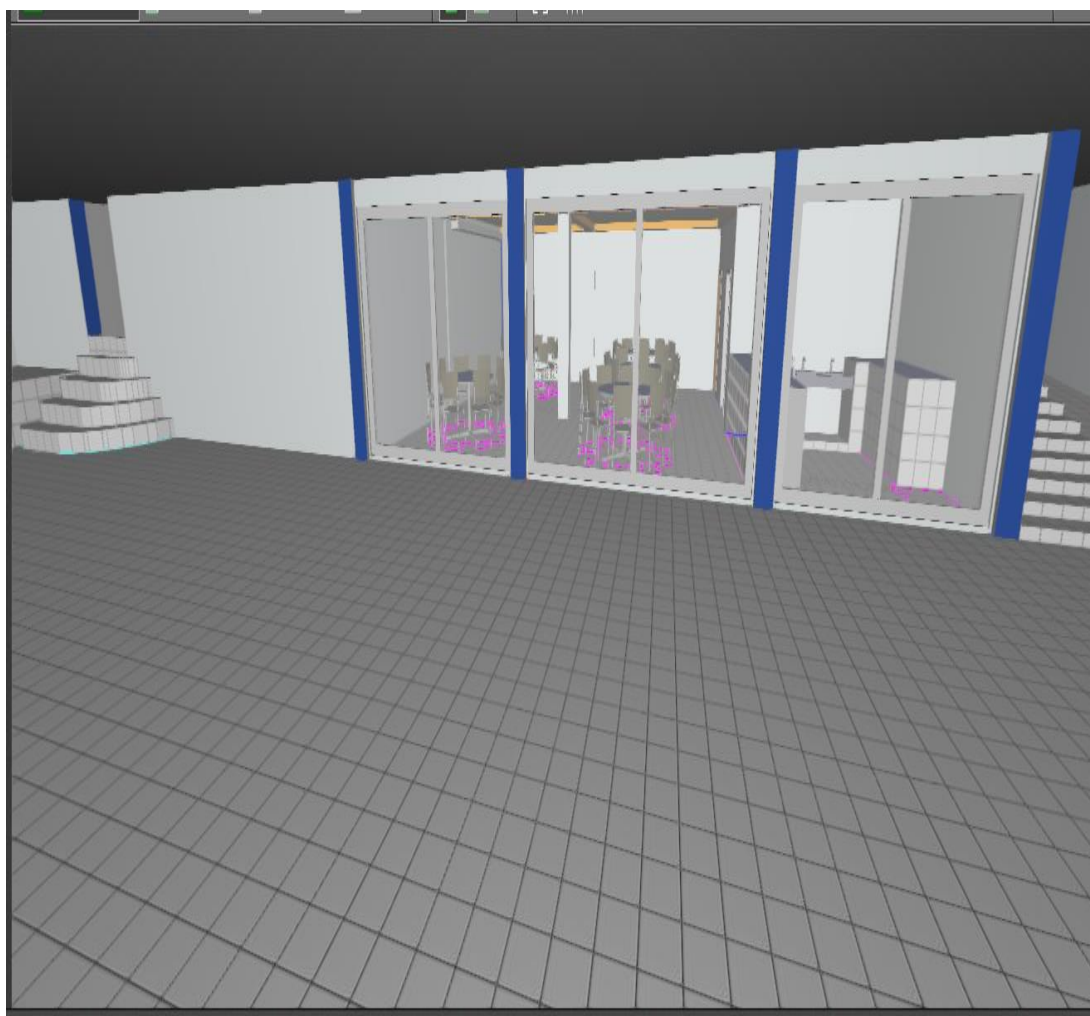


*Anexo. A.10 clima actuales en planta baja dibujo en autocad*

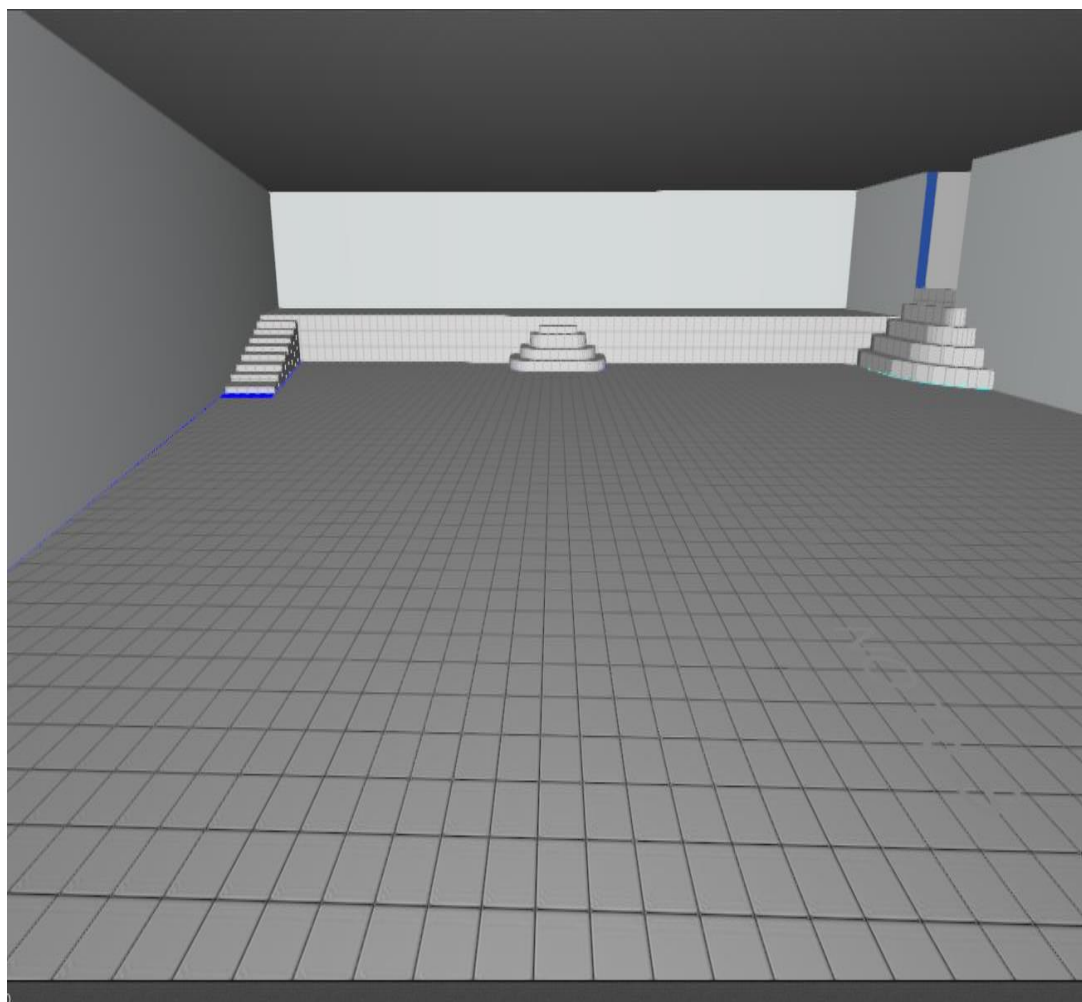


*Anexo. A.11 clima actuales en planta principal dibujo en autocad*

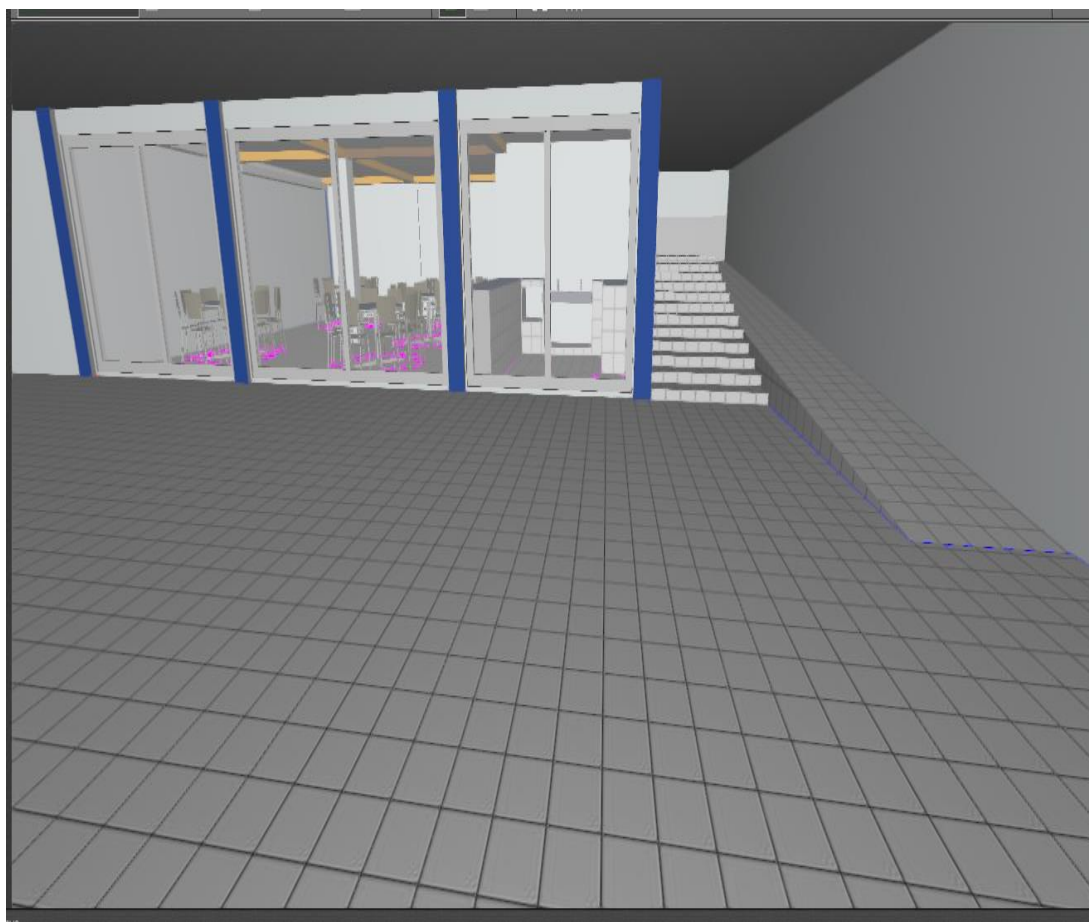




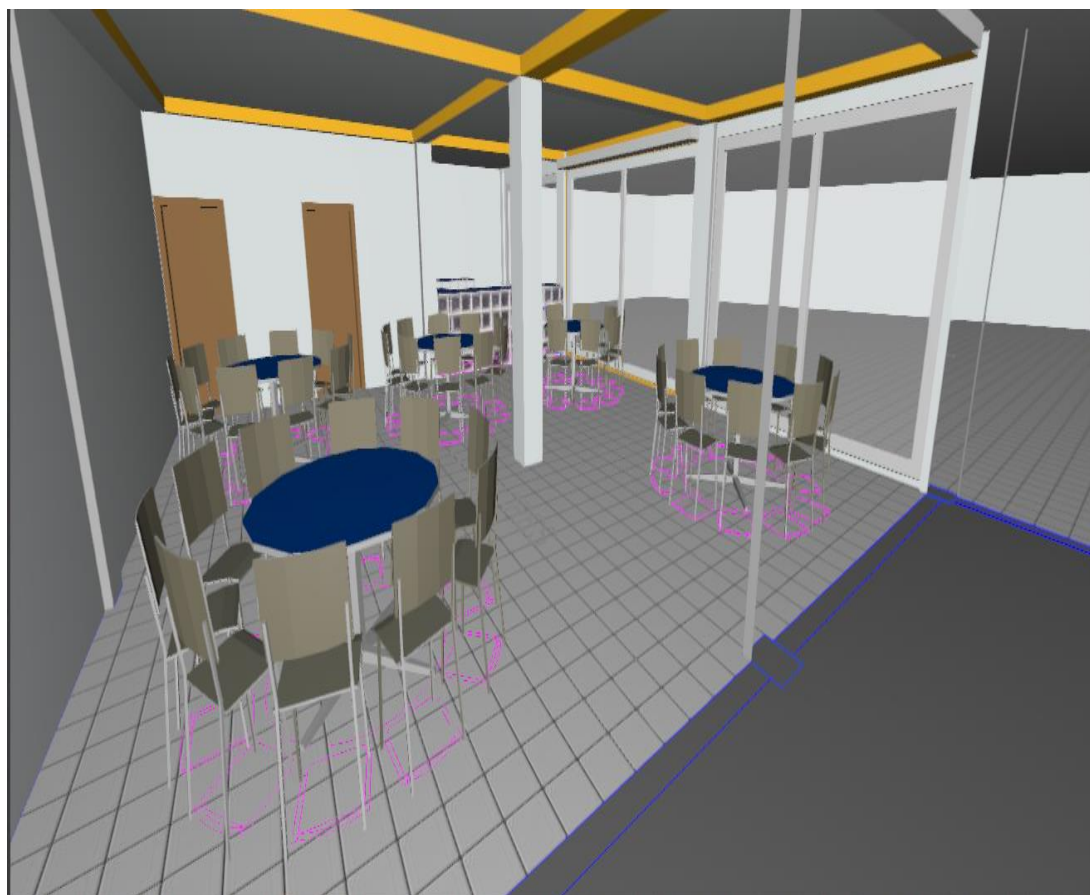
*Anexo. A.12 renderizado en 3D planta baja dibujo en Dialux*



**Anexo. A.13** renderizado en 3D planta baja (salón) dibujo en Dialux



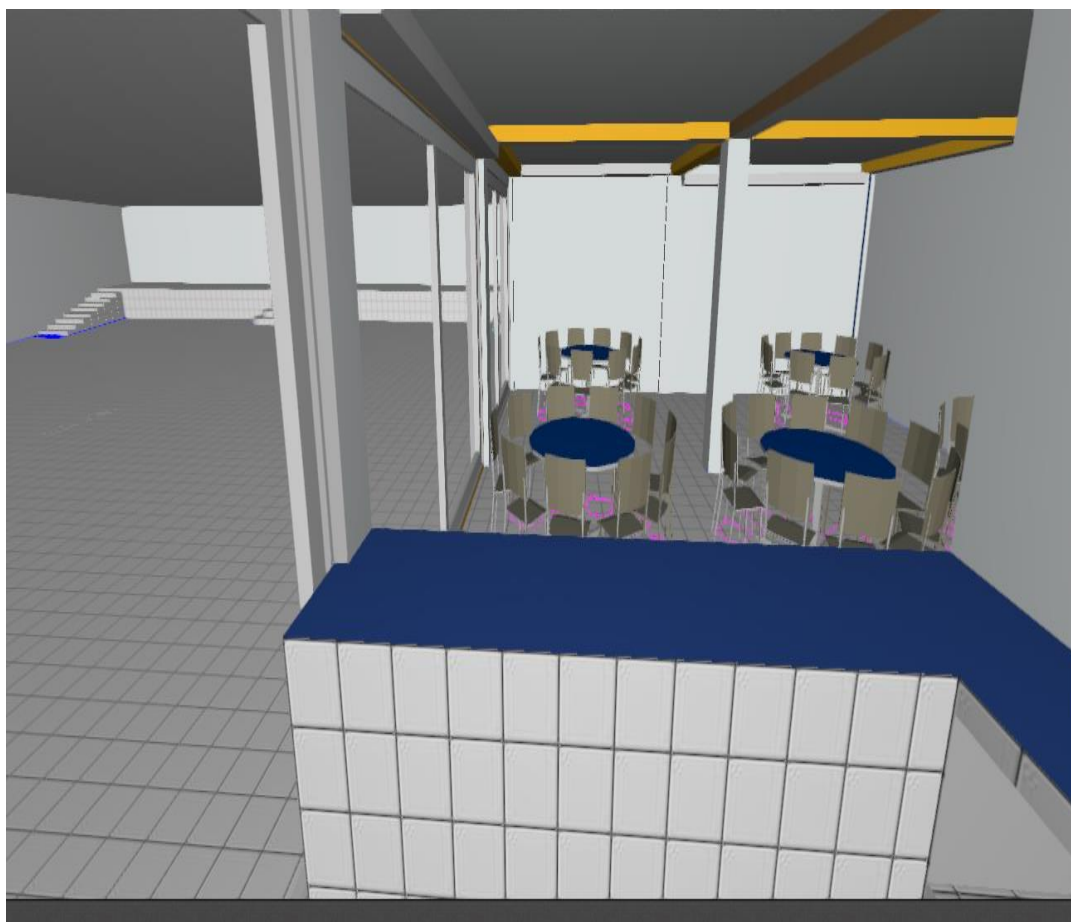
**Anexo. A.14** renderizado en 3D planta baja dibujo en Dialux



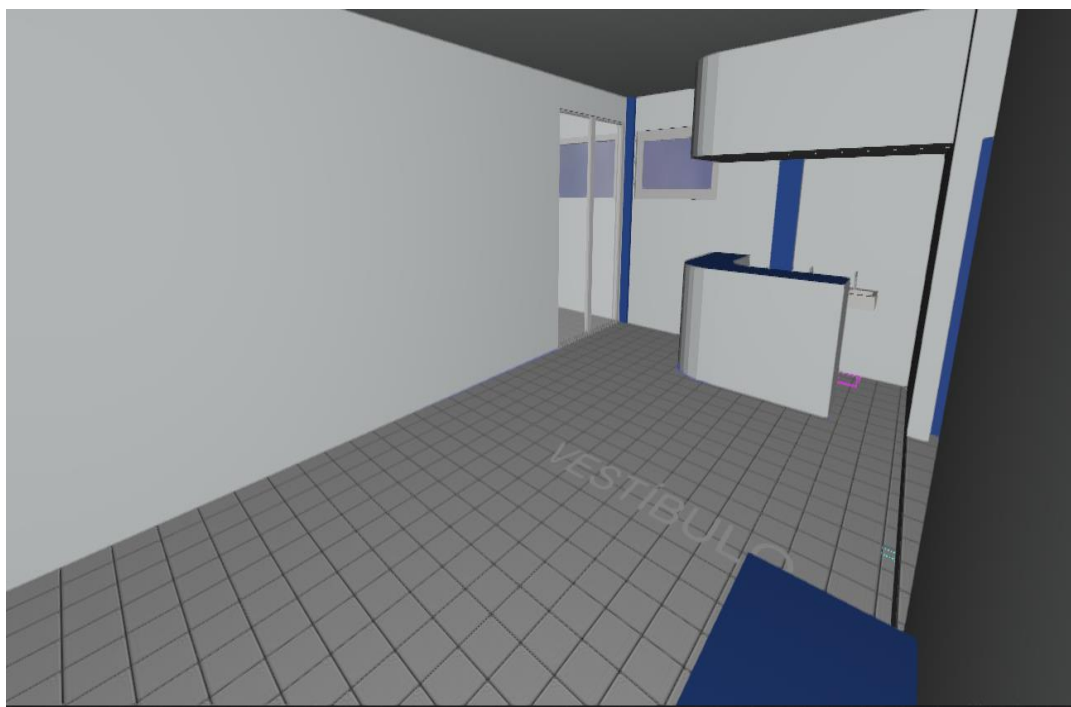
**Anexo. A.15** renderizado en 3D planta baja (comedores) dibujo en Dialux



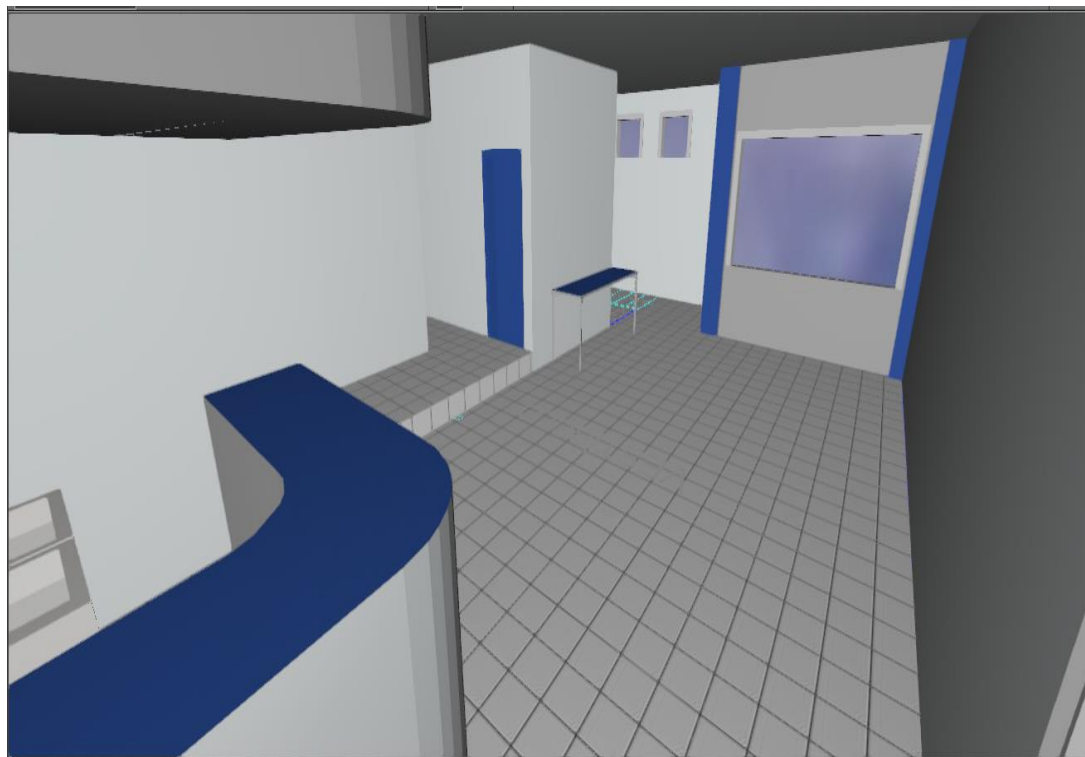
*Anexo. A.16 renderizado en 3D planta baja (comedores) dibujo en Dialux*



*Anexo. A.17 renderizado en 3D planta baja (comedores) dibujo en Dialux*

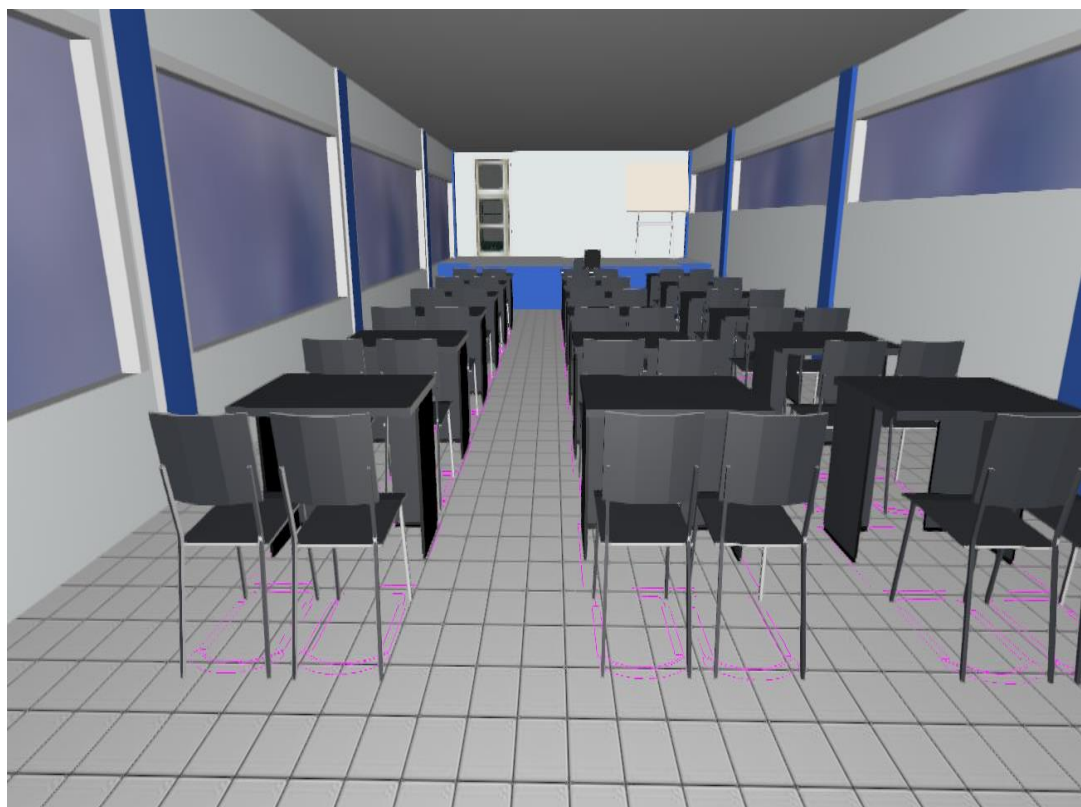


**Anexo. A.18** renderizado en 3D planta alta (vestíbulo) dibujo en Dialux

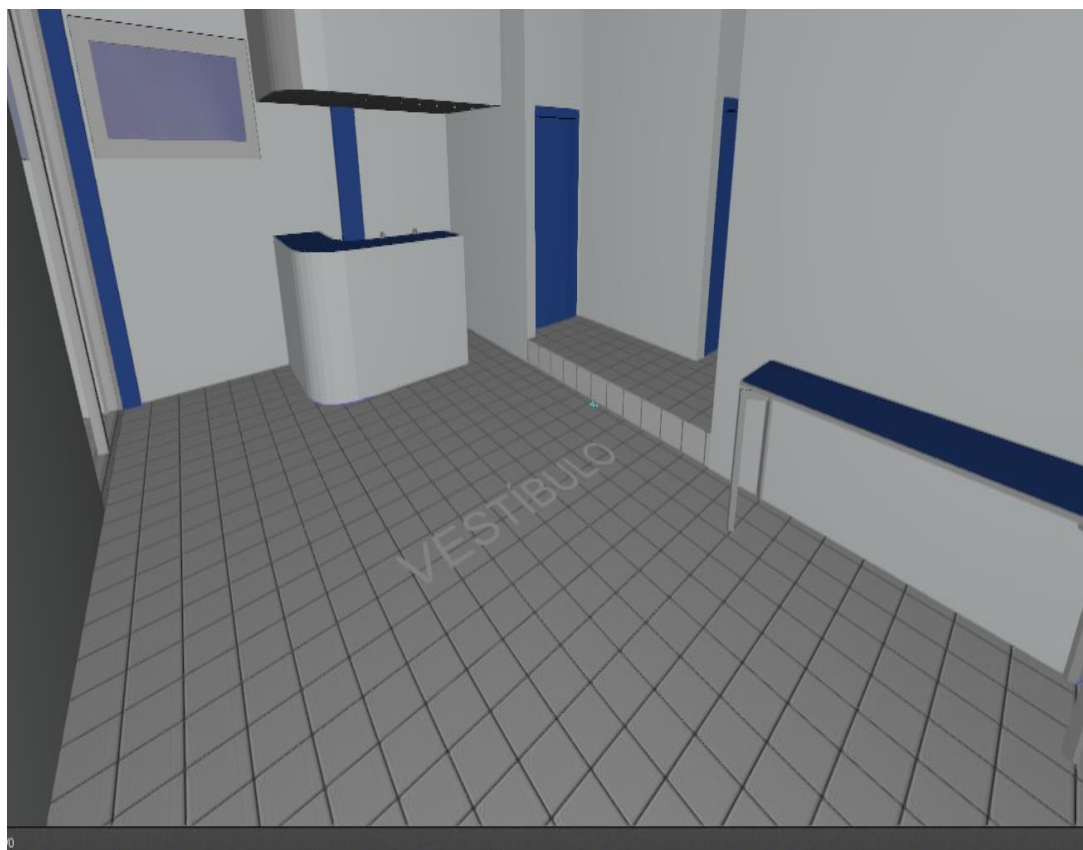


**Anexo. A.19** renderizado en 3D planta alta (vestíbulo) dibujo en Dialux

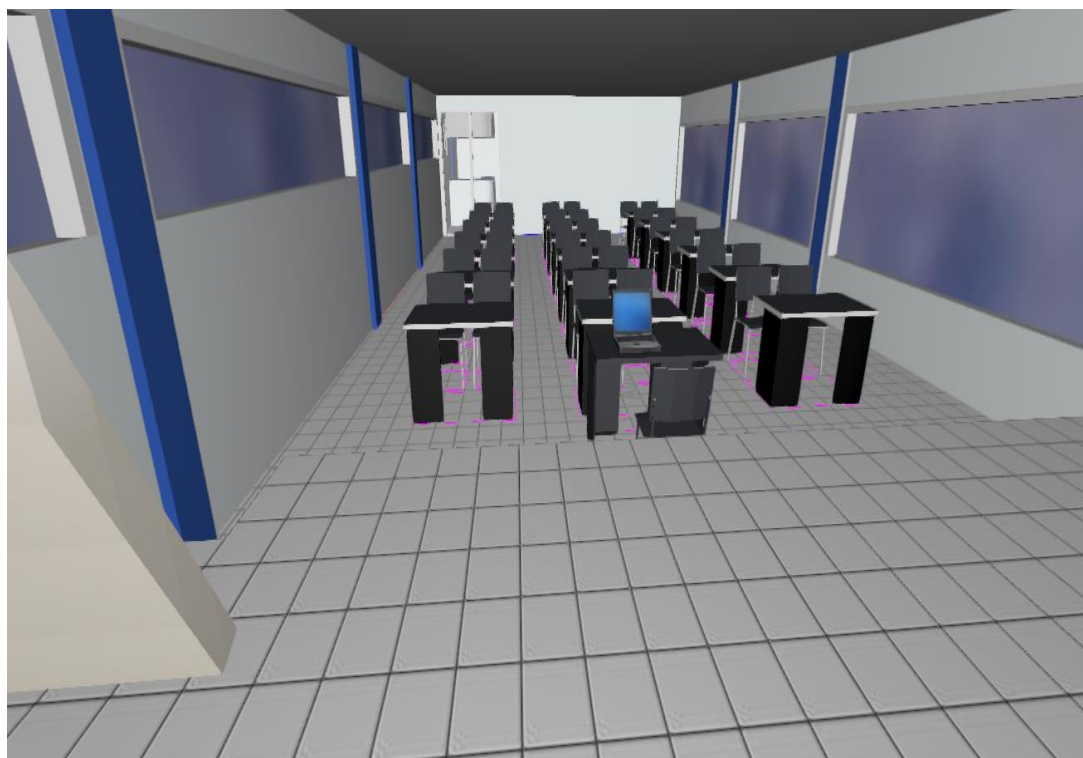




*Anexo. A.20 renderizado en 3D planta alta (vestíbulo) dibujo en Dialux*



**Anexo. A.21** renderizado en 3D planta alta (vestíbulo) dibujo en Dialux



*Anexo. A.22 renderizado en 3D planta alta (aula magna) dibujo en Dialux*

## REFERENCIAS

- [1] Rosenfeld, E., DISCOLI, C., DUBROVSKY, H., CZAJKOWSKI, J., SAN JUAN, G., FERREYRO, C., ... & GENTILE, C. (2000). Uso racional y eficiencia energética en áreas metropolitanas (URE-AM): El sector residencial del gran Buenos Aires y Gran La Plata, argentina. *VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Identificador del trabajo*, 223.
- [2] Rosenfeld, E., Discoli, C., Ferreyro, C., San Juan, G., Martini, I., Barbero, D., ... & Dicroce, L. (2005). Desarrollo de una metodología y aplicación para la elaboración de un atlas energético-ambiental para la Región del Gran La Plata. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ASADES, ISSN, 0329-5184*.
- [3] Pacheco, J. J. (2007). *Desarrollo de una metodología para el diagnostico termoeconomico de sistemas energeticos avanzados* (Doctoral dissertation, PhD. thesis. University of Guanajuato, Mexico).
- [4] D'EFICIÈNCIA, C. E. R. T. I. F. I. C. A. C. I. Ó. (2015). Energética.
- [5] Nordelo, A. B., Rodríguez, M. L., Yanes, J. M., de Armas Teyra, M. A., Pérez, M. M., Castillo, J. D., ... & Pérez, F. G. (2005). La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial. *Energética*, (33), 65-69.
- [6] Poveda, M. (2007). Eficiencia energética: recurso no aprovechado. *OLADE. Quito*.
- [7] de Climatización, A. T. E. (2007). Refrigeración. *Guía técnica para el diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. Madrid: IDEA*.
- [8] Cervera Pedregosa, P., Ponce, R., Javier, F., & Rodríguez Pardo, D. (2014). Luminaria pública con tecnología led y placa solar. *Eficiencia Energética en el Producto 2013-2014*.
- [9] Gascue, P. (2013). Luminaria de LED. *Electrónica y comunicaciones*, 34(288), 8-11.
- [10] Caballero Güendolain, K., & Galindo Paliza, L. M. (2007). El consumo de energía en México y sus efectos en el producto y los precios. *Problemas del desarrollo*, 38(148), 127-152.
- [11] DB, L. P. (2009). Características Generales. *SISTEMA*, 1, 09.
- [12] Trejo, E. B., Nava, N. V., Segura, E. R., Gutiérrez, C. V. H., & Ríos, F. M. Balastros para lámparas de alta intensidad de descarga.
- [13] Marquínez Mauleón, F. (2011). Análisis y evaluación de medidas de ahorro de energía eléctrica en una edificación del Campus de la UNAM.
- [14] de Sustentabilidad Energética, F. S. SENER-CONACYT.

[15] FLORES GUZMAN, J. D. J. (2009). *ANÁLISIS DE LAS AFECTACIONES ELÉCTRICAS POR EL USO DE LAMPARAS AHORRADORAS CON APLICACION EN UNA CASA DE INTERES SOCIAL* (Doctoral dissertation).

[16] SALAZAR, D. G. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL E ILUMINACIÓN LED UTILIZANDO EL MÉTODO DE LOS LÚMENES'.

[17] DE LA EXPERIENCIA, M. A. R. C. O. EXPERIENCIAS DE SISTEMAS DE APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN COMPETITIVOS.

[18] Manzano, E. R., & Manzano, C. Eficiencia y valoración económica de la luz blanca (LED, DCM, inducción, plasma) en iluminación urbana.

[19] FIDEICOMISO, P. E. A. D. E. (2010). *ELECTRICA (FIDE)*. Guía practica, Ahorro de energía eléctrica oficinas y escuelas.

[20] Llamas, P. L. (2009). Eficiencia energética y medio ambiente. Información Comercial Española, ICE: Revista de Economía, (847), 75-92.

[21] Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V. (2006). Eficiencia energética en edificios: certificación y auditorías energéticas. Editorial Paraninfo.