

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**DIAGNOSTICO ENERGETICO APLICADO A EDIFICIO COLISUR Y
LEMA DEL INSTITUTO DE FISICA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECANICO**

P R E S E N T A N:

GARCIA FLORES JOSE LUIS

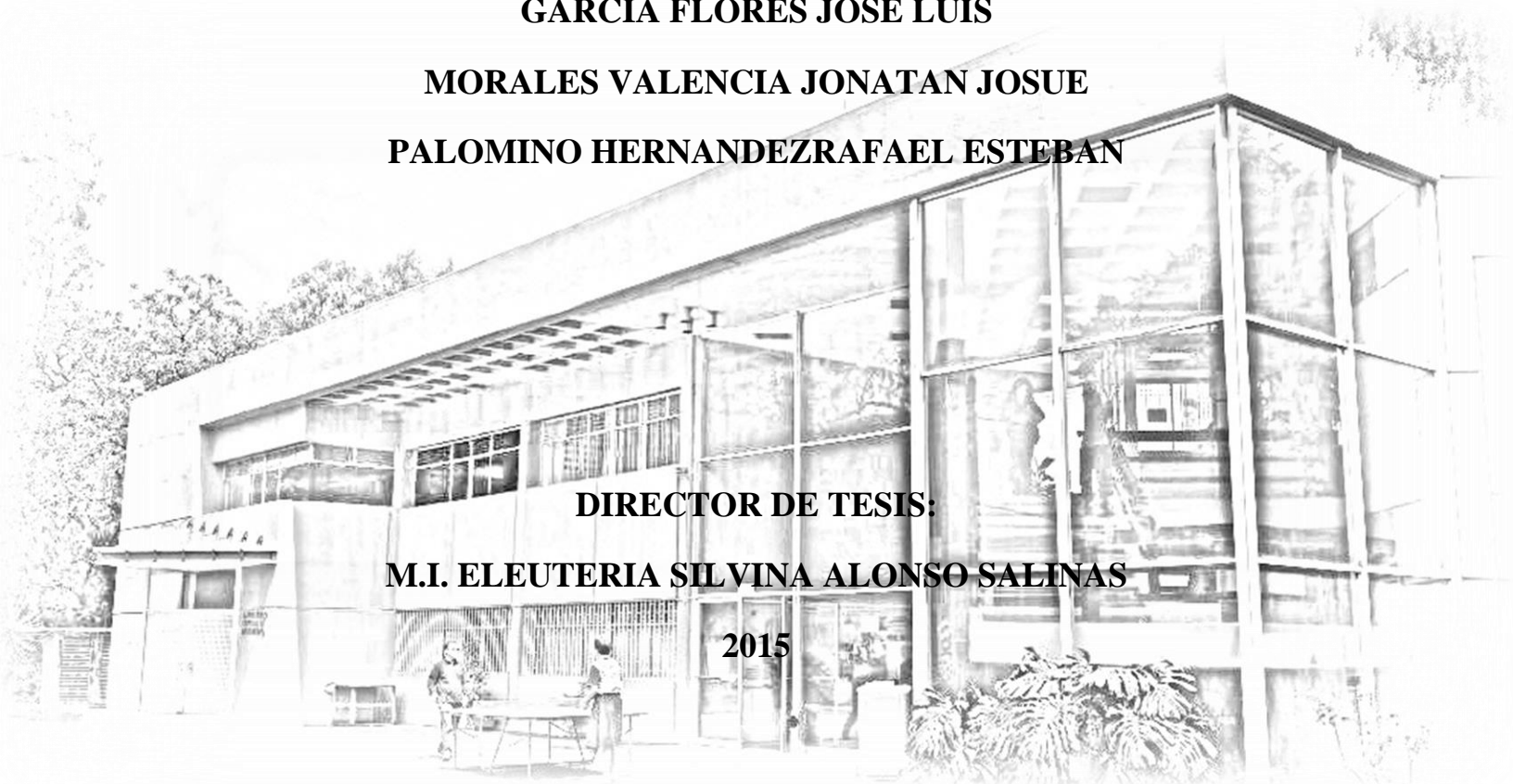
MORALES VALENCIA JONATAN JOSUE

PALOMINO HERNANDEZ RAFAEL ESTEBAN

DIRECTOR DE TESIS:

M.I. ELEUTERIA SILVINA ALONSO SALINAS

2015





Índice

| | |
|--|----------|
| Objetivo general | 3 |
| Objetivos específicos | 3 |
| Introducción | 4 |
| Capítulo 1. Antecedentes | |
| 1.1 ¿Qué es un Diagnóstico energético? | 5 |
| 1.2 Clasificación del Diagnóstico Energético | 5 |
| 1.2.1 Metodología de los Diagnósticos Energéticos | 7 |
| 1.3 Situación Energética en México | 10 |
| 1.4 Conceptos básicos de Iluminación | 11 |
| 1.4.1 Luminaria y tipos de Lámparas | 17 |
| 1.4.2 Normatividad aplicable | 21 |
| 1.5 Método de Cavidad zonal para cálculo de Iluminancias | 24 |
| 1.6 Método de Lumen para cálculo de Iluminancias | 26 |
| 1.7 Tarifa Eléctrica | 27 |
| 1.7.1 Regiones tarifarias y zonas conurbanas | 31 |
| 1.7.2 Análisis de facturación | 32 |
| 1.8 Conceptos básicos de Aire acondicionado | 33 |
| 1.8.1 Funcionamiento de un Sistema de Aire Acondicionado | 35 |
| 1.8.2 Componentes básicos de un sistema de aire acondicionado | 35 |
| 1.8.3 Condiciones de Comodidad | 35 |
| 1.9 Conceptos básicos para el análisis económico | 36 |
| 1.10 Características y datos generales de los Inmuebles en estudio | 37 |
| Capítulo 2. Iluminación | |
| 2.1 Cantidad de luminarios y consumo eléctrico por cada tecnología | 45 |
| 2.2 Índices de sistema de iluminación actual del edificio | 50 |
| 2.3 Análisis de iluminación de interiores | 53 |
| 2.4 Propuestas del sistema de iluminación eficiente | 55 |
| 2.5 Simulación en DIALux | 61 |
| 2.6 Planos sistema de Iluminación | 70 |
| Capítulo 3. Aire acondicionado | |
| 3.1 Cantidad de equipos y consumo eléctrico por cada tecnología | 72 |
| 3.2 Cálculo de carga por cada recinto | 74 |
| 3.3 Propuesta de equipos para ahorro económico | 80 |
| 3.4 Planos sistema de Aire Acondicionado | 82 |



Capítulo 4. Misceláneos

| | |
|---|----|
| 4.1 Cantidad de equipos y consumo eléctrico por cada tecnología | 83 |
| 4.2 Propuesta de ahorro sin inversión | 86 |

Capítulo 5. Análisis económicos

| | |
|--|----|
| 5.1 Costo de la inversión | 88 |
| 5.2 Tiempo de recuperación de la inversión | 90 |
| 5.3 Relación beneficio costo, TIR | 92 |
| 5.4 Ahorro económico debido a medidas operativas sin inversión | 92 |

| | |
|---------------------|-----------|
| Conclusiones | 94 |
|---------------------|-----------|

Bibliografía

ANEXOS:

- ANEXO 1: Censo de cargas eléctricas. Iluminación
- ANEXO 2: Censo de cargas eléctricas y térmicas. Aire acondicionado
- ANEXO 3: Censo de cargas eléctricas. Misceláneos
- ANEXO 4: Propuestas de iluminación cambio tecnológico
- ANEXO 5: Propuestas en aire acondicionado
- ANEXO 6: Análisis de facturación eléctrica
- ANEXO 7: Ficha técnica de equipos propuestos



Objetivo general:

- Estudiar y proponer un proyecto de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica del edificio Colisur y LEMA del Instituto de Física.

Objetivos específicos:

- Determinar la eficiencia energética del edificio Colisur y LEMA de Física.
- Identificar las áreas de mayor potencial de ahorro de energía eléctrica.
- Encontrar oportunidades de ahorro de energía por cambio tecnológico y por medidas operativas.
- Evaluar la rentabilidad económica de las medidas propuestas.



Introducción

Una de las problemáticas que se presentan actualmente en el mundo es la limitante en los recursos energéticos para la generación de energía eléctrica, como son los combustibles fósiles, debido a que son recursos no renovables, a estos se le debe adicionar el aumento de precio de los mismos. Por lo que en algunos países se ha implementado desde hace años, programas relacionados con la eficiencia energética y el uso racional de la energía.

Los recursos energéticos no renovables para la generación de energía están presentando un problema grave para las compañías generadoras de energía eléctrica, ya que dichos recursos cada día son más escasos y la demanda de energía crece cada año. Para solucionar el problema de desabasto de energía los gobiernos buscan el aprovechamiento de fuentes de energía renovable, tales como la energía solar, eólica y biomasa principalmente, también buscan difundir una cultura del uso eficiente de la energía, es decir la disminución del consumo energético al implementar estrategias de uso eficiente de energía, con la finalidad de utilizar menor energía sin afectar la seguridad, productividad y comodidad de los usuarios.

Por su parte México está impulsando e implementado programas para promover el uso eficiente de energía y aprovechamiento productivo de los recursos, esto implica usar fuentes renovables de energía, así como, promover el ahorro del consumo eléctrico y reconocer lo anterior como una política necesaria.

Las principales características de la eficiencia energética son el uso y la implementación de equipos y técnicas enfocadas a la mejora de los sistemas actuales, así como del uso de fuentes renovables. En los edificios no residenciales se presentan grandes oportunidades que permiten beneficiarlos en el aspecto económico en corto y mediano plazo¹, también los inmuebles destinados a uso de oficinas demandan un sistema eficiente y económico que les permita tener beneficios.

Para lograr la aplicación de la eficiencia energética y el uso racional de la energía eléctrica, es necesario implementar tecnologías eficientes y ahorradoras, donde sean encontrados potenciales de ahorro en el consumo eléctrico por cambio de tecnología, así como la implementación de medidas de operación sin inversión.

¹ Decreto por el Programa Nacional para el aprovechamiento sustentable de la Energía 2009 - 2012



Capítulo 1 Antecedentes

En México el ahorro de energía en las últimas décadas, ha desempeñado un papel fundamental dentro del desarrollo de nuestra sociedad. Sin embargo la producción entre unidad de energía (Índices Energéticos) siguen siendo muy elevados comparados con los valores de los países Industrializados. El tratar de mejorar estos índices depende de aprovechar al máximo la energía requerida en los procesos de producción. El diagnóstico energético es la parte de mayor relevancia para el ahorro de energía y este ahorro dependerá de la eficiencia y atención con el cual se realice el diagnóstico energético para posteriormente llevar a cabo las medidas necesarias, por lo que no se debe pasar por alto ya que esto llevaría a seguir desperdiciando energía innecesariamente.

El uso inteligente y eficiente de la energía permite ahorrar sin perder la calidad de vida y de producción, disminuir la dependencia energética, reducir la contaminación, y obtener un beneficio económico a los consumidores.

1.1 ¿Qué es un Diagnóstico energético?

Un diagnóstico energético es un estudio para saber cuánto, cuándo, cómo, dónde y porque se está consumiendo energía, así como establecer el grado de eficiencia de su utilización, de esto se derivan una serie de propuestas para el ahorro y uso eficiente de energía.

El diagnóstico energético es el principio de la solución para el control del costo de energía, solo identificando las áreas de mayor consumo energético, así como los procesos y operaciones menos eficientes, haciendo énfasis en aquellas áreas en las cuales se puede lograr un mayor ahorro. Como resultado del diagnóstico energético, nos permitirá alcanzar ahorros significativos en el corto, mediano y largo plazo.

1.2 Clasificación del Diagnóstico Energético

En el diagnóstico energético existen grados, varían dependiendo de su metodología. De acuerdo al grado de diagnóstico repercutirán en costo, tiempo y medidas a considerar. Generalmente se clasifican en tres niveles o grados de Diagnóstico:

- Diagnóstico de primer grado
- Diagnóstico de segundo grado
- Diagnóstico de tercer grado.



Diagnóstico de primer grado.

Con los diagnósticos de primer grado se pueden detectar medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones bajas. Este diagnóstico consiste en la inspección visual del estado de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan a cabo en cada instalación, así como el análisis de información estadística de consumos y pagos de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar este tipo de diagnósticos se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideran como desperdicio de energía, tales como falta de aislamiento o purgas, también se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros, producto de la administración de la demanda energética y corrección del factor de potencia.

Se debe hacer énfasis que en el diagnóstico de primer grado no se pretenden realizar un análisis profundo del uso de energía, sino identificar medidas de aplicación inmediata.

Diagnóstico de segundo grado.

Es un estudio en el cual se aplican una serie de técnicas que permiten realizar un análisis minucioso del uso y consumo de la energía y permite tener un punto de partida para la toma de decisiones con las cuales se tenga un ahorro de energía.

Engloba la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como motores eléctricos, los equipos que estos accionan, también tenemos equipos para compresión y bombeo, así como los que integran el área de servicios auxiliares entre otros. La aplicación de estos tipos de diagnósticos requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y consumos específicos de energía.

Los balances de materia y energía, los planos unifilares actualizados, tanto como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales para así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía. Finalmente se deben de evaluar, desde el punto de vista económico las medidas que se recomiendan que se lleven a cabo, tomando en cuenta que se deben pagar con los ahorros que se obtengan y de ninguna forma deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

Diagnóstico de tercer grado.



Un diagnóstico energético de tercer grado consta en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, por medio del uso de equipo especializado de medición y control. Debe realizarse con la participación de expertos de cada área, con el apoyo de personal de ingeniería. En este tipo de diagnósticos se puede utilizar el uso de técnicas de simulación de procesos, con el fin de estudiar diferentes esquemas de interrelación de procesos y equipos.

Facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, también las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones que se derivan de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e incluyen modificaciones a los equipos, procesos e incluso de las tecnologías utilizadas. Por otra parte debido a que las inversiones de los diagnósticos de este tipo son de carácter elevado, la evaluación económica debe ser estricta, en cuanto al periodo de recuperación de la inversión.

1.2.1 Metodología de los Diagnósticos Energéticos

Es una serie de pasos para diseñar un sistema de ahorro de energía. Para este fin se necesita realizar un análisis de los datos los cuales son obtenidos mediante una auditoría energética que es el análisis progresivo que nos muestra dónde y cómo se está utilizando la energía y nos sirve para identificar las oportunidades de ahorro de la misma. La auditoría energética es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía en cualquier lugar en donde se desee controlar los gastos de esta.

Objetivos:

- Establecer el nivel de eficiencia del uso de energía
- Identifica los potenciales de ahorro de energía
- Contar con una base de datos de los equipos consumidores de energía

Se debe considerar que tipo de diagnóstico energético se realizara, de acuerdo al grado de profundidad establecido de acuerdo a:

- Las actividades principales que se desarrollan en el lugar
- Porcentaje de análisis de la energía utilizada
- Certidumbre de los resultados
- Tiempo de ejecución



Primer grado

Actividades principales:

- Censo de los principales equipos
- Análisis de la factura eléctrica
- Medición eléctrica de la acometida
- Porcentaje de energía analizado 60 -70 %
- Certidumbre de resultados 80-90%
- Tiempo estimado de ejecución: 2 semanas

Segundo grado

Actividades principales:

- Censo de equipos
- Análisis de la factura eléctrica
- Medición eléctrica en varios puntos
- Porcentaje de energía analizada 70-85%
- Certidumbre en los resultados 90-95%
- Tiempo estimado de ejecución: 2 meses

Tercer grado

Actividades principales:

- Censo de equipos
- Análisis de la factura eléctrica
- Medición eléctrica y térmica en varios puntos
- Porcentaje de energía analizada 90-95%
- Certidumbre en los resultados: Mayor al 95%
- Tiempo estimado de ejecución: 12 meses

Instrumentos Para realizar Diagnósticos De Segundo Y Tercer Grado

- Medidores de velocidad de flujo en tuberías y equipo
- Radiómetros ópticos
- Pirómetro digital
- Watthorimetro
- Factor potenciómetro
- Analizadores de redes
- Tacómetros
- Medidores de velocidad de aire



- Termómetros
- Luxómetros

Áreas de Aplicación

Área Industrial

- Calderas y hornos
- Motores y bombas
- Sistemas eléctricos
- Turbinas
- Compresores
- Sistemas de refrigeración

Área de oficinas

- Iluminación
- Acondicionamiento ambiental
- Aparatos eléctricos

Una vez seleccionado el tipo de diagnóstico el cual se va a utilizar, se procede a una inspección del lugar, recorrer las instalaciones, ubicar donde se localizan las acometidas, ubicar subestaciones, distancia de la subestación a los transformadores, conocer la potencia de los transformadores y calibre de los cables, identificar el uso final de la energía y los potenciales ahorradores de energía eléctrica

Las etapas de la auditoria consisten en el análisis previo que incluyen: los datos generales del lugar, consumo de energía y producción e investigación acerca de lugares similares. En cuanto a trabajo de campo se tiene que realizar actividades como: entrevistas con los responsables del lugar, recorrido por el lugar, mediciones eléctricas y térmicas. Una de las cosas que es fundamental en el trabajo de campo es siempre identificar las oportunidades de ahorro de energía que se encuentran en el lugar. Se deben realizar el análisis de todos los datos recabados en las etapas anteriores las cuales se incluyen: análisis de la información, documentación técnica, evaluación de medidas, y la elaboración del reporte.

En la última etapa se entrega un estudio ya sea parcial o final, en donde se indican problemas y cuáles son los factores que los causan, los potenciales ahorradores de energía y las posibles soluciones, No se debe pasar por alto que al proponer un cambio de equipo dentro de las soluciones, la inversión del mismo debe ser recuperada gracias al ahorro de energía que se ahorra debido al análisis realizado previamente a la instalación.



1.3 Situación Energética En México

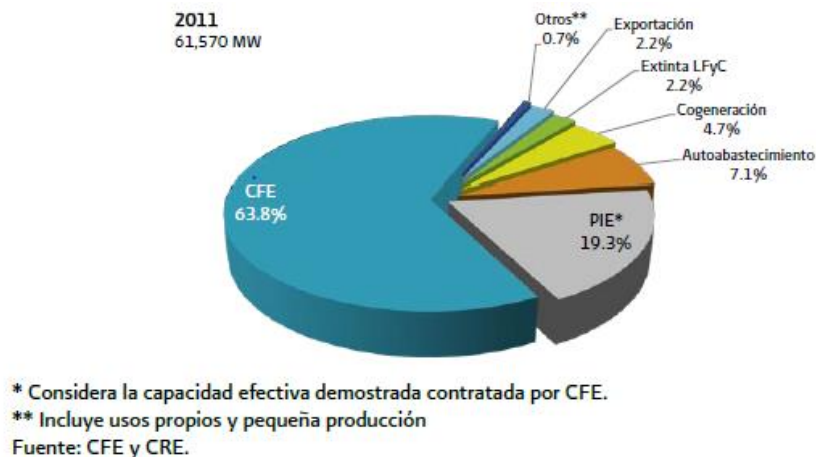
El sector energético es un factor estratégico para el desarrollo económico de este país, la energía es una de las actividades económicas más importantes, debido a que contribuye al bienestar de su población, a la realización de sus actividades productivas, al constante crecimiento económico, así como también a la competitividad del país en el mercado internacional.

El sector eléctrico del país es un motor importante para el desarrollo de este, ya que gracias a este sector se suministra la electricidad necesaria que se requiere en los sectores productivos y sociales para el desarrollo de sus actividades.

Según datos de Comisión Federal de Electricidad y la Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026 a finales del 2011 la capacidad Instalada ascendió a 61,500 MW, de la cual 52,512 MW de la capacidad instalada nacional correspondieron al servicio público, incluyendo el esquema de Productores Independientes de Energía (PIE), ya que la energía producida por estos es destinada únicamente a la venta de CFE, y 9,058 MW a permisionarios que satisfacen sus propias necesidades los cuales ponen a disposición de CFE sus excedentes de producción.

Por su parte, la CFE aportó 63.8% de la capacidad total instalada en el país, los activos de la extinta Luz y Fuerza del Centro (LFC) participaron con 2.2% y los PIE 19.3%. El sector privado, con permisos de autoabastecimiento, cogeneración y para fines de exportación de electricidad contribuyeron con 14.0%².

Grafica 1. Capacidad efectiva instalada nacional (Participación porcentual)



Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2012 – 2026

² Prospectiva del Sector eléctrico 2012 - 2026



1.4 Conceptos básicos de Iluminación.

Es necesario conocer algunos conceptos que son utilizados para los sistemas de Iluminación, ya que en este trabajo serán utilizados posteriormente, aplicados en el diseño de un sistema de Iluminación eficiente para los edificios en estudio, para poder diseñar un sistema de iluminación correctamente se requiere entender los conceptos que a continuación se describen.

Iluminación.

La iluminación es la cantidad de luz, en lúmenes, por el área de la superficie a la que llega dicha luz, la cantidad de luz sobre una tarea específica o plano de trabajo determina la visibilidad de la tarea y afecta:

- La agudeza visual
- La sensibilidad de contraste o capacidad de discriminar diferencias de luminancia y color
- La eficiencia de acomodación o eficiencia de enfoque sobre las tareas a diferentes distancias
- Cuando mayor sea la cantidad de luz y hasta un cierto valor máximo (límite de deslumbramiento), mejor será el rendimiento visual.

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo actual, la tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y son más eficientes energéticamente.

La iluminación representa en la mayoría de los edificios un porcentaje elevado del consumo eléctrico, así, el porcentaje de energía eléctrica dedicado a la iluminación puede llegar a alcanzar en algunos casos más del 50%

Por tanto, existe un gran potencial de ahorro energético y económico alcanzable mediante el empleo de equipos eficientes, en conjunto con el uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del lugar a iluminar.

Flujo Luminoso

El flujo luminoso describe toda la potencia de luz dada de una fuente luminosa. Se podría registrar esta potencia de radiación como energía dada en la unidad watt (W), pero ya que el efecto óptico de una fuente luminosa no se describe acertadamente de este modo, porque la radiación se registra sin distinción por toda la frontera de frecuencias y por ello no se tiene en cuenta la diferente sensibilidad espectral del ojo. Mediante la incorporación de este concepto resulta la medida lumen.



Intensidad Luminosa

Una fuente luminosa puntual e ideal radia su flujo luminoso de manera uniforme en todas las direcciones del espacio, su intensidad luminosa es en todas direcciones la misma. En la realidad se da una distribución espacial irregular de flujo luminoso, ya que es condicionada por la disposición de medios de luz y en parte originada por la conducción consciente de la luz. La candela como unidad de la intensidad luminosa es la única unidad base de la luminotecnia. La candela es definida por una fuente radiante, que radia con una frecuencia de 540×10^{12} Hz $1/683$ W por estereorradián

La distribución espacial de la intensidad luminosa de una fuente de luz da una superficie de distribución luminosa tridimensional como gráfica. La sección por este cuerpo de distribución de intensidad luminosa produce la curva de distribución de intensidad luminosa, que describe la distribución de intensidad luminosa en un nivel. La intensidad luminosa se anota en un sistema de coordenadas polares como función del ángulo de irradiación.

Nivel de Iluminación o Iluminancia (E)

Es la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie determinada. El nivel de iluminación se recomienda en un cierto valor mínimo de luxes de acuerdo a las tareas a desarrollar y tipo de lugar de trabajo, En el sistema internacional se expresa en lux.

Es definida por la intensidad (I) en candelas, dirigida hacia el punto (D) de la fuente de la superficie $E = \frac{I}{D^2}$.

Luminancia (L)

La luminancia es el nombre dado a lo que vemos la brillantez, “la brillantez” es una sensación subjetiva que varía de muy tenue u oscuro a muy brillante. De una forma objetiva, se refiere a ella como luminancia, definida como la intensidad en una dirección dada, dividida por un área proyectada tal como la ve un observador. Se refiere a la luminancia de una de dos maneras, ya sea relacionada a una luminaria o a una superficie.

La luminancia directa o brillantez de luminarias a varios ángulos de visión es un factor mayor en la evaluación de confort visual de una instalación que use esos luminarios. En general, es deseable minimizar la brillantez de luminarias con montaje de techo en los ángulos verticales altos, 60° - 90° , cuando la intensidad esta en candelas, y el área proyectada esta en metros, la unidad de luminancia es candelas por metro cuadrado $\frac{cd}{m^2}$.



Eficacia Luminosa

La eficacia luminosa describe el grado de acción de un iluminante. Se expresa mediante la relación del flujo luminoso dado en lumen y la potencia empleada en watts. El máximo valor teóricamente alcanzable con total conversión de la energía en luz visible sería 1/683 lm/W.

Reflectancia

La reflectancia es la relación entre la luz reflejada y la luz que recibe (luz incandescente) y es un indicador del grado de brillantes de la superficie, estos valores pueden ser medido con un fotómetro.

Al aumentar la reflectancia se incrementa la eficiencia de la iluminación, se recomienda que para lograr lo anterior se tengan materiales y colores de las superficies que tengan las siguientes reflectancias.

- Techos de 70 a 90 % (Equivalente a color blanco o amarillo claro)
- Paredes de 40 a 60 % (Equivalente a gris claro, amarillo, verde claro, o rosa)
- Pisos de 20 a 50 % (Cualquier otro color)

Área de trabajo

Es el lugar del centro de trabajo donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.

Brillo

Es la intensidad luminosa que una superficie proyecta en una dirección dada, por unidad de área. Se recomienda que la relación de brillo en áreas industriales no sea mayor de 3:1 en el puesto de trabajo o en cualquier parte del campo visual no mayor de 10:1.

Condición crítica de Iluminación

Deficiencia de Iluminación en el sitio de trabajo a niveles muy altos que bien pueden requerir un esfuerzo visual adicional del trabajador o provocarle deslumbramiento.

Deslumbramiento

Es cualquier brillo que produce, molestia y que provoca interferencia a la visión o fatiga visual.

Iluminación Localizada

Es aquella proporcionada por un alumbrado diseñado solo para proporcionar iluminación en un plano de trabajo.



LUX

Lumen por metro cuadrado, a medida que el área cubierta por un ángulo sólido dado se hace más grande con la distancia desde la fuente, el flujo de luz permanece igual. La densidad de iluminación de la luz en la superficie disminuye, tanto como el inverso de la distancia al cuadrado.

Plano de trabajo

Es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual generalmente los trabajadores desarrollan su trabajo con niveles de iluminación específicos.

Reflexión

Es la luz que incide en un cuerpo y es proyectada o reflejada por su superficie con el mismo ángulo con el que incidió.

Eficacia de una Lámpara

Es la relación entre la luz emitida por una fuente de luz y la potencia eléctrica demandada, dada en lúmenes por watt. Puede calcularse para la lámpara sola, para el conjunto lámpara - balastro, o para el conjunto lámpara - balastro - luminaria $E_f = \frac{\text{Lumenes}}{\text{Watts}}$.

Sistema de Iluminación

Es el conjunto de luminarias de un área o plano de trabajo, distribuidas de tal manera que proporcionen un nivel de iluminación específico para la realización de las actividades.

Los elementos que integran un sistema de iluminación son:

- Lámparas: Son los elementos que transforman la energía eléctrica en energía luminosa.
- Luminarias: Son los gabinetes contenedores de las lámparas y en algunos casos también del balastro, sirven para dirigir y controlar el flujo luminoso de una o más lámparas, es un equipo de iluminación que distribuye filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas, que incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar esas lámparas, y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica.³
- Balastos: Son dispositivos electromagnéticos, electrónico e híbrido que limitan la corriente de las lámparas y cuando es necesario la tensión y corriente de encendido.

³ Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo



- Dispositivos de control: Apagadores, fotoceldas, controles de tiempo, sensores de movimiento, reóstatos que permiten prender o apagar las lámparas según se requieran.

Temperatura del color

La apariencia general del color de la luz generada por una fuente luminosa es denominada temperatura de color o cromaticidad. También se describe como temperatura de color correlacionada (CCT) y es medida en grados Kelvin (K).

La temperatura de color genera el ambiente de un espacio iluminado e influye en el comportamiento y en el estado de ánimo de las personas, en la Tabla 1⁴ muestra la influencia de la temperatura de color en el estado de ánimo de las personas y las aplicaciones recomendadas en iluminación.

Tabla 1. Recomendaciones, efectos y aplicaciones relacionados a la temperatura de color.

| Temperatura del color | Equivalencia en Grados Kelvin | Efectos y Ambientes Asociados | Aplicaciones Recomendadas |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Blanco Incandescente | 2700 K | Amistoso, Intimo, Relajante, Personal | Restaurantes, Hoteles, Cafés. |
| Blanco Cálido | 3000 K | Amistoso, invitante, Exclusivo | Recepciones, Salones, Boutiques. |
| Blanco Neutro | 3500 - 4000 K | Fresco, Limpio, Eficiente, Productivo | Oficinas, Salas de Conferencia, Escuelas, Negocio, Varios. |
| Blanco Frio | 4001 – 5000 K | Impersonal, Dinámico, Activo, Movido | Escuelas, Universidades, Hospitales, Consultorios, Restaurantes de Comida Rápida, Negocios Abiertos las 24 horas |
| Blanco Luz de Día | 5001 – 6500 K | | |

Fuente: elaboración propia.

Índice de rendimiento del color

El índice de rendimiento de color o de reproducción de color se refiere a la capacidad que tiene una fuente de luz de reproducir los colores de los objetos que ilumina, de la forma más real posible. Comúnmente llamado CRI, por sus siglas en inglés (Color Rendering Index), es una medida relativa que clasifica las fuentes de luz en una escala de 0 a 100. Entre más alto el CRI de una fuente luminosa, será mejor la reproducción de los colores. Una fuente luminosa con un CRI igual a 100, ofrece una reproducción de los colores casi igual a la luz del sol.

Fuentes de luz con una buena reproducción (≥ 80) o una excelente reproducción de los colores (≥ 90) son referidas como fuentes de alta calidad. Fuentes que no ofrezcan al menos estos valores, distorsionan los colores de los objetos, haciéndolos menos atractivos o llamativos.

⁴ Phillips Lighting de México, Catalogo General de Lámparas 2010/2011, pág. 7



Vida Nominal de la Lámpara

Es el número de horas que aparece en el catálogo de los fabricantes, esta es establecida en condiciones óptimas de operación por lo que en la práctica difícilmente se cumple, sin embargo este dato es de gran importancia en el análisis preliminar de un sistema de iluminación. La vida nominal se define como el tiempo transcurrido hasta que falla el 50% de los elementos de un lote representativo de lámparas, trabajando bajo condiciones ideales de operación.

Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado.

Es el Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en W/m².⁵

La expresión 1.1 se emplea para el cálculo de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA), en los siguientes capítulos se hablara de la NOM-007-ENER-2014 Eficiencia Energética en Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales en donde es utilizado este término⁶

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Area total Iluminada}} \dots\dots\dots (1.1)$$

Factor de Mantenimiento

Una instalación de alumbrado no mantiene indefinidamente las características luminosas iniciales. Eso se debe a dos factores principalmente:

- A la pérdida de flujo luminoso de las lámparas. Motivada tanto por el envejecimiento natural como por el suciedad que se deposita en ellas.
- A la pérdida de reflexión del reflector o de transmisión del difusor o refractor, motivada así mismo por la suciedad. La experiencia acumulada a lo largo de los años, hace posible situar el factor de mantenimiento fm dentro de los límites comprendidos entre el 80 y 50 %.

Demanda.

Es la potencia a la cual se debe suministrar la energía eléctrica requerida en un instante dado. El valor promedio dentro de cierto intervalo es igual a la energía requerida entre el número de unidades de tiempo del intervalo (MWh/h).

⁵ SENER, NOM-007-ENER-2014

⁶ *Ibid.*



Carga

Es la potencia requerida por los dispositivos de consumo y se mide en unidades de potencia eléctrica (watts); cada vez que un usuario acciona un interruptor para conectar o desconectar un aparato de consumo eléctrico produce una variación en su demanda de electricidad.

1.4.1 Lámparas.

Existen diversos tipos de luminarias a continuación se describen las características más importantes de cada tipo, así como sus principales desventajas con las distintas tecnologías, es importante saber las características de estas tecnologías para poder realizar alguna propuesta en iluminación, como posteriormente se describe en este trabajo de tesis.

Las lámparas que se utilizan en instalaciones eléctricas de iluminación se pueden clasificar en los siguientes tipos

Lámparas Incandescentes

La lámpara incandescente es la fuente de luz eléctrica más antigua, desde su invención, ha mejorado notablemente en tamaño, eficiencia y vida. Estas lámparas se componen de un filamento de alambre dentro de un bulbo, al aplicarse un voltaje a esta lámpara la corriente que circula por el filamento eleva a temperatura hasta alcanzar una incandescencia emitiendo energía de radiación, de la cual el 95% al medio ambiente en forma de calor y un 5% se convierte en luz.

Tienen la ventaja de fácil instalación al poderse conectar directamente a la red, tener un factor de potencia unitario, no necesitan accesorios y tienen luz cálida. Las lámparas incandescentes presentan grandes cualidades, como alto rendimiento de color, aspecto cromático agradable, no requieren balastro, operan con factor de potencia unitario, no producen efecto estroboscópico además de tener un costo muy bajo, sus desventajas son su corta vida y su baja eficiencia.

Lámparas Incandescentes Halógenas

Es un tipo de luminarias incandescentes que consta de una cápsula de cuarzo pequeña, esta contiene filamento y gas de halógeno, este gas es utilizado para evitar la evaporización del Wolframio del filamento y se deposita en la capsula igual que ocurre con las Luminarias Incandescentes estándar.

El tamaño de la capsula es pequeño permitiendo que el filamento funcione a una temperatura más alta, esto produce una luz con mayor eficiencia (lm/W) mayor que las



luminarias Incandescentes comunes. Este tipo de luminarias es utilizado donde se requiere una iluminación concentrada o en su caso resaltar.

Presenta una luz mucho más blanca que las incandescentes comunes y utilizan un transformador que puede consumir de 10% a 30% de la energía de la lámpara, reduciendo la ganancia de eficiencia. Las lámparas Halógenas han ganado aplicación en el mercado en los últimos años gracias a su brillo, se ha utilizado para iluminar obras de arte y mostradores por ser más eficaces, para iluminar espacios grandes se requiere de muchas luminarias por lo que no es eficiente.

Lámparas fluorescentes

Este tipo de tecnología es una fuente de gas de baja presión de descarga, en la que la luz se produce predominante por polvos fluorescentes activados por energía ultravioleta generada por un arco de mercurio por lo regular, este tipo de lámparas son bulbos tubulares largos sellados por ambos lados, el cual contiene un gas inerte y vapor de mercurio para su arranque, las paredes internas del tubo están recubiertas por polvo fluorescente comúnmente llamados fósforos. Cuando la tensión apropiada se aplica un arco es producido por la corriente que fluye entre los electrodos a través del vapor de mercurio, produciendo radiación visible.

Como la mayoría de Las lámparas de descarga de gas, están deben operar en serie con un limitador de corriente, este equipo auxiliar se le conoce como balastro. Los tipos de Luminarios Fluorescentes se enuncian a continuación:

T-12: (28 mm de diámetro) Este diseño original es de la década de 1930, a pesar de ser una tecnología vieja, aun se usa en la actualidad, son tubos con fósforos halo fosfatos, su uso restringe a la iluminación industrial y equipamiento donde hay una buena reproducción cromática, sus eficacias son del orden de 50 a 86 lumen/Watt.

T-8: (25 mm de diámetro) Se introducen en la década de 1970, principalmente para remplazar a los T-12 similares en sus potencias, ya que se tienen las mismas longitudes y mismas condiciones en algunos casos. Su eficiencia es de 79 a 101 lumen/Watt.

T-5: (16 mm de diámetro) En esta clasificación se pueden tener dos tipos de Lámpara T-5. Las antiguas son lámparas de fosforo de halo fosfatos los cuales se introdujeron en 1970 tienen eficiencias relativamente bajas (lm/Watt) y en la actualidad se restringió su uso. Las nuevas se introdujeron en 1996 y estas representan los últimos avances de tecnología de fósforos de tubo fluorescente. Actualmente son las más eficientes de este tipo de tecnología, y no son intercambiables como lo son las T-8 y T-12, debido a que este



tipo de lámparas cuentan con una configuración distinta de conexión además de ser más cortas de longitud.⁷

Lámparas Fluorescentes Compactas: Fueron creadas durante la crisis petrolera en la década de los 70's para sustituir a las lámparas incandescentes convencionales de 25 a 100 W, han estado disponibles comercialmente desde 1980, han tenido un impresionante desarrollo en los últimos años debido a que son la mejor alternativa para ahorrar energía.

Esta tecnología de lámparas es el mismo tipo de luz que la de los tubos fluorescentes, de gas de baja presión de descarga, con la única diferencia que este tipo de tecnología reemplaza a las del tipo incandescente estándar. Este puede estar conformada por uno o varios tubos pequeños doblados.

Además de ser una gran alternativa al tener una mayor eficiencia en (lm/Watt), también tiene una variación de color de (2700 a 6500 K)⁸, junto con una mayor vida útil hasta de 12,000 horas. Algunas de estas lámparas compactas llevan el equipo auxiliar incorporado, puede sustituir directamente a las lámparas incandescentes en su portalámparas, con eficacias de 47 a 75 lumen/Watt.

Lámparas de alta intensidad de descarga

Incluyen el grupo de las luminarias conocidas como lámparas de vapor de mercurio, aditivos metálicos y las de vapor de sodio. Todas estas lámparas producen luz mediante una descarga eléctrica de arco en un bulbo interior o tubo de descarga el cual a su vez está dentro de un tubo exterior.

El tubo de descarga contiene electrodos sellados en cada extremo y contiene un gas de encendido que es relativamente fácil de ionizar a baja presión y temperatura ambiente. Este gas de encendido es generalmente argón o xenón dependiendo del tipo de lámpara.

El tubo de descarga también contiene metales o compuestos de halógenos metálicos que cuando se evaporan en la descarga, producen líneas características de la energía radiante, de modo que cada tipo de lámpara de descarga de alta intensidad produce luz de acuerdo al tipo de vapor metálico que interactúa con el arco.

Así las lámparas de vapor de sodio de alta presión producen radiación visible excitando los átomos de sodio, las de aditivos metálicos excitando átomos y moléculas de sodio, escandio, tulio, holmio y disprosio.

⁷ Illuminating Engineering Society Of North America, "The IESNA" pág. 252.

⁸ Energy star, Building manual, November 2006, pág. 13



Lámparas LED

Los diodos emisores de luz están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz, pero de una manera diferente a las tecnologías ya mencionada. Su funcionamiento se basa en un bajo voltaje de corriente continua (CC), que circula a través de dos capas de material semiconductor y con esto resulta en la generación de fotones de luz de un reducido rango de frecuencias.

El color de la luz depende del material semiconductor utilizado y del tipo de dopante (impurezas) que se le agregue. El semiconductor se aloja en una caja epoxica que además funciona como un sistema óptico (lente), que enfoca la luz producida. Para uso con la red de suministro eléctrico se necesitan controladores electrónicos y convertidores de voltaje. El nivel de innovación tecnológica y de ingeniería involucrada en los Leds modernos es mucho mayor que en las fuentes convencionales de luz.

Su introducción en el mercado tiene varias décadas, pero solo para usos específicos y solos estaban disponibles los led de color rojo verde y amarillo, esto limitaba su utilidad.

La invención de los led azules y ultravioletas (UV) y el incremento del brillo del Led permitieron recientemente la generación de luz blanca. Desde 1990 se aceleró el desarrollo y comercialización de led.

Actualmente superan en calidad a las fuentes filtradas de luz incandescente por lo que comienzan a tener una mayor demanda comercial, por otro lado generan una limitada amplitud de onda de luz, produciendo así directamente los colores deseados y consiguiendo eficiencia superiores que las tecnologías alternativas que dependen principalmente de la luz blanca filtrada.

En la Tabla 2 se muestra un resumen de características de las lámparas mencionadas, estas lámparas las podemos encontrar en edificios no residenciales, esta tabla ayudara posteriormente para la elección del tipo de luminarias, la elección del tipo de lámpara tendrá un enorme impacto en la eficiencia energética, debe seleccionarse tomando en cuenta el área de trabajo que se pretende iluminar.

Tabla 2. Comparativa por tecnología de Luminarias

| | Incandescente | Halógena | Fluorescente | LFC | LED |
|--------------------------------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|---------------|
| Vida Útil (horas) | 1,000 | 2,000–5,000 | 7,000-12,000 | 7,000–24,000 | 20,000-50,000 |
| Potencia (W) | 5 - 300 | 20–90 | 13-110 | 5–80 | 4-100 |
| Rendimiento Luminoso (lm/Watt) | 10 - 15 | 15–25 | 60-95 | 50-90 | 45-150 |
| Eficiencia energética (%) | 5 | 10 | 45 | 45 | 90 |
| Temperatura de Color (Kelvin) | 2,600 | 2900 | 2600-6500 | 2600 – 6500 | 2700-10000 |
| Tipo de luz | Cálida - Rojiza | Blanca | Blanca | Cálida - Blanca | Cálida-Blanca |
| Precio | Caro | Muy caro | Caro | Muy caro | Muy caro |

Fuente: *Elaboración propia, Resumen The basics of efficient lighting.*



1.4.2 Normatividad aplicable

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-ENER-2014, EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

Esta Norma Oficial Mexicana tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la Nación.

Los objetivos de esta norma son:

- a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.
- b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios no residenciales nuevos con carga total conectada para alumbrado mayor o igual a 3 kW; así como a las ampliaciones y modificaciones de los sistemas de alumbrado interior y exterior con carga conectada de alumbrado mayor o igual a 3 kW de los edificios existentes.

En particular, los edificios cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana son aquellos cuyos usos autorizados en función de las principales actividades y tareas específicas que en ellos se desarrollen, queden comprendidos dentro de los siguientes tipos:

- Oficinas
- Escuelas y demás centros docentes
- Establecimientos comerciales
- Hospitales
- Hoteles
- Restaurantes
- Bodegas



DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

- Recreación y cultura
- Talleres de servicio
- Centrales de pasajeros

Para ampliaciones o modificaciones de edificios no residenciales ya existentes, la aplicación de esta Norma Oficial Mexicana queda restringida exclusivamente a los sistemas de alumbrado de dicha ampliación o modificación y no a las áreas construidas con anterioridad.

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los edificios indicados en el campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 3.

Tabla 3. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)

| Tipo de Edificio | DPEA (W/m ²) |
|---|--------------------------|
| Oficinas | |
| Oficinas | 12 |
| Escuelas y demás centros docentes | |
| Escuelas o instituciones educativas | 14 |
| Bibliotecas | 15 |
| Establecimientos Comerciales | |
| Tiendas de Autoservicio, Departamentales y de Especialidades | 15 |
| Hospitales | |
| Hospitales, Sanatorios y Clínicas | 14 |
| Hoteles | |
| Hoteles | 12 |
| Moteles | 14 |
| Restaurantes | |
| Bares | 14 |
| Cafeterías y venta de comida rápida | 15 |
| Restaurantes | 14 |
| Bodega | |
| Bodegas o áreas de almacenamiento | 10 |
| Recreación y cultura | |
| Sala de cine | 12 |
| Teatros | 15 |
| Centro de convenciones | 15 |
| Gimnasios y Centros deportivos | 14 |
| Museos | 14 |
| Templos | 14 |
| Talleres de servicios | |
| Taller de servicio para automóviles | 11 |
| Talleres | 15 |
| Carga y Pasaje | |
| Centrales y terminales de transporte de carga | 10 |
| Centrales y terminales de Transporte de pasajeros aéreas y terrestres | 13 |

Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-ENER-2014.



NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Esta Norma tiene como objetivo establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo. Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Niveles de Iluminación

| Tarea Visual del puesto de Trabajo | Área de Trabajo | Niveles Mínimos de Iluminación (luxes) |
|---|--|--|
| En exteriores: Distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos | Exteriores generales: patios y Estacionamientos. | 20 |
| En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, Vigilancia, movimiento de vehículos. | Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de Emergencia. | 50 |
| En interiores. | Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de Calderas. | 100 |
| Requerimiento visual simple: Inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina. | Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de Vigilancia, cuartos de compresores y pailería. | 200 |
| Distinción moderada de detalles: Ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, Empaque y trabajos de oficina. | Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas. | 300 |
| Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y Procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio. | Talleres de precisión: salas de cómputo, Áreas de dibujo, laboratorios. | 500 |
| Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas. | Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad. | 750 |
| Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e Inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos. | Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos. | 1000 |
| Alto grado de especialización en la Distinción de detalles. | Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; Exactas y muy prolongadas, y muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. | 2000 |

Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-2008.



NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA (Instalaciones Eléctricas)

Tiene como objetivo Establecer los criterios, requisitos y procedimientos para la planeación y diseño de las instalaciones eléctricas en las áreas que las requieran, manteniendo el nivel de servicio y seguridad en lo que respecta a suministro y utilización de la energía eléctrica demandada por los usuarios de los inmuebles, para cumplir con sus funciones sustantivas de Docencia, Investigación, Difusión de la Cultura y Apoyo.

La correcta y adecuada utilización de los ordenamientos de esta Norma, son de aplicación obligatoria en el diseño de las instalaciones eléctricas de la UNAM, de inmuebles nuevos, ampliaciones, remodelaciones y rehabilitaciones de las instalaciones existentes.

En la sección de Alumbrado describe los niveles de iluminación para alumbrado interior indicados en la Tabla 5, debe servir de base para el diseño de la iluminación de los inmuebles que construye la UNAM, los cuales están basados en el SMI, la IES, y la experiencia propia de la UNAM. La variación permitida de estos valores es de un $\pm 10\%$.

Tabla 5. Niveles de Iluminación

| Local | Nivel en luxes |
|--------------------------------|----------------|
| Aulas. | 400 |
| Oficinas. | 400 |
| Bibliotecas (sala de lectura). | 500 |
| Laboratorios. | 500 |
| Salas de juntas. | 300 |
| Salas de cómputo. | 300 |
| Salas de dibujo | 600 |
| Salas de espera. | 200 |
| Baños. | 150 |
| Pasillos interiores. | 100 |
| Pasillos exteriores. | 100 |
| Cubículos. | 300 |
| Escaleras interiores. | 100 |
| Pasos a cubierto. | 60 |
| Subestaciones | 200 |
| Planta de Emergencia, UPS | 200 |

Fuente: NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA

1.5 Método de cavidad zonal para cálculo de iluminancias.

Este método se desarrolla manualmente y es exacto para aplicaciones interiores es aceptado para calcular los niveles de iluminancia promedio para áreas interiores a menos que la distribución de luz sea radicalmente asimétrica. La premisa básica de este método es que los luxes son sobre un área, y toma en consideración el efecto que tiene la reflectancia sobre el nivel de iluminancia.

El método de cavidad zonal considera que la luz emitida por una luminaria es reflejada por todas las superficies del local, todas las reflexiones de la luz de la luminaria y de las superficies del local actúan para producir la luz en el plano del trabajo. Se debe de tomar



en cuenta las dimensiones del local, las reflectancias de paredes, pisos y techos, las características de lámparas y luminarias, efectos ambientales, mantenimiento del sistema, colores del local y los objetivos dentro del mismo.

Se recomienda el uso del método de cavidad zonal, para los cálculos de iluminación interior uniformemente distribuidos sobre superficies horizontales. Este método asume que cada local está constituido por tres diferentes zonas o cavidades; cada una de ellas será tratada en conjunto, ya que tiene un efecto en cada una de las otras cavidades para producir iluminación uniforme. Este método calcula niveles horizontales de iluminación promedio a través de un espacio.

Cavidad de Techo: Es el área medida desde el plano de las luminarias al techo. Para luminarias colgantes existirá una cavidad de techo; para luminarias colocadas directamente en el techo o empotradas en el mismo, no existirá cavidad de techo.

Cavidad de Local: Es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior de la luminaria; el plano de trabajo se encuentra localizado normalmente arriba del nivel del piso. En algunos casos, donde el plano de trabajo es considerado a nivel del piso, el espacio desde la luminaria al piso se considera como cavidad de local. En el lenguaje de iluminación la distancia desde el plano de trabajo a la parte inferior de la luminaria es llamada altura de montaje de la luminaria.

Cavidad de Piso: Se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo o bien el nivel donde se realiza la tarea específica. Para áreas de oficina esta distancia es aproximadamente, de 76 centímetros. Para bancos de trabajo de tareas difíciles en industrias deberán considerarse 92 centímetros aproximadamente. Sin el trabajo se realizara directamente en el piso, no existe cavidad de piso.

La teoría básica en este método de cálculo de iluminación es que la luz producida por una lámpara es reflejada por todas las superficies del área. Las reflexiones múltiples de la luz desde la luminaria y desde las superficies del local actúan para producir la luz en el plano de trabajo. Debido a este hecho es muy importante determinar:

- a) Las dimensiones del local
- b) La reflectancia del local de techo, paredes y piso.
- c) Características de la lámpara (factor de depreciación y coeficiente de utilización).
- d) Efectos ambientales (polvo, suciedad y temperatura).



1.6 Método De Lumen para Cálculo de Iluminancias.

El método de los lúmenes proporciona la iluminación media de un local, este método se emplea para las áreas más amplias en que la iluminación es uniforme, se basa en la determinación del flujo luminoso necesario para obtener una iluminación media que se requiere en el plano de trabajo, se determina el flujo luminoso en Lux a través de la siguiente ecuación.

$$\phi = \frac{E \times S}{\mu \times \delta}$$

ϕ : Flujo total emitido por el total de las lámparas en lúmenes

E: Iluminación media requerida por el ambiente a iluminar en Lux

S: Área del local en m²

μ : Factor de Utilización del local

δ : Factor de depreciación

Se debe tomar en cuenta la elección de las luminarias con base en la separación, altura de montaje para tener una buena distribución y uniformidad en el local de acuerdo a la geometría e impedir deslumbramientos molestos.

Es necesario calcular el factor de depreciación del servicio ya que mide la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria en un periodo dado para iniciar el proceso de mantenimiento.

También es necesario calcular el índice del local para llevar a cabo este método el cual depende de las dimensiones del local y se determina a través de las siguientes ecuaciones:

Luminarias predominantemente directas

$$K = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$$

Para luminarias predominantemente indirectas

$$K = \frac{3 \times a \times b}{2 \times h' \times (a + b)}$$

a: ancho del local

b: largo del local



h: altura de la luminaria al plano de trabajo

h': altura del local

Por último se calcula el Factor de utilización del local el cual mide la relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo luminoso total emitido por las lámparas.

1.7 Tarifa eléctrica.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene la responsabilidad de brindar el suministro de energía eléctrica en México. La CFE aplica diferentes tarifas para los hogares y negocios además de estratificar el costo del consumo en diferentes apartados.

La paraestatal divide sus tarifas en cinco grupos de clientes (doméstico, agrícola, industrial, comercial y servicio) en la que la unidad de medida es el kilowatt por hora ($\frac{KW}{h}$).

Tarifas Servicio Doméstico en Bajo Consumo:

Tabla 6. Tarifa Numero 1, 1-A, 1-B, 1-C, 1-D y 1-F son de servicio doméstico.

| Tarifa | Temperatura media mínima en verano menor a: |
|--------|---|
| 1 | 25 °C |
| 1-A | 25 °C |
| 1-B | 28 °C |
| 1-C | 30 °C |
| 1-D | 31 °C |
| 1-E | 32 °C |
| 1-F | 34 °C |

Fuente: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp

Domésticas de Alto Consumo (DAC):

Todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico cuando registra un consumo mensual promedio superior al límite de alto consumo definido para cada localidad y el tipo de tarifa doméstica: 1, 1-A, 1-B, 1-C, 1-D y 1-F que se aplique en cada localidad.

Tabla 7. Límite de consumo por tarifa eléctrica

| Tarifa | Límite $\frac{KWh}{mes}$ |
|--------|-----------------------------|
| 1 | 250 |
| 1-A | 300 |
| 1-B | 400 |
| 1-C | 850 |
| 1-D | 1,000 |
| 1-E | 2,000 |
| 1-F | 2,500 |

Fuente: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp

**Tarifa No. 2 Servicio General hasta 25 KW de Demanda:**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de hasta 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa⁹.

Tarifa No. 3 Servicio General para más de 25 KW de Demanda:

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa¹⁰.

Tarifa No. 5 y 5a Servicio para alumbrado Público:

Esta tarifa sólo se aplicará al suministro de energía eléctrica para el servicio a semáforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos. La tarifa 5 se aplicará en las zonas conurbadas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara. La tarifa 5a se aplicará en el resto de la República Mexicana.

Tarifa No. 6 Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público:

Esta tarifa se aplicará al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombeo de aguas potables o negras.

Tarifa No. 7 Servicio temporal

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo permitan y éste tenga líneas de distribución adecuadas para dar el servicio.

Tarifa No. 9 y 9M Servicio para bombeo de agua para riego agrícola.

La tarifa 9 se aplicará exclusivamente a los servicios en baja tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

La tarifa 9M se aplicará exclusivamente a los servicios en media tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de

⁹ http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp

¹⁰ http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp



productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

Tarifa No. 9-CU Tarifa de estímulo para bombeo de agua para riego agrícola con cargo único.

Esta tarifa de estímulo se aplicará para la energía eléctrica utilizada en la operación de los equipos de bombeo y rebombeo de agua para riego agrícola por los sujetos productivos inscritos en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios, hasta por la Cuota Energética determinada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Tarifa No. 9-N Tarifa de estímulo nocturna para bombeo de agua para riego agrícola.

Esta tarifa de estímulo nocturna se aplicará para la energía eléctrica utilizada en la operación de los equipos de bombeo y rebombeo de agua para riego agrícola por los sujetos productivos inscritos en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios, hasta por la Cuota Energética determinada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. La inscripción a esta tarifa será a solicitud del usuario.

Tarifa OM Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 KW.

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.

Tarifa HM Tarifa horario para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

Tarifa HS Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

Tarifa HS-L Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de



utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

Tarifa HT Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

Tarifa HT-L Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión para larga utilización

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año

Tarifa I-15, I-30 Tarifa para servicio interrumpible

La tarifa I-15 será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una demanda máxima medida en período de punta, semipunta, intermedio o base, mayor o igual a 10,000 (diez mil) kilowatts durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción. La inscripción a este servicio tendrá vigencia mínima de un año

Para los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una demanda máxima medida en período de punta, semipunta, intermedio o base, mayor o igual a 20,000 (veinte mil) kilowatts durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción, se les aplicara la tarifa I-30. La inscripción a este servicio tendrá vigencia mínima de un año.

Tarifas de servicio de Respaldo:

Tarifas HM-R, HS-R y HT-R Tarifas Horarias para Servicio de Respaldo para Falla y Mantenimiento.

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento a productores externos, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio

Tarifas HM-RF, HS-RF y HT-RF Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla a productores externos, que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.



Tarifas HM-RM, HS-RM y HT-RM Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado.

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para mantenimiento programado dentro del periodo establecido en este Acuerdo, a productores externos, que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

1.7.1 Regiones tarifarias y zonas conurbanas.

Para la aplicación de los cargos de las tarifas con diferencias por región, estas se encuentran comprendidas por los siguientes municipios.

Región Baja California: Todos los municipios del estado de Baja California, Municipios del estado de Sonora: San Luis Rio Colorado.

Región Baja California Sur: Todos los municipios del estado de Baja California Sur.

Región Noroeste: Todos los municipios del estado de Sonora excepto el comprendido en la región de Baja California, todos los municipios del Estado de Sonora.

Región Norte: Todos los municipios de los Estados de Chihuahua y Durango, municipios del estado de Zacatecas: Chalchihuites, Jiménez del Teúl, Sombrerete, San Alto, Jerez, Juan Aldama, Rio Grande, General Francisco Murguía, Mazapil, Melchor Ocampo. Municipios del Estado de Coahuila: Torreón, San Pedro de las Colonias, Matamoros, Viesca, Parras de la Fuente, Francisco I. Madero, Ocampo y Sierra Mojada.

Región Noreste: Todos los municipios de los Estados de Nuevo León y Tamaulipas, todos los municipios del estado de Chihuahua excepto los comprendidos en la Región Norte. Municipios del Estado de Zacatecas: Concepción de Oro y El Salvador. Municipios del Estado de San Luis Potosí: Venegas, Cedral Cerritos, Guadalcázar, Ciudad Fernández, Rio verde, San Ciro de Acosta, Lagunillas, Santa Catarina, Rayón, Cárdenas, Alquines, Ciudad de Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Aquismón, Axtla de Terrazas, Tamazunchale, Huehuetlán, Tamuín, Tancahuitz, Tanlajas, San Antonio, Coxcatlán, Tampamolón, San Vicente, Tancuayalab, Ebano, Xilitla, Tampacán, Tanquián de Escobedo. Municipios del Estado de Veracruz: Pánuco, Tempoal, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Ozuluama de Mascareñas, El Higo, Huyacocotla.

Región Central: Todas las delegaciones del Distrito Federal. Municipios del Estado de México: Tultepec, Tultitlán, Ixtapaluca, Chalco de Díaz Covarrubias, Huixquilucan de Degollado, San Mateo Atenco, Toluca, Tepotzotlán, Cuautitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla, Naucalpan de Juárez, Ecatepec, Chimalhuacán, San Vicente Chicoloapan, Texcoco, Ciudad Nezahualcóyotl, Los Reyes La Paz. Municipios de Morelos: Cuernavaca.



Región Sur: Todos los municipios de los Estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Guerrero, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Tabasco. Todos Los municipios de los Estados de Zacatecas, San Luis Potosí y Veracruz no comprendidos en la región norte o en la región noreste. Todos los municipios de los Estados de México y Morelos no comprendidos en la Región Central.

Región Peninsular: Todos los municipios del Estado de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.¹¹

1.7.2 Análisis de facturación

Para realizar el análisis de facturación se debe saber que el instituto cuenta con una tarifa H-M para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más y que está ubicado en la región central, como se explicó anteriormente, en esta sección se pretende saber cuál es el costo integrado por kWh, para lograr esto es necesario conocer la cuota aplicable, este análisis se realizó en el mes de Abril del año 2015 para los que se encontraron los siguientes datos.

Tabla 8. Cuota aplicable en el mes de abril 2015

| Región | Cargo por kilowatt de demanda facturable | Cargo por kilowatt - hora de energía de punta | Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia | Cargo por kilowatt - hora de energía de base |
|---------|--|---|---|--|
| Central | \$186.24 | \$1.86 | \$0.92 | \$0.77 |

Fuente: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp

Ya que conocemos la cuota aplicable es necesario conocer el consumo en periodos de punta, intermedio y base, estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación: Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur.

Tabla 9. Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre.

| Día de la semana | Base | Intermedio | Punta |
|-------------------|--------------|---------------|---------------|
| Lunes a viernes | 0:00 - 6:00 | 6:00 - 20:00 | 20:00 - 22:00 |
| Sábado | 0:00 - 7:00 | 7:00 - 24:00 | |
| Domingo y festivo | 0:00 - 19:00 | 19:00 - 24:00 | |

Fuente: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp.

¹¹ http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp



Tabla 10. Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

| Día de la semana | Base | Intermedio | Punta |
|-------------------|--------------|--------------|---------------|
| lunes a viernes | 0:00 - 6:00 | 6:00 - 18:00 | 18:00 - 22:00 |
| sábado | 0:00 - 8:00 | 8:00 - 19:00 | 19:00 - 21:00 |
| domingo y festivo | 0:00 - 18:00 | 8:00 - 19:00 | |

Fuente: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp

Para obtener el consumo de los edificios en estudio fue necesario el monitoreo de parámetros de los que se tomó de la gráfica de demanda en días laborables los valores máximos para los periodos base, intermedio y punta tomando en cuenta los horarios mencionados en las tablas 9 y 10.

Por último se debe calcular la demanda facturable con la siguiente ecuación.

$$DF = DP + FRI * \max(DI - DP, 0) + FRB * \max(DB - DPI, 0) \dots \dots \dots (1.3)$$

Donde:

DP: Es la demanda máxima medida en el periodo de punta

DI: Es la demanda máxima medida en el periodo intermedio

DB: Es la demanda máxima medida en el periodo de base

DPI: Es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio

FRI y FRB: Son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Para la región central estos valores son: FRI= 0.3 y FRB= 0.15

Después de obtener la demanda facturable así como el consumo en periodo base, punta e intermedio se realiza la multiplicación de cada termino por su precio mostrado en la tabla 5, por último se suman estos cuatro valores para obtener el costo total en pesos/mes, para obtener el costo integrado en \$/kWh se realiza una división entre el costo total entre el consumo eléctrico total.

1.8 Conceptos básicos de Aire Acondicionado

Acondicionar el aire es controlar su temperatura, humedad, distribución y pureza con el objetivo de brindar comodidad a las personas que ocupan un recinto, por esta razón se deben conocer los siguientes conceptos, para poder realizar un cálculo correcto de cargas térmicas y tener las condiciones de confort requeridas para desarrollar las actividades, en los recintos que requieran de equipos de aire acondicionado, así como proponer equipos de aire acondicionado que sean eficientes.



Acondicionamiento de Aire. Se debe emplear este término cuando el sistema de climatización artificial, incluye proveer de aire acondicionado o frío en la época de verano; y aire caliente y humidificación para la época de invierno.

La humedad se refiere a la cantidad de agua contenida en el aire, está relacionada directamente con la sensación de confort, el aire del ambiente se controla para mantener la humedad relativa preestablecida mediante la humidificación o des humidificación del aire ambiente

Humedad absoluta: Es la masa total de vapor de agua que hay en el aire por unidad de volumen.

Humedad específica: Es la masa de vapor de agua en gramos por kilogramo de aire seco

Humedad relativa: Se define como la relación de la presión parcial del vapor en el aire con la presión de saturación del vapor correspondiente a la temperatura existente o es la relación de la densidad del vapor de agua en el aire con la densidad de saturación a la temperatura correspondiente.

Temperatura de bulbo seco: La temperatura de bulbo seco es la temperatura que se mide con un termómetro ordinario y es la medida del calor sensible del aire expresado en centígrados.

Temperatura de bulbo húmedo: Esta indica la cantidad de calor total contenido en el aire y esta expresada en grados centígrados.

Temperatura de rocío: Indica la cantidad de humedad contenida en el aire, es la temperatura a la cual el aire se satura cuando se enfría al mantenerse constante la humedad.

Carga Térmica: Es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener ciertas condiciones de temperatura y humedad para los requerimientos establecidos. Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido, se expresa en BTU.

Confort: Se define como la situación de bienestar del hombre, el confort térmico es cuando el intercambio de calor de la persona con el medio es tal que la sensación es de bienestar y comodidad.

Carta psicométrica: Es la representación gráfica de las propiedades de la mezcla aire con vapor de agua, con ella se analizan las propiedades psicométricas, muestra básicamente la relación entre las siguientes propiedades: temperatura de bulbo húmedo, temperatura de rocío, temperatura de bulbo seco, humedad relativa y humedad específica.



Entalpia del aire: La entalpia total del aire húmedo es igual a la entalpia del aire seco más la entalpia del vapor de agua contenido en la mezcla.

1.8.1 Funcionamiento de un Sistema de Aire Acondicionado.

El acondicionador de aire o clima toma aire del interior de una recámara pasando por tubos que están a baja temperatura estos están enfriados por medio de un líquido que a su vez se enfría por medio de un condensador, parte del aire se devuelve a una temperatura menor y parte sale expulsada por el panel trasero del aparato, el termómetro está en el panel frontal para que cuando pase el aire mida la temperatura a la que está el ambiente dentro de la recámara, y así regularlo que tan frío y que tanto debe trabajar el compresor y el condensador.

1.8.2 Componentes básicos de un sistema de aire acondicionado

Compresor: La función principal del compresor es comprimir el refrigerante elevando su presión, entalpía y temperatura, por otro lado crea y mantiene la baja presión del evaporador con lo cual permite que la evaporación del refrigerante sea a baja temperatura, también crea y mantiene la alta presión en el condensador que permite la utilización del refrigerante en el estado líquido.

Evaporador: Es un intercambiador de calor en el cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor.

Condensador: Es un intercambiador de calor en el cual el calor del vapor refrigerante caliente pasa por el condensador para su condensación, el vapor refrigerante es primero enfriado hasta saturación y después condensado hasta su fase de estado líquido.

Dispositivo de expansión: La válvula se encarga de expandir el refrigerante, por otro lado regula la cantidad de líquido que entra al evaporador.

1.8.3 Condiciones de comodidad.

Para obtener el confort deseado, es necesario que el aire sea distribuido uniformemente por todo el recinto, sin producir corrientes desagradables, la eliminación de partículas de polvo también es fundamental para la salud, conseguir un adecuado filtrado de aire es una labor básica en un equipo de aire acondicionado.

Actualmente muchos productos y servicios vitales dependen del buen control de temperatura, como alimentos, ropa y biotecnologías y productos químicos en general, sin el control exacto de la temperatura y su humedad muchos aparatos electrónicos no podrían ser producidos o tendrán un mal funcionamiento por las altas temperaturas, por esta razón se deben controlar las condiciones de comodidad y estas dependen de 4 factores que a continuación se describen.



Temperatura del aire: Es la condición primordial para lograr la comodidad humana.

Humedad del aire: Los excesos de la humedad relativa producen reacciones fisiológicas molestas y también puede afectar las propiedades de algunos materiales.

Movimiento del aire: El movimiento del aire sobre el cuerpo humano incrementa la pérdida de calor y humedad y modifica la sensación de frío o calor.

Pureza del aire: Nulificar partículas sólidas del aire es de vital importancia para la salud.

1.9 Conceptos básicos para el análisis económico.

Análisis Económico: es el análisis de rentabilidad del proyecto, determina la factibilidad económica de una inversión incluyendo los costos financieros durante la fabricación e instalación, sin incluir los cargos financieros durante la operación. La justificación económica permite tomar una decisión final sobre la realización del proyecto.

Tasa de oportunidad o tasa de rendimiento atractivo: es el rendimiento deseable del capital.

Costos: Son los costos operativos asociados al proyecto y los costos de la inversión física

Costos operativos asociados al proyecto: Son combustibles, lubricantes, agua, costo del personal, costos de operación y mantenimiento en la vida útil del proyecto.

Costos de inversión física del proyecto: Que incluyen los equipos, los materiales de instalación, los fletes, seguros, aranceles y derechos, supervisión y dirección, la construcción, instalaciones y pruebas, asesorías legales, físicas, permisos y licencias. Se incluyen los cargos financieros de la inversión física durante el periodo de construcción.

Beneficios: Son los asociados al proyecto y pueden ser ahorros operativos o ingresos por el proyecto.

Periodo simple de recuperación (PAYBACK): Consiste en medir el tiempo que tarda un inversionista para recuperar, mediante los ingresos que produce el proyecto, la cantidad invertida inicialmente, hasta su punto de equilibrio sin considerar, el costo de oportunidad de dinero en el tiempo, se utiliza normalmente cuando solamente se quiere tener en cuenta el flujo de efectivo, es decir, el objetivo principal es recuperar la inversión lo antes posible. Permite saber si una inversión puede ser recuperada en un tiempo razonable comparado con la vida útil.



$$TSR = \frac{I}{AHA} \dots\dots\dots (1.4)$$

I: inversión total a efectuar

AHA: Ahorro beneficio anual

Tasa interna de rendimiento (TIR): Es la tasa de interés pagado sobre el saldo que se debe de una inversión, de tal forma que el plan de pago hace que el saldo no pagado sea igual a cero, cuando se efectúa el último pago. El valor del TIR en el año final de la vida útil es el resultado de la tasa de rentabilidad del proyecto. Representa la tasa de descuento que aplicada al flujo neto, iguala los beneficios con los costos, resultando un valor presente igual a cero.

Valor presente neto (VPN): El valor presente neto significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor presente. Es el valor actualizado de los beneficios y costos aplicando una tasa de descuento que refleje el costo de oportunidad del capital involucrado en el proyecto y representa los beneficios obtenidos a lo largo de su vida útil es decir representa el beneficio neto del proyecto.

Relación beneficio/costo (B/C): Es la relación entre el resultado neto de operación contra la inversión y los cargos financieros, por lo que determina que tan robusto es el proyecto.

$$\frac{B}{C} = \frac{RNO}{(\text{servicio de la deuda} + \text{Inversión presupuestal})} \dots\dots\dots (1.5)$$

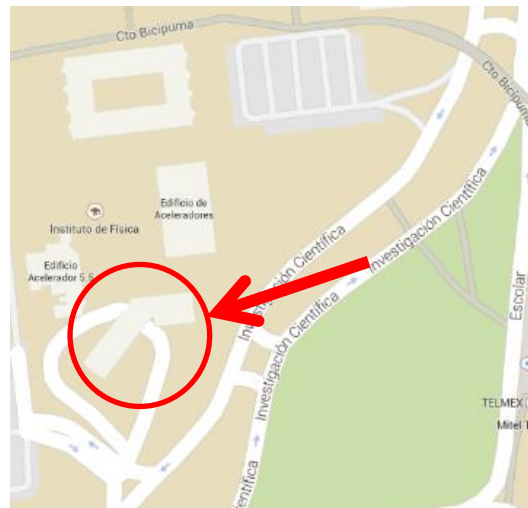
Tiempo de retorno: Representa el tiempo (en años o meses) en los que se llega a un valor presente igual a cero, a un TIR igual a la tasa de descuento y a una relación beneficio costo igual a 1

1.10 Características y datos generales de los Inmuebles en estudio.

Instituto de Física

El Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM) fue creado en 1939. A lo largo de seis décadas ha crecido y madurado como institución académica para convertirse en uno de los centros de investigación en física más importantes del país, adquiriendo un sólido prestigio a nivel nacional e internacional.

El Instituto de Física se encuentra ubicado en el sur del Distrito Federal dentro de Ciudad Universitaria en la Universidad Nacional Autónoma De México, a una altitud de 2260 m.s.n.m. y coordenadas 19.3262 latitud norte y 99.1761 latitud oeste, con una temperatura de bulbo seco de 21C°, una temperatura de bulbo húmedo de 17C° y con una temperatura exterior promedio de 33.8 °C.



Fuente: Elaborado por Google Maps.

Edificio Colisur

El edificio Colisur se encuentra ubicado en el interior del Instituto de Física, cuenta con un área construida total de 1733.24 m² con distintos recintos los cuales se muestran en la Tabla 5, estos fueron clasificados de acuerdo a su uso y con esto se concluye que el edificio es de uso mixto.

Tabla 5. Área por tipo de recinto.

| Área de trabajo | Superficie [m ²] |
|------------------------------|------------------------------|
| Laboratorio de Investigación | 450.95 |
| Oficina | 238.47 |
| Sala De Juntas | 25.82 |
| Vestíbulo | 106.16 |
| Bodega | 34.11 |
| Pasillo | 275.7 |
| Sanitarios | 26.5 |
| Cubículo | 509.53 |
| Aula | 66 |
| Total | 1733.24 |

Fuente: Elaboración propia.

El edificio Colisur es usado para realizar investigación, cuenta con un área especial de microscopia en el cual se encuentran 6 laboratorios los cuales tienen equipos muy especializados. Cuenta con áreas especiales para que los alumnos de maestría y doctorado puedan realizar actividades escolares, por otra parte también se encuentran oficinas para los investigadores, tiene un área especial de servidores, el cual da servicio a todo el instituto de física, este se encuentra operando las 24 horas del día los 365 días del año.



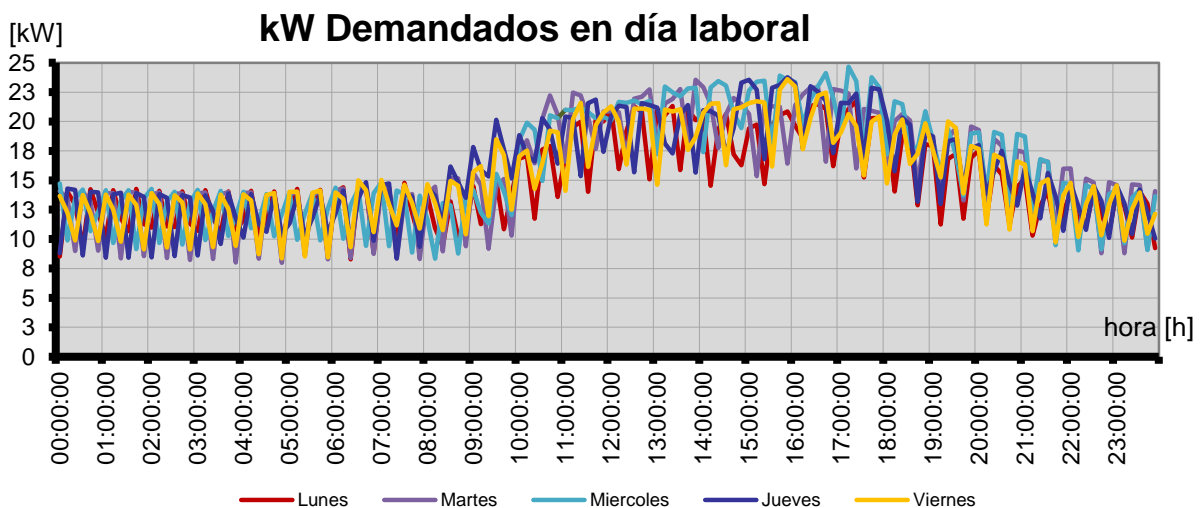
En el edificio Colisur se encontró un área recientemente remodelada, la cual cuenta con cubículos para estudiantes y una zona destinada para ser una sala de cómputo, las luminarias de esta área son en su totalidad LED.

El edificio Colisur en su sistema de iluminación cuenta con luminarias fluorescentes tipo T-12, T-8, T-5, fluorescentes compactas, lámparas de vapor de sodio y halógenas, se pudo observar que en algunos recintos las lámparas no funcionaban y en otras las luminarias se encontraban sucias, su distribución no es buena debido a que las mediciones tomadas no cumplen con los rangos de iluminación que establecen las normas aplicables.

En este edificio se encontraron diversos equipos de aire acondicionado como son Mini-Split, unidades paquete, ventiladores de extracción, unidades tipo ventana que son utilizados para brindar condiciones de confort en varias zonas específicas de este edificio, los cuales se ponen en funcionamiento cuando se encienden los equipos de laboratorio para realizar experimentos, algunos equipos de laboratorio especializado cuentan con sus propios equipos de enfriamiento como son Unidades Generadoras de Agua Helada y compresores.

El horario de servicio en este edificio es de 7 a.m. a 10 p.m., las horas en que se encuentra mayor concentración del personal laborando en el edificio es de 10 a.m. a 8 p.m. Se realizó un monitoreo durante una semana en intervalos de 10 minutos, con la ayuda de un analizador de redes, para observar cómo se comportaba la demanda de energía eléctrica en el edificio Colisur, dicho monitoreo arrojó los siguientes resultados.

Grafica 2. Grafica de demanda por día Laboral del 17 al 24 de septiembre de 2014 Colisur.

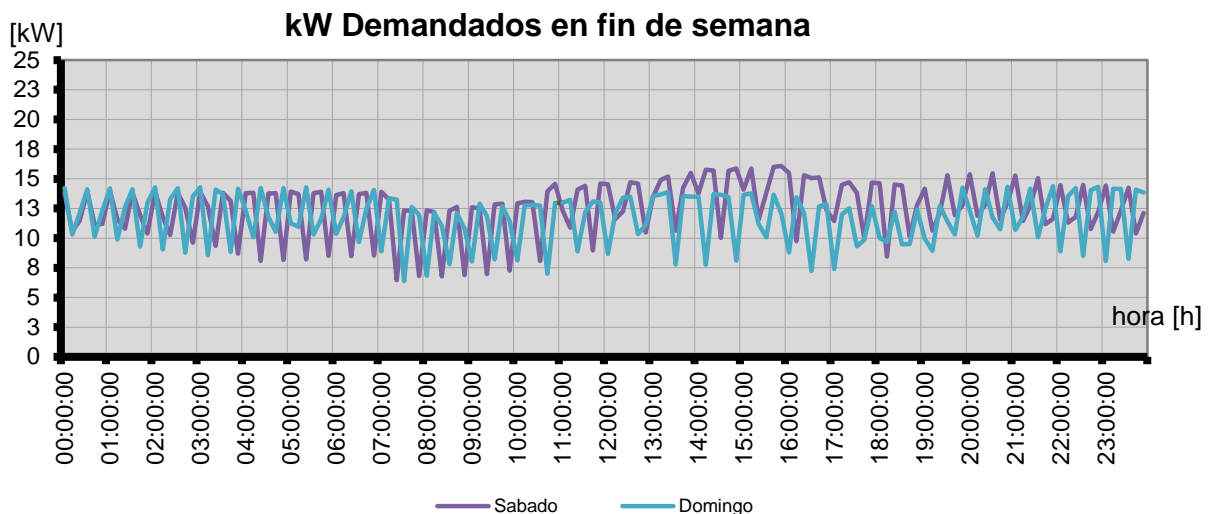


Fuente: Elaboración propia Monitoreo Eléctrico



Como se observa en la gráfica 2 la mayor demanda del edificio Colisur al día se da en un horario de 11 a.m. a las 7 p.m., donde varía de 14 kW a 25 kW, de las 8 p.m. a las 10 a.m. la demanda disminuye notablemente debido a que no hay gran número de actividades dentro del edificio y se mantiene en un intervalo de 8 kW a 14 kW, durante la semana la demanda máxima fue de 25 kW y fue registrada el día miércoles a las 17 horas, mostrando que a esta hora están en funcionamiento la mayoría de los equipos utilizados en el edificio, además de estar el sistema de iluminación encendido en la mayoría del edificio.

Grafica 3. Grafica de demanda en fin de semana del 17 al 24 de septiembre de 2014 Colisur.



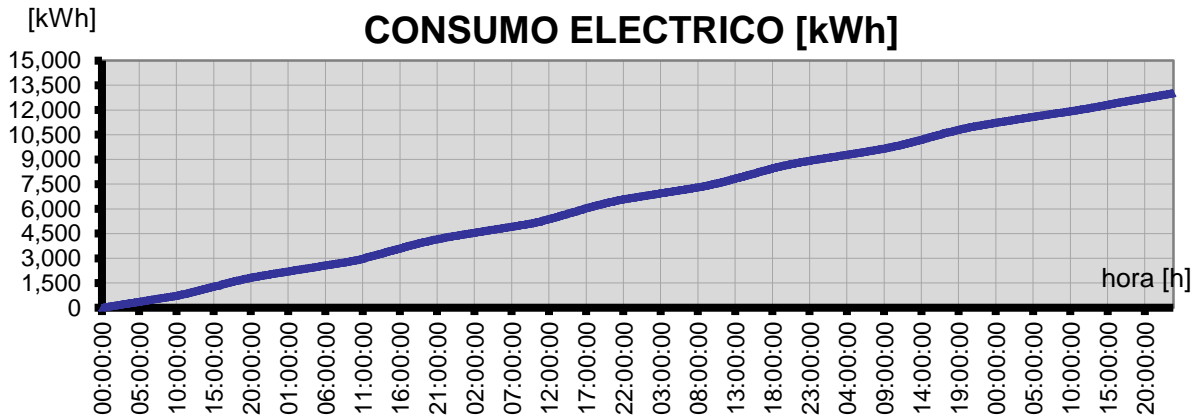
Fuente: *Elaboración propia Monitoreo Eléctrico*

En el fin de semana no hay actividades dentro del edificio, la demanda no tiene grandes cambios se mantiene homogénea en un rango de 8 kW a 15 kW. Comparando los días laborales en los horarios donde no se tiene actividades y los fines de semana se observa claramente que el consumo es semejante, en el que solo existe el consumo eléctrico del sistema de iluminación así como algunas otras cargas conectadas, como algunos equipos de aire acondicionado que funciona en algunos intervalos de tiempo y equipos de cómputo que se dejan encendidos.

El consumo eléctrico acumulado del edificio Colisur obtenido durante la semana fue de 13,013 kWh como se aprecia en la gráfica 4, es decir el consumo por día de este edificio fue sumado los 7 días de la semana para obtener el consumo por semana. En este caso fue en la tercera semana de septiembre, el consumo eléctrico de los días laborales es decir de lunes a viernes es de 11,235.19 kWh.



Grafica 4. Grafica de consumo eléctrico acumulado del 17 al 24 de septiembre de 2014 Colisur.



Fuente: Elaboración propia Monitoreo Eléctrico

Edificio LEMA.

Fue en 2010 cuando se concretó el financiamiento conjunto del CONACYT (20mdp) y la UNAM (20mdp), más un apoyo extra de la Universidad y el IFUNAM para la construcción del edificio LEMA.

El nombre del edificio es dado por el Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores, el cual es el primero en su tipo en México y América Latina. Tiene el objetivo de hacer análisis de isótopos que se encuentran en cantidades mínimas en el planeta, tales como el Carbono 14, Berilio 10, Aluminio 26, Yodo 129 y Plutonio, para distintas aplicaciones.

El edificio lema está ubicado en el Instituto de Física, de igual forma es un edificio de uso mixto y los recintos encontrados en él se reportan en la Tabla 9, tiene un área total construida de 772.74 m².

Tabla 9. Área por tipo de recinto.

| Área de trabajo | Superficie [m ²] |
|------------------------------|------------------------------|
| Laboratorio de investigación | 502.78 |
| Oficina | 51.85 |
| Servidores | 5.76 |
| Sala de juntas | 10.36 |
| Baños | 32 |
| Pasillo | 149.2 |
| Escalera | 20.79 |
| Total | 772.74 |

Fuente: Elaboración propia.

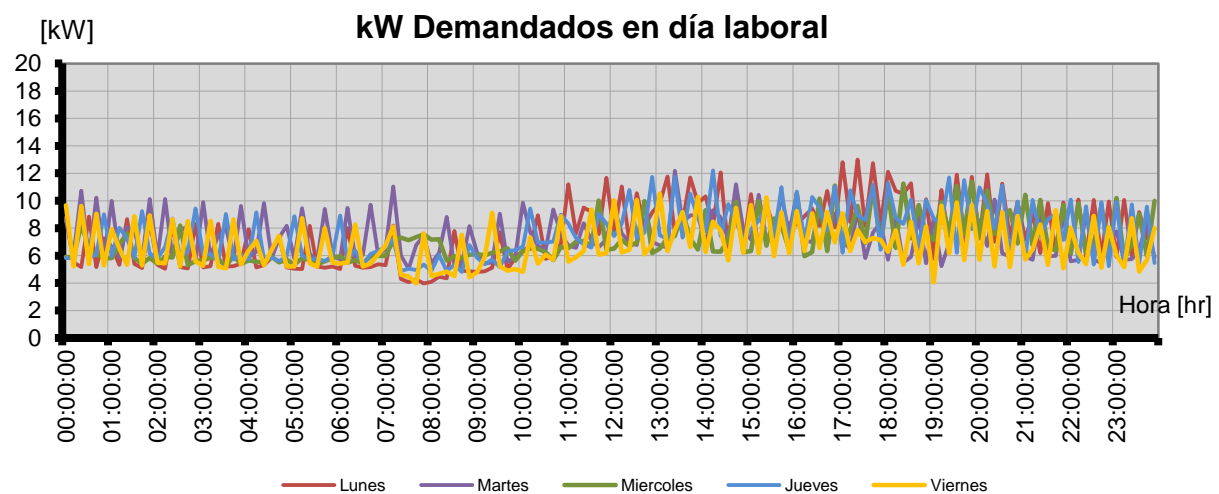


El edificio LEMA cuenta con un sistema de iluminación constituido por luminarias fluorescentes tipos T-8, T-5, fluorescentes compactas y lámparas de vapor de sodio. Su distribución no es buena ya que un poco menos del 50% de las mediciones tomadas de iluminación con la ayuda de un luxómetro, ni los DPEA calculados cumplen con las normas establecidas.

En este edificio se encontraron diversos equipos de aire acondicionado como son Mini-Split, unidades paquete, así como ventiladores de extracción que son utilizados para brindar confort a los ocupantes de este edificio y condiciones adecuadas para el funcionamiento de los equipos especializados en zonas específicas del edificio. También existen equipos de laboratorio específicos que cuentan con sus propios equipos de enfriamiento como unidades generadoras de agua helada y compresores.

El horario de servicio del edificio es de 7 a.m. a 10 p.m., pero cuando se encuentra la mayor concentración del personal laborando en el edificio es de 12 a.m. a 8 p.m.

Gráfica 5. Gráfica de demanda por día Laboral del 9 al 16 de octubre de 2014 LEMA.

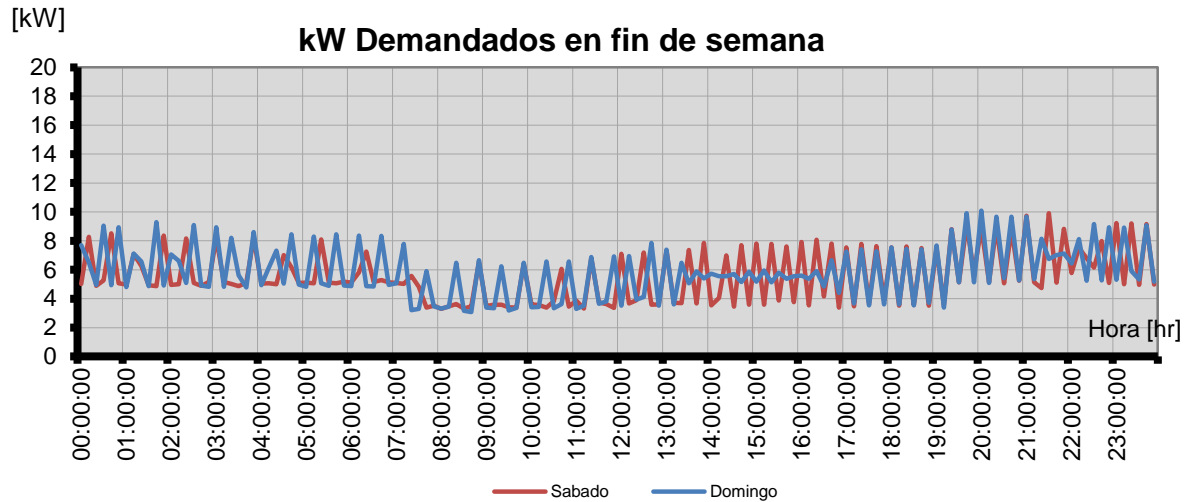


Fuente: Elaboración propia Monitoreo Eléctrico

Como se observa en la Gráfica 5 la mayor demanda del edificio LEMA al día se da en dos intervalos que son de 12a.m. a las 3 p.m. y de 5p.m. a 8p.m. que se encuentran en un intervalo de 6 kW a 12 kW. De las 8 p.m. a las 10 a.m. la demanda se mantiene constante debido que en el edificio no hay gran número de actividades y se mantiene en un intervalo de 4 kW a 10 kW., la demanda máxima del edificio LEMA se da el día lunes a las 17:00 horas con una demanda eléctrica de 13 kW.



Gráfica 6. Gráfica de demanda en fin de semana del 9 al 16 de octubre de 2014 LEMA.

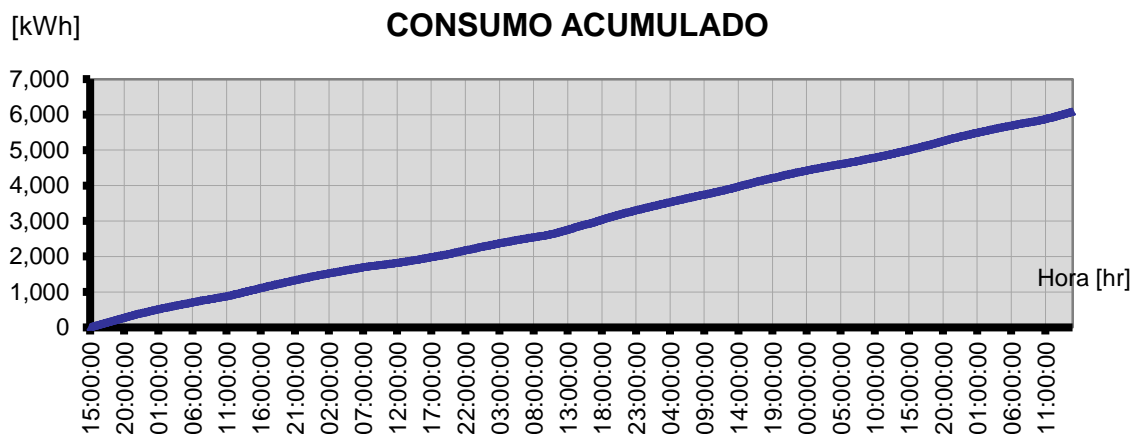


Fuente: Elaboración propia Monitoreo Eléctrico.

En el fin de semana la demanda no tiene grandes cambios se mantiene en un rango de 3kW a 10 kW, aunque se observa un mayor cambio es de las 8p.m. a 12 a.m. en donde desciende la demanda eléctrica, al comparar la demanda del fin de semana con la demanda del edificio entre semana donde no hay actividad se observa que se comporta de manera similar en ambos casos.

El consumo eléctrico acumulado del edificio LEMA obtenido durante la semana fue de 6000 kWh como se muestra en la Gráfica 7, el consumo eléctrico de los días laborables es decir de lunes a viernes es de 5276.75 kWh.

Gráfica 7. Gráfica de consumo eléctrico acumulado del 9 al 16 de octubre de 2014 LEMA



Fuente: Elaboración propia, monitoreo eléctrico



En general en las gráficas de demanda de los dos edificios se puede observar que la demanda presenta muchos picos en periodos de tiempo muy cortos, esto es como consecuencia de que se tiene muchos equipos de laboratorio especializado que no se utiliza por rangos de tiempo largos, y que solo se utilizan para realizar distintas pruebas.



Capítulo 2 Iluminación

En la actualidad "No es posible concebir el mundo actual sin iluminación artificial"¹². En todas las actividades que llevamos a cabo es necesario un tipo de iluminación adecuada, por esta razón en este capítulo se pretende realizar una propuesta de Iluminación eficiente que cumpla con la normatividad establecida.

Una buena Iluminación es importante porque permite un mejor desarrollo de todas las actividades o las hace menos cansadas. Para que una instalación de iluminación sea plenamente eficaz, se debe cumplir entre otras cosas, con un buen nivel de iluminación (es decir la cantidad de luz recibida por los objetos, respecto a un cierto número de condiciones como son:

- El equilibrio de la luminancia o brillantes, es decir de la cantidad de luz reflejada por los distintos objetos en la dirección del observador.
- La eliminación de las causas susceptibles de determinar una sensación de molestia por deslumbramiento directo o indirecto. La selección de la luz emitida por las lámparas que sea compatible con los objetos por iluminar.
- Un juego de sombras adecuado.

2.1 Cantidad de luminarios y consumo eléctrico por cada tecnología.

Es indispensable saber cuántas luminarias se tienen instaladas, el tipo de tecnología y cuál es su consumo eléctrico, si sabemos esto podemos identificar cuáles son las oportunidades de ahorro en el consumo eléctrico del sistema de iluminación actual.

Para poder obtener la cantidad de luminarias y su consumo eléctrico se realizó un censo completo del sistema de iluminación de ambos edificios, los cuales se encuentran en el anexo 1 que incluye tecnología, carga eléctrica instalada, horas de uso, demanda y consumo para cada edificio.

En este capítulo solo se presenta un resumen de dichos censos los cuales se muestran en la Tabla 9, estos ayudaran a proponer posteriormente medidas de ahorro de energía, además indican que sistemas pueden ser remplazados por otros más eficientes.

¹² Iluminación eficiente en edificaciones, CONUEE, 2013

**Edificio Colisur.**

Tabla 9. Resumen del Censo de luminarias por modelo.

| Tipo | Total de Luminarias | Potencia [W] | Potencia Instalada [W] | Consumo mensual [kWh/mes] |
|---|---------------------|----------------|------------------------|---------------------------|
| Luminaria Fluorescente T-12 4 x 39 W | 24 | 195 | 4,680 | 749 |
| Luminaria Fluorescente Tipo Curvalium T-12 2 x 40 W | 229 | 100 | 22,900 | 5,104 |
| Luminaria Fluorescente Tipo Curvalium T-8 2 x 32 W | 22 | 67 | 1,478 | 301 |
| Luminaria Fluorescente T-8 2 x 59 W | 8 | 124 | 991 | 159 |
| Lámpara Halógena 50 W | 12 | 50 | 600 | 96 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 1 x 26 W | 11 | 26 | 286 | 79 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 1 x 13 W | 5 | 13 | 65 | 10 |
| Lámpara de Led 13 W | 8 | 13 | 104 | 17 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. IPSA Mdo. LX28A | 4 | 1 | 2 | 0 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Empotrar | 13 | 35 | 455 | 185 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Colgante | 22 | 35 | 770 | 123 |
| Luminaria para uso Exterior con Lámpara de Vapor de Sodio | 7 | 250 | 1,750 | 420 |
| Luminaria Fluorescente T-12 4 x 20 W | 3 | 100 | 300 | 144 |
| TOTAL | 370 | 1,009.7 | 34,384.0 | 7,388 |

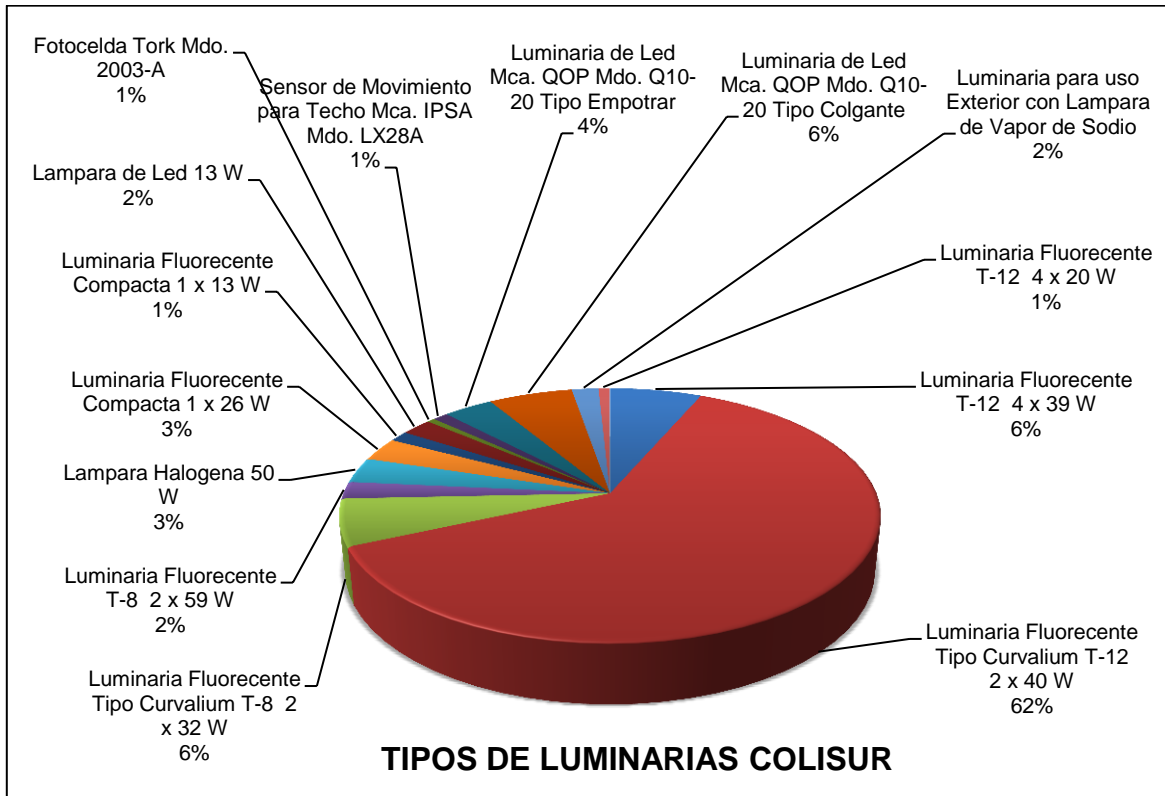
Fuente: Elaboración propia del censo de cargas de iluminación

En este edificio se encuentran instaladas un total de 370 luminarias. Se tienen del tipo fluorescentes T-12 y T-8, luminarias de halógeno, lámparas de vapor de sodio y en un muy bajo porcentaje led y fluorescentes compactas, las cuales en su mayoría son de eficiencia muy baja a excepción de las luminarias tipo LED como se mencionó anteriormente en el capítulo 1.

En la Grafica 8 se presenta la distribución de luminarias en porcentaje por tipo de tecnología, modelo y cantidad de luminarias instaladas.



Grafica 8. Grafica de distribución de luminarias de acuerdo al modelo.



Fuente: Elaboración Propia.

En esta gráfica se muestra que solo el 12% de las luminarias instaladas son LED y el 88% son fluorescentes T-12, T-8, T-5, halógenas y de vapor de sodio. Esto nos indica que el 88 % del sistema de iluminación en el edificio Colisur puede ser remplazado por tecnologías más eficientes.

A continuación se realizó el análisis del consumo eléctrico, se calculó la potencia instalada para cada tipo de luminarias existente en el edificio Colisur, se procedió a multiplicar la potencia nominal de cada modelo de luminaria por la cantidad de luminarias para obtener la potencia instalada como se muestra en la ecuación 2.1.

Potencia (W) x Numero De Luminarias = Potencia Instalada (W)..... (2.1)

Como se observa en la Tabla 10, la potencia instalada total del edificio es de 33,384 W.

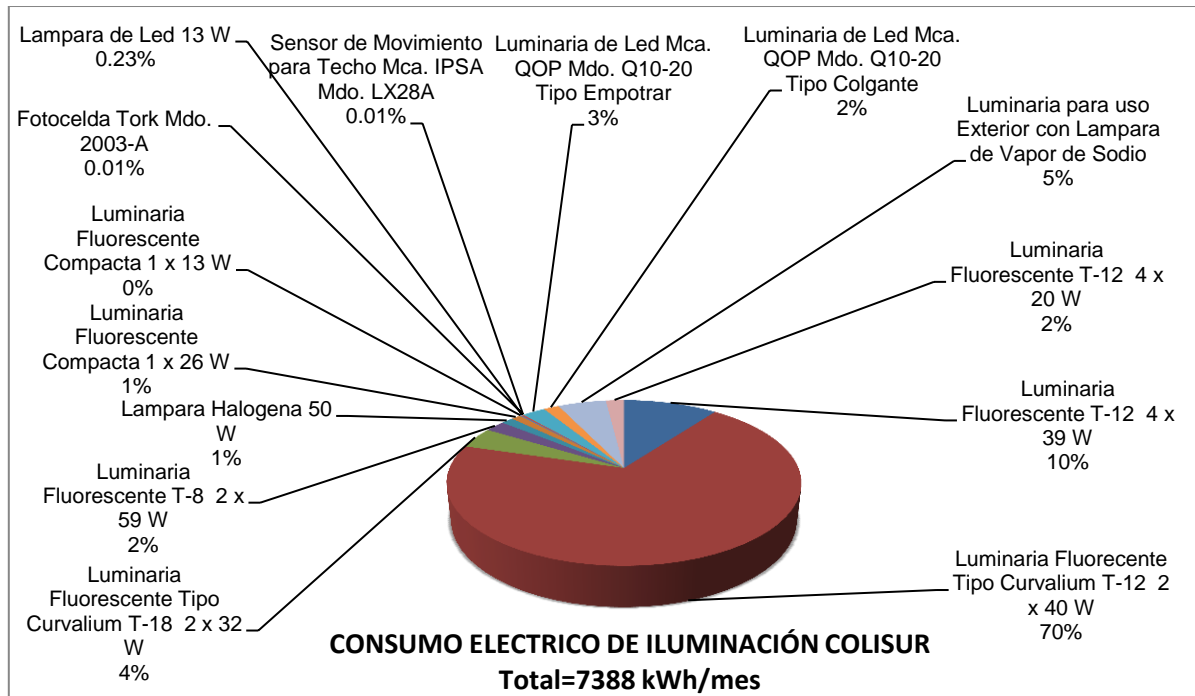
Para calcular el consumo eléctrico se recabo información sobre los horarios de uso de cada una de las luminarias, en sus distintas áreas para tener un resultado estimado del consumo eléctrico. En este cálculo se multiplico la potencia instalada de cada tipo de luminarias por las horas que están en uso al día para obtener el consumo eléctrico mensual, como se observa en la ecuación 2.2.



Potencia instalada (W) x Horas De Uso Al Día (h) = Consumo Eléctrico (Wh) (2.2)

En la Tabla 10 se muestran los resultados del consumo eléctrico de cada tipo de las luminarias con un total 7388 kWh al mes. En la Gráfica 9 se observa que las luminarias fluorescentes son las de mayor consumo eléctrico en el edificio, en sus distintos tipos por lo que son las de mayor prioridad a remplazar, la gráfica está representada en porcentaje del consumo eléctrico total del edificio.

Grafica 9. Consumo eléctrico de iluminación mensual Edificio Colisur.



Fuente: Elaboración propia.

Edificio LEMA

El mismo procedimiento que se realizó en Colisur, se llevó a cabo en el edificio LEMA de igual forma se hizo un censo de cargas de iluminación que se puede revisar para más detalles en el Anexo 1, el resumen de estos resultados se muestran a continuación en la Tabla 10.



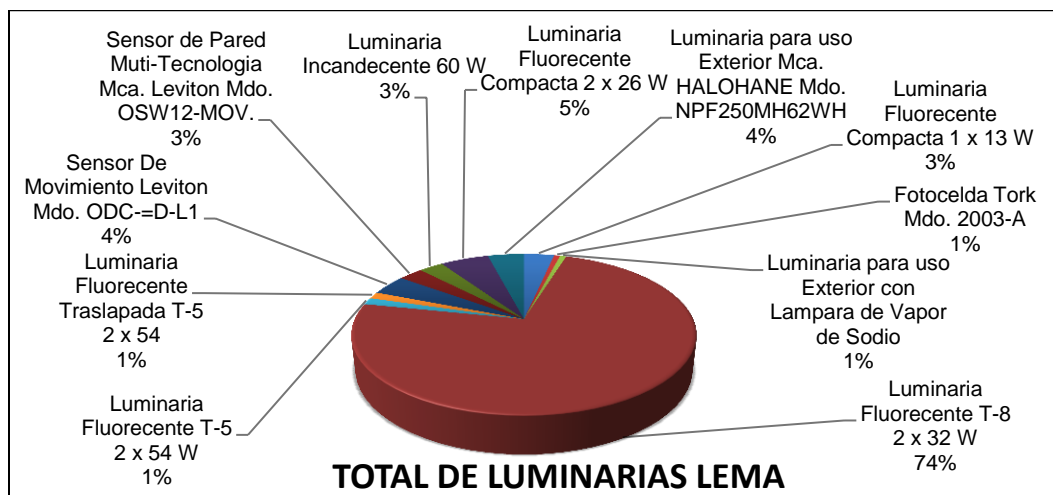
Tabla 10. Consumo eléctrico mensual de acuerdo al modelo de luminaria.

| Tipo | Cantidad | Potencia [W] | Potencia Instalada [W] | Consumo mensual [Kwh/mes] |
|---|----------|--------------|------------------------|---------------------------|
| Luminaria Fluorescente Compacta 1 x 13 W | 5.00 | 13.00 | 65.00 | 10.40 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.48 |
| Luminaria para uso Exterior con Lámpara de Vapor de Sodio | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.48 |
| Luminaria Fluorescente T-8 2 x 32 W | 108.00 | 67.20 | 7257.60 | 1161.22 |
| Luminaria Fluorescente T-5 2 x 54 W | 2.00 | 113.40 | 226.80 | 36.29 |
| Luminaria Fluorescente Traslapada T-5 2 x 54 | 2.00 | 123.90 | 247.80 | 39.65 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. Leviton Mdo. ODC-0D-L1W | 6.00 | 0.60 | 3.60 | 1.73 |
| Sensor de Pared Muti-Tecnología Mca. Leviton Mdo. OSW12-MOV. | 4.00 | 0.60 | 2.40 | 1.15 |
| Luminaria Incandescente 60 W | 4.00 | 60.00 | 240.00 | 38.40 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 2 x 26 W | 8.00 | 52.00 | 416.00 | 66.56 |
| Luminaria para uso Exterior con Lámpara de Aditivos metálicos Mca. HALOHANE Mdo. NPF250MH62WH | 6.00 | 250.00 | 1500.00 | 360.00 |
| Total | 147.00 | 0.68 | 9961.2 | 1716.35 |

Fuente: Elaboración propia del censo de cargas de iluminación

En este edificio se encontró un total de 147 luminarias instaladas con tipos de tecnología diferentes como son Fluorescentes, Fluorescentes compactas, de vapor de sodio y aditivos metálicos. En la siguiente grafica se muestra la cantidad de luminarias por tecnología instaladas en el Edificio LEMA esta grafica está representada en porcentaje.

Grafica 10. Grafica de distribución de luminarias de acuerdo al modelo.



Fuente: Elaboración propia.

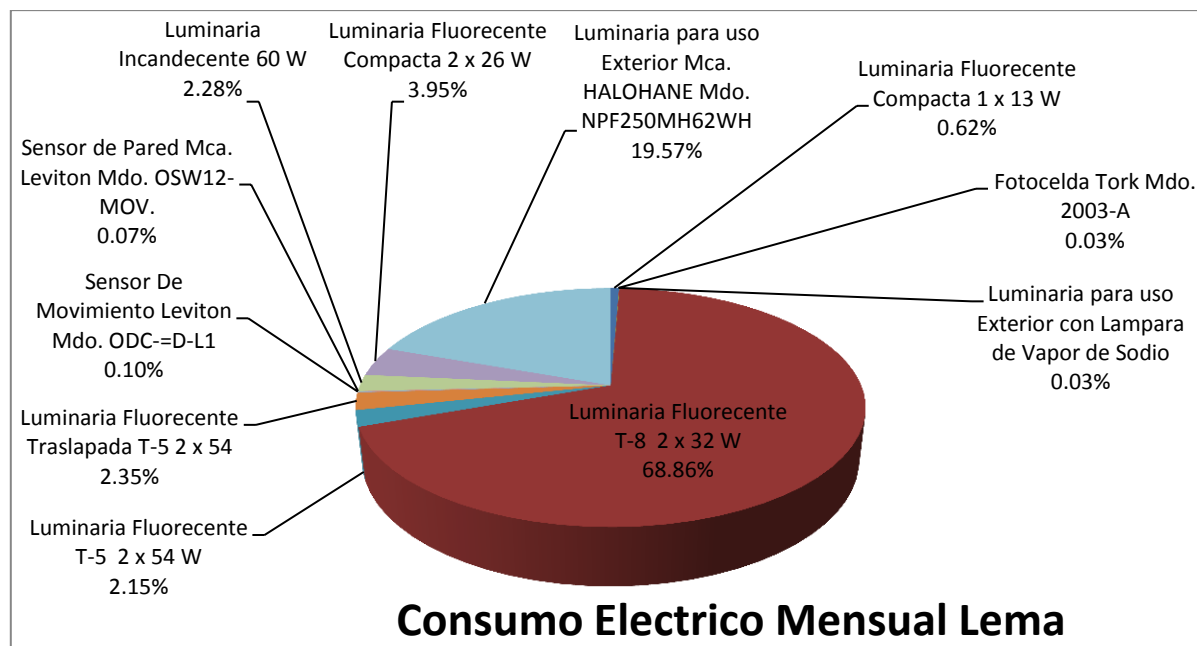


En esta gráfica 10 se observa que el 74% de las luminarias instaladas en LEMA son tipo fluorescentes T-8, este tipo de luminarias son de una eficiencia muy baja en comparación con la tecnología LED como se mostró en el capítulo 1, por lo que es una oportunidad para disminuir el consumo eléctrico por cambio de tecnología.

Para elaborar la Tabla 10 se realizó el cálculo de consumo eléctrico y demanda eléctrica instalada como se mencionó al inicio de este capítulo, como resultado de los cálculos se obtuvo que la demanda máxima del edificio LEMA debido al sistema de iluminación son de 9961.2 W para la potencia instalada y el consumo eléctrico es de 1716.35 kWh/ al mes

En la gráfica 11 se muestra el consumo eléctrico mensual por tipo de tecnología y modelo de luminaria para el edificio LEMA, en esta gráfica se puede identificar que las luminarias fluorescentes T-8 son las de mayor consumo eléctrico como se esperaba, ya que también son las de mayor número de luminarias instaladas.

Gráfica 11. Consumo eléctrico de iluminación mensual.



Fuente: Elaboración propia.

2.2 Índices de sistema de iluminación actual del edificio.

Con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos se debe cumplir con la Norma oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014 que establece niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de potencia eléctrica como se mencionó en el capítulo 2.1.



Edificio Colisur.

Para comenzar a realizar el estudio de densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) en el edificio Colisur, se inició con la identificación de las distintas áreas del edificio por su uso, las áreas que fueron identificadas en el edificio se mencionan en el capítulo 1.10.

Se procedió a tomar las medidas de cada una de las zonas a estudiar para obtener el área, así como la potencia instalada para iluminación de cada recinto, una vez calculados los datos anteriores se procedió a calcular el DPEA, como se detalló en el capítulo 1.

En esta parte del cálculo del DPEA se utilizaron los valores de cada uno de los recintos ya que se tenía que saber con exactitud cuáles de los recintos cumplían o no, con la norma NOM 007-ENER-2014.

Con lo cual se obtuvieron los DPEA calculados que se muestran en el anexo 1 por cada una de las áreas del edificio Colisur, planta baja y primer nivel, una vez obtenidos los cálculos de DPEA de cada área del edificio Colisur en sus dos niveles se procedió a separarlos por tipo de recinto y obtener un promedio de este valor, estos fueron comparados con los DPEA de la NORMA Oficial Mexicana NOM 007-ENER-2014, la comparación se reporta en las tablas 11.

Tabla 11. Comparación del DPEA calculado con respecto a la NOM 007-ENER-2014 Colisur.

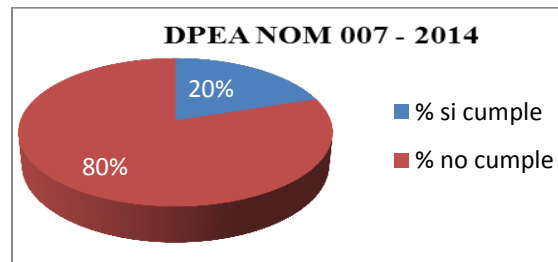
| Área de trabajo | Carga Instalada [W] | Área total [m ²] | DPEA Calculado | DPEA de norma | Comparación con la norma |
|------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Laboratorio de investigación | 3890.50 | 189.48 | 20.48 | 19.48 | FUERA DE NORMA |
| Oficinas cerradas | 2507.50 | 119.24 | 21.20 | 11.95 | FUERA DE NORMA |
| Cubículos | 5475.90 | 254.77 | 22.08 | 11.95 | FUERA DE NORMA |
| Aula | 1400.00 | 66.00 | 21.21 | 13.35 | FUERA DE NORMA |
| Vestíbulo | 400.00 | 53.08 | 9.35 | 9.96 | OK |
| Pasillo | 2025.80 | 137.85 | 14.73 | 7.10 | FUERA DE NORMA |
| Sanitarios | 495.60 | 13.25 | 37.45 | 10.55 | FUERA DE NORMA |
| Cafetería | 600.00 | 25.82 | 23.24 | 10.66 | FUERA DE NORMA |
| Bodega | 500.00 | 34.11 | 14.66 | 6.78 | FUERA DE NORMA |

Fuente: Elaboración propia Comparación DPEA de Sistema de Iluminación con Norma.

En la tabla anterior se observa que la mayoría de los recintos en Colisur no cumplen con la normatividad establecida, solamente algunos laboratorios de investigación y el vestíbulo cumplen con la norma NOM 007-ENER-2014, lo cual apenas representa un 16% del total como se detalla en la Grafica 12, por lo que se debe realizar una propuesta de iluminación en la mayoría de los recintos de este edificio, para que todos los recintos cumplan con la norma establecida.



Grafica 12. Recintos que cumplen con la norma del Edificio Colisur.



Fuente: Elaboración propia, porcentaje de recintos del Edificio Colisur que cumplen con la NOM-007-ENER-2014

Edificio LEMA

Igual que Colisur el edificio LEMA es de uso mixto por lo que se procedió a separarlo en las zonas descritas en el capítulo 1.10, también se realizaron las medidas de cada recinto para obtener sus áreas y se realizó un levantamiento eléctrico del sistema de iluminación para obtener la carga instalada y posteriormente realizar el análisis del DPEA para saber si cumple con la norma mencionada anteriormente en cada recinto, los resultados obtenidos se pueden revisar para mayor información en el anexo 1, En esta sección solo se muestra una tabla resumen del promedio de DPEA calculado por tipo de recinto.

Una vez obtenidos los DPEA de cada área del edificio LEMA, fueron comparados con los DPEA de la NORMA Oficial Mexicana NOM 007-ENER-2014 como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Comparación del DPEA calculado con respecto a la NOM 007-ENER-2014 LEMA.

| Área de trabajo | Potencia [W] | Área total [m ²] | DPEA calculado | DPEA de norma | Comparación con la norma |
|------------------------------|--------------|------------------------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Laboratorio de investigación | 4392.25 | 502.78 | 8.74 | 19.48 | OK |
| Oficina | 672 | 51.85 | 12.96 | 11.95 | FUERA DE NORMA |
| Servidores | 67.2 | 5.76 | 11.67 | 11.95 | OK |
| Sala de juntas | 134.4 | 10.36 | 12.97 | 13.24 | OK |
| Sanitarios | 682.6 | 32 | 21.33 | 10.55 | FUERA DE NORMA |
| Pasillo | 1612.8 | 149.2 | 10.81 | 7.1 | FUERA DE NORMA |
| Escalera | 134.4 | 20.99 | 6.40 | 7.43 | OK |

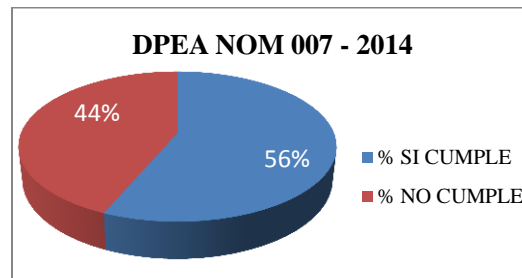
Fuente: Elaboración propia Comparación DPEA de Sistema de Iluminación con Norma.

Con la comparación de los DPEA calculados y los establecidos por la norma Oficial Mexicana NOM 007-ENER-2014 para cada recinto en específico, se concluyó que en el edificio LEMA el 56% del edificio cumple con la norma como son: laboratorios, recintos utilizados para servidores, sala de juntas y las escaleras utilizadas para uso común, mientras que el 44% de los recintos en este edificio no cumplen con la norma estos



recintos son: baños, pasillos de uso común y la mayoría de las oficinas, esto muestra algunas posibles propuestas de cambio para implementar cambios en el sistema de iluminación, en la gráfica 13 se muestra el porcentaje de recintos que cumplen con la norma.

Grafica 13. Recintos que cumplen con la norma del Edificio LEMA.



Fuente: Elaboración propia, porcentaje de recintos del Edificio LEMA que cumplen con la NOM-007-ENER-2014

2.3 Análisis De Iluminación de Interiores

La iluminación es uno de los factores más importantes debido a que repercute directamente en la forma en que se llevan a cabo las actividades dentro del recinto, debido a esto se tienen que tener distintos niveles de iluminación dependiendo de la actividad como lo indican las normas aplicables, En este capítulo se realiza un análisis de los niveles de iluminación que se tienen actualmente en los edificios en estudio, para saber si cumplen con la normatividad que rige este tipo de recintos como se mencionó al inicio de este capítulo y así obtener posibles áreas de ahorro en el consumo eléctrico.

Edificio Colisur.

Se realizó la medición de niveles de iluminación de cada área de trabajo, estas mediciones se llevaron a cabo tomando alrededor de 8 muestras en distintas zonas de la misma área de trabajo, debido a que se tiene que hacer un promedio de ellas para así obtener un valor, el cual podamos comparar con la normatividad establecida, estos datos se reportan en el anexo 1, en esta sección solo se reporta un resumen de los niveles de iluminación por tipo de recinto o área de trabajo.

Una vez obtenidos los niveles de iluminación por área de trabajo, fueron comparados con la Norma Oficial Universitaria y la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 para los tipos de recintos que no son contemplados en la NOU, para así saber cuáles áreas de trabajo cumplían con las normas mencionadas y cuáles no, en la tabla 13 se muestra dicha comparación.



Tabla 13. Comparación de Luxes medidos con respecto a la NOM-025-STPS-2008 y NOU Colisur.

| Área de trabajo | Luxes | Norma (NOM-025) | Norma (NOU) | Comparación con la norma. |
|------------------------------|-------|-----------------|-------------|---------------------------|
| Laboratorio de investigación | 200.7 | 500 | 500 | FUERA DE NORMA |
| Cubículo | 183.3 | 300 | 300 | FUERA DE NORMA |
| Bodega | 0.0 | 50 | - | FUERA DE NORMA |
| Sala de juntas | 166.6 | - | 300 | FUERA DE NORMA |
| Pasillo | 122.4 | 100 | 100 | FUERA DE NORMA |
| Sanitarios | 305.2 | 100 | 150 | FUERA DE NORMA |
| Vestíbulo | 41.9 | 100 | 100 | FUERA DE NORMA |
| Oficina | 232.3 | 300 | 400 | FUERA DE NORMA |
| Aula | 163.1 | 300 | 400 | FUERA DE NORMA |

Fuente: *Elaboración propia, niveles de iluminación, comparados con normas aplicables.*

En la tabla anterior se observa que todo el edificio Colisur está fuera de las normas mencionadas, todos los valores de iluminación para cada área de trabajo están muy por debajo de los niveles establecidos, esto nos indica que debe de hacerse un cambio en la distribución de luminarias y aumentar las luminarias por otras de mayor capacidad en Luxes.

Edificio LEMA.

En este edificio se realizó el mismo procedimiento que en Colisur para obtener los niveles de iluminación en cada recinto, estos datos se pueden revisar a detalle en el anexo 1, posteriormente se obtuvo un promedio de acuerdo al área de trabajo y se realizó una comparación con las normas aplicables, como se muestra a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14. Comparación de Luxes medidos con respecto a la NOM-025-STPS-2008 y NOU Lema.

| Área de trabajo | Luxes | Norma (NOM-025) | Norma (NOU) | Comparación con la norma |
|------------------------------|-------|-----------------|-------------|--------------------------|
| Laboratorio de investigación | 289.6 | 500 | 500 | FUERA DE NORMA |
| Oficina | 385.2 | 300 | 400 | OK |
| Sala de juntas | 322.0 | 300 | 300 | OK |
| Servidores | * | 200 | 200 | FUERA DE NORMA |
| Pasillo | 194.3 | 100 | 100 | FUERA DE NORMA |
| Baños | 193.8 | 100 | 150 | FUERA DE NORMA |
| Escaleras | 40.3 | 100 | 100 | FUERA DE NORMA |

Fuente: *Elaboración propia, niveles de iluminación, comparados con normas aplicables.*



En la tabla anterior se puede observar que solo las oficinas y la sala de juntas cumplen con las normas aplicables para la iluminación de recintos, por lo que posteriormente se hará énfasis en proponer algunas medidas de iluminación para alcanzar los niveles óptimos.

Con este análisis realizado a los edificios se puede observar que es necesario hacer una propuesta de iluminación en los dos edificios en estudio, para establecer los requerimientos de iluminación y contar con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los usuarios de estos edificios.

2.4 Propuestas del sistema de iluminación eficiente.

En los subcapítulos anteriores se hizo el reconocimiento de las características y necesidades que tienen los edificios. Tomando como base los datos recabados y los cálculos realizados, se presentara en este capítulo un proyecto de iluminación que satisfaga las necesidades de estos edificios para cada recinto en específico, dicho proyecto contempla el cumplimiento de las normas aplicables mencionadas al inicio de este capítulo.

En la propuesta del sistema de iluminación eficiente, se busca cambiar las tecnologías obsoletas como son las luminarias fluorescentes, halógenas, fluorescentes compactas, lámparas de vapor de sodio y de aditivos metálicos por nuevas tecnologías que tengan un menor consumo eléctrico y una mayor eficiencia energética.

También se pretende realizar este cambio de tecnología para cumplir con los requisitos establecidos por las normas antes mencionadas para los sistemas de iluminación, como se analizó en el capítulo 2.3 y 2.4 se observa que la mayoría de los recintos de estos edificios están fuera de norma, no cumplen con los niveles de iluminación ni con los niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica Para Alumbrado

Cantidad de Luminarios y Consumo Eléctrico

Edificio Colisur

En esta propuesta se pretende implementar un sistema de iluminación eficiente, cambiando luminarias de tecnologías antiguas por más recientes con un consumo eléctrico menor además de capacidad de iluminación mayores, utilizando las normas aplicables sin exceder los parámetros para DPEA y Luxes en ellas mencionadas.

Se propone cambiar todas las luminarias actuales por luminarias LED de última generación, para poder disminuir el consumo eléctrico, a continuación se muestra en la tabla 15 los modelos de luminarias LED que se proponen, tipos de luminarias y marca.



Tabla 15. Propuesta de Sistema de Iluminación Colisur.

| Tipo | Cantidad | Potencia [W] | Potencia Instalada [W] | Consumo Mensual [kWh/mes] |
|--|----------|--------------|------------------------|---------------------------|
| Pirámide de Empotrar LED Mca. Construlita Mod CO1169BBNB | 16 | 9 | 264 | 45 |
| Empotrado 60 X 60 LED Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 105 | 32 | 3360 | 607 |
| Empotrado 60 X 60 LED Mca. Construlita Mod.OF1040BBNA | 31 | 30 | 930 | 149 |
| Gabinete Empotrado LED Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 254 | 36 | 9144 | 1463 |
| Lámpara de LED 13 W | 8 | 13 | 104 | 17 |
| Luminaria de LED Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Empotrar | 13 | 35 | 455 | 90 |
| Luminaria de LED Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Colgante | 22 | 35 | 770 | 123 |
| Proyector LED Mca. Construlita Mod. OU7100NBFA | 6 | 100 | 600 | 144 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. IPSA Mdo. LX28A | 13 | 1 | 8 | 1 |
| Slim de Suspende LED Mca. Construlita Mod. OF8021BBNA | 12 | 20 | 240 | 43.2 |
| Total | 482 | 311.6 | 15876.6 | 2681.7 |

Fuente: Elaboración propia, Luminarias LED propuestas.

Para mayor información acerca de las características de cada tipo de luminaria propuesta se puede revisar el anexo 6, donde encontraran las fichas técnicas de cada luminaria. El total de luminarias en esta propuesta es de 482 luminarias en el edificio, en lugar de 370 luminarias que son las instaladas actualmente en Colisur, el aumento en la cantidad de luminarias es debido a que los recintos están fuera de normatividad, por lo que no cumplen con los parámetros establecidos con las normas antes mencionadas.

Con esta propuesta de iluminación con tecnología de punta se alcanzaran los niveles de confort y eficiencia mencionados en las normas aplicables como se mencionó al inicio de este capítulo.

Con las nuevas luminarias se tiene una potencia eléctrica instalada en el edificio de 15876.6 W como se muestra en la tabla 16, con esto se observa que se reduciría en más de un 50% de 34,384 W a 15,876.6 W y en el consumo mensual se ahorrara un 64 % del consumo actual, esto se podrá disminuir de 7387.5 kWh/mes a 2681.7 kWh/mes lo cual es un ahorro significativo y que se verá reflejado en el ahorro económico en la tarifa eléctrica como se analizara posteriormente. La disminución en potencia Instalada, potencia y consumo eléctrico se muestra en la tabla 16.



DIVISION DE INGENIERIA MECANICA E INDUSTRIAL

Tabla 16. Comparación de Sistemas de Iluminación actual y propuesta

| | Cantidad de Luminarios | Potencia [W] | Potencia Instalada [W] | Consumo Mensual [kWh/mes] |
|----------------------------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| Sistema de Iluminación-Actual | 370 | 1009.7 | 34,384 | 7387.5 |
| Sistema de Iluminación-Propuesta | 482 | 311.6 | 15,876.6 | 2681.7 |
| Ahorro en Porcentaje | N/A | 69% | 54% | 64% |

Fuente: Elaboración Propia Comparación de Sistema de Iluminación Actual y Propuesta.

Edificio LEMA

En el edificio LEMA de igual forma, se propone realizar un cambio en todas las luminarias actuales por luminarias con tecnología de punta, que tengan mayor capacidad de iluminación, así como consumo eléctrico menor para obtener un sistema de iluminación eficiente, también se busca con esta propuesta que todos los recintos estén dentro de los parámetros de iluminación y con los niveles de eficiencia energética mencionados en las normas aplicables.

Tabla 17. Propuesta de Sistema de Iluminación LEMA.

| Tipo | Cantidad | Potencia [W] | Potencia Instalada [W] | Consumo mensual [kWh/mes] |
|--|----------|--------------|------------------------|---------------------------|
| Pirámide de Empotrar LED Mca. Construlita Mod CO1169BBNB | 16 | 9 | 144 | 5.76 |
| Empotrado 60 X 60 LED Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 2 | 32 | 64 | 2.56 |
| Gabinete Empotrado LED Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 145 | 108 | 5220 | 835.2 |
| Slim de Suspende LED Mca. Construlita Mod. OF8021BBNA | 25 | 40 | 500 | 80 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. Leviton Mdo. ODC-0D-L1W | 8 | 2.4 | 4.8 | 2.304 |
| Sensor de Pared Muti-Tecnología Mca. Leviton Mdo. OSW12-MOV. | 6 | 1.2 | 3.6 | 1.728 |
| Proyector LED Mca. Construlita Mod. OU7100NBFA | 6 | 100 | 600 | 144 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 1 | 1 | 1 | 0.48 |
| TOTAL | 209 | 293.6 | 6537.4 | 1072.032 |

Fuente: Elaboración propia, Luminarias LED propuestas.

Con la propuesta de sistema de iluminación eficiente se tiene un total de 209 luminarias como se detalla en la tabla 17, en lugar de las 147 luminarias instaladas actualmente en el edificio, este aumento de luminarias de igual forma que en Colisur es debido a que los recintos están fuera de los parámetros que se mencionan en las normas aplicables, por lo que es necesario incrementar la iluminación en cada área de trabajo, así como ajustar los niveles de eficiencia energética (DPEA)



Con esta propuesta de iluminación tenemos una disminución en la potencia instalada de 9.961 kW a 6.537 kW, así como un ahorro en el consumo eléctrico de 1716.3 kWh/mes a 1072.03 kWh/mes lo que representa un 38% de ahorro mensual, en la tabla 18 se muestra la disminución en potencia instalada y consumo mensual, esto se analizará posteriormente en el análisis económico para ahorro por tarifa eléctrica y ahorro por mantenimiento.

Tabla 18. Comparación del sistema de Iluminación Actual y Propuesto

| | Cantidad de Luminarios | Potencia [W] | Potencia Instalada [W] | Consumo Mensual [kWh/mes] |
|----------------------------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| Sistema de Iluminación-Actual | 147 | 682.7 | 9,961.2 | 1,716.3 |
| Sistema de Iluminación-Propuesta | 209 | 293.6 | 6,537.4 | 1,072 |
| Ahorro en Porcentaje | N/A | 57% | 34% | 38% |

Fuente: Elaboración propuesta, Luminarias LED propuestas.

Índices de la propuesta del sistema de iluminación eficiente

En esta sección se tiene como objetivo, establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado, con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales, estos parámetros son marcados por la NOM-007-ENER-2014, con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica.

Edificio Colisur.

Considerando las mismas áreas de trabajo mencionadas en el capítulo 1.10, ya que no se efectúa modificación alguna en los rubros anteriores, los cambios realizados están dados por la cantidad de nuevas luminarias y su potencia, con todos los datos anteriores se procedió a calcular el DPEA de cada recinto y se comparó con la Norma Oficial Mexicana NOM 007-ENER-2014 para corroborar que la propuesta cumple con la normatividad establecida, para mayor información del cálculo de DPEA por cada área de trabajo se puede revisar el anexo 4, En esta sección solo se presenta un resumen del promedio por cada área de trabajo y el índice de eficiencia que establece la norma correspondiente para saber si la propuesta cumple con la misma. Los resultados se muestran en la tabla 19.



Tabla 19. Comparación del DPEA calculado con respecto a la NOM 007-ENER-2014 Colisur

| Área de trabajo | Potencia [W] | Área total [m ²] | DPEA Calculado | DPEA de norma | Comparación con la norma |
|------------------------------|--------------|------------------------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Laboratorio de investigación | 2335.0 | 236.7 | 10.1 | 19.48 | OK |
| Oficina | 1133.5 | 120.2 | 9.5 | 11.95 | OK |
| Sala de juntas | 256.0 | 26.8 | 9.6 | 10.66 | OK |
| Vestíbulo | 224.0 | 31.0 | 5.2 | 9.96 | OK |
| Bodega | 81.0 | 26.0 | 3.1 | 6.78 | OK |
| Pasillo | 643.5 | 145.2 | 4.4 | 7.10 | OK |
| Sanitarios | 120.0 | 12.8 | 9.4 | 10.55 | OK |
| Cubículo | 2548.0 | 256.0 | 10.0 | 11.95 | OK |
| Aula | 450.0 | 66.0 | 6.8 | 13.35 | OK |

Fuente: Elaboración propia, Cálculo de DPEA por área de trabajo.

Con la nueva propuesta todas las áreas del edificio Colisur cumplen con la NORMA Oficial Mexicana NOM 007-ENER-2014, con esto se corrobora que la propuesta además de ser más eficiente en relación a la disminución de consumo eléctrico cumpliría con la norma correspondiente al índice de eficiencia energética.

Edificio LEMA

De la misma manera que en Colisur se realizó el cálculo de los índices de eficiencia energética para el edificio LEMA por cada recinto, para más detalles revisar anexo 4, en esta sección solo se presenta una tabla resumen con el promedio de cada área de trabajo, los cambios realizados están dados por la cantidad de las nuevas luminarias, su potencia eléctrica y capacidad de iluminación, después de obtener el cálculo por tipo de recinto, se realizó una comparación con los parámetros establecidos para cada área de trabajo y corroborar que se cumple con la norma NOM 007-ENER-2014. Los resultados se pueden observar en la tabla 20.

Tabla 20. Comparación del DPEA calculado con respecto a la NOM 007-ENER-2014 Lema

| Área de trabajo | Potencia [W] | Área total [m ²] | DPEA calculado | DPEA de norma | Comparación con la norma |
|------------------------------|--------------|------------------------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Laboratorio de investigación | 4,392 | 502.78 | 8.74 | 19.48 | OK |
| Oficina | 540 | 51.85 | 10.41 | 11.95 | OK |
| Servidores | 64 | 5.76 | 11.11 | 11.95 | OK |
| Sala de juntas | 108 | 10.36 | 10.42 | 13.24 | OK |
| Sanitarios | 144 | 32 | 4.50 | 10.55 | OK |
| Pasillo | 552 | 170.19 | 3.24 | 7.1 | OK |
| Escalera | 72 | 20.99 | 3.43 | 7.43 | OK |

Fuente: Elaboración propia, Cálculo de DPEA por área de trabajo.

En la tabla anterior podemos comprobar que la propuesta de Iluminación cumple con la norma aplicable, por lo que además de obtener beneficios por disminución en el consumo eléctrico, tenemos un sistema eficiente.



Análisis De Iluminación de Interiores de la propuesta de iluminación eficiente.

En este capítulo se pretende establecer los niveles de iluminación requeridos en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad, con el objetivo de brindar un ambiente seguro en la realización de cada tarea a desarrollar, por tal motivo se aumentaron el número de luminarias y sus capacidades.

Edificio Colisur.

Para este análisis de iluminación de interiores además de tener los niveles óptimos establecidos por la NOU y NOM-025-STPS-2008 se pretende reducir el consumo eléctrico, por esta razón se separó por tipo de área de trabajo para analizarla de acuerdo a los requerimientos de cada una.

Mediante el software DIALux se realizaron las simulaciones de cada uno de los recintos, el programa nos arrojó la distribución de las luminarias para tener una iluminación que cumpliera con las normas aplicables, para mayor información de la propuesta hecha a cada recinto revisar anexo 4, en esta sección solo se muestran los promedios por área de trabajo comparados con las normas antes mencionadas los resultados se muestran en la tabla 21.

Tabla 21. Comparación de Luxes medidos con respecto a la NOM-025-STPS-2008 y NOU Colisur.

| Área de trabajo | LUXES | Norma (NOM-025) | Norma (NOU) | Comparación con la norma |
|------------------------------|-------|-----------------|-------------|--------------------------|
| Laboratorio de investigación | 504.4 | 500 | 500 | OK |
| Cubículo | 298.9 | 300 | 300 | OK |
| Aula | 416.0 | 300 | 400 | OK |
| Pasillo | 103.2 | 100 | 100 | OK |
| Sanitarios | 157.0 | - | 150 | OK |
| Vestíbulo | 110.0 | 100 | 100 | OK |
| Oficina | 336.2 | 300 | 400 | OK |
| Bodega | 48.0 | 50 | - | OK |
| Sala de juntas | 303.0 | - | 300 | OK |

Fuente: Elaboración propia, propuesta de iluminación.

Los valores que se tomaron para el diseño de este sistema de iluminación son principalmente de la NOU, solo los recintos que no son contemplados en esta norma se tomaron de la NOM-025-STPS-2008, En la tabla anterior se muestra que la propuesta de iluminación también cumple con estas normas, por lo que se demuestra que la propuesta es un sistema de iluminación más eficiente con niveles de iluminación adecuados para laborar en cada tipo de recinto, brindando seguridad y confort hacia las personas que utilizan este edificio.



Edificio LEMA

Igual que en el edificio Colisur para este edificio se realizó la simulación para cada área de trabajo en DIALux con los parámetros establecidos por las normas aplicables, con esto obtuvimos la distribución de luminarias y niveles de iluminación para cada recinto estos resultados se muestran en el anexo 4, en esta sección solo se presenta un promedio por tipo de área de trabajo, los resultados se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Comparación de Luxes medidos con respecto a la NOM-025-STPS-2008 y NOU Lema.

| Área de trabajo | LUXES | Norma (NOM-025) | Norma (NOU) | Comparación con la norma |
|------------------------------|-------|-----------------|-------------|--------------------------|
| Laboratorio de investigación | 480.0 | 500 | 500 | OK |
| Oficina | 375.0 | 300 | 400 | OK |
| sala de juntas | 310.0 | - | 300 | OK |
| Servidores | 214.0 | - | 200 | OK |
| Pasillo | 100.4 | 100 | 100 | OK |
| Sanitarios | 151.0 | - | 150 | OK |
| Escaleras | 100.0 | - | 100 | OK |

Fuente: *Elaboración propia, propuesta de iluminación.*

Todos los recintos de la propuesta del edificio LEMA cumplen con las normas antes mencionadas por lo que se demuestra que para los dos edificios la propuesta del sistema de iluminación además de ser más eficiente, cumple con las normas aplicables haciendo de estos recintos áreas de trabajo seguros para desarrollar las actividades para los que son destinados, también se demostró que se tendrá un ahorro considerable de consumo eléctrico que posteriormente se verá reflejado en un ahorro económico.

2.5 Simulación en DIALux

En la actualidad existen gran cantidad de simuladores de iluminación. Estos simuladores generan una serie de graficas muy aproximadas de la distribución luminosa que se obtendría al instalar un sistema de iluminación en algún área de trabajo. Con la ventaja que se pueden realizar múltiples propuesta de equipos de iluminación para encontrar las más adecuadas dependiendo de las necesidades de cada recinto.

En este caso se decidió utilizar DIALux debido a que es un software de distribución gratuita, además que la mayoría de las marcas líderes en la fabricación y distribución de luminarias a nivel mundial tienen bibliotecas de sus productos diseñadas para este software.

A continuación se muestra parte de las simulaciones que se realizaron con el software DIALux para cada recinto mencionado anteriormente y obtener la distribución de luminarias, para cumplir con los Luxes y DPEA indicado en las normas NOM-025-STPS-2008, NOM 007-ENER-2014 y Norma Oficial Universitaria, aunque fue necesario simular



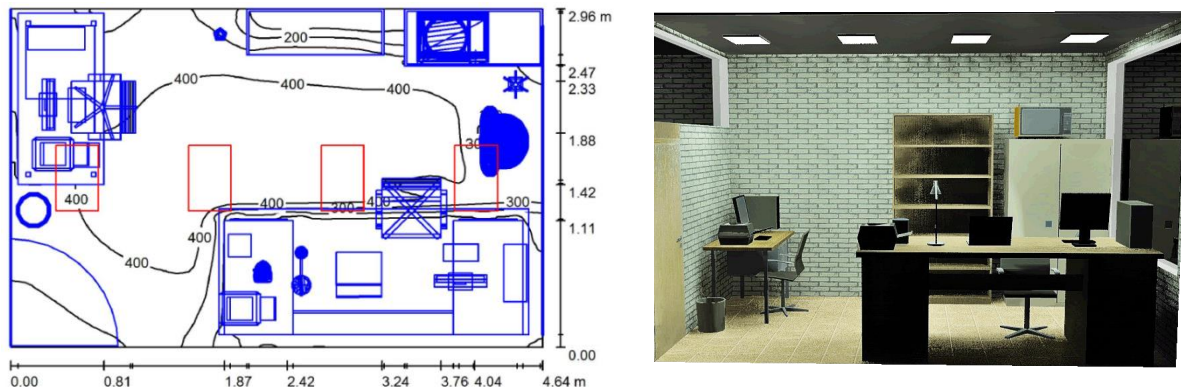
todos los recintos de los dos edificios, en esta sección solo se muestran algunos que resultan ser los más representativos.

Edificio Colisur

En la figura 1 se muestra una vista general de un cubículo del edificio Colisur así como su distribución de iluminación sobre el plano de trabajo, este cubículo fue generalizado, ya que la mayoría de los cubículos tienen las mismas dimensiones con una variación máxima de 30 cm^2 , se consideró un área de 13.73 m^2 un plano de trabajo de 85 cm por ser la altura promedio de los escritorios usados en estos recintos, tiene 4 luminarias LED marca Construlita modelo OF1000BBNA1. La potencia de cada luminaria es de 36 W , por lo que la potencia instalada sería de 144 W por cada cubículo, disminuyendo considerablemente el consumo eléctrico del sistema de iluminación actual.

La altura del local es de 3.4 m y la altura de montaje que se consideró para las luminarias es de 3.12 m , el promedio de luxes en el plano útil será de 305 cumpliendo con lo que establece la NOU, se tendrá un DPEA de $10.48 \text{ [W/m}^2\text{]}$, este valor también está dentro de los rangos que establece la NOM-007-ENER-2014.

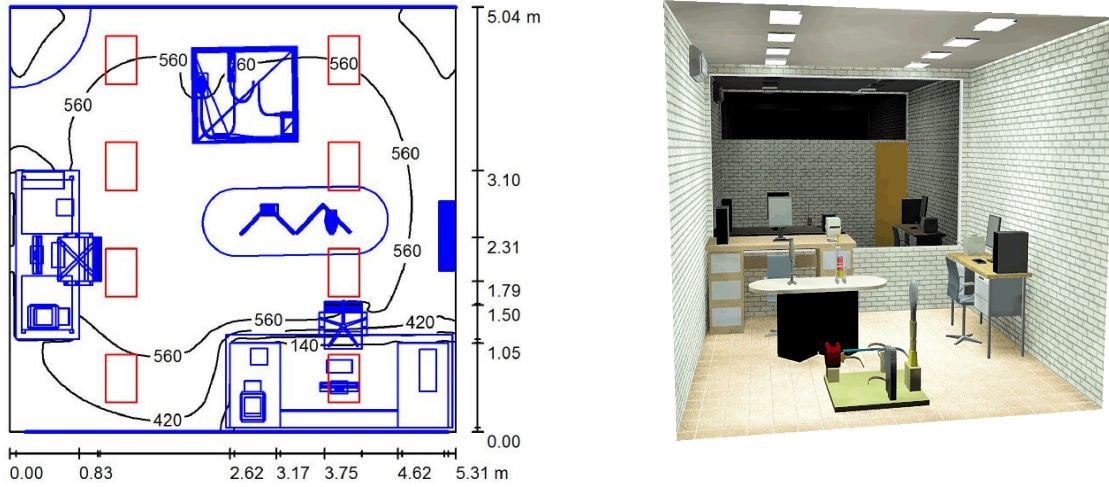
Figura 1. Vista general Cubículos Edificio Colisur, Instituto de Física



En la figura 2 se muestra la simulación de un laboratorio generalizado para el edificio Colisur y su distribución de iluminación, tiene una altura 3.4 m , la altura de montaje de luminarias se consideró a 3.12 m para todo el edificio excepto pasillos, la altura de plano útil se propone de 0.85 m , el promedio de luxes que se tendrá con esta propuesta es de 519 la NOU indica que el valor debe ser de 500 lux con una variación de $\pm 10 \%$ de estos valores por lo que está dentro de la norma, el valor de DPEA será de 10.76 W/m^2 por debajo de los valores establecidos en la NOM-007-ENER-2014 las luminarias propuesta para laboratorios son marca Construlita modelo OF1100BBNA1 para este tipo de recintos se proponen 8 luminarias de 36 W de potencia por lo que se tendrá una potencia instalada de 288 W con esta propuesta también se tendrá un consumo eléctrico menor al que se tiene actualmente.



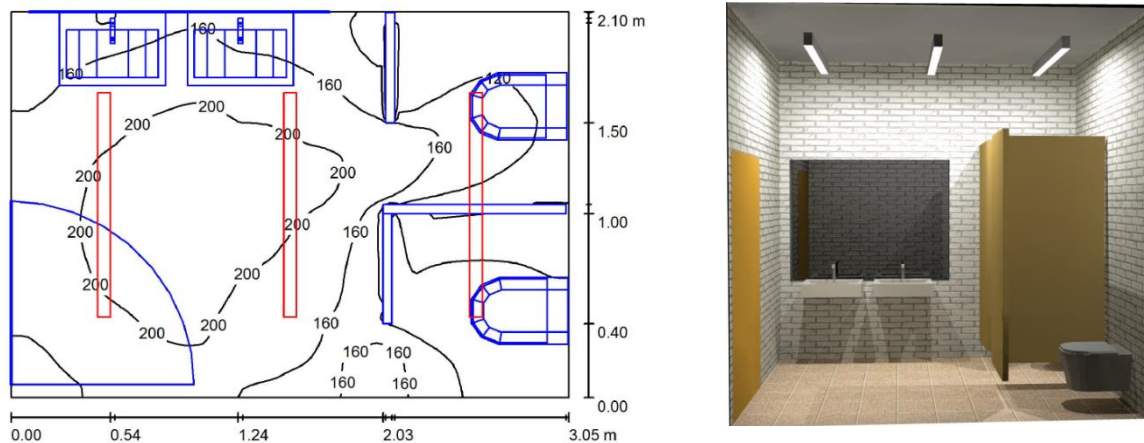
Figura 2. Vista general de Laboratorios Edificio Colisur, Instituto de Física.



En la figura 3 se muestra la simulación de los sanitarios de este edificio la altura de este recinto es la misma que en todo el edificio de 3.4 m la altura del montaje de luminarias en específico para este tipo de áreas es de 2.94 m debido a que el tipo de luminarias propuestas para los sanitarios es tipo suspender mientras que para el resto del edificio son tipo empotrar.

El área que se consideró para este tipo de recintos es de 6.4 m^2 , se propusieron 3 luminarias LED tipo suspender marca Construlita modelo OF8021BBNA1 SLIM, cada luminaria tiene una potencia de 20 W por lo que tendría una potencia instalada de 60 W, el promedio de luxes que se obtuvo con esta propuesta es de 157 y un DPEA es de 9.37 W/m^2 cumpliendo con los requerimientos que establecen las normas aplicables

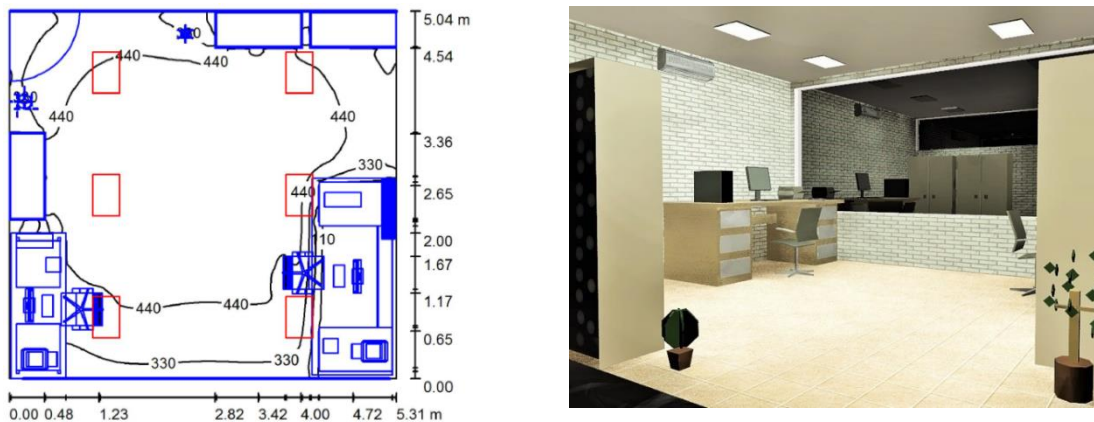
Figura 3. Vista general de Sanitarios Edificio Colisur, Instituto de Física.





En la figura 4 se muestra la simulación generalizada para oficinas del edificio Colisur, este recinto tiene la misma altura que todos los demás recintos, el área considerada es de 26.76 m^2 las luminarias que se proponen para este recinto son LED marca Construlita modelo OF1100BBNA1 con una potencia de 36 W la cantidad que se propone para una distribución de luminarias correcta es de 6 por lo que la potencia instalada es de 216 W, el promedio de luxes para este recinto es de 406 y un DPEA de 8.07 W/m^2 , por lo que cumplen con las normas antes mencionadas.

Figura 4. Vista general de Oficinas Edificio Colisur, Instituto de Física.

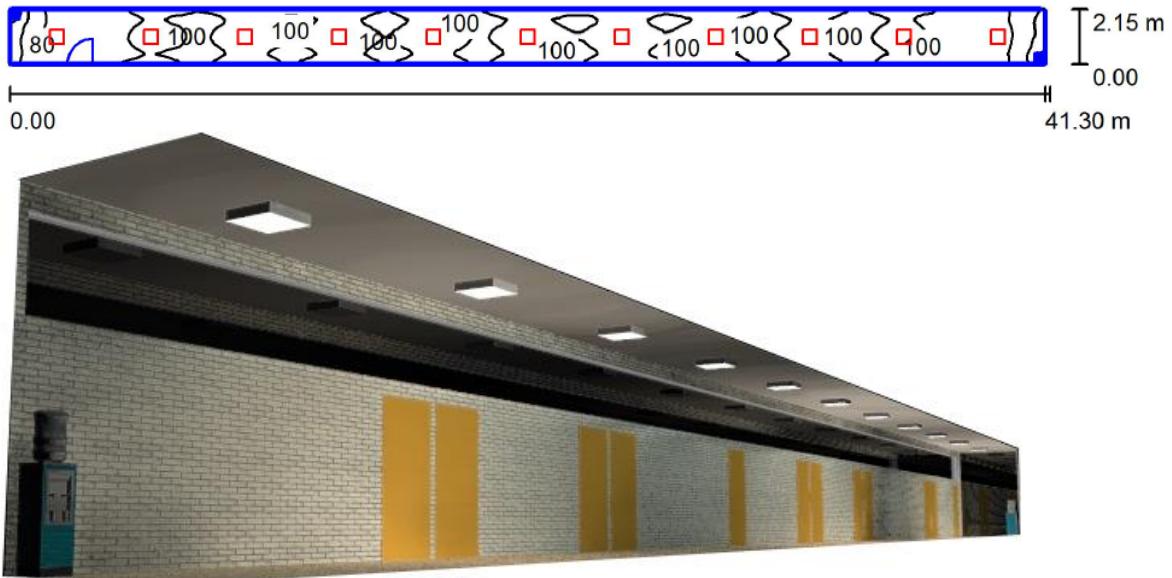


En la figura 5 se muestra el pasillo para este edificio de primer y segundo nivel se tienen más pasillos pero este se considera el más importante ya que es el más grande y cruzan el edificio Colisur casi en su totalidad. Este pasillo tiene un área de 88.79 m^2 la altura de montaje de luminarias para este recinto en particular de 3.4 m ya que no tiene plafón en donde se pueda montar la luminaria por lo que se deja a la altura del edificio.

El plano de trabajo para este recinto específicamente se considera a nivel del piso por ser el área requerida a iluminarse, se proponen luminarias LED marca Construlita modelo OF1021BBNA1 tipo empotrar, con potencia de 32 W cada una por lo que la potencia instalada será de 352 W ya que se necesitan 11 luminarias para tener una buena distribución de iluminación. El promedio de luxes que se obtiene con esta propuesta es de 97 y un DPEA de 4.07 W/m^2 por lo que se cumple con las normas y se obtiene un ahorro por consumo eléctrico.

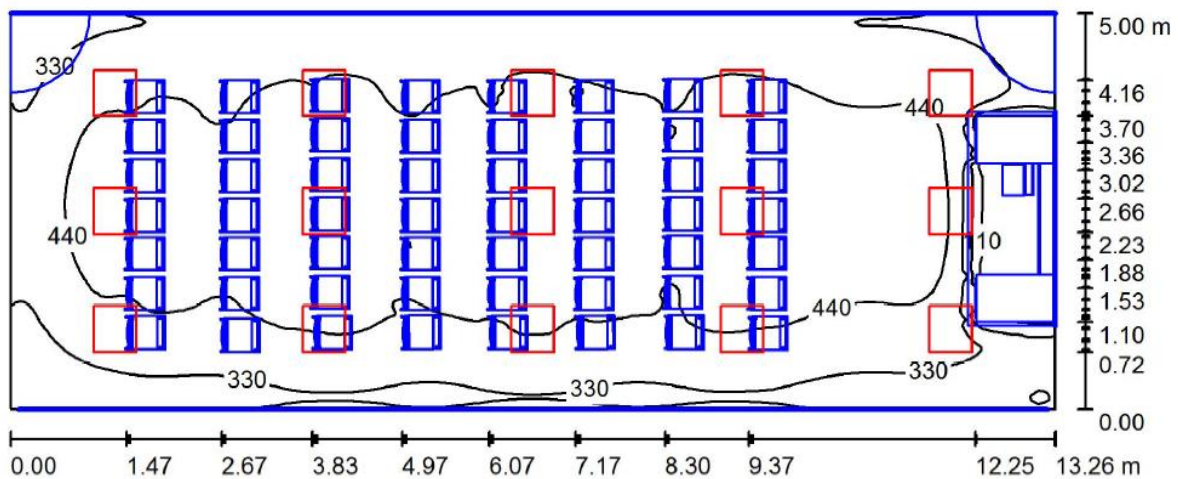


Figura 5. Vista general de Pasillo Edificio Colisur, Instituto de Física.



En la figura 6 se muestra una sala de seminarios con un área total de 66.3 m^2 , la altura de este recinto es de 3.4 m, las luminarias se instalaron a una altura de 3.12 m, las luminarias propuestas son LED marca Construlita modelo OF1040BBNA1 con una potencia de 30 W cada una, la potencia instalada total será de 450 W ya que se propone un total de 15 luminarias, el plano útil utilizado es de 0.85 por ser la altura de los pupitres utilizados en ese recinto, el promedio de luxes obtenido es de 416 W y un DPEA de 6.79 W/m^2 por lo que se cumple con las normas aplicables.

Figura 6. Vista general de Sala de seminarios Edificio Colisur, Instituto de Física.

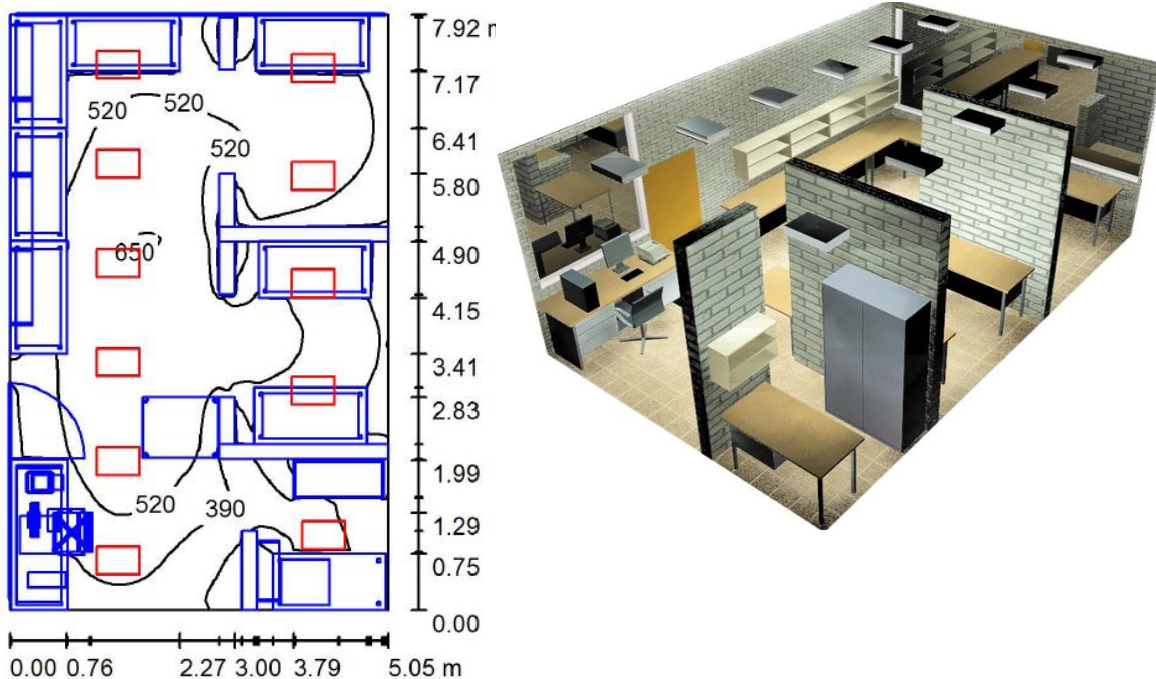




En el edificio Colisur existe un área específica para investigación conocida como microscopía, para esta zona no se pudo generalizar ningún área ya que todos los recintos son diferentes, por lo que se tuvo que simular cada área, a continuación se presentara solo algunas simulaciones las demás simulaciones se muestran en el anexo 4.

En la figura 7 se muestra un laboratorio especializado de microscopía conocido como laboratorio de preparación de muestras, este laboratorio tiene varios muros divisorios por lo que se tuvo que realizar varias simulaciones para obtener un nivel de iluminación óptimo, el área considerada para este laboratorio es de 40 m^2 , se proponen luminarias LED marca Construlita modelo OF1100BBNA1 con una potencia de 36 W por lo que la potencia instalada es de 396 W ya que se proponen 11 luminarias, el promedio de luxes es de 475 y un DPEA de 9.9 W/m^2 .

Figura 7. Vista general Laboratorio de Preparación de muestras Edificio Colisur, Instituto de Física.



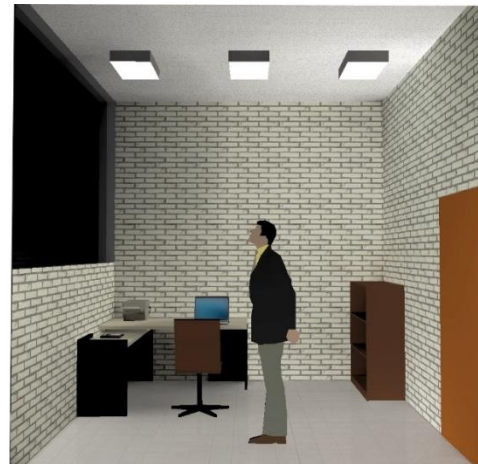
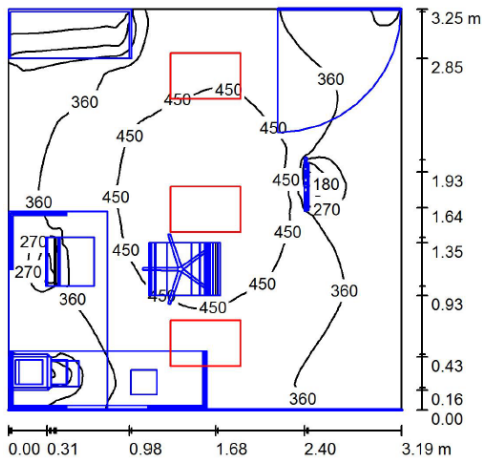


Edificio LEMA

Para la propuesta de iluminación en oficinas del edificio LEMA, se modeló y generalizó una oficina para el resto del edificio debido a que son muy similares, como se muestra en la figura 8, se hicieron varias simulaciones en el software para lograr buenos resultados, lo que se buscó fue tener una buena distribución de las luminarias para tener una iluminación adecuada en la zona de trabajo y cumplir con las normas establecidas.

Para realizar las simulaciones se tomó una altura de montaje de 3.37 m, el plano útil se propuso a una altura de 0.85 m que es la altura promedio de los escritorios, las oficinas tienen un área promedio de 10.37 m^2 , el promedio de los luxes dentro del recinto es de 375 luxes mientras que la NOU indica que el valor debe ser de $400 \text{ lx} \pm 10\%$ por lo que se concluye que este valor se encuentra dentro de la norma, el valor obtenido del DPEA es de 10.42 W/m^2 por lo que se cumple con los valores establecidos. Las luminarias que se proponen para las oficinas son Construlita modelo OF1100BBNA1 con una potencia de 36 W, con un total de tres luminarias por oficina por lo que tendremos una potencia instalada de 108 W.

Figura 8 Vista general de oficinas, Edificio LEMA, Instituto de Física.



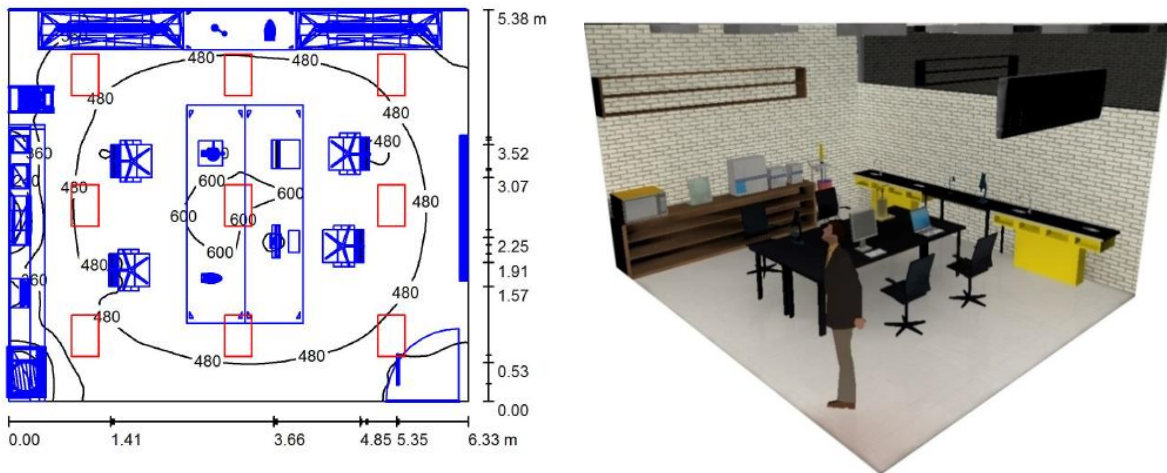
Para la propuesta de iluminación de los laboratorios del edificio LEMA, estos fueron generalizados, a excepción del Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores el cual tiene un área mucho mayor, se realizaron varias simulaciones para lograr buenos resultados, la simulación se muestra en la figura 9.

Se tomó una altura de montaje de 3.37 m, el plano útil se propuso a una altura de 0.85 m que es la altura promedio de las mesas de laboratorio, los laboratorios tienen un área promedio de 34.06 m^2 , el promedio de los luxes es de 466 lx mientras que la NOU nos marca que el valor debe ser de $500 \text{ lx} \pm 10\%$ por lo que este valor se encuentra dentro de la norma, el valor obtenido del DPEA es de 9.51 W/m^2 y el indicado es de 19.48 W/m^2 por



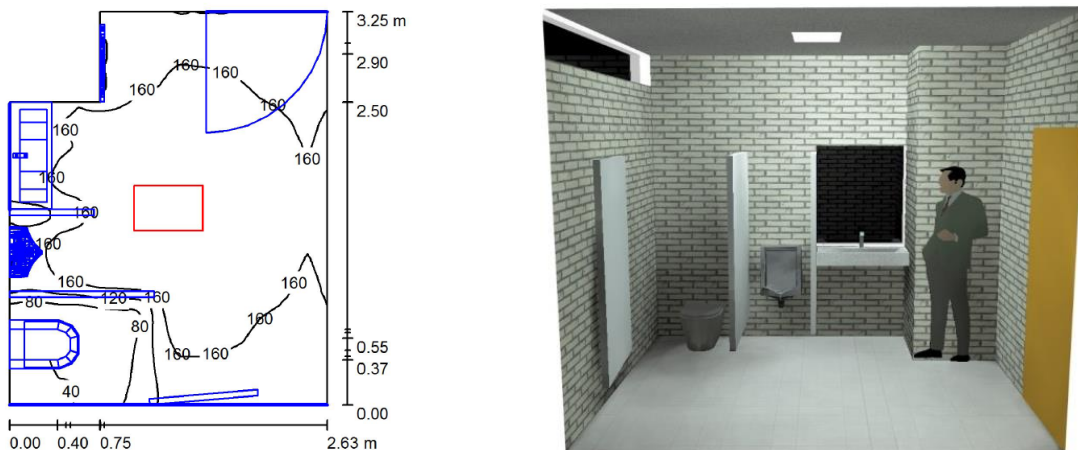
lo que se cumple las normas correspondientes. Las luminarias que se proponen para las oficinas son Construlita modelo OF1100BBNA1 con una potencia de 36 W, con un total de nueve luminarias por laboratorio por lo que tendremos una potencia instalada de 324 W.

Figura 9 Vista general de laboratorios, Edificio LEMA, Instituto de Física



Los sanitarios del edificio LEMA fueron generalizados para la propuesta de iluminación, como se muestra en la figura 10. Para realizar la simulaciones se tomó una altura de montaje de 2.90 m, el plano útil se propuso a nivel del suelo, los sanitarios tienen un área promedio de 7.98 m², el promedio de los luxes dentro del recinto que nos arroja la simulación es de 151 lx mientras que la NOU nos marca que el valor debe ser de 150 lx \pm 10% por lo que este valor cumple con la norma, el valor obtenido del DPEA es de 4.51 W/m² y el marcado es de 10.55 W/m² por lo que se cumple con la misma. Las luminarias que se proponen para las oficinas son Construlita modelo OF1100BBNA1 con una potencia de 36 W, con un total de una luminaria por sanitario por lo que tendremos una potencia instalada de 36 W.

Figura 10 Vista general de Sanitarios, Edificio LEMA, Instituto de Física

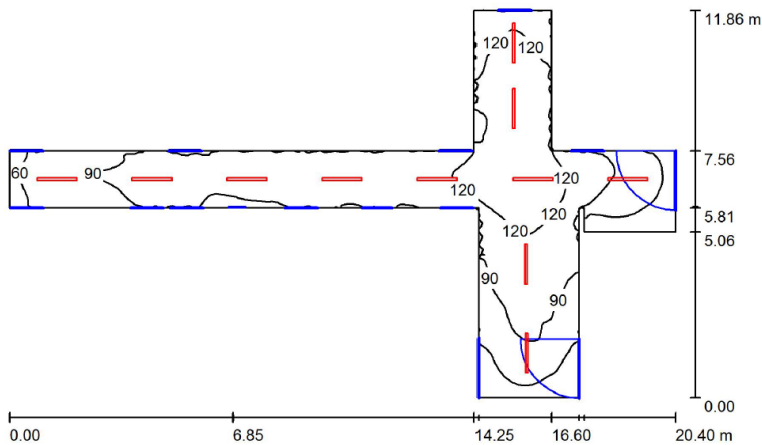




Los pasillos del edificio LEMA se muestran en la figura 11, se realizaron múltiples simulaciones para lograr los resultados deseados.

Se tomó una altura de montaje de 2.60 m debido a que son luminarias tipo suspender el plano útil se propuso a nivel del suelo, los pasillos tienen un área promedio de 65.80 m^2 , el promedio de los luxes dentro del recinto obtenido de la simulación es de 97 lx mientras que la NOU indica que el valor debe ser de $100 \text{ lx} \pm 10\%$ por lo que este valor cumple con la norma, el valor obtenido del DPEA es de 2.92 W/m^2 siendo 7.1 W/m^2 el valor indicado por la norma correspondiente por lo que se cumple con la misma. Las luminarias que se proponen para los pasillos son Construlita modelo OF8021BBNA1 con una potencia de 17 W, con un total de once luminarias por pasillo por lo que tendremos una potencia instalada de 187 W.

Figura 11 Vista general de Sanitarios, Edificio LEMA, Instituto de Física



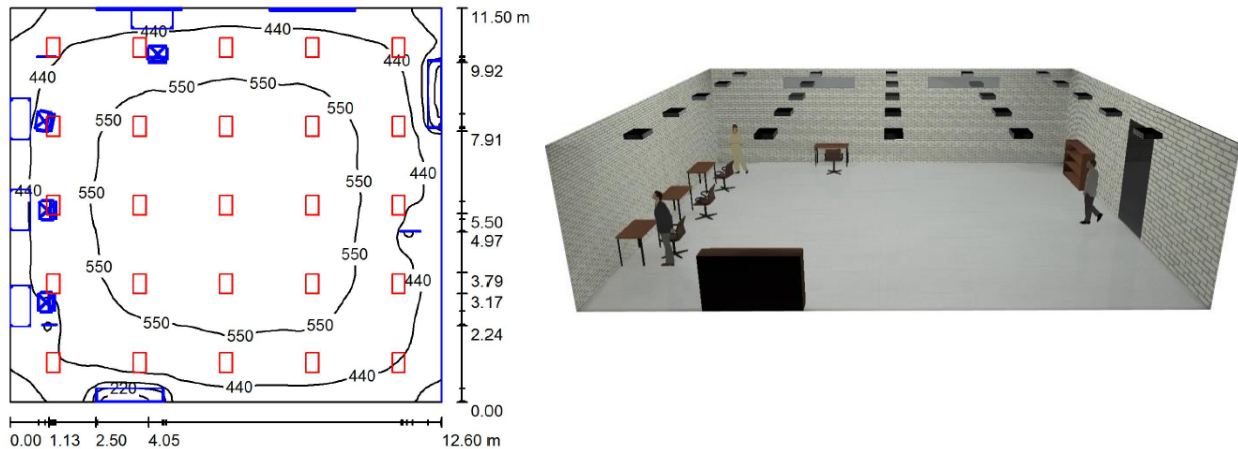
EL Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores es un caso particular ya que es el laboratorio que le da el nombre al edificio, en la figura 12 se muestra parte de la simulación.

Para realizar la simulaciones se tomó una altura de montaje de 3.70 m, el plano útil se propuso a una altura de 0.80 m ya que es la altura promedio de las mesas de laboratorio, tiene un área promedio de 144.90 m^2 , el promedio de los luxes dentro del recinto es de 498 lx mientras que la NOU nos marca que el valor debe ser de $500 \text{ lx} \pm 10\%$ por lo que este valor cumple con la norma,



el valor obtenido del DPEA es de 1.27 W/m^2 y el marcado por la NOM-007-ENER-2014 19.48 W/m^2 por lo que se cumple con la normatividad. Las luminarias que se proponen para los pasillos son Construlita modelo OF100BBNA1 con una potencia de 36.7 W , con un total de veinticinco luminarias por lo que tendremos una potencia instalada de 917.5 W .

Figura 12 Vista general del Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores, Edificio LEMA, Instituto de Física



2.6 Planos de sistema de Iluminación propuesto

Estos planos se realizaron en base a las simulaciones hechas, la distribución de luminarias arrojada por el software DIALux se representa en los planos de este subcapítulo, en este subcapítulo capítulo además de presentar los planos del sistema de iluminación, se dará una breve descripción de algunos detalles que resulta conveniente mencionar.

En los pasillos se propone instalar sensores de presencia para que no estén encendidas las 24 horas del día, y por la noche solo funcionaran la mitad de las luminarias instaladas, la otra mitad de luminarias debido a la ausencia de personal no funcionara ya que estas serán manejadas por medio de sensores, con esto se espera consumir solo la mitad de la energía eléctrica del sistema de iluminación durante las horas no laborables.

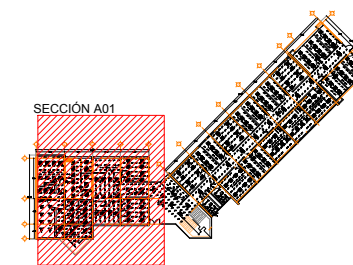
Las luminarias instaladas en los vestíbulos serán manipuladas por medio de fotoceldas ya que estos vestíbulos no tienen muros solo ventanales por lo que no es necesaria la iluminación a lo largo del día por lo que estas deberán encender paulatinamente conforme disminuya la luz solar, con lo que se lograra solo iluminar estas áreas solo durante la noche y ahorrar el consumo eléctrico de estas áreas durante el día.

En todos los recintos se propone tener 2 apagadores debido a que todos tienen ventanales y se pretende utilizar la iluminación natural durante el día por lo que las luminarias cercanas a los ventanales tendrán un apagador independiente.



En los sanitarios se propone que las luminarias sean manejadas por medio de sensores de presencia en la totalidad de las luminarias, para que estas enciendan solo cuando personal haga uso de estas áreas.

En estos planos se incluye la distribución de luxes sobre el plano de trabajo que se calculó con la ayuda del simulador DIALux, esto con el objetivo de mostrar que la iluminación que se brinda con el nuevo sistema de iluminación propuesta cumple con las normas antes mencionadas además de tener una iluminación uniforme sobre el plano útil, a continuación se muestran los planos del sistema de iluminación para cada edificio.



NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO
PLANTA BAJA

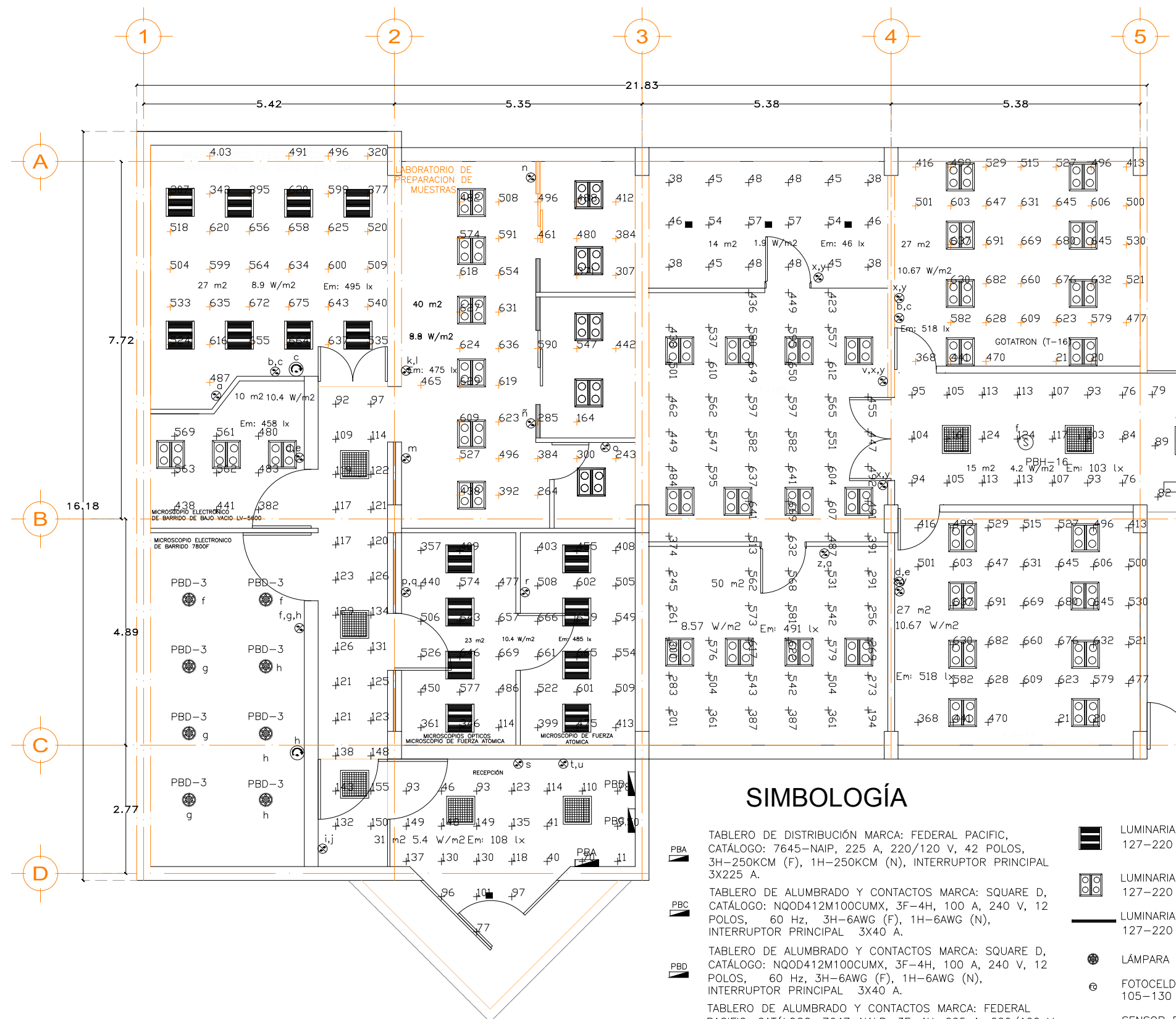
ESCALA CLAVE

1:100

ACOTACIÓN
METROS

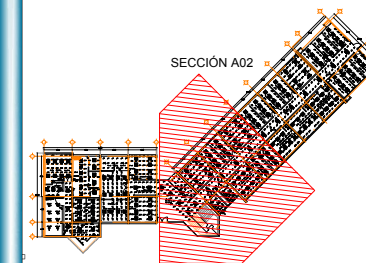
IEA-A01

Dependencia
INSTITUTO DE FÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA



SIMBOLOGÍA

- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7645-NAIP, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-250KCM (F), 1H-250KCM (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7647-NALP, 3F-4H, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 60 Hz, 3H-4/0AWG (F), 1H-4/0AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF8021BBNA, 20W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SUSPENDER
- LÁMPARA DE LED 13 W, 50 V, 60 Hz.
- FOTOCELDA TORK, MODELO 2003-A, 1500 W, 1800 VA, 105-130 V, 50-60 Hz.
- SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA IPSA, MODELO LX28A, 800 W, 90-130 V, 50-60 Hz.
- APAGADOR SENCILLO 15 A.
- DIMMER SIN DATOS.



SIMBOLOGÍA

- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7645-NAIP, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-250KCM (F), 1H-250KCM (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7647-NALP, 3F-4H, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 60 Hz, 3H-4/0AWG (F), 1H-4/0AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1021BBNA, 32W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1040BBNA, 30W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF8021BBNA, 20W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SUSPENDER
- LÁMPARA DE LED 13 W, 50 V, 60 Hz.
- FOTOCELDA TORK, MODELO 2003-A, 1500 W, 1800 VA, 105-130 V, 50-60 Hz.
- SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA IPSA, MODELO LX28A, 800 W, 90-130 V, 50-60 Hz.
- APAGADOR SENCILLO 15 A.
- DIMMER SIN DATOS.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PLANTA BAJA- COLISUR SECCIÓN A02

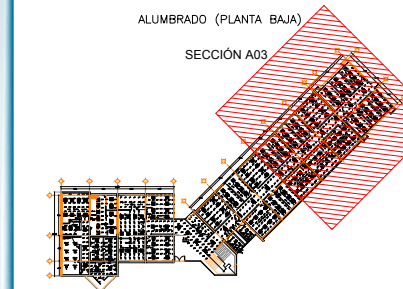
ACOTACIONES MTS.

NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO DE UBICACIÓN
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO PLANTA BAJA

ESCALA CLAVE
1:100
ACOTACIÓN IEA-A02
METROS

Dependencia
INSTITUTO DE FÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA



NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO
PLANTA BAJA

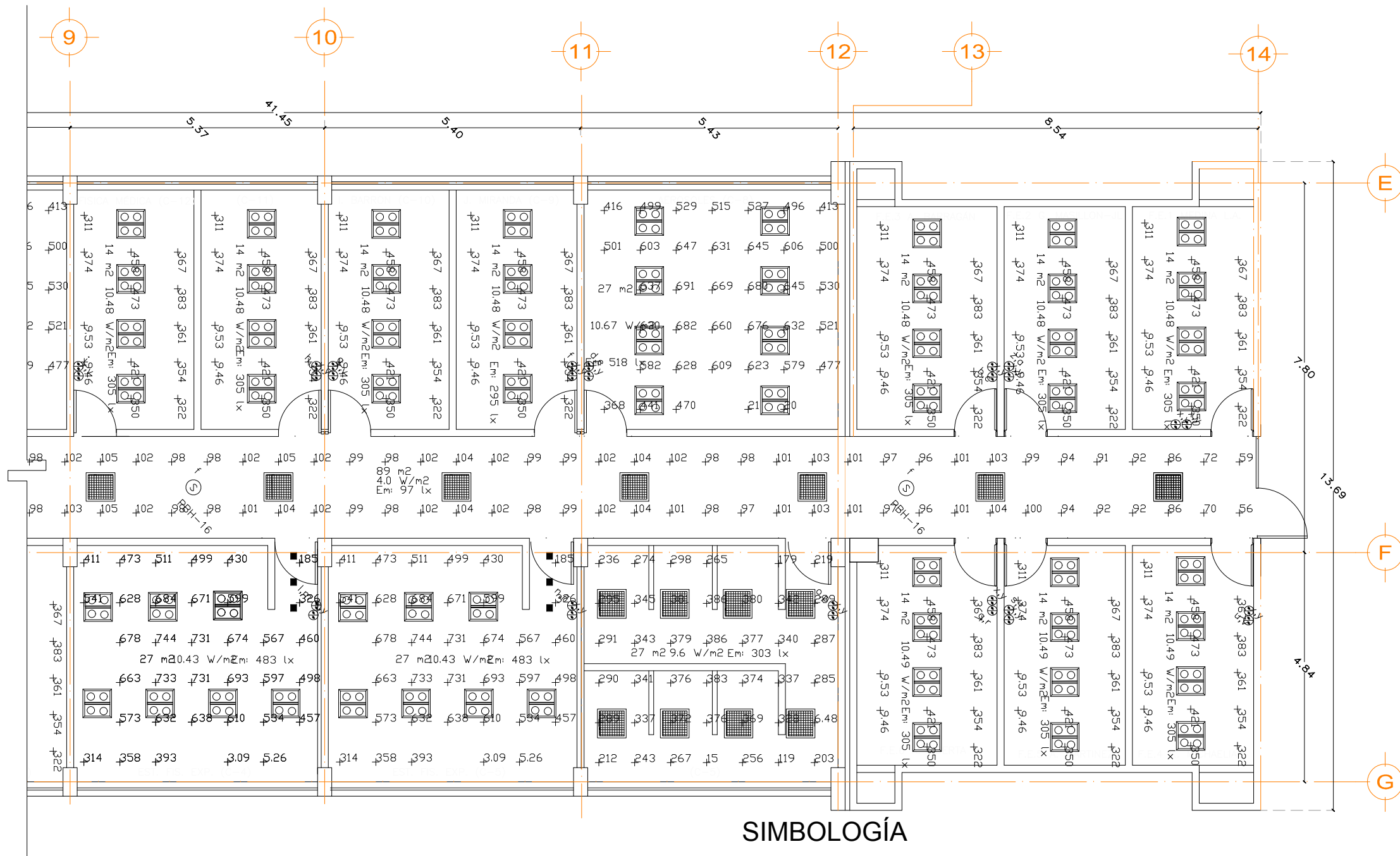
ESCALA CLAVE

1:100

ACOTACION IEA-A03

METROS

Dependencia
INSTITUTO DE FÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA

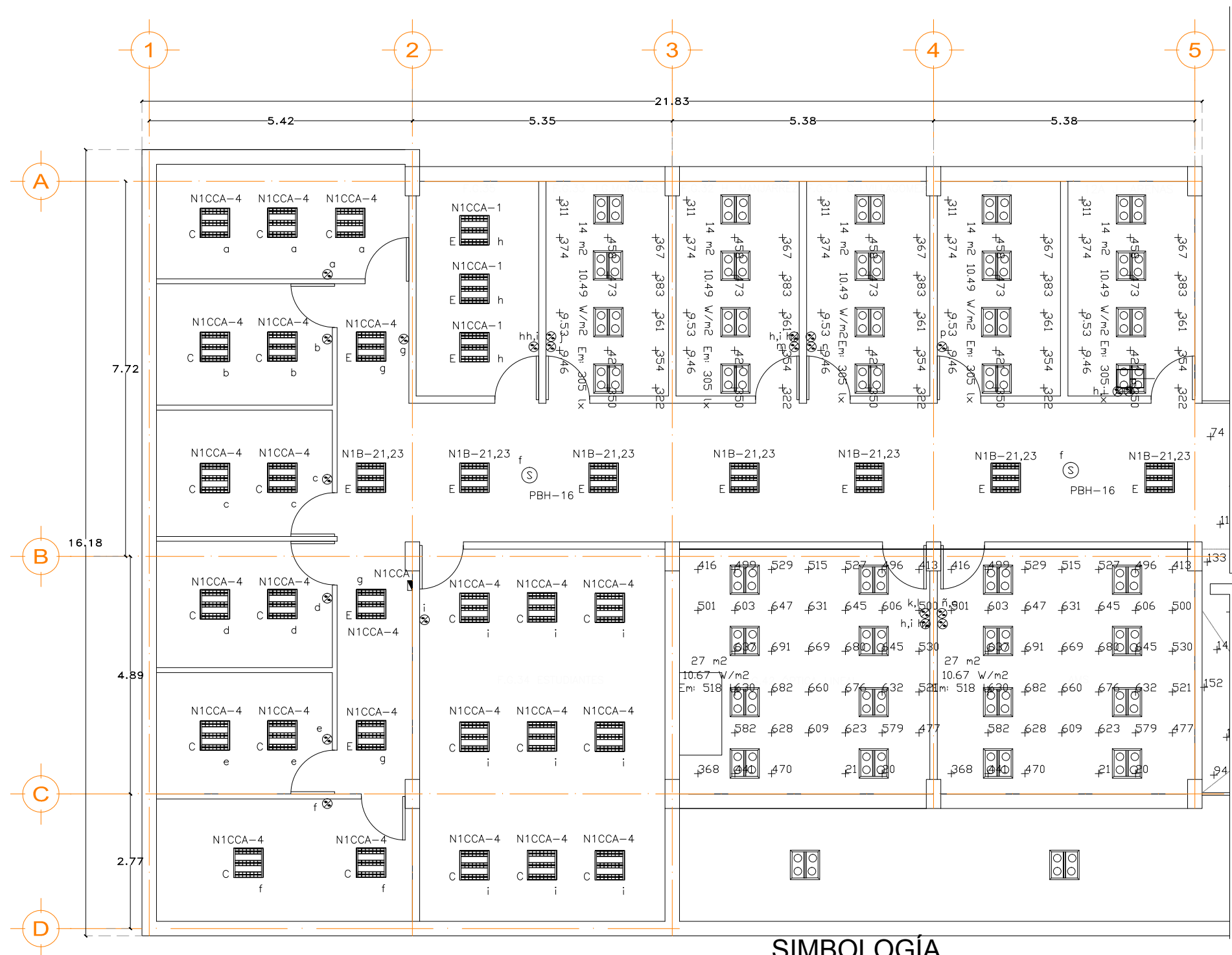
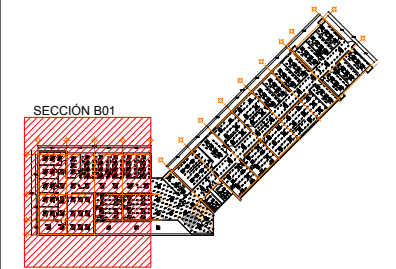


SIMBOLOGÍA

- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7645-NAIP, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-250KCM (F), 1H-250KCM (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7647-NALP, 3F-4H, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 60 Hz, 3H-4/OAWG (F), 1H-4/OAWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF8021BBNA, 20W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SUSPENDER
- LÁMPARA DE LED 13 W, 50 V, 60 Hz.
- FOTOCELDA TORK, MODELO 2003-A, 1500 W, 1800 VA, 105-130 V, 50-60 Hz.
- SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA IPSA, MODELO LX28A, 800 W, 90-130 V, 50-60 Hz.
- APAGADOR SENCILLO 15 A.
- DIMMER SIN DATOS.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PLANTA BAJA-COLISUR
SECCIÓN A03

ACOTACIONES MTS.



SIMBOLOGÍA

- | | |
|---|---|
| <p>PBA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7645-NAIP, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-250KCM (F), 1H-250KCM (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.</p> <p>PBC TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.</p> <p>PBD TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.</p> <p>PBH TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7647-NALP, 3F-4H, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 60 Hz, 3H-4/OAWG (F), 1H-4/OAWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.</p> <p>■ LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER</p> <p>■ LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1021BBNA, 32W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER</p> | <p>▬ LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1040BBNA, 30W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER</p> <p>▬ LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER</p> <p>▬ LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF8021BBNA, 20W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SUSPENDER</p> <p>● LÁMPARA DE LED 13 W, 50 V, 60 Hz.</p> <p>⊕ FOTOCELDA TORK, MODELO 2003-A, 1500 W, 1800 VA, 105-130 V, 50-60 Hz.</p> <p>⊖ SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA IPSA, MODELO LX28A, 800 W, 90-130 V, 50-60 Hz.</p> <p>⊗ APAGADOR SENCILLO 15 A.</p> <p>⊙ DIMMER SIN DATOS.</p> |
|---|---|

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PRIMER NIVEL-COLISUR
SECCIÓN B01



NOMBRE DE LA TESIS

DIAGNOSTICO ENERGETICO APLICADO A EDIFICIOS COLISUR Y LEMA DEL INSTITUTO DE FISICA

ALUMNOS:

GARCÍA FLORES JOSE LUIS

MORALES VALENCIA JONATAN

PALOMINO HERNANDEZ RAFAEL

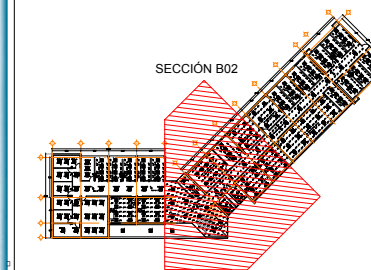
ASESOR:

ELEUTERIA SILVINA ALONSO SALINAS

PLANO DE UBICACIÓN

ALUMBRADO (PRIMER NIVEL)

SECCIÓN B02



SIMBOLOGÍA



SIMBOLOGÍA

- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7645-NAIP, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-250KCM (F), 1H-250KCM (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7647-NALP, 3F-4H, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 60 Hz, 3H-4/OAWG (F), 1H-4/OAWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1021BBNA, 32W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1040BBNA, 30W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF8021BBNA, 20W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SUSPENDER
- LÁMPARA DE LED 13 W, 50 V, 60 Hz.
- FOTOCELDA TORK, MODELO 2003-A, 1500 W, 1800 VA, 105-130 V, 50-60 Hz.
- SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA IPSA, MODELO LX28A, 800 W, 90-130 V, 50-60 Hz.
- APAGADOR SENCILLO 15 A.
- DIMMER SIN DATOS.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PRIMER NIVEL-COLISUR SECCIÓN B02

ACOTACIONES MTS.

NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO PRIMER NIVEL

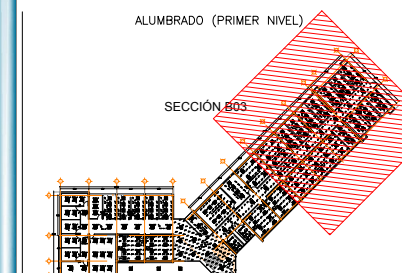
ESCALA CLAVE

1:100

ACOTACIÓN IEA-B02

METROS

Dependencia INSTITUTO DE FISICA CIUDAD UNIVERSITARIA



NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO
PRIMER NIVEL

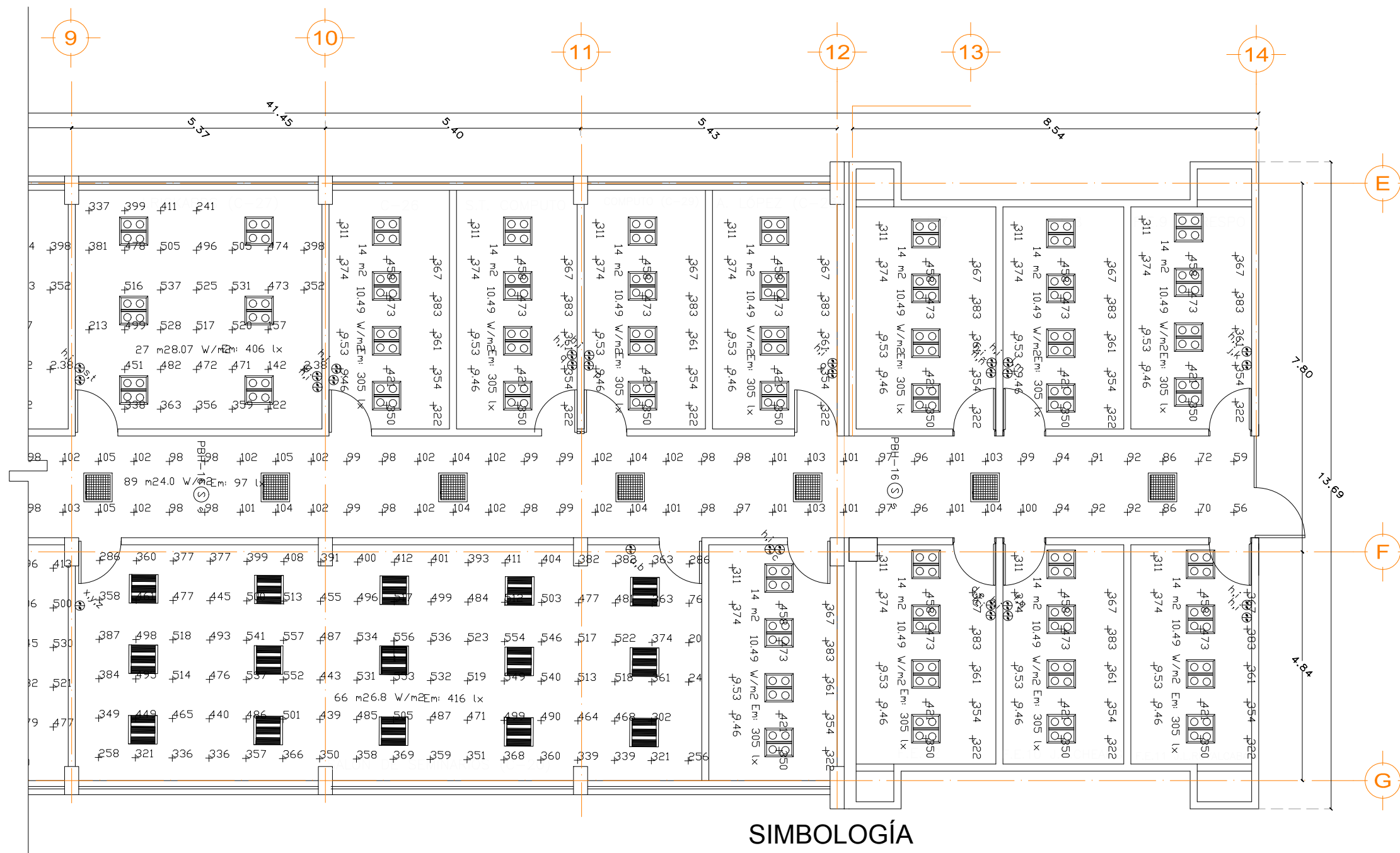
ESCALA CLAVE

1:100

ACOTACIÓN
METROS

IEA-B03

Dependencia
INSTITUTO DE FÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA



SIMBOLOGÍA

- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7645-NAIP, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-250KCM (F), 1H-250KCM (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD412M100CUMX, 3F-4H, 100 A, 240 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X40 A.
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: FEDERAL PACIFIC, CATÁLOGO: 7647-NALP, 3F-4H, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 60 Hz, 3H-4/OAWG (F), 1H-4/OAWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1021BBNA, 32W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1040BBNA, 30W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF8021BBNA, 20W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SUSPENDER
- LÁMPARA DE LED 13 W, 50 V, 60 Hz.
- FOTOCELDA TORK, MODELO 2003-A, 1500 W, 1800 VA, 105-130 V, 50-60 Hz.
- SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA IPSA, MODELO LX28A, 800 W, 90-130 V, 50-60 Hz.
- APAGADOR SENCILLO 15 A.
- DIMMER SIN DATOS.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PRIMER NIVEL-COLISUR
SECCIÓN B03

ACOTACIONES MTS.

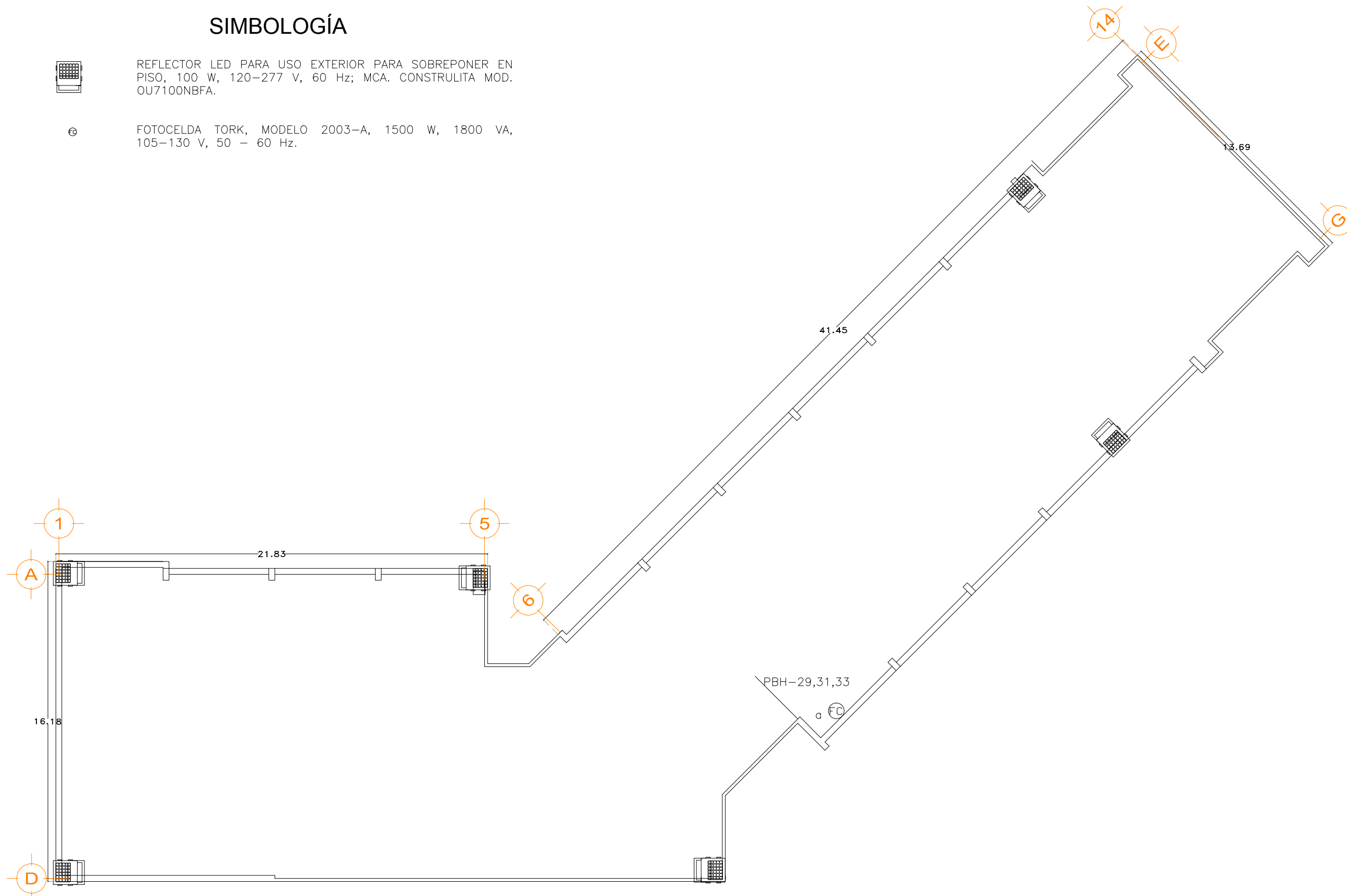
SIMBOLOGÍA



REFLECTOR LED PARA USO EXTERIOR PARA SOBREPONER EN PISO, 100 W, 120-277 V, 60 Hz; MCA. CONSTRULITA MOD. OU7100NBFA.



FOTOCELDA TORK, MODELO 2003-A, 1500 W, 1800 VA, 105-130 V, 50 - 60 Hz.



INSTALACIÓN ELÉCTRICA AZOTEA-COLISUR
SECCIÓN C01

ACOTACIONES MTS.

UNAM



FAC. INGENIERÍA

NOMBRE DE LA TESIS

DIAGNOSTICO ENERGETICO APLICADO A EDIFICIOS COLISUR Y LEMA DEL INSTITUTO DE FISICA

ALUMNOS:

GARCÍA FLORES JOSE LUIS

MORALES VALENCIA JONATAN

PALOMINO HERNANDEZ RAFAEL

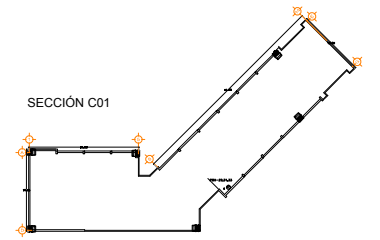
ASESOR:

ELEUTERIA SILVINA ALONSO SALINAS

PLANO DE UBICACIÓN

ALUMBRADO EXTERIOR (COLISUR - AZOTEA)

SECCIÓN C01



S I M B O L O G I A

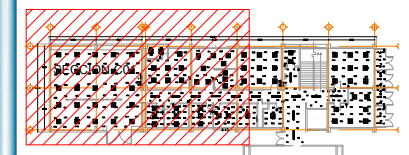
NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

P L A N O
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO
AZOTEA

ESCALA CLAVE
1:50

ACOTACIÓN METROS
EA-C01

Dependencia
INSTITUTO DE FISICA
CIUDAD UNIVERSITARIA



NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO
PLANTA BAJA

ESCALA CLAVE

1:100

ACOTACION

EA-A04

METROS

Dependencia

INSTITUTO DE FISICA

CIUDAD UNIVERSITARIA



SIMBOLOGÍA

-  TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD442L225CU, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-2/OAWG (F), 1H-2/OAWG (N), 1Hd-8AWG (T.F.), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X150 A.
-  TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD244AB11, 24 POLOS, 100 A, 220/127 V, 3H-2AWG (F), 1H-2AWG (N), 1Hd-10AWG (T.F.), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X100 A.
-  LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
-  LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, OF8021BBNA,17W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO COLGANTE
-  LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1021BBNA, 32W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
-  LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
-  SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA LEVITON, CATÁLOGO: ODC OD-L1W, 120 V, 8,3 A, 60 HZ, 1000 W LÁMPARAS INCANDESCENTES, 1000 VA LÁMPARAS FLUORESCENTES.
-  SENSOR DE PARED MULTI-TECNOLOGÍA MARCA: LEVITON, MODELO OSW12-MOV, 24 VDC, 25 mA, (0,6 W).
-  APAGADOR SENCILLO 15 A.



SIMBOLOGÍA

- 

AC1
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD442L225CU, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-2/0AWG (F), 1H-2/0AWG (N), 1Hd-8AWG (T.F.), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X150 A.
- 

L
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D CATÁLOGO: NQOD244AB11, 24 POLOS, 100 A, 220/127 V, 3H-2AWG (F), 1H-2AWG (N), 1Hd-10AWG (T.F.), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X100 A.
- 

■
LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- 

▬
LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, OF8021BBNA,17W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO COLGANTE
- 

■
LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1021BBNA, 32W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- 

■
LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- 

⊙
SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA LEVITON, CATÁLOGO: ODC OD-L1W, 120 V, 8,3 A, 60 HZ, 1000 W LÁMPARAS INCANDESCENTES, 1000 VA LÁMPARAS FLUORESCENTES.
- 

⊙
SENSOR DE PARED MULTI-TECNOLOGÍA MARCA: LEVITON, MODELO OSW12-MOV, 24 VDC, 25 mA, (0.6 W).
- 

⊙
APAGADOR SENCILLO 15 A.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PLANTA BAJA-LEMA SECCIÓN A05

ACOTACIONES MTS.

UNAM



FAC. INGENIERÍA

NOMBRE DE LA TESIS

DIAGNOSTICO ENERGETICO APLICADO A EDIFICIOS COLISUR Y LEMA DEL INSTITUTO DE FISICA

ALUMNOS:

GARCÍA FLORES JOSE LUIS

MORALES VALENCIA JONATAN

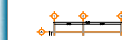
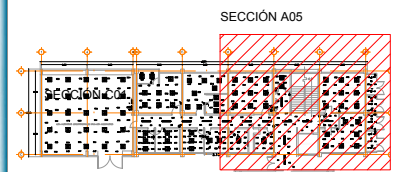
PALOMINO HERNANDEZ RAFAEL

ASESOR:

ELEUTERIA SILVINA ALONSO SALINAS

PLANO DE UBICACIÓN

ALUMBRADO (L.E.M.A.-PLANTA BAJA)



S I M B O L O G I A

NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

P L A N O
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO
PLANTA BAJA

E S C A L A C L A V E

1:100

ACOTACIÓN

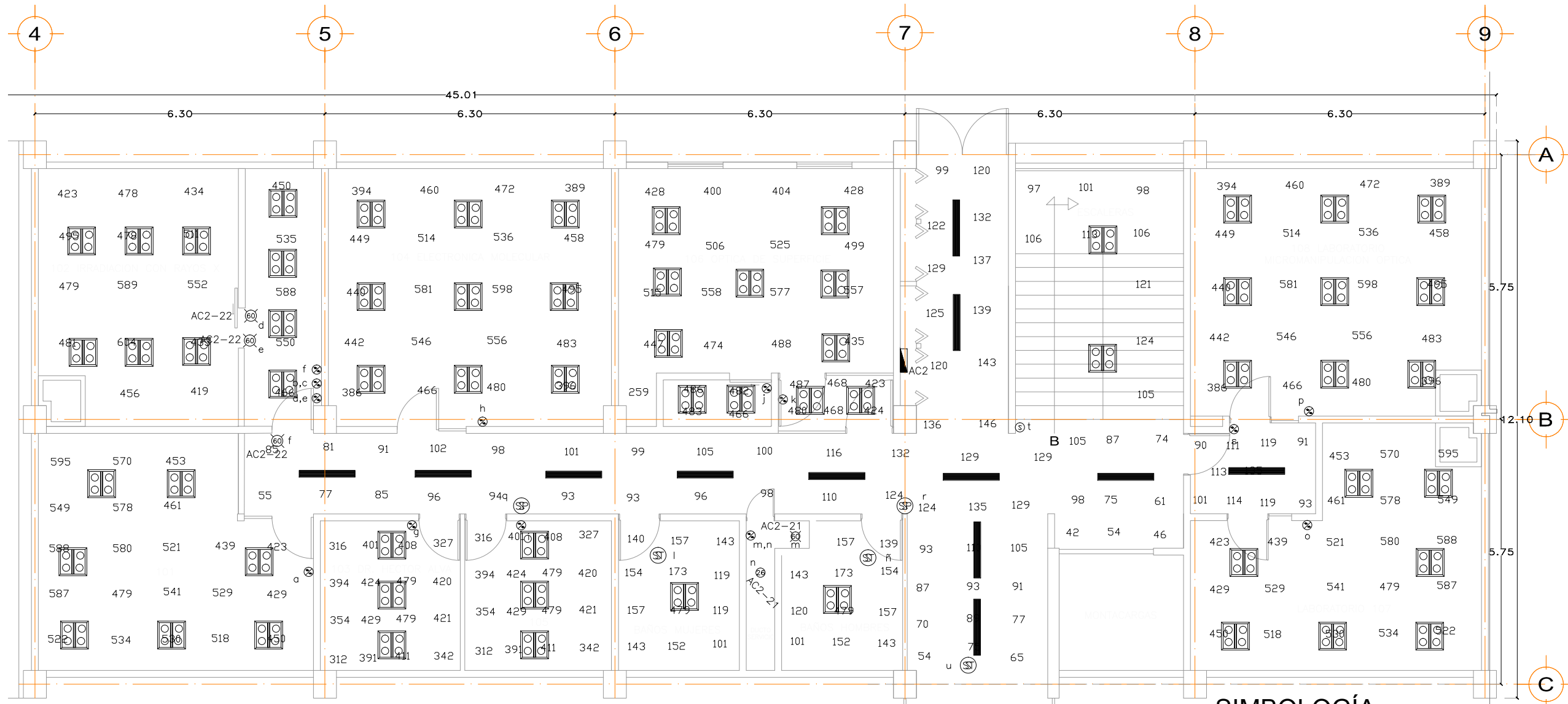
EA-A05

METROS

Dependencia

INSTITUTO DE FISICA

CIUDAD UNIVERSITARIA



SIMBOLOGÍA

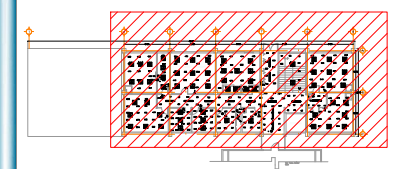
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD442L225CU, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-2/OAWG (F), 1H-2/OAWG (N), 1Hd-8AWG (T.F.), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X150 A.

TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD244AB11, 24 POLOS, 100 A, 220/127 V, 3H-2AWG (F), 1H-2AWG (N), 1Hd-10AWG (T.F.), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X100 A.

- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, OF8021BBNA,17W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO COLGANTE
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1021BBNA, 32W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- Ⓢ SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA LEVITON, CATÁLOGO: ODC OD-L1W, 120 V, 8,3 A, 60 HZ, 1000 W LÁMPARAS INCANDESCENTES, 1000 VA LÁMPARAS FLUORESCENTES.
- Ⓢ SENSOR DE PARED MULTI-TECNOLOGÍA MARCA: LEVITON, MODELO OSW12-MOV, 24 VDC, 25 mA, (0.6 W).
- ⊗ APAGADOR SENCILLO 15 A.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PRIMER NIVEL -LEMA SECCIÓN B04

ACOTACIONES MTS.



NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO
PRIMER NIVEL

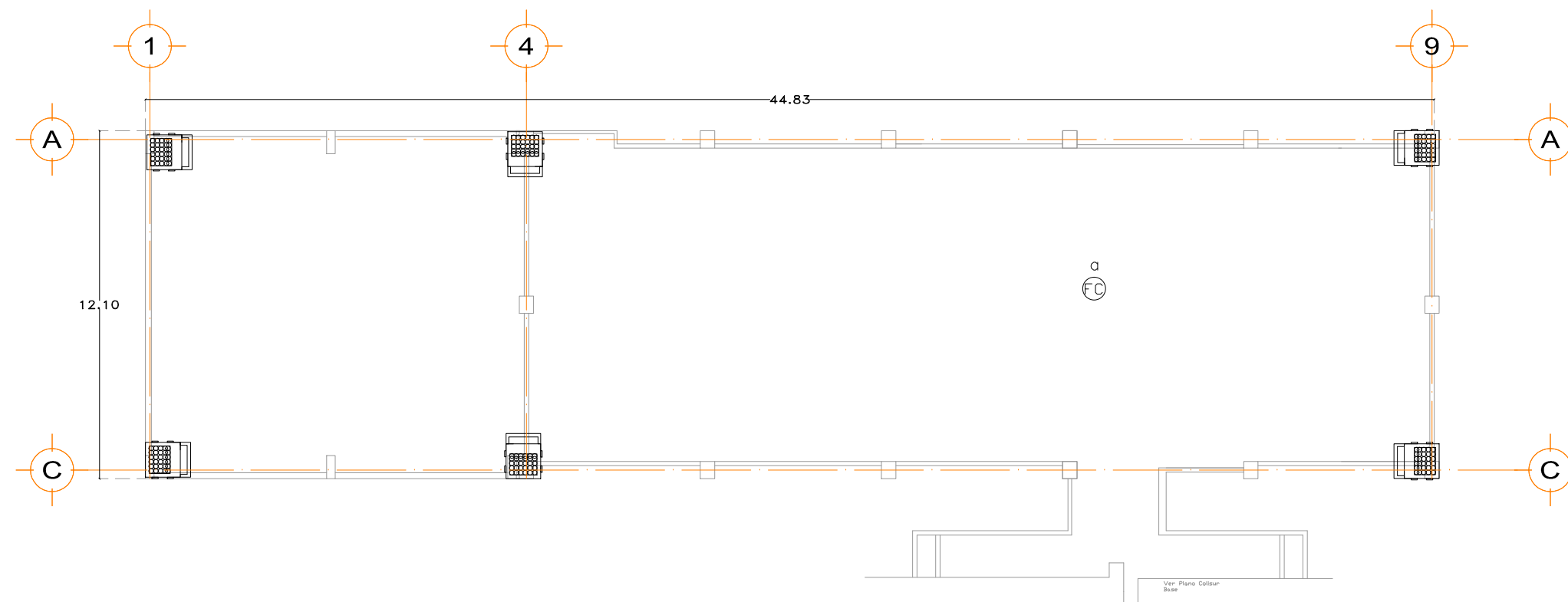
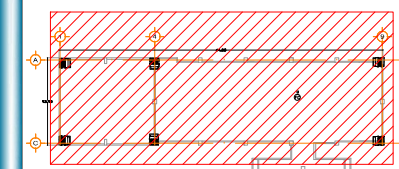
ESCALA CLAVE

1:100

ACOTACIÓN METROS

EA-B04

Dependencia
INSTITUTO DE FISICA
CIUDAD UNIVERSITARIA



SIMBOLOGÍA

- 

TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD442L225CU, 225 A, 220/120 V, 42 POLOS, 3H-2/0AWG (F), 1H-2/0AWG (N), 1Hd-8AWG (T.F.), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X150 A.
- 

TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQOD244AB11, 24 POLOS, 100 A, 220/127 V, 3H-2AWG (F), 1H-2AWG (N), 1Hd-10AWG (T.F.), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X100 A.
- 

LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:CO1169BBNB, 9W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- 

LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, OF8021BBNA,17W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO COLGANTE
- 

LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1021BBNA, 32W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- 

LUMINARIA LED MARCA: CONSTRULITA, MODELO:OF1100BBNA, 36W 127-220 V, 50,000 HRS VIDA PROMEDIO TIPO SOBREPONER
- 

SENSOR DE MOVIMIENTO PARA TECHO MARCA LEVITON, CATÁLOGO: ODC OD-L1W, 120 V, 8,3 A, 60 HZ, 1000 W LÁMPARAS INCANDESCENTES, 1000 VA LÁMPARAS FLUORESCENTES.
- 

SENSOR DE PARED MULTI-TECNOLOGÍA MARCA: LEVITON, MODELO OSW12-MOV, 24 VDC, 25 mA, (0.6 W).
- 

APAGADOR SENCILLO 15 A.

NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO
PRIMER NIVEL

ESCALA CLAVE

1:50

ACOTACIÓN

METROS

EA-C02

Dependencia
INSTITUTO DE FÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA



Capítulo 3 Aire acondicionado

En la actualidad la aplicación de Sistemas de Aire Acondicionado es indispensable en todo edificio debido a que es necesario tener un nivel de confort óptimo, así como obtener un funcionamiento adecuado de los equipos electrónicos que en él se encuentran.

El objetivo de este capítulo es calcular y seleccionar un equipo de aire acondicionado a partir de la situación actual del edificio, para obtener un ambiente confortable y saludable, así como realizar una propuesta de equipos más eficientes.

Los parámetros por considerar, para el desarrollo del diseño correcto, son: las condiciones geográficas, temperaturas de cálculo estimadas en base a estadísticas de cuando menos 20 años para verano e invierno, orientación solar, condicionantes del diseño arquitectónico, así como proporcionar la calidad del aire interior requerida, y principalmente las recomendaciones indicadas por la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. (ASHRAE).

3.1 Cantidad de equipos y consumo eléctrico por cada tecnología.

Para obtener la cantidad y tipos de equipos instalados en los edificios en estudio, se realizó un levantamiento eléctrico de equipos de aire acondicionado, de acuerdo a su consumo eléctrico y su capacidad de refrigeración, también se realizó un censo con las personas que hacen uso de estos equipos acerca del tiempo que son utilizados y con qué frecuencia, para posteriormente poder realizar un análisis y propuesta de equipos, como se muestra en la Tabla 22 y 23.

Edificio Colisur

Tabla 22. Equipos de Aire acondicionado Instalado en edificio Colisur.

| Equipo | Cantidad | Potencia Instalada [kW] | Consumo mensual [kWh] |
|--------------------------|----------|-------------------------|-----------------------|
| Unidad evaporadora | 8 | 0.8 | 65 |
| Unidad condensadora | 8 | 28.3 | 2268 |
| Ventilador de extracción | 3 | 1.1 | 89 |
| Unidad tipo paquete | 3 | 35.4 | 2834 |
| Aire a. tipo ventana | 1 | 1.2 | 99 |
| TOTAL | 23 | 66.9 | 5356.1 |

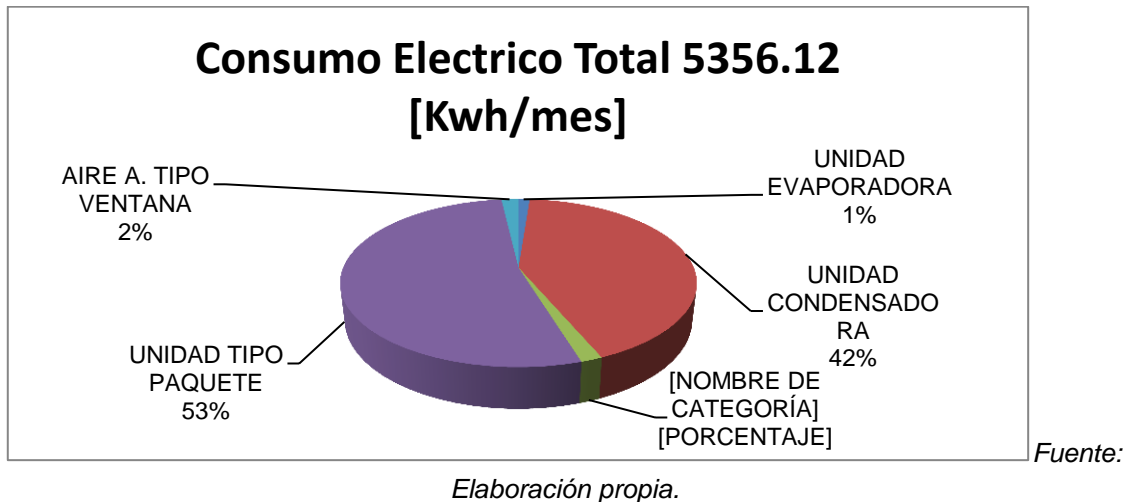
Fuente: *Elaboración propia, censo de equipos de Aire Acondicionado.*

En el censo de equipos para este edificio se obtuvo que los equipos predominantes son unidades Mini Split, estos equipos se conforman de una unidad condensadora y evaporadora con un consumo eléctrico de 2268 kWh mensual, las unidades paquete por ser de una capacidad de refrigeración alta tiene un consumo eléctrico mayor, aunque no son los de mayor cantidad en equipos instalados son los de mayor consumo eléctrico en Colisur con 2834 kWh mensual, como se observa en la Grafica 8.



Como resultado del levantamiento eléctrico se observa que el edificio Colisur tiene un consumo mensual de 5356.123 kWh mensual en Equipos de Aire Acondicionado, como se observa en la Tabla 22.

Grafica 14. Consumo Eléctrico Mensual de Equipos de Aire Acondicionado.



En la gráfica anterior se observa que equipos son los de mayor consumo eléctrico en este edificio, mostrando posibles cambios de equipos por otros con eficiencias más altas y consumo eléctrico menor como son los Mini Split y Unidades Paquete. Se observa que los ventiladores de extracción tienen un consumo bajo y son necesarios para tener aire más puro en los recintos por lo que a este tipo de equipos no se pretende realizar propuesta alguna.

Edificio LEMA.

De igual forma en el edificio LEMA se realizó un censo de equipos de Aire Acondicionado, en el cual se observa que el consumo eléctrico total es de 3443.4 kWh al mes, las unidades Mini-Split son las de mayor consumo eléctrico con 1689.6 kWh mensual, seguidas de las unidades paquete con 1336 kWh al mes como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. Equipos de Aire acondicionado Instalado en edificio Lema.

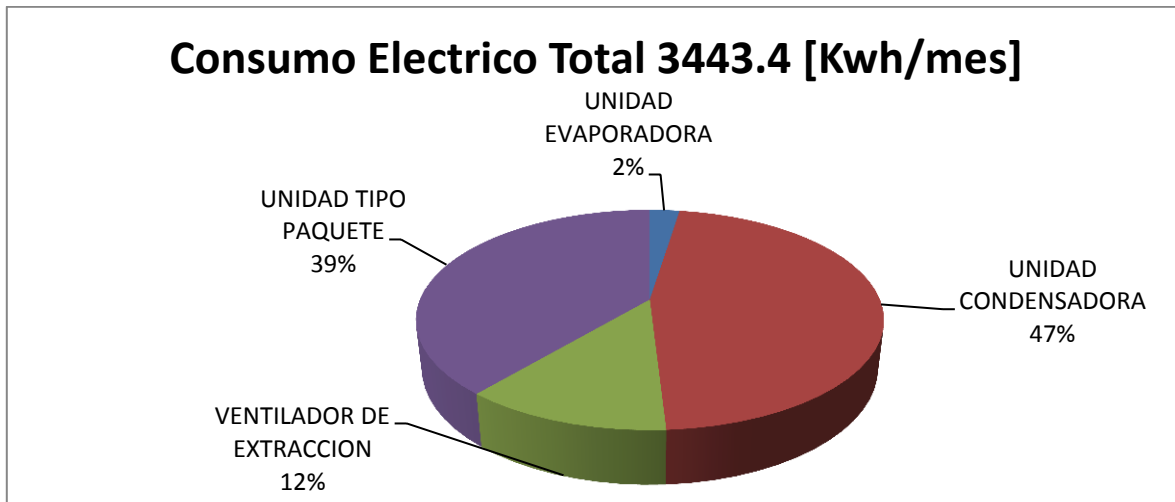
| Equipo | Cantidad | Potencia Instalada [kW] | Consumo mensual [KW] |
|--------------------------|----------|-------------------------|----------------------|
| Unidad evaporadora | 12.0 | 1.1 | 84.5 |
| Unidad condensadora | 12.0 | 20.1 | 1605.1 |
| Ventilador de extracción | 4.0 | 5.2 | 417.8 |
| Unidad tipo paquete | 1.0 | 16.7 | 1336.0 |
| TOTAL | 29.0 | 43.0 | 3443.4 |

Fuente: *Elaboración propia, censo de equipos de Aire Acondicionado.*



En la gráfica 15 se observa que equipos son los de mayor consumo eléctrico en porcentaje, esto da una visión clara de que equipos podrían sustituirse por equipos más eficientes y con un consumo eléctrico menor, se puede concluir con la ayuda de esta grafica que los equipos prioritarios a reemplazar son los equipos Mini-Split, y unidades paquete.

Grafica 15. Consumo Eléctrico Mensual de Equipos de Aire Acondicionado.



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Calculo de Cargas térmicas por recinto.

En este trabajo de tesis no se pretende realizar una nueva propuesta de aire acondicionado para los edificios solo se pretende hacer una análisis para tratar de hacer más eficiente el sistema de aire y verificar si los equipos instalados son correctos de acuerdo a la potencia térmica requerida por cada recinto, por lo que no se realizó el cálculo de cargas térmicas para todo el edificio, solo se analizaron las áreas que actualmente cuentan con equipos de aire acondicionado.

Este análisis es debido a que mientras se realizaban los levantamientos eléctricos y el censo de equipos se apreció que en algunas áreas los equipos de aire instalados eran excesivos en sus potencias térmicas, además cuando se visitaron las áreas que cuentan con aire acondicionado, en algunos lugares la sensación de frío era evidente y en otros se percibió que la temperatura de los recintos era alta aunque los equipos estaban funcionando.

En general, las condiciones térmicas de un recinto dependen de la magnitud de las pérdidas y ganancias de calor que está teniendo en un momento determinado, el recinto comenzara a calentarse cuando las ganancias de calor sean mayores que las pérdidas.

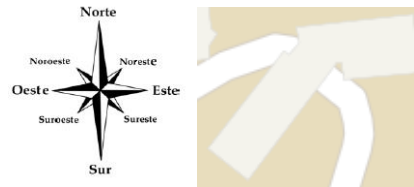


Para este análisis se ocuparán los datos mencionados en el subcapítulo 1.10, sabemos que el instituto está en la ciudad de México con una latitud norte de $19^{\circ}25'$, para esta latitud se encontró que la temperatura de bulbo seco es de 21°C , temperatura de bulbo húmedo de 17°C , y una temperatura promedio al exterior de 33.8°C .

Para realizar el análisis de ganancia de calor solar a través de ventanas es necesario conocer el factor de forma del cristal instalado en el instituto, este cristal es claro de 2 - 19 mm, se encontró que el factor de forma para este tipo de cristal es de 0.88 del catálogo de Vitro¹³.

Para este cálculo es necesario saber cuál es la orientación del edificio y así conocer la orientación de las ventanas que son afectadas por el sol, la orientación de los edificios se muestran en la figura 13.

Figura 13. Orientación geográfica de los edificios en estudio



Fuente: Elaborado por Google Maps

Las ventanas afectadas en los dos edificios corresponden a las orientaciones norte, sur, noroeste, sureste, suroeste y noreste, para realizar este análisis también es necesario conocer las áreas de cada ventana por recinto así como el factor de forma del vidrio que se mencionó anteriormente, por último sabiendo la latitud norte en la que está ubicado el instituto se utilizan tablas para esta ubicación, en este caso se utilizó latitud norte de 20° ¹⁴ para saber las ganancias de calor a través de cristales, esta tabla se incluye en el anexo 2.

Las ganancias de calor por radiación debidas a las ventanas del recinto, se calculan con la siguiente ecuación:

¹³ http://www.vitromart.net/crital_c_prop.html

¹⁴ Hernández Goribar, Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, Limusa, México 2010.



$$Q_{Ventana} = A_{ventana} * f_{factor-de-forma.vidrio} * FGS \dots \dots \dots (3.1)$$

Donde:

Q: Ganancia de calor.

A: Área superficial.

FGS: Tablas de ganancia de calor solar a través de cristales

Utilizando la ecuación 3.1, se realiza el cálculo de ganancia de calor a través de ventanas para cada FGS de la tabla es decir, se realizó el cálculo de ganancias de calor debido a ventanas en un intervalo de tiempo de 6 a.m. a 6 p.m. para todas las épocas del año

Para el cálculo de ganancia de calor a través de muros es necesario saber cuál es la composición de estos, para posteriormente investigar la conductividad térmica de cada uno de estos materiales, en la tabla 25 se muestra los materiales de los que están hechos los muros de estos edificios.

Tabla 25. Materiales de muros

| Materiales | Espesor [m] | Conductividad térmica $k \left[\frac{kcal * m}{h * m^3 * ^\circ C} \right]$ |
|--|-------------|---|
| Muro de ladrillo al exterior con recubrimiento impermeable por fuera | 0.2 | 0.66 |
| Aplanado de mortero | 0.03 | 0.75 |
| Aislante de poliuretano | 0.05 | 0.035 |
| Yeso | 0.03 | 0.14 |

Fuente: Elaboración propia.¹⁵

Las ganancias de calor por transmisión debido Muros y techos, se calculan con las siguientes ecuaciones

$$Q_{muros} = A_{muros} * U_{muros} * [\Delta T_{tablas} + (\Delta T_{real} - 8.3)] \dots \dots \dots (3.2)$$

$$Q_{techo} = A_{techo} * U_{techo} * [\Delta T_{tablas} + 6.7] \dots \dots \dots (3.3)$$

Dónde:

$$\Delta T_{Real} = T_{ext} - T_{int}$$

ΔT_{tablas} : Tabla para muros claros y techos. (Anexo 2)

U: Coeficiente de transmisión de calor.

El coeficiente de transmisión se calcula como se muestra en la ecuación 3.4, en donde:

¹⁵ Hernández Goribar, Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, Limusa, México 2010.



$$U_{\text{muros}} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x_{\text{material}}}{k_{\text{material}}} + \frac{1}{h_o}} \dots \dots \dots (3.4)$$

X: Espesor del material

K: Conductividad térmica del material.

h_0 Y h_1 : Coeficientes de convección.

Estos muro tienen un espesor 8 pulgadas por lo que se utilizaron tablas para muros del espesor mencionado, la tabla de valores para transmisión de calor se pueden revisar en el anexo 2, posteriormente se calcula el coeficiente de transmisión de calor con la ecuación 3.4, una vez obtenidos el área de cada muro dependiendo de su orientación y el coeficiente de transmisión de calor se obtiene la ganancia de calor debido a muros con la ecuación 3.2.

Para el techo de estos edificios se sigue la misma metodología se calcula el área total, el coeficiente de transmisión de calor con la ecuación 3.4, con la ayuda de los componentes y espesores de los materiales que componen el techo el cual se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Materiales de techos.

| Materiales | Materiales | Conductividad térmica $k \left[\frac{\text{kcal} \cdot \text{m}}{\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ |
|-------------------------|------------|---|
| Losa de Concreto | 0.15 | 1.5 |
| Aislante de poliuretano | 0.05 | 0.035 |
| Yeso | 0.02 | 0.14 |

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado estos valores se utilizan tablas para concreto de 6 pulgadas con aislante, estas tablas se pueden revisar en el anexo 2, para obtener la ganancia de calor a través de techos. Para obtener el total de cargas variables se debe sumar las cargas obtenidas para techos, muros y ventanas.

Posteriormente se realiza el cálculo para calor por cargas constantes es decir la carga térmica debido a luminarias por recinto, esto es la potencia instalada por el número de luminarias, para el equipo instalado de igual forma es la potencia instalada por el número de equipos, así como el personal que labora en estas áreas es importante mencionar que para el personal se separa en calor sensible y calor latente, estas ganancias de calor por persona de acuerdo a la actividad que se realice en el área de trabajo se obtiene de tablas que se incluyen en el anexo 2, una vez obtenidas el total por cargas térmicas variables y constantes se suman para obtener la ganancia total de calor.

Una vez obtenida la ganancia total de calor es necesario saber las condiciones de temperatura de bulbo seco, y temperatura de bulbo húmedo antes mencionadas, así



como las condiciones necesarias para alcanzar un nivel de confort óptimo, esto es demasiado difícil de estimar ya que depende de la perspectiva de cada persona, la temperatura y humedad que para algunas personas podrían ser adecuadas para otras podrían provocar alguna inconformidad.

Por lo que se tomó las condiciones recomendadas por el IMSS estas son de 25 °C temperatura de bulbo seco y 50% de humedad relativa ya que a estas condiciones además de estar en un rango promedio de la temperatura ambiente de la ciudad de México, a esta humedad es posible terminar con algunos parásitos¹⁶.

Posteriormente se debe obtener el factor de calor sensible para después obtener las entalpías necesarias para este cálculo, este factor se obtiene dividiendo el calor sensible obtenido de las personas que laboran en estas áreas entre el calor total obtenido.

Ya que se tienen las condiciones interiores de 25 °C T_{bs} , 50 % de humedad relativa y las condiciones exteriores de 21 °C T_{bs} y 17 °C T_{bh} , se debe calcular con la ayuda de una carta psicrométrica, las entalpías para cada condición es decir entalpia exterior y entalpia interior, así como la temperatura.

Ya que se conoce el factor de calor sensible y la condiciones interiores y exteriores se debe calcular las condiciones inyección, esto se hace extendiendo una línea sobre la carta psicrométrica que inicia desde el factor de calor sensible pasando por la temperatura y humedad relativa de las condiciones interiores hasta interceptar el 90 por ciento de humedad relativa, en este punto tendremos la temperatura de inyección y la entalpia de inyección.

Con la entalpia exterior, interior, de inyección y el calor total se obtiene el flujo de aire necesario para el área que se va acondicionar como se muestra en la ecuación 3.5, sabiendo el flujo total de aire necesario para cada recinto es necesario conocer la entalpia de la mezcla

$$\dot{m}T = Q_{total} / (h_{int} - h_{iny}) \dots\dots\dots (3.5)$$

Obtenido el gasto másico se puede obtener la carga del equipo con la siguiente ecuación para de esta forma poder seleccionar nuestro equipo con base en las toneladas de refrigeración requeridas.

$$Q_{equipo} = \dot{m}T * (h_{mez} - h_{iny}) \dots\dots\dots (3.6)$$

¹⁶ Tomo IV de las Normas de Diseño de Ingeniería del I.M.S.S.



La entalpia de la mezcla se obtiene como se muestra en la ecuación 3.7.

$$h_{mez} = m_{int} * h_{int} + m_{ext} * h_{ext} \dots \dots \dots (3.7)$$

Este procedimiento se realizó para cada recinto que cuenta con aire acondicionado actualmente. Los resultados se muestran a continuación en la tabla 27 y 28 en la que se realizó una comparación de la potencia térmica de los equipos instalados, con la potencia real requerida para cada área de trabajo.

Edificio Colisur

En la tabla 25 se muestra que los equipos instalados son inadecuados ya que la carga térmica que se requiere para tener un ambiente confortable no son las necesarias, en la mayoría de los recintos la capacidad de refrigeración de los equipos es mayor o menor a la requerida pero no la adecuada, solo en el laboratorio F.G. 42 de óptica lineal está instalado el equipo adecuado.

Existen casos excesivamente innecesarios de acuerdo a la cargas térmicas que se requieren, uno de estos casos es el área de servidores, de acuerdo a los cálculos se requieren 2.9 toneladas de refrigeración para tener a una temperatura ambiente los equipos ahí instalados y se tienen dos equipo Mini – Split con una capacidad de refrigeración de 10 T.R. en total, sobrando 7 T.R. en las que se está gastando energía innecesaria.

Otro caso similar es el área de microscopia, se requieren de 10 toneladas de refrigeración para lograr un ambiente confortable, pero se tienen instalados 3 unidades paquete con una capacidad de 40 T.R., por lo que también se desaprovecha demasiada energía, en las demás áreas también están instalados equipos con capacidades térmicas incorrectas para la carga térmica que se tienen en los recinto.

Tabla 25.Comparacion de equipos instalados con respecto a los equipos requeridos.

| Nombre | Equipo requerido en T.R. | Equipo instalado en T.R. |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Cubículo C-26 | 1.5 | 1 |
| F.E. Mansillon JL | 1.3 | 1 |
| Cubículo C-11 | 1.3 | 2 |
| F.G. 42 Óptica lineal | 2.0 | 2.0 |
| Microscopia | 10.0 | 40 |
| Microscopio electrónico de barrido 7800 | 0.9 | 2.6 |
| Microscopio electrónico de barrido de bajo vacío LV-5600 | 0.8 | 2 |
| Diseño y Fotografía S.A.-29 | 2.1 | 1 |
| Servidores | 2.9 | 10.0 |

Fuente: Elaboración propia



Edificio LEMA

En este edificio solo el laboratorio de electrónica molecular es el que cuenta con el equipo de aire acondicionado con la capacidad térmica correcta, todos los demás recintos cuentan con equipos de aire acondicionado con capacidades de refrigeración superiores a las requeridas.

El caso del laboratorio de espectrometría de masas con aceleradores tiene instalado una unidad paquete con una capacidad de refrigeración de 15 toneladas de refrigeración, cuando solo se necesitan 8.3 T.R., siendo el recinto en el que mayor energía eléctrica y térmica es desaprovechada.

Sabiendo que la mayoría de los equipos tienen capacidades de refrigeración incorrectas de acuerdo a las cargas térmicas calculadas, se propondrán en los siguientes subcapítulos el cambio de los equipos actuales por otros más eficientes y con las capacidades de refrigeración adecuadas.

Tabla 26. Comparación de equipos instalados con respecto a los equipos requeridos.

| Nombre | Equipo requerido en T.R. | Equipo instalado en T.R. |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 101 | 0.7 | 2 |
| Biomédicas | 0.9 | 2 |
| Dinámica De Magnetización | 1.4 | 2 |
| Electrónica Molecular | 2.0 | 2 |
| Grafitización | 1.3 | 2 |
| Laboratorio 09 | 0.5 | 2 |
| Micros manipulación Óptica | 1.0 | 2 |
| Nano ciencia | 0.9 | 2 |
| Óptica De Superficies | 1.0 | 2 |
| Preparación De Muestras | 1.7 | 2 |
| Rayos X | 0.9 | 2 |
| Preparación De Muestras B | 0.4 | 2 |
| LEMA | 8.3 | 15 |

Fuente: Elaboración propia

3.3 Propuesta de equipos para ahorro económico.

Se propuso cambio de tecnología en equipos de Aire solo en Unidades Paquete y Mini-Split ya que estos son los de mayor consumo eléctrico y los equipos instalados actualmente tienen capacidades de refrigeración que no son adecuados para los recintos que se requieren como se analizó en el capítulo 3.2.

Con los cálculos realizados se procedió a buscar equipos con las capacidades requeridas, con alta eficiencia para proponer el cambio de los equipos instalados actualmente en los edificios.



Se encontraron equipos Mini-Split de la marca York de 1, 1.5 y 2 toneladas de refrigeración que se describen a continuación.

Edificio Colisur

Para los recintos que necesitan 1 T.R. se propone, Mini Split Marca York modelo YSCC12FSAADG con una potencia de 1165 W así como 30 años de Vida Útil.

Para las áreas de trabajo que requieren de 1.5 Toneladas de refrigeración se propone un Mini-Split Marca York modelo YSCC18FSAADG con potencia de 1710 W

Para los recintos que requieren 2 T.R. se propone un Mini Split Marca York modelo YSCC12FSAADG con una potencia de 2080 W así como 30 años de Vida Útil.

En el área de microscopia es un caso especial ya que cuenta actualmente con tres unidades paquete para su acondicionamiento se propone el remplazo por una Unidad Paquete marca York modelo ZF120C00A2AAA5 con una potencia de 8.6 KW y 30 años de Vida Útil.

Otro caso especial en este edificio es el área de servidores, para esta área se propone un Mini Split marca Carrier modelo 53HWC36A con una capacidad de 3 T.R. y una potencia de 2854 W.

El consumo total de la propuesta de equipos de aire acondicionado para el edificio Colisur se Muestra en la Tabla 27.

Tabla 27. Propuesta de equipos Colisur

| Equipo | Cantidad | Potencia instalada [kW] | Consumo mensual [KWh/mes] |
|--------------------------|----------|-------------------------|---------------------------|
| Unidad evaporadora | 8.0 | 0.6 | 46.8 |
| Unidad condensadora | 8.0 | 13.9 | 1111.1 |
| Ventilador de extracción | 3.0 | 1.1 | 89.5 |
| Unidad tipo paquete | 1.0 | 10.7 | 856.0 |
| TOTAL | 24.0 | 26.3 | 2647.4 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que el consumo eléctrico total de la propuesta es de 2647.4 kWh/mes disminuyéndola de 5356.128 kWh/mes de la instalación de Aire que se encuentra actualmente en el edificio ahorrando 50 % del consumo eléctrico.

Edificio LEMA

Para el edificio lema se tuvo el máximo consumo eléctrico en las unidades Mini-Split y en Unidades Tipo Paquete de igual manera las capacidades de refrigeración son incorrectas, como se analizó en el subcapítulo 3.2 por lo que se realizaron las propuestas de cambio de equipo enfocados a estos.



Para los recintos que requieren de capacidades de refrigeración de 1, 1.5 y 2 Toneladas de Refrigeración, se proponen las unidades Mini Split antes mencionadas para el edificio Colisur.

En el laboratorio de espectrometría de masas con aceleradores actualmente está instalada y funcionando una unidad paquete con una potencia instalada de 16.7 kW con una capacidad de refrigeración de 15 T.R., como se mencionó anteriormente, es un equipo con una capacidad sobrada para los requerimientos del recinto, por lo que se propone una unidad paquete marca York modelo ZF102C00A2AAA5 de 8.5 T.R. y una potencia de 8.6 KW.

El consumo total de la propuesta de Equipos de Aire acondicionado para el edificio Lema se Muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. Propuesta de equipos Colisur

| Equipo | Cantidad | Potencia Instalada [kW] | Consumo mensual [kWh/mes] |
|--------------------------|----------|-------------------------|---------------------------|
| Unidad evaporadora | 12.0 | 0.9 | 70.4 |
| Unidad condensadora | 12.0 | 16.0 | 1281.6 |
| Ventilador de extracción | 4.0 | 5.2 | 417.8 |
| Unidad tipo paquete | 1.0 | 8.6 | 688.0 |
| TOTAL | 29.0 | 30.7 | 2457.8 |

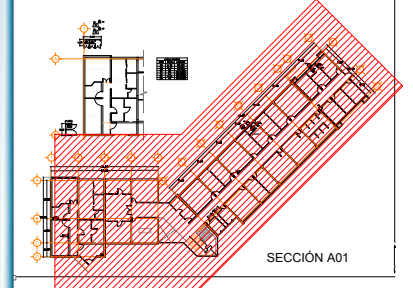
Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla anterior se puede observar que el consumo eléctrico total de la propuesta es de 2457.8 kWh/mes disminuyéndola de 3443.4 kWh/mes de la instalación de Aire que se encuentra actualmente en el edificio ahorrando 28.62 % del consumo eléctrico.

3.4 Planos de sistema de aire acondicionado.

A continuación se muestran los planos del sistema de aire acondicionado, en estos planos se propone la misma ubicación que tienen los equipos instalados actualmente, para no causar más gastos económicos por realización de bases de concreto de los equipos nuevos.

También se pretende utilizar la misma instalación de ductos, así como la instalación de las unidades Mini – Split, la mayoría de las condensadores se encuentra en la azotea de cada edificio, aunque algunas están fuera de los recintos en donde están las unidades evaporadoras.



SECCIÓN A01

NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
AIRE ACONDICIONADO
PLANTA BAJA

ESCALA CLAVE

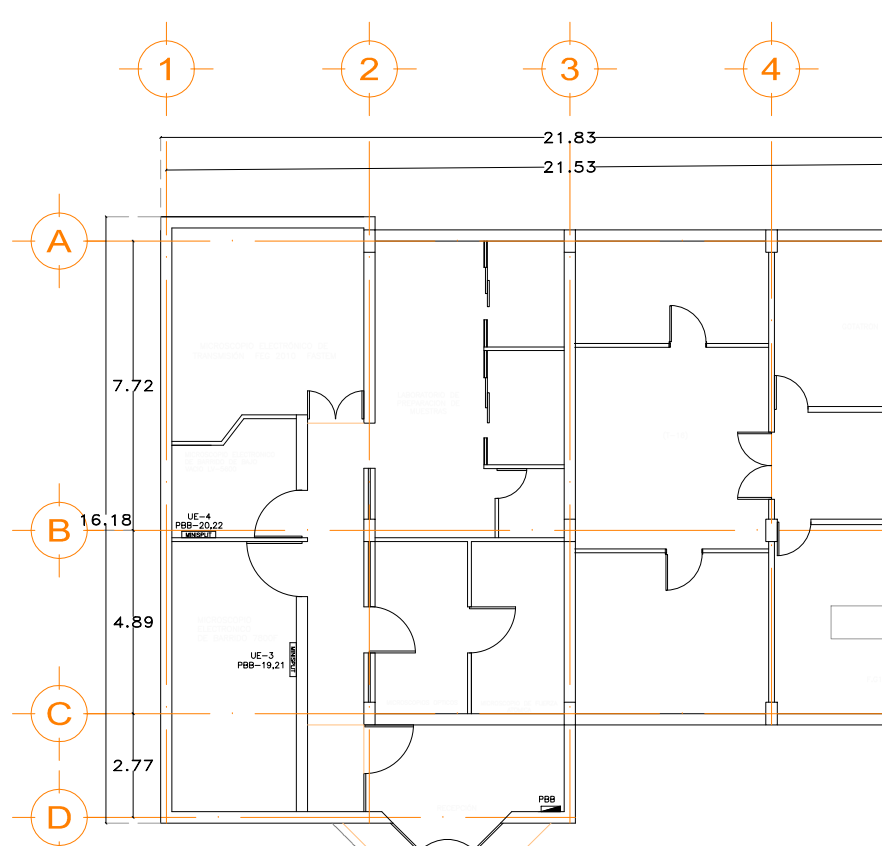
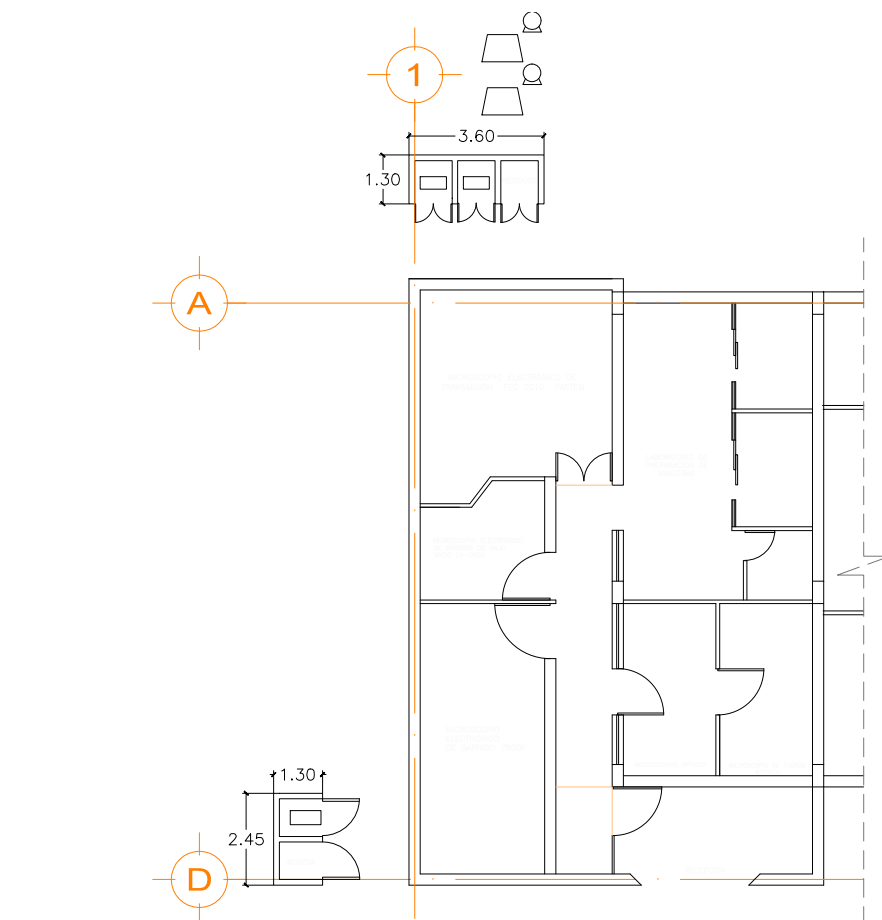
1:50

ACOTACIÓN METROS

AA-A01

Dependencia
INSTITUTO DE FISICA
CIUDAD UNIVERSITARIA

| DATOS DE LOS EQUIPO | | |
|---------------------|----------|--------------|
| EQUIPO | POTENCIA | ALIMENTACIÓN |
| CH1 | 1.7 KW | PBB-2,4,6 |
| CH2 | 1.7 KW | PBB-1,3,5 |
| CH3 | S/D | PBB-7,9,11 |
| TE1 | S/D | PBB-33,35,37 |
| TE2 | S/D | PBB-34,36,38 |
| BA1 | 1.5 KW | PBB-28,30,32 |
| BA2 | S/D | PBB-27,29,31 |



AIRE ACONDICIONADO PLANTA BAJA- COLISUR

SECCIÓN A01

ACOTACIONES MTS.



SIMBOLOGÍA

TABLERO DE ALUMBRADO MARCA: FEDERAL PACIFIC, SERIE: 7646-NAIP, 220/120 V, 3F-4H, 42 POLOS, 60 Hz, 3H-250KCM (F), 1H-250KCM (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X225 A.

TABLERO DE CONTACTOS MARCA: FEDERAL PACIFIC, 3F-4H, 24 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 2H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X50 A.

TABLERO DE CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATALOGO: QOC412L125, 3F-4H, 120/208 V, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X50 A.

PBCCA CENTRO DE CARGA SIN DATOS, ALIMENTACIÓN: PBK-11.

UE-1 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 18000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.

UE-2 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 18000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.

UE-3 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.

UE-4 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.

UC-1 UNIDAD CONDENSADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 18000 BTU/h, 1640 W, 7.8 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.

UC-2 UNIDAD CONDENSADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 18000 BTU/h, 1640 W, 7.8 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.

IC1 INTERRUPTOR DE CUCHILLAS EN CAJA, MARCA: SQUARE D, CATALOGO: L221, 2X30 A, 120/240 V, 2 POLOS, 60 Hz.

CH1 UNIDAD GENERADORA DE AGUA HELADA MARCA: HASKRIS, MODELO: R033, SERIE: HB25831, 115 V, 1700 W, 1F, 60 HZ, REFRIGERANTE R134A.

CH2 UNIDAD GENERADORA DE AGUA HELADA MARCA: HASKRIS, MODELO: R033, SERIE: HB25831, 115 V, 1700 W, 1F, 60 HZ, REFRIGERANTE R134A.

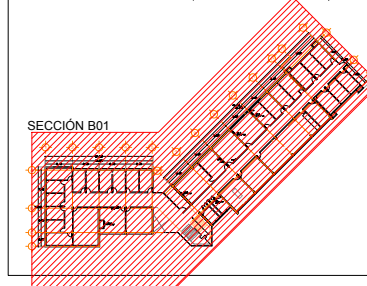
CH3 UNIDAD GENERADORA DE AGUA HELADA MARCA: HASKRIS, SIN DATOS ELÉCTRICOS.

TE1 TORRE DE ENFRIAMIENTO SIN DATOS.

TE2 TORRE DE ENFRIAMIENTO SIN DATOS.

BA1 BOMBA DE TORRE DE ENFRIAMIENTO 1 MARCA: ABB MOTORS, SERIE: M2KD-20900, TIPO: M1AA 145JM-B2, 220 V, 1.5 KW, FP. 0.91, 3F, 60 HZ.

BA2 BOMBA DE TORRE DE ENFRIAMIENTO 2 SIN DATOS ELÉCTRICOS.



SIMBOLOGÍA

- N1A** TABLERO DE CONTACTOS MARCA: FEDERAL PACIFIC, 3F-4H, 24 POLOS, 60 Hz, 3H-6AWG (F), 1H-6AWG (N), INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X50 A.
- N1F** TABLERO DE ALUMBRADO MARCA: SQUARE D, CATALOGO: Q0412, 220/127 V, 3F-4H, 12 POLOS, 60 Hz, 3H-2AWG (F), 1H-6AWG (N), ZAPATAS PRINCIPALES.
- N1G** TABLERO DE ALUMBRADO MARCA: FEDERAL PACIFIC, 3F-4H, 24 POLOS, 60 Hz, 3H-2AWG (F), 1H-2AWG (T.F.), ZAPATAS PRINCIPALES.
- N1CCB** CENTRO DE CARGA, MARCA: SQUARE D, CATALOGO: Q0D3S, 3F-4H, 3X30 A, 120/240 V, 3 POLOS, 60 Hz, 3H-12AWG (F), 1H-12AWG (N), ALIMENTA A CHILLER EN AZOTEA.
- N1CCC** CENTRO DE CARGA, MARCA: SQUARE D, CATALOGO: Q0D2S, 1F-3H, 2X15 A, 120/240 V, 2 POLOS, 60 Hz, 2H-10AWG (F), 1H-10AWG (N), ALIMENTADO DEL INTERRUPTOR IC1 EN PLANTA BAJA.
- UE-5** UNIDAD EVAPORADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC24FSAADG, 220 V, 24000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, 60 HZ REFRIGERANTE R-410A.
- UE-6** UNIDAD EVAPORADORA MARCA: CARRIER, MODELO: 53HWC363A, 220 V, 36000 BTU/h, 85 W, 0.4 A, 60 HZ REFRIGERANTE R-410A.
- UE-7** UNIDAD EVAPORADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC24FSAADG, 220 V, 24000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, 60 HZ REFRIGERANTE R-410A.
- UE-8** UNIDAD EVAPORADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 18000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, 60 HZ REFRIGERANTE R-410A.
- ICM1** INTERRUPTOR EN CAJA MOLDEADA, MARCA: SQUARE D, CATALOGO: FAL100SMX, 3X100 A, 60 Hz, 3H-2AWG (F), 1H-8AWG (N).

NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
AIRE ACONDICIONADO
PRIMER NIVEL

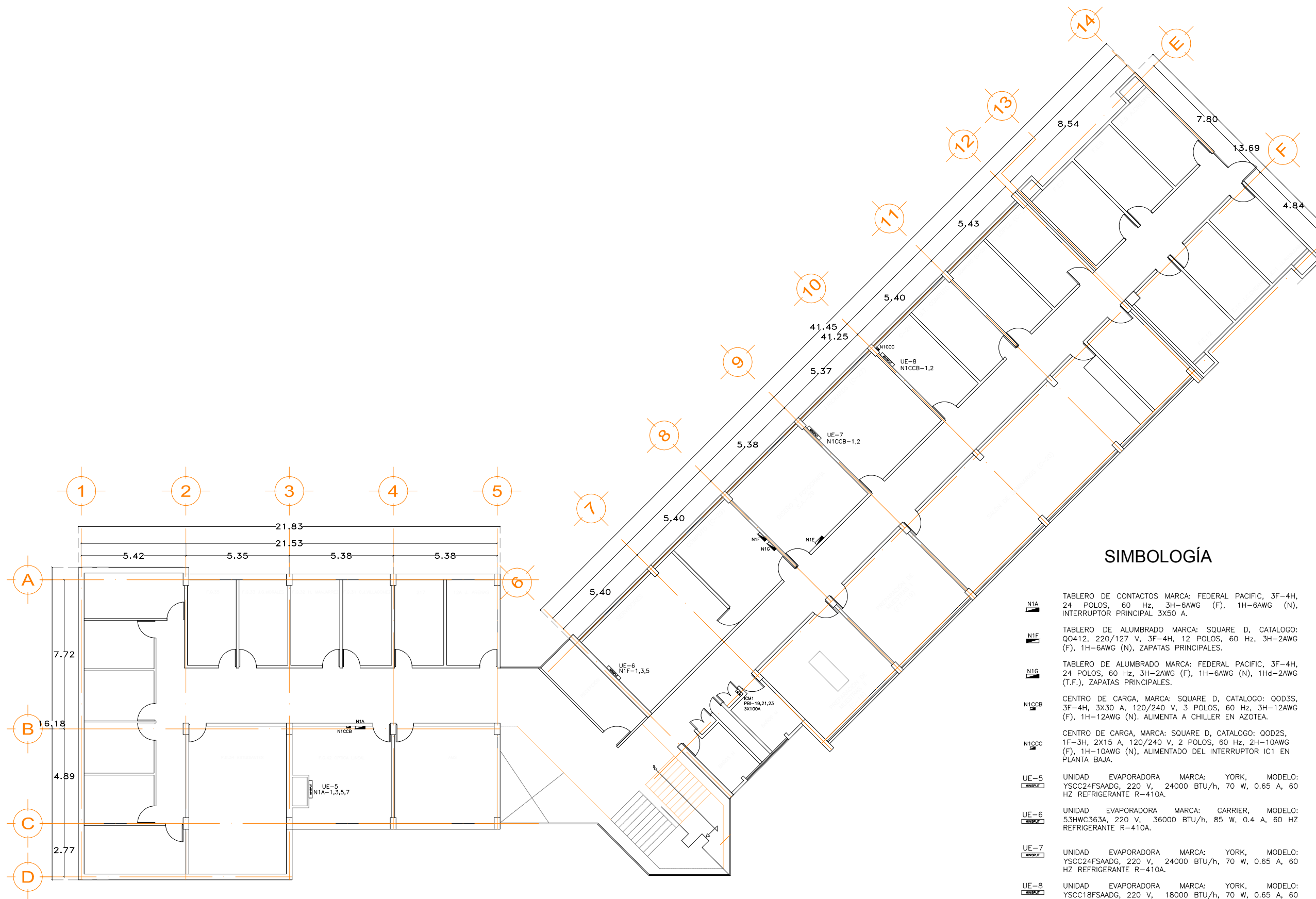
ESCALA CLAVE

1:50

ACOTACION
METROS

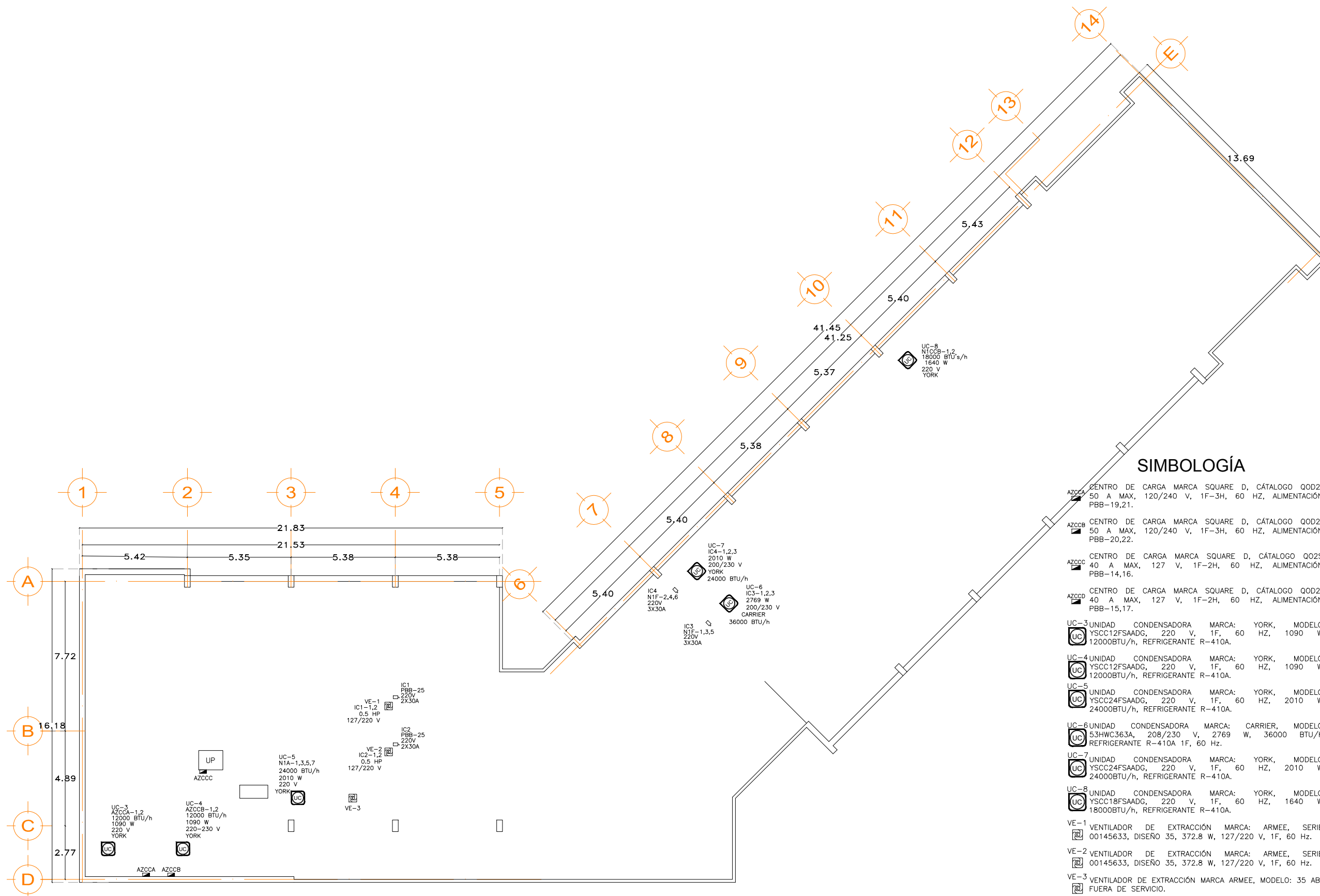
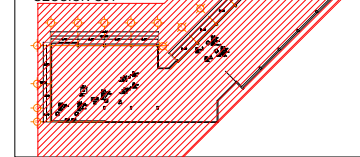
AA-B01

Dependencia
INSTITUTO DE FISICA
CIUDAD UNIVERSITARIA



AIRE ACONDICIONADO PRIMER NIVEL -COLISUR
SECCIÓN B01

ACOTACIONES MTS.

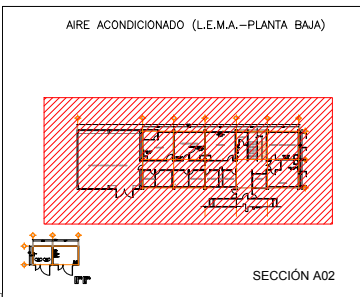
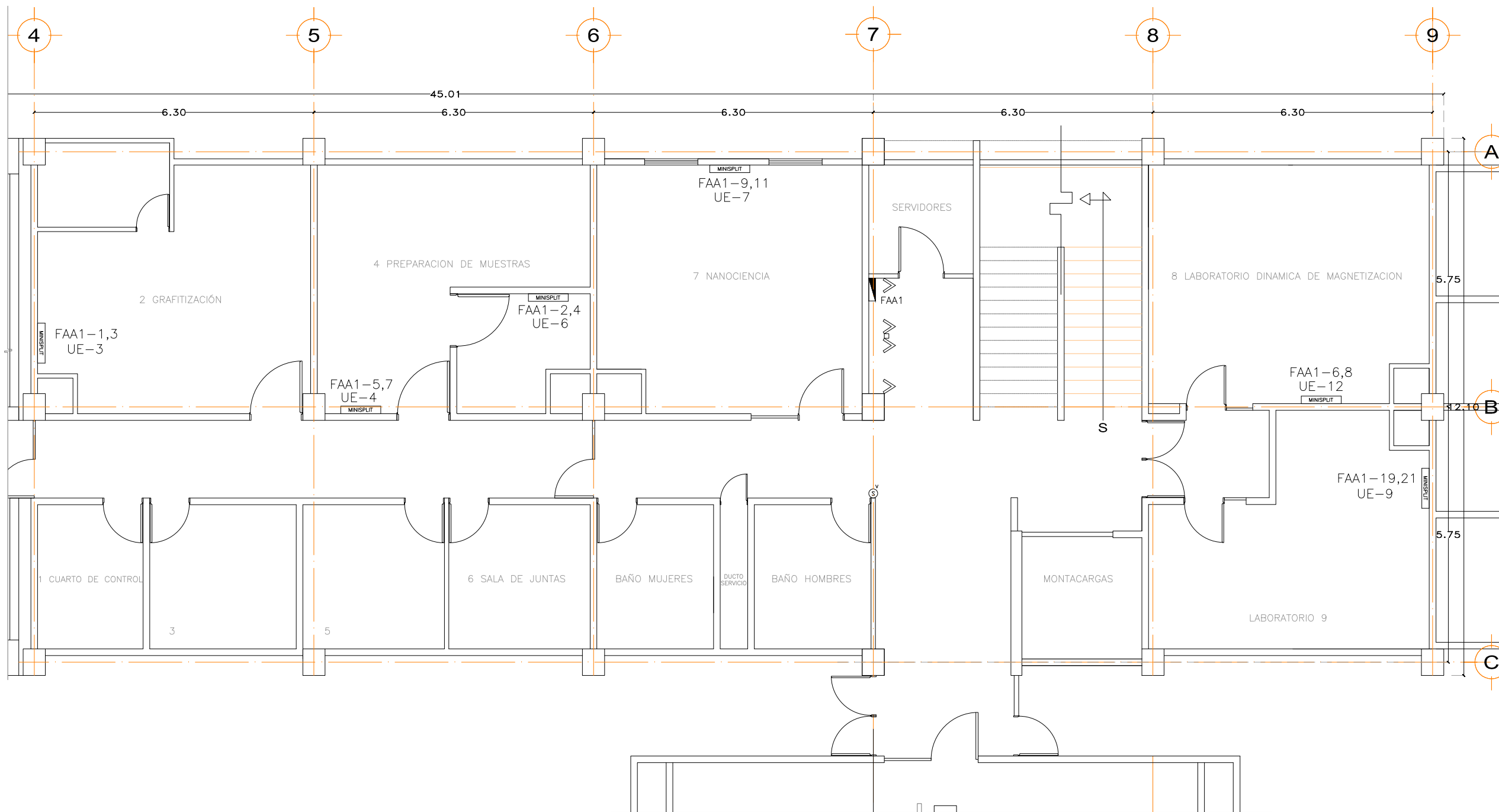


AIRE ACONDICIONADO AZOTEA-COLISUR
SECCIÓN C01

ACOTACIONES MTS.

SIMBOLOGÍA

- CENTRO DE CARGA MARCA SQUARE D, CÁTALOGO QOD2S 50 A MAX, 120/240 V, 1F-3H, 60 HZ, ALIMENTACIÓN: PBB-19,21.
- CENTRO DE CARGA MARCA SQUARE D, CÁTALOGO QOD2S 50 A MAX, 120/240 V, 1F-3H, 60 HZ, ALIMENTACIÓN: PBB-20,22.
- CENTRO DE CARGA MARCA SQUARE D, CÁTALOGO QO2S, 40 A MAX, 127 V, 1F-2H, 60 HZ, ALIMENTACIÓN: PBB-14,16.
- CENTRO DE CARGA MARCA SQUARE D, CÁTALOGO QOD2S 40 A MAX, 127 V, 1F-2H, 60 HZ, ALIMENTACIÓN: PBB-15,17.
- UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A.
- UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A.
- UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC24FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 2010 W, 24000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A.
- UNIDAD CONDENSADORA MARCA: CARRIER, MODELO: 53HWC363A, 208/230 V, 2769 W, 36000 BTU/h, REFRIGERANTE R-410A 1F, 60 Hz.
- UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC24FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 2010 W, 24000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A.
- UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1640 W, 18000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A.
- VENTILADOR DE EXTRACCIÓN MARCA: ARMEE, SERIE: 00145633, DISEÑO 35, 372.8 W, 127/220 V, 1F, 60 Hz.
- VENTILADOR DE EXTRACCIÓN MARCA: ARMEE, SERIE: 00145633, DISEÑO 35, 372.8 W, 127/220 V, 1F, 60 Hz.
- VENTILADOR DE EXTRACCIÓN MARCA ARMEE, MODELO: 35 ABC FUERA DE SERVICIO.
- UNIDAD TIPO PAQUETE MARCA: YORK, MODELO: ZF120C00A2AAAS, 230 V, 10700 W, 1F, 60 Hz, 10 TR, ALIMENTADO DE CENTRO DE CARGA AZCCC.
- UNIDAD GENERADORA DE AGUA HELADA SIN DATOS, CHILLER ALIMENTADO DEL CENTRO DE CARGA N1CCA LAB. OPTICA NO LINEAL PRIMER NIVEL.
- INTERRUPTOR DE CUCHILLAS EN CAJA, CAPACIDAD INDICADA EN PLANO.



SECCIÓN A02

SIMBOLOGÍA

| | |
|-------|--|
| FAA1 | TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATÁLOGO: NQ0D304AB, 3F-4H, 240 V, 30 POLOS, 60 Hz, 3H-2AWG (F), 1H-2AWG (N), 1Hd-8AWG (T.F.). |
| UE-7 | UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz. |
| UE-6 | UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz. |
| UE-4 | UNIDAD EVAPORADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC24FSAADG, 220 V, 24000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, 60 HZ REFRIGERANTE R-410A. |
| UE-3 | UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 18000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz. |
| UE-9 | UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz. |
| UE-12 | UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 18000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz. |

| | |
|------|---|
| BAR1 | BOMBA DE AGUA REFRIGERADA MARCA: WEG, MODELO: 40020017, 208-230/460 V, 25.3/12.6 A, 7.46 kW (10 HP), F.P. 0.85, F.S. 1.25, 3F, 60 Hz. |
| BAR2 | BOMBA DE AGUA REFRIGERADA MARCA: MOTORES U.S., MODELO: L042, SERIE: AL 018400, 230/460 V, 22.8/11.4 A, 7.46 kW (10 HP), F.P. 0.91, F.S. 1.3, 3F, 60 Hz. |
| BAR3 | BOMBA DE AGUA REFRIGERADA MARCA: WEG, MODELO: 40020017, 208-230/460 V, 25.3/12.6 A, 7.46 kW (10 HP), F.P. 0.85, F.S. 1.25, 3F, 60 Hz. |
| BAR4 | BOMBA DE AGUA REFRIGERADA MARCA: MOTORES U.S., MODELO: L042, SERIE: AL 018400, 230/460 V, 22.8/11.4 A, 7.46 kW (10 HP), F.P. 0.91, F.S. 1.3, 3F, 60 Hz. |
| BAR5 | BOMBA DE AGUA REFRIGERADA MARCA: WEG, MODELO: 40020017, 208-230/460 V, 25.3/12.6 A, 7.46 kW (10 HP), F.P. 0.85, F.S. 1.25, 3F, 60 Hz. |
| CH-1 | UNIDAD GENERADORA DE AGUA HELADA MARCA: MCQUAY, MODELO: MAC210A5, 33.0 kW, 460 V, 50 A, 3F, 60 Hz, REFRIGERANTE R410A. |
| CH-2 | UNIDAD GENERADORA DE AGUA HELADA MARCA: MCQUAY, MODELO: MAC210A5, 33.0 kW, 460 V, 50 A, 3F, 60 Hz, REFRIGERANTE R410A. |

AIRE ACONDICIONADO PLANTA BAJA- LEMA
SECCIÓN A02

ACOTACIONES MTS.

NOTA: LA NUMERACIÓN INDICA PROMEDIO DE LUXES

PLANO
AIRE ACONDICIONADO
PLANTA BAJA

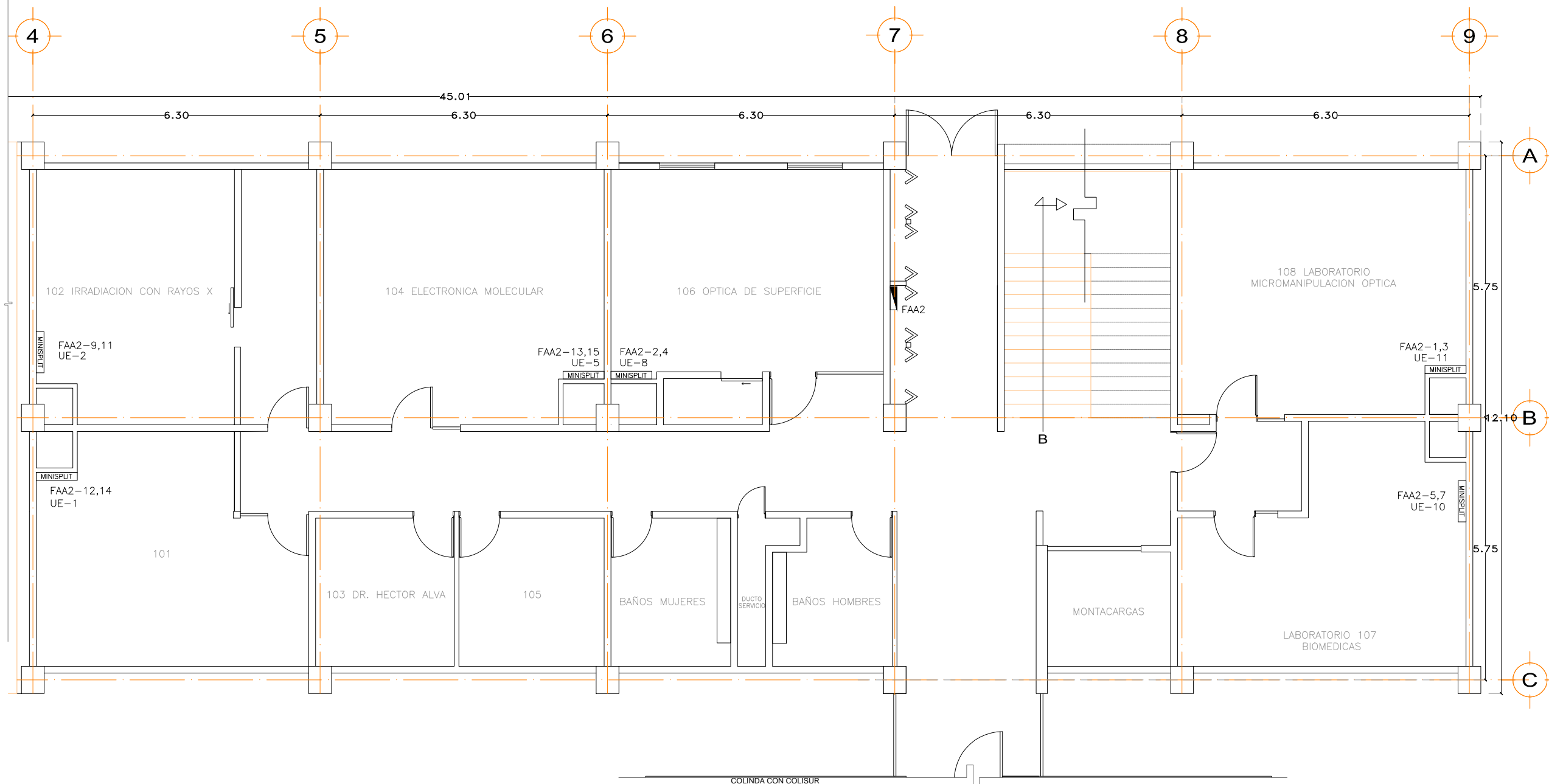
ESCALA CLAVE

1:100

ACOTACIÓN AA-A02

METROS

Dependencia
INSTITUTO DE FISICA
CIUDAD UNIVERSITARIA



UNAM



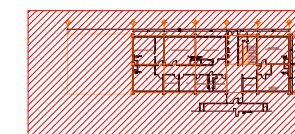
FAC. INGENIERÍA

NOMBRE DE LA TESIS
 DIAGNOSTICO ENERGETICO APLICADO A EDIFICIOS COLISUR Y LEMA DEL INSTITUTO DE FISICA

ALUMNOS:
 GARCÍA FLORES JOSE LUIS
 MORALES VALENCIA JONATAN
 PALOMINO HERNANDEZ RAFAEL

ASESOR:
 ELEUTERIA SILVINA ALONSO SALINAS
 PLANO DE UBICACIÓN








AIRE ACONDICIONADO (L.E.M.A.-PRIMER NIVEL)



SECCIÓN B02

S I M B O L O G Í A

SIMBOLOGÍA

- 
 TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS MARCA: SQUARE D, CATALOGO: NQOD304AB, 3F-4H, 240 V, 30 POLOS, 60 Hz, 3H-2AWG (F), 1H-2AWG (N), 1Hd-10AWG (T.F.).
- 
 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.
- 
 UNIDAD EVAPORADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC24FSAADG, 220 V, 24000 BTU/h, 70 W, 0.65 A, 60 HZ REFRIGERANTE R-410A.
- 
 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.
- 
 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.
- 
 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.
- 
 UNIDAD EVAPORADORA, MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 12000 BTU/h, 75 W, 0.28 A, REFRIGERANTE R-410A, 60 Hz.

AIRE ACONDICIONADO PRIMER NIVEL- LEMA
 SECCIÓN B02

ACOTACIONES MTS.

P L A N O
 AIRE ACONDICIONADO
 PRIMER NIVEL

ESCALA CLAVE

1:100

ACOTACION

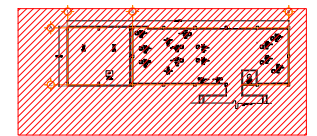
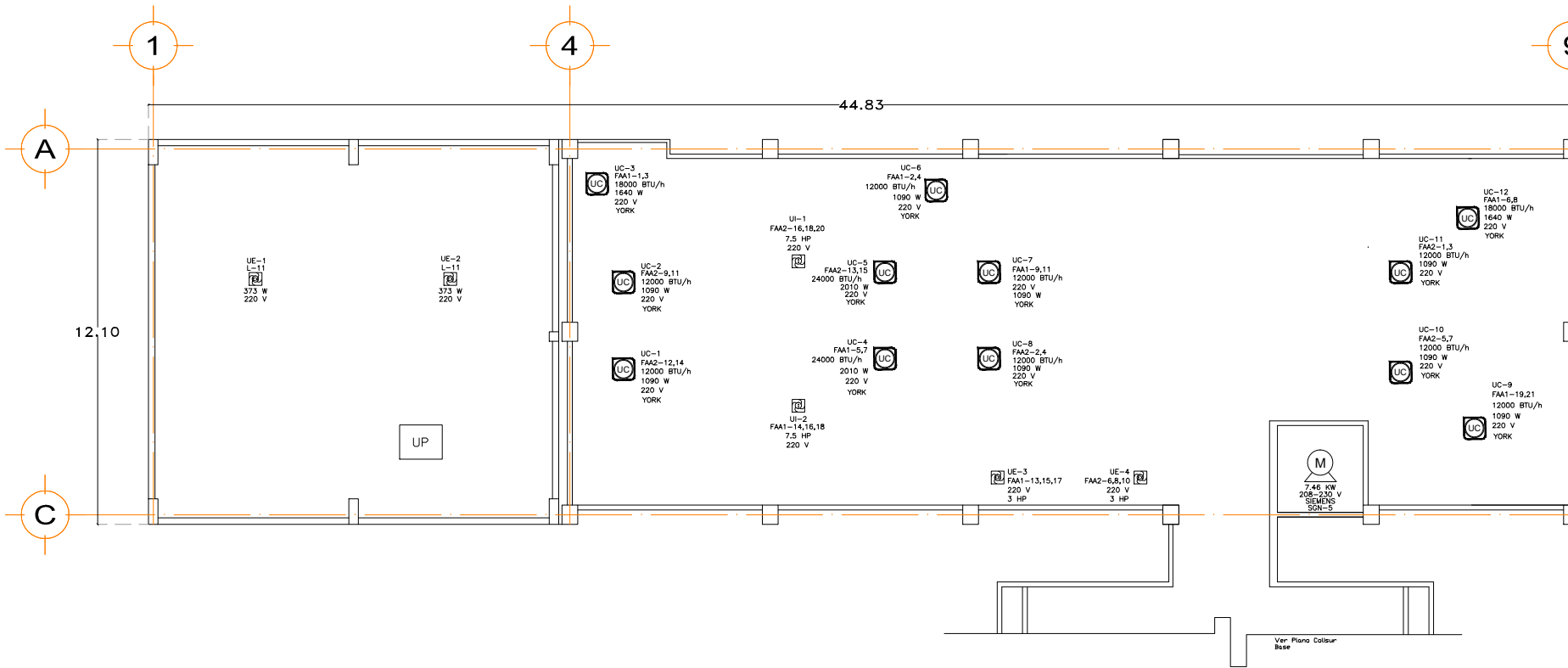
AA-B02

METROS

Dependencia
 INSTITUTO DE FISICA
 CIUDAD UNIVERSITARIA

SIMBOLOGÍA

| | |
|--|--|
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1640 W, 18000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC24FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 2010 W, 24000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC24FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 2010 W, 24000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC12FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1090 W, 12000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | UNIDAD CONDENSADORA MARCA: YORK, MODELO: YSCC18FSAADG, 220 V, 1F, 60 HZ, 1640 W, 18000BTU/h, REFRIGERANTE R-410A. |
| | VENTILADOR DE EXTRACCIÓN MARCA: WEG, SERIE: S/D, 1740 HP, 127/220 V, 60 Hz. SERVICIO: LAB. L.E.M.A. |
| | VENTILADOR DE EXTRACCIÓN MARCA: WEG, MODELO: B56EX, 1740 RPM, 208-230 V, 1.75 A, 3F, FP 0.5, 60 Hz. SERVICIO: LAB. L.E.M.A. |
| | VENTILADOR DE EXTRACCIÓN MARCA: WEG, MODELO: 00318MT3E182TT, 2238 W, 208-230 V, 8.6-7.8 A, 3F, F.P. 0.81, 60 Hz. |
| | VENTILADOR DE EXTRACCIÓN MARCA: WEG, MODELO: 00318MT3E182TT, 2238 W, 208-230 V, 8.6-7.8 A, 3F, FP 0.81, 60 Hz. |
| | UNIDAD TIPO PAQUETE MARCA: TRANE, MODELO TCH180F300BB, SERIE 123510178D, 208-230 V, 16.7 KW, 75.95 A, 60 HZ. SERVICIO: LAB. L.E.M.A. |
| | UNIDAD INYECCIÓN DE AIRE, MARCA: S&P, No ART 5CMI500G209000, 3F, 220 V, 60 Hz, 7 1/2 HP, 2090 RPM, CAUDAL 4680 CFM. SERVICIO: LABORATORIOS DE PRIMER NIVEL EDIFICIO L.E.M.A. |
| | UNIDAD INYECCIÓN DE AIRE, MARCA: S&P, No ART 5CMI500G209000, 3F, 220 V, 60 Hz, 7 1/2 HP, 2090 RPM, CAUDAL 4680 CFM. SERVICIO: LABORATORIOS DE PLANTA BAJA EDIFICIO L.E.M.A. |
| | MOTOR MARCA SIEMENS, TIPO GP100, SERIE B12TESP.617, 3F, 208-230/460 V, 27-25/12.5 A, 7.46 kW, 60 HZ., SERVICIO: MONTACARGAS. |



SECCIÓN C02



Capítulo 4 Misceláneos

Para la realización de este capítulo se hizo una base de datos que se obtuvo del levantamiento eléctrico y censo de equipos, en la cual se tomaron las horas de uso por cada equipo para obtener la potencia demandada, así como su potencia instalada.

Posteriormente se dividieron en tres secciones que llamamos equipo de oficina, equipo de laboratorio y fuerza, en equipos de oficina se encontraron durante el censo equipos como: computadoras de escritorio, computadoras portátiles, sacapuntas eléctricos, refrigeradores, lámparas de escritorio, pantallas, televisores, cafeteras, impresoras, bocinas, estéreo, microondas, proyectores, calefactores, equipo de telecomunicación (servidores, ups, swich de red), y servidores de agua.

En equipos de fuerza eran muy pocos y solo eran algunas bombas eléctricas, el equipo de laboratorio fue el predominante en estos edificios debido a su uso, ya que son dedicados a la investigación, y oficinas para sus investigadores, la base de datos de estos equipo se pueden encontrar en el anexo 3, en los siguientes subcapítulos solo se muestran tablas resumen.

4.1 Cantidad de equipos y consumo eléctrico por cada tecnología.

Para realizar el cálculo de consumo eléctrico por cada equipo encontrado en estos edificios, se tuvo que reducir el equipo de oficina ya que son muy variados por lo que solo se incluyen en nuestras tablas resumen, los equipos que son representativos en su consumo eléctrico, los equipos que tienen un consumo eléctrico muy bajo se sumaron y se englobaron con el nombre de otros.

Edificio Colisur

Como se observa en la tabla 29 el consumo eléctrico mensual por equipos de oficina del edificio Colisur es de 32,032 kWh, con 493 equipos eléctricos de los cuales monitores y CPU son los de mayor cantidad y en consecuencia los de mayor consumo eléctrico, con la ayuda de la tabla anterior, se puede concluir que en los equipos de cómputo se puede proponer algunas medidas operativas sin inversión para ahorrar energía eléctrica y en consecuencia un ahorro económico.



Tabla 29. Cantidad y consumo eléctrico de equipos de oficina

| Equipo | Cantidad | Potencia Instalada [kW] | Consumo mensual [kwh/mes] |
|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|
| Lámpara | 15.00 | 2.79 | 188 |
| CPU | 142.00 | 58.75 | 12633 |
| Cafetera | 10.00 | 6.97 | 296 |
| LAP TOP | 27.00 | 10.90 | 1603 |
| Impresora | 39.00 | 15.47 | 632 |
| Monitor | 129.00 | 25.04 | 4485 |
| Calefactor | 3.00 | 4.50 | 360 |
| Microondas | 2.00 | 2.60 | 155 |
| Abre latas | 1.00 | 1.45 | 29 |
| Otros | 54.00 | 11.82 | 1284 |
| Proyector | 3.00 | 2.46 | 147 |
| Swich de red | 68.00 | 21.92 | 10220 |
| TOTAL | 493.00 | 164.65 | 32032 |

Fuente: Elaboración propia del censo de equipos de oficina.

Se decidió separar el consumo de los equipos de laboratorio ya que son equipos demasiado especializado en el cual no se pueden hacer propuestas alguna de equipos más eficientes, ya que no somos conocedores de estos equipos por lo que solo se muestra el consumo mensual de energía eléctrica y la cantidad total de equipos sin hacer énfasis en los tipos de equipos como en los demás sistemas. En la tabla 30, se muestra que para el edificio Colisur se tiene un total de 134 equipos de laboratorio, con un consumo eléctrico mensual de 6177 kWh

Tabla 30. Cantidad y consumo eléctrico de equipos de laboratorio

| Equipo | Cantidad | Potencia Instalada [kW] | Consumo Mensual [kWh/mes] |
|------------------------|----------|-------------------------|---------------------------|
| Equipo de laboratorio. | 134.00 | 6928 | 6177 |

Fuente: Elaboración propia del censo de equipos laboratorio.

Como equipo de fuerza en este edificio solo se encontraron tres bombas eléctricas con un consumo mensual de 240 kWh y una potencia instalada de 3 kW por lo que no representa un consumo considerable, en comparación con los demás sistemas por lo que no se considera para proponer un cambio de equipo o realizar alguna propuesta de medida operativa sin inversión.

Edificio LEMA

Para este edificio se realizó el mismo procedimiento, se dividió en tres categorías los equipos encontrados, estas categorías son equipo de oficina, laboratorio y fuerza. Para equipos de oficina son prácticamente los mismos que en el edificio Colisur, de igual forma solo se presentan los equipos que tienen un consumo eléctrico representativo, los que



tienen un consumo bajo se sumaron y se englobaron en la categoría de otros, los censos completos se incluyen en anexo 3.

En la tabla 31 se muestra el consumo mensual y la cantidad de equipos de oficina para poder detectar posibles potenciales de ahorro, en este edificio solo se realizaron propuestas de medidas operativas sin inversión en equipos de oficina, ya que los equipos de laboratorio son especializados por lo que no se puede proponer equipos más eficientes.

Los equipos encontrados de fuerza son bombas utilizadas para los mismos equipos de laboratorio además de un motor utilizado para hacer funcionar un elevador por lo que tampoco se realizan propuestas ya que estos equipos son los recomendados por los fabricantes.

Tabla 31. Cantidad y consumo eléctrico de equipos de oficina

| Equipo | Cantidad | Potencia Instalada [kW] | Consumo mensual [kWh/mes] |
|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|
| Lámpara | 6.00 | 0.55 | 11.13 |
| CPU | 22.00 | 11.25 | 1374.94 |
| Cafetera | 3.00 | 4.93 | 38.65 |
| LAP TOP | 13.00 | 2.67 | 394.90 |
| Impresora | 5.00 | 2.65 | 33.78 |
| Monitor | 20.00 | 3.21 | 491.60 |
| Microondas | 1.00 | 1.00 | 20.00 |
| Swich de red | 1.00 | 0.02 | 9.60 |
| Otros | 10.00 | 1.11 | 369.55 |
| Total | 81.00 | 27.37 | 2744.16 |

Fuente: Elaboración propia del censo de equipos de oficina.

Para equipos de laboratorio se tiene un consumo mensual de 12,268.62 kWh con un total de 89 equipos, en este edificio podemos notar que el consumo es muy elevado y es debido a que los equipos encontrados cuentan con su propio equipo de enfriamiento como unidades generadoras de agua helada, así como algunos compresores, también cuentan con un laboratorio de espectrometría de masas con aceleradores y tiene un consumo eléctrico alto que se refleja en los datos mostrados en la tabla 32.

Tabla 32. Cantidad y consumo eléctrico de equipos de laboratorio.

| Equipo | Cantidad | Potencia Instalada [kW] | Consumo mensual [kWh/mes] |
|-----------------------|----------|-------------------------|---------------------------|
| Equipo de laboratorio | 89.00 | 70,285.82 | 12,268.62 |

Fuente: Elaboración propia del censo de equipos de laboratorio.

El consumo del edificio LEMA es considerable pero no existen potenciales de ahorro ya que las bombas eléctricas son de igual forma utilizados por los equipos de laboratorio y los fabricantes de los mismos las recomiendan, el consumo eléctrico mensual debido a fuerza es de 3,581 kWh con 5 bombas instaladas y un motor, la tabla 33 muestra cual es el consumo por cada equipo.



Tabla 33. Cantidad y consumo eléctrico de equipos de fuerza.

| Equipo | Cantidad | Potencia Instalada [kW] | Consumo mensual [kWh/mes] |
|--------|----------|-------------------------|---------------------------|
| Bomba | 5 | 37.3 | 2,984 |
| Motor | 1 | 7.46 | 596.8 |
| Total | 6 | 44.76 | 3,580.8 |

Fuente: Elaboración propia del censo de equipos de fuerza.

En este capítulo se pudo identificar los potenciales de ahorro para equipos misceláneos, estos potenciales se encuentran en los equipos de cómputo, por lo que en el siguiente subcapítulo se presentaran medidas operativas sin ahorro de inversión, dirigidas a esta área de consumo.

No se puede presentar propuestas de ahorro de energía eléctrica para los equipos de oficina por cambio de tecnología, ya que las computadoras que son las de mayor consumo eléctrico son de tecnología muy reciente y no se encuentran en el mercado otros equipos de las mismas condiciones con un menor consumo eléctrico.

4.2 Propuesta de ahorro sin inversión.

Con el apoyo del censo de cargas, las horas de uso reportadas y la posibilidad de reducir estas horas por buenas practicas que se pueden aplicar a los inmuebles en estudio, se van a proponer medidas operativas

Con la ayuda del monitoreo de parámetros mostrados en el subcapítulo 1.10 se observan varias oportunidades de ahorro, entre ellas se encuentra el horario de comida, así como consumos fuera de horario laboral es decir los fines de semana tienen un consumo eléctrico considerable por sistema de iluminación y algunos equipos de laboratorio.

En la hora de comida no disminuye el consumo como se espera en relación al número de computadoras, por lo tanto se revisó las actividades en este periodo y se determinó que se quedan computadoras encendidas donde pueden apagarlas o ponerlas en ahorro de energía, al censo de cargas hecho en el los capítulos anteriores se disminuyeron 2 horas de uso a equipos de cómputo es decir CPU, monitores y computadoras portátiles, esto se determinó con la ayuda del censo ya que la mayoría de los investigadores que laboran en estos edificios mencionaron que tienen dos horas de comida.

A continuación se muestra el ahorro en el consumo eléctrico en equipos de oficina, para los edificios en estudio.

Edificio Colisur

En este edificio el consumo eléctrico mensual disminuyo en 3327 kWh esto representa una disminución total del 18 % de ahorro en energía eléctrica y en consecuencia es un ahorro económico sin necesidad de realizar inversión alguna, en la tabla 34 se muestra la disminución en el consumo eléctrico gracias a las medidas operativas propuestas.



Tabla 34. Comparación de consumo eléctrico actual y consumo con medidas operativas.

| | Monitores | CPU | Computadoras portátiles | Total |
|--|-----------|--------|-------------------------|-------|
| Consumo mensual actual [kWh/mes] | 4,485 | 12,633 | 1603 | 18721 |
| Consumo mensual con Medidas operativas [kWh/mes] | 3,589 | 10,505 | 1300 | 15394 |
| Disminución de consumo eléctrico [kWh/mes] | 896 | 2,128 | 303 | 3327 |
| Porcentaje ahorrado | 20 % | 17 % | 19 % | 18 % |

Fuente: Elaboración propia.

Edificio LEMA

Este edificio por ser más pequeño que el anterior tiene menos equipos de cómputo en uso, por esto la disminución en el consumo eléctrico se ve afectada a continuación en la tabla 35 se muestra los ahorros que se tiene para este edificio, con la medida operativa recomendada se podría alcanzar un ahorro en consumo eléctrico mensual de 404.17 kWh, esto representa el 18 % menos del consumo eléctrico actual.

Tabla 35. Comparación de consumo eléctrico actual y consumo con medidas operativas.

| | Monitores | CPU | Computadoras portátiles | Total |
|--|-----------|---------|-------------------------|---------|
| Consumo mensual actual [kWh/mes] | 491.60 | 1374.94 | 394.90 | 2261.44 |
| Consumo mensual con Medidas operativas [kWh/mes] | 395.76 | 1132.29 | 329.22 | 1857.27 |
| Disminución de consumo eléctrico [kWh/mes] | 95.84 | 242.65 | 65.68 | 404.17 |
| Porcentaje ahorrado | 19.5 % | 18 % | 17 % | 18 % |

Fuente: Elaboración propia.

Con esta disminución de consumos eléctricos en el siguiente capítulo se realizara el análisis económico para saber cuánto es el monto económico que se estará ahorrando con estas medidas, así como con iluminación y los demás potenciales de ahorro mencionados en los capítulos anteriores.

Es importante mencionar que para alcanzar los ahorros económicos propuestos con estas medidas operativas, se requiere que las personas que laboran en estos edificios tomen conciencia de los beneficios que se pueden lograr al cooperar en el ahorro de energía.



Capítulo 5 Análisis Económico

El factor económico es sin duda el más importante en este proyecto, ya que en esta sección se sabrá si es factible o no la implementación del cambio tecnológico para los edificios en estudio. Para este análisis es necesario determinar el ahorro económico que se obtendrá al realizarse el cambio tecnológico, en el sistema de iluminación, aire acondicionado, así como el ahorro económico que se lograra con las medidas operativas sin inversión.

Conocer el tiempo de recuperación de la inversión nos dará una visión clara si este proyecto es viable, con la información de los capítulos anteriores se tienen los ahorros en consumo eléctrico que se tiene por cada sistema, ahora solo es necesario saber el costo de la energía que tiene el instituto, para convertir el ahorro por consumo de energía eléctrica en ahorro económico. Esto se debe calcular ya que el instituto no recibe una facturación mensual para saber su consumo eléctrico y su costo integrado \$/kWh.

5.1 Costo de la inversión

El análisis de costo por inversión se realizó para el sistema de iluminación y aire acondicionado de cada edificio en estudio, para cada sistema se tomó en cuenta los gastos por instalación, montaje. Es decir se consideraron materiales y mano de obra, así como el tiempo de ejecución del proyecto.

En este trabajo de tesis se pretende hacer un análisis económico muy acercado a los costos reales, por lo que se realizó estos cálculos considerando el 16 % de IVA, además de una ganancia del 10% a luminarias y equipos de aire acondicionado propuestos así como materiales complementarios, como si fuese una verdadera empresa para obtener resultados muy cercanos a la realidad.

Para el sistema de iluminación se consideró separar en tres categorías la inversión una es mano de obra, se planifico trabajar con 6 persona además de un supervisor de obra, la segunda categoría son gastos por herramientas y materiales, donde se incluyen clavijas tubo flexible, contactos, soporte para tuberías, flexómetros, cables de diversos calibres, tubo flexible, desarmador, pinzas, cinta de aislar y escaleras, por último y la más importante inversión por equipo de iluminación.

Para el sistema de aire acondicionado se consideró que se puede reutilizar la instalación actual ya que se realizó cambios por la misma cantidad de equipos en la mayoría de los casos, y en casos específicos como el área de servidores de Colisur así como Microscopia en donde se considera disminuir la cantidad de equipos, pero de la misma manera se puede reutilizar las mismas instalaciones. Por lo que para este sistema solo se considera mano de obra con un total de 4 personas y un supervisor de obra, y herramientas en las que se incluye pinzas, escaleras, desarmadores, cinta de aislar,



pintura para señalización, flexómetro y cables de distintos calibres, así como los equipos de aire acondicionado propuestos.

En la tabla 36 se presenta el precio unitario y el número de unidades luminarias, en esta tabla se observa que el total de inversión solo de equipo de iluminación es de \$ **870,205.5** M.N. falta adicionar los gastos por mano de obra, herramientas y materiales, el monto total de inversión por equipo de aire acondicionado es de \$ **373,478.8** M.N. a estos valores falta sumar los gastos por mano de obra y herramientas.

Estos montos de inversión por equipos corresponden únicamente al edificio Colisur,

Tabla 36 Costos del equipo de Aire Acondicionado e Iluminación propuesto.

| Luminarias | Cantidad | P.U. [\$] | Total P.U [\$] |
|--|----------|------------------|------------------|
| Pirámide de Empotrar Led Mca. Construlita Mod CO1169BBNB | 16 | 604.7 | 9,675.1 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 105 | 1,513.1 | 158,873.5 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1040BBNA | 31 | 2,584.9 | 80,132.5 |
| Gabinete Empotrado Led Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 254 | 2,247.3 | 570,812.0 |
| Slim de Suspendir Led Mca. Construlita Mod. OF8021BBNA | 12 | 1,873.0 | 22,476.5 |
| Proyector Led Mca. Construlita Mod. U7100NBFA | 7 | 4,033.7 | 28,235.8 |
| Inversión total en equipo de iluminación | 425 | 12,856.7 | 870,205.5 |
| Equipos de Aire Acondicionado | Cantidad | P.U. [\$] | Total P.U [\$] |
| Mini Split de 1 T.R. YSCC12FS | 4 | 7,292.3 | 29,169.4 |
| Mini Split de 1.5 T.R YSCC18FS | 6 | 10,316.5 | 61,898.8 |
| Mini Split de 2 T.R YSCC24FS | 4 | 13,780.8 | 55,123.2 |
| Mini Split de 3 T.R 53HWC363A | 1 | 26,432.3 | 26,432.3 |
| Unidad paquete de 10 T.R.ZF120C00A2AAA5 | 2 | 100,427.6 | 200,855.2 |
| Inversión total en equipo de aire acondicionado | 17 | 158,249.5 | 373,478.8 |

Fuente: *Elaboración propia*

Para el edificio lema se presenta la inversión solo por equipo de iluminación y aire acondicionado en la tabla 37 estos montos son de \$ **409,586.7** M.N. para iluminación y para aire acondicionado corresponde a \$ **305,723.2** M.N.



Tabla 37 Costos del equipo de Aire Acondicionado e Iluminación propuesto.

| Equipos de Aire Acondicionado | Cantidad | P.U. [\$] | Total P.U. [\$] |
|--|----------|------------------|------------------|
| Mini Split de 1 T.R. YSCC12FS | 16 | 7,292.3 | 116,677.4 |
| Mini Split de 1.5 T.R YSCC18FS | 4 | 10,316.5 | 41,265.8 |
| Mini Split de 2 T.R YSCC24FS | 4 | 13,780.8 | 55,123.2 |
| Unidad paquete de 10 T.R. ZF102C00A2AAA5 | 1 | 92,656.7 | 92,656.7 |
| Inversión total en equipo de aire acondicionado | 25 | 124,046.3 | 305,723.2 |
| Luminarias | Cantidad | P.U. [\$] | Total P.U. [\$] |
| Pirámide de Empotrar Led Mca. Construlita Mod CO1169BBNB | 16 | 604.7 | 9,675.1 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 2 | 1,513.1 | 3,026.2 |
| Gabinete Empotrado Led Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 145 | 2,247.3 | 325,857.2 |
| Slim de Suspend Led Mca. Construlita Mod. OF8021BBNA | 25 | 1,873.0 | 46,826.0 |
| Proyector Led Mca. Construlita Mod. OU7100NBFA | 6 | 4,033.7 | 24,202.1 |
| Inversión total en equipo de iluminación | 194 | 10,271.8 | 409,586.7 |

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se suman los montos de inversión por equipo con los gastos de mano de obra, herramienta y materiales para los edificios en estudio. Recordando que se aumenta un 16 % de IVA

Tabla 38. Resumen de inversión.

| Edificio | Sistema | Inversión mano de obra | Inversión herramientas y materiales | Inversión por equipo | Total |
|----------|--------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------|
| Colisur | Iluminación | 34,430.0 | 179,282.4 | 870,205.5 | 1,257,345 |
| | Aire Acondicionado | 26,620.0 | 26,354.9 | 373,478.8 | 494,686 |
| LEMA | Iluminación | 26,620.0 | 88,376.2 | 409,586.7 | 608,516 |
| | Aire Acondicionado | 26,620.0 | 28,174.3 | 305,723.2 | 418,200 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 38 se observa que la inversión total para el edificio Colisur de iluminación y aire acondicionado son de \$ 1,257,345 y \$ 494,686 M.N. respectivamente mientras que para el edificio LEMA la inversión correspondiente a iluminación es de \$ 608,516 M.N y para aire acondicionado la inversión corresponde a \$ 418,200 M.N.

5.2 Tiempo de retorno de la inversión.

Para obtener el tiempo de recuperación es necesario saber cuál es el ahorro anual por cada sistema con la tecnología propuesta, para esto se realizó el cálculo explicado en el subcapítulo 1.7.2, con este cálculo se encontró que el costo integrado para el edificio Colisur es de 1.5792 \$/kWh para el mes de abril del año 2015, para el edificio LEMA el costo integrado es de 1.63 \$/KWh en el mismo periodo, el cálculo de este costo integrado para a facturación eléctrica se muestra en el anexo 5.



Antes de calcular el tiempo de recuperación de inversión, resulta de interés conocer cuál es el tiempo de vida del proyecto, para calcular el tiempo de vida del proyecto se toma como base la vida útil de las luminarias LED para este proyecto todas las luminarias seleccionadas tienen una vida promedio de 50,000 horas, este valor se divide entre las horas promedio de uso al año, con el sistema propuesto se tiene que el uso promedio anual es de 2,000 horas por lo que se tiene una vida útil de 25 años para luminarias y para los equipos de aire acondicionado tienen una vida útil de aproximadamente 30 años.

Con este valor del costo de energía eléctrica para los dos edificios se procede a analizar el ahorro anual por facturación.

Tabla 39. Resumen de tiempo de retorno

| Costo por kWh mes abril 2015 | | Colisur | | 1.57 \$/kWh | | LEMA | 1.64 \$/kWh |
|------------------------------|--------------------|----------------|---------|-----------------------|--------|--------------|-------------------|
| Edificio | Sistema | Consumo actual | | Consumo con propuesta | | Ahorro anual | Tiempo de retorno |
| | | kWh | \$ | kWh | \$ | \$ | años |
| Colisur | Iluminación | 7387.6 | 11598.5 | 2681.7 | 4210.3 | 88658.4 | 7.16 |
| | Aire Acondicionado | 5356.1 | 8409.01 | 2103.4 | 3302.3 | 61280.5 | 6.71 |
| Lema | Iluminación | 1716.4 | 2814.9 | 1072.0 | 1758.1 | 12681.6 | 12.93 |
| | Aire Acondicionado | 3443.4 | 5647.2 | 2457.8 | 4030.8 | 19396.8 | 14.15 |

Fuente: *Elaboración propia*

Una vez teniendo el ahorro anual por tarifa eléctrica y la inversión por cada sistema se obtiene el tiempo de retorno con una división entre la inversión total y el ahorro anual obteniendo así el periodo de retorno. En la tabla 39 se observa que para Colisur el tiempo de retorno para el sistema de iluminación es de 7.16 años mientras que para el sistema de aire acondicionado el tiempo de retorno es de 6.71 años.

Aunque parece un periodo largo el proyecto parece rentable ya que la vida útil para el sistema de iluminación es de 25 años recuperando el monto de la inversión la primera tercera parte de la vida útil de las luminarias, mientras que para el sistema de aire acondicionado la vida útil es de 30 años por lo que se recupera la inversión en la primera quinta parte de la vida de los equipos.

Para el edificio lema el tiempo de retorno es más largo ya que este edificio fue construido recientemente, por lo que sus tecnologías no son tan obsoletas como en el caso del edificio Colisur, aun con este tiempo de 12.9 años de retorno para iluminación y 14.15 años de retorno para aire acondicionado, la inversión se recupera prácticamente a la mitad de la vida útil de los equipos, esto sin contar el ahorro económico que se tendrá por medidas operativas sin inversión, este ahorro provocara que la inversión se recupere en menor tiempo.



5.3 Relación beneficio costo, TIR

La relación beneficio costo se utiliza comúnmente en muchos proyectos gubernamentales y de obras públicas, para determinar si los beneficios esperados constituyen un retorno aceptable sobre la inversión. Esta relación se expresa como el cociente entre el total de ingresos entre el total de la inversión, esta inversión se calculó anteriormente para cada sistema y se consideran ingresos el ahorro económico por facturación así como el ahorro por mantenimiento en las luminarias.

Tabla 40. Resumen ahorro anual, tiempo de retorno, RB/C y TIR de propuesta de cambio tecnológico.

| Edificio | Sistema | Ahorro anual [\$] | Tiempo de retorno | Relación beneficio-costos | Tasa interna de retorno |
|----------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | | años | | |
| Colisur | Iluminación | 88658.4 | 7.16 | 3.88 | 13.7% |
| | Aire Acondicionado | 61280.5 | 6.71 | 3.96 | 12.3% |
| Lema | Iluminación | 12681.6 | 12.93 | 2.29 | 7.4% |
| | Aire Acondicionado | 19396.8 | 14.15 | 1.63 | 4.2% |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 40 se observa que la relación beneficio costo para iluminación y aire acondicionado de los dos edificios es mayor a 1.2 veces en todos los casos, que es el límite típico considerado adecuado para asegurar una robustez adecuada, si este valor es igual a 1 significa que el proyecto no pierde ni gana dinero, si el valor es menor a 1 entonces el proyecto pierde dinero.

En este caso se ve que son rentables las propuestas para aire acondicionado e iluminación para los dos edificios, aunque la tasa interna de retorno es baja debido a que el tiempo de recuperación es grande, esto es debido a que las nuevas tecnologías tienen costos altos pero son compensados con el ahorro en el consumo eléctrico que generan.

5.4 Ahorro económico debido a medidas operativas sin inversión

Como se analizó en el capítulo cuatro un potencial de ahorro importante para los equipos de oficina, es implementar medidas operativas como apagar los equipos de cómputo durante la comida, se encontró que en Colisur se ahorra 3,327 kWh mensuales en consumo eléctrico mientras que para LEMA el ahorro es de 404.17 kWh/mes.

En este subcapítulo se convertirá este ahorro de consumo eléctrico a ahorro económico con los costos integrados que se obtuvieron, recordando que para Colisur es de 1.57 \$/kWh mientras que para el edificio LEMA es de 1.64 \$/kWh.



DIVISION DE INGENIERIA MECANICA E INDUSTRIAL

Tabla 41 Ahorro por medidas de operativas sin inversión.

| Edificio | Ahorro mensual | | Ahorro anual | |
|----------|----------------|----------|--------------|-----------|
| | kWh | \$ | kWh | \$ |
| Colisur | 3,327 | 5,223.39 | 3,9924 | 62,680.68 |
| LEMA | 404.17 | 662.83 | 4,850.04 | 7,954 |
| Total | 3,331.17 | 5,886,22 | 44,774.04 | 70,634.68 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 41 se muestra que con solo apagar las computadoras en el horario de comida se pueden ahorrar \$ 70,634.68 pesos para los dos edificios, esto aumenta el ahorro económico disminuyendo el tiempo de retorno de la inversión, también esto hace la relación beneficio costo más grande recordando que tiene que ser valores por encima de 1.2 veces para que el proyecto tenga una robustez adecuada. Estos valores se presentan a continuación en la tabla 43.

Tabla 43. Resumen ahorro anual, tiempo de retorno, RB/C y TIR propuesta de cambio tecnológico y medidas operativas sin inversión.

| Edificio | Sistema | Ahorro anual [\$] | Tiempo de retorno | Relación beneficio-costos | Tasa interna de retorno |
|----------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | | años | | |
| Colisur | Iluminación | \$119,999 | 6.08 | 4.50 | 16.1% |
| | Aire Acondicionado | \$92,621 | 4.71 | 5.86 | 18.7% |
| Lema | Iluminación | \$16,659 | 11.92 | 2.45 | 8.1% |
| | Aire Acondicionado | \$23,373 | 12.48 | 1.91 | 5.2% |

Fuente: Elaboración propia.

Con las medidas operativas sin inversión se logró hacer un proyecto más rentable como se muestra en la tabla 43 la relación beneficio costo es mucho mayor de 1.2 dos veces la tasa interna de retorno incremento y aunque el tiempo de retorno de inversión sigue desde 4.71 años hasta 12.48 años es un proyectos muy prometedor por la vida útil que se propone.



Conclusiones.

Edificio Colisur

Como era de esperarse, actualmente los sistemas de iluminación del edificio Colisur del instituto de física, genera altos costos de facturación eléctrica, ya que las tecnologías de iluminación son obsoletas en su mayoría.

Actualmente no existe ningún control local en área de pasillos, ni vestíbulo que pueda limitar la iluminación solo a los momentos que se requiere, por lo que estas luminarias permanecen prendidas los 365 días del año la 24 horas, generando así un consumo innecesario porque no se aprovecha la luz solar.

Al realizar las mediciones de luminosidad se detectó que no cumple con la NOU y NOM-025-STPS-2008, tampoco cumple niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado que establece la NOM-007.ENER-2014.

Sustituir el sistema de iluminación actual por la propuesta hecha, garantiza una disminución del 75 % de consumo eléctrico mensual, así como los niveles de iluminación e índices de eficiencia energética que indican las normas aplicables.

La potencia térmica de los equipos del sistemas de aire acondicionado son incorrectas, por lo que se desperdicia energía térmica y en consecuencia se desperdicia energía eléctrica ya que los equipos no trabajan en óptimas condiciones por lo que no alcanzan su mayor eficiencia, en los casos en donde los equipos están sobre estimados, por otra parte los equipos que no tienen la potencia térmica necesaria son forzados a trabajar mucho tiempo para tratar de llegar a las temperatura ambiente por lo que tienen un mayor consumo eléctrico.

Al sustituir los equipos de aire acondicionado actual por la propuesta hecha se garantiza un ahorro económico por consumo eléctrico mensual del 50 % en este sistema, así como, un ambiente confortable y saludable en las áreas de trabajo además de la temperatura óptima para que los equipos de laboratorio puedan trabajar adecuadamente.

Con la ayuda del monitoreo de parámetros se encontró un potencial de ahorro por medio de medidas operativas sin inversión, se alcanzó un ahorro considerable del 18 % por consumo eléctrico mensual que ayudo a hacer más rentables las propuestas de cambio de tecnología.

Edificio LEMA

Para este edificio no se pudo lograr un ahorro económico tan grande como para Colisur ya que los equipos instalados para sistemas de iluminación y aire acondicionado son tecnologías más reciente, se propone el cambio de tecnología para estos dos sistemas debido a que en el sistema de iluminación, no se cumple con los niveles de iluminación



requeridos, ni con los índices de eficiencia energética (DPEA) que indican las normas aplicables para este tipo de recintos.

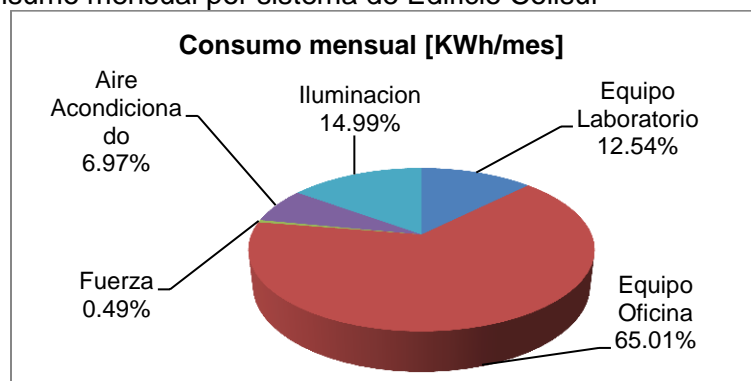
Con el cambio de sistema de iluminación por el propuesto con luminarias LED, se obtiene un ahorro en consumo eléctrico mensual del 38% además de contribuir a la disminución de emisión de gases efecto invernadero, cuidando así la ecología del país y cumpliendo un objetivo de este trabajo, que es preservar los recursos no renovables del planeta.

Para el sistema de aire acondicionado se propone el cambio de tecnología debido a que todos los equipos de este edificio están sobre estimados en su potencia térmica, por lo que lo convierte en un potencial de ahorro, ya que los equipos no funcionan en las condiciones óptimas y no se alcanzan sus máximas eficiencias, con esta propuesta se logra un ahorro del 29 % por consumo eléctrico mensual. Igual que para el edificio Colisur el único potencial de ahorro con medidas operativas sin inversión, es el ahorro de energía con equipos de cómputo en horario de comida y es un ahorro por consumo eléctrico mensual de 18 %.

En el presente trabajo, se analizó la información obtenida del levantamiento para los dos inmuebles en estudio, dedicados a investigación principalmente y como cubículos y oficinas para sus investigadores. De este levantamiento eléctrico y censo de equipos se encontraron como potenciales de ahorro el sistema de iluminación y el sistema de aire acondicionado así como una medida operativa sin inversión, como se muestra en la gráfica 16.

Los demás sistemas como equipos de laboratorio no tienen potenciales de ahorro, ya que son equipos muy especializados y no se puede dar recomendación alguna, el sistema de fuerza no tiene un consumo considerable es por eso que tampoco se realizó ninguna recomendación.

Gráfica 16. Consumo mensual por sistema de Edificio Colisur



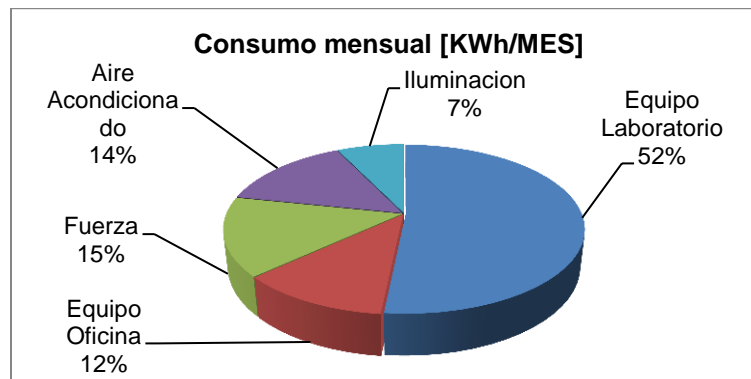
Fuente: Elaboración propia

Para el edificio LEMA ocurre la misma situación no se puede hacer recomendaciones en equipo de laboratorio porque son muy especializados, aunque el equipo de fuerza si tiene un consumo considerable no se puede hacer recomendaciones ya que estos equipos son



para los equipos de laboratorio, y son los recomendados por el fabricante, en la gráfica 17 se observa que los potenciales de ahorro en LEMA son los equipos de iluminación y aire acondicionado.

Grafica 17. Consumo mensual por sistema de Edificio LEMA



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 44 se muestra el consumo eléctrico de cada edificio con la instalación actual. Así como, el consumo con la propuesta de cambio de tecnologías y el ahorro por medidas operativas sin inversión.

Tabla 44 Consumo eléctrico mensual actual y propuesta de cada edificio

| Edificio | Consumo mensual Colisur | | Consumo mensual LEMA | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | Actual kWh/mes | Propuesta kWh/mes | Actual kWh/mes | Propuesta kWh/mes |
| Iluminación | 7,388 | 2,682 | 1,716 | 1,072 |
| Aire Acondicionado | 5,356 | 2,103 | 3,443 | 2,458 |
| Fuerza | 240 | 240 | 3,581 | 3,581 |
| Equipo de Laboratorio | 6,177 | 6,177 | 12,269 | 12,269 |
| Equipo de oficina | 32,032 | 28,662 | 2,744 | 2,337 |
| Total | 51,193 | 39,864 | 23,753 | 21,716 |
| Ahorro | 11,329 | | 2,037 | |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que el ahorro eléctrico es considerable en cada edificio, para Colisur se ahorra en consumo eléctrico 11,329 kWh mensual, mientras que para LEMA se ahorra 2,037 kWh/mes, el ahorro total de los dos edificios al año es de \$252,652 pesos anuales, esta es una suma considerable, aunado a lo analizado en el capítulo 5 se concluye que las propuestas planteadas en este trabajo de tesis son viables ya que la relación beneficio costo es mayor por mucho a 1.2 veces en todos los casos para los dos edificios.

**ANEXOS****ANEXO 1: Censo de cargas eléctricas iluminación**

| COLISUR: PLANTA BAJA | | | | | | |
|---|----------|----------|------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Tipo de Luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Luminaria Fluorescente T-12 4 x 39 W | 12 | 195.00 | 2340.00 | 8.00 | 18.72 | 374.4 |
| Luminaria Fluorescente Tipo Curvalium T-12 2 x 40 W | 94 | 100.00 | 9400.00 | 8.00 | 75.2 | 1504 |
| Luminaria Fluorescente Tipo Curvalium T-18 2 x 32 W | 19 | 67.20 | 1276.80 | 8.00 | 10.2144 | 204.288 |
| Luminaria Fluorescente T-8 2 x 59 W | 4 | 123.90 | 495.60 | 8.00 | 3.9648 | 79.296 |
| Lámpara Halógena 50 W | 12 | 50.00 | 600.00 | 8.00 | 4.8 | 96 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 1 x 26 W | 7 | 26.00 | 182.00 | 8.00 | 1.456 | 29.12 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 1 x 13 W | 5 | 13.00 | 65.00 | 8.00 | 0.52 | 10.4 |
| Lámpara de Led 13 W | 8 | 13.00 | 104.00 | 8.00 | 0.832 | 16.64 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 1 | 1.00 | 1.00 | 8.00 | 0.008 | 0.16 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. IPSA Mdo. LX28A | 2 | 0.60 | 1.20 | 8.00 | 0.0096 | 0.192 |
| COLISUR: PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Tipo de Luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Luminaria Fluorescente T-12 4 x 39 W | 12 | 195.0 | 2340.0 | 8.0 | 18.72 | 374.4 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Empotrar | 3 | 35.0 | 105.0 | 8.0 | 0.84 | 16.8 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Colgante | 22 | 35.0 | 770.0 | 8.0 | 6.16 | 123.2 |
| Luminaria Fluorescente Tipo Curvalium T-12 2 x 40 W | 90 | 100.0 | 9000.0 | 8.0 | 72 | 1440 |
| Luminaria Fluorescente T-8 2 x 59 W | 4 | 123.9 | 495.6 | 8.0 | 3.9648 | 79.296 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. IPSA Mdo. LX28A | 2 | 0.6 | 1.2 | 8.0 | 0.0096 | 0.192 |
| COLISUR: AZOTEA | | | | | | |
| Tipo de Luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Luminaria para uso Exterior con Lámpara de Vapor de Sodio | 7 | 250.0 | 1750.0 | 12.0 | 21 | 420 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 1 | 1.0 | 1.0 | 24.0 | 0.024 | 0.48 |
| COLISUR: PASILLOS | | | | | | |
| PLANTA BAJA | | | | | | |



DIVISION DE INGENIERIA MECANICA E INDUSTRIAL

| Tipo de Luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
|---|----------|----------|------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Luminaria Fluorescente T-12 4 x 20 W | 3 | 100.00 | 300.00 | 24.00 | 7.2 | 144 |
| Luminaria Fluorescente Tipo Curvalium T-12 2 x 40 W | 17 | 100.00 | 1700.00 | 24.00 | 40.8 | 816 |
| Luminaria Fluorescente Tipo Curvalium T-18 2 x 32 W | 3 | 67.20 | 201.60 | 24.00 | 4.8384 | 96.768 |
| PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Tipo de Luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Luminaria Fluorescente Tipo Curvalium T-12 2 x 40 W | 28 | 100.00 | 2800.00 | 24.00 | 67.2 | 1344 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Empotrar | 10 | 35.0 | 350.00 | 24.00 | 8.4 | 168 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 1 x 26 W | 4 | 26.0 | 104.00 | 24.00 | 2.496 | 49.92 |

| LEMA: PLANTA BAJA | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Tipo de Luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Luminaria Fluorescente T-8 2 x 32 W | 66 | 67.20 | 4435.20 | 8.00 | 35.4816 | 709.632 |
| Luminaria Fluorescente T-5 2 x 54 W | 1 | 113.40 | 113.40 | 8.00 | 0.9072 | 18.144 |
| Luminaria Fluorescente Traslapada T-5 2 x 54 | 1 | 123.90 | 123.90 | 8.00 | 0.9912 | 19.824 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 1 x 13 W | 5 | 13.00 | 65.00 | 8.00 | 0.52 | 10.4 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 2 x 26 W | 4 | 52.00 | 208.00 | 8.00 | 1.664 | 33.28 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. Leviton Mdo. ODC-OD-L1W | 3 | 0.60 | 1.80 | 24.00 | 0.0432 | 0.864 |
| Sensor de Pared Muli-Tecnologia Mca. Leviton Mdo. OSW12-MOV. | 2 | 0.60 | 1.20 | 24.00 | 0.0288 | 0.576 |
| LEMA: PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Tipo de Luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Luminaria Fluorescente T-8 2 x 32 W | 42 | 67.20 | 2822.40 | 8.00 | 22.5792 | 451.584 |
| Luminaria Fluorescente T-5 2 x 54 W | 1 | 113.40 | 113.40 | 8.00 | 0.9072 | 18.144 |
| Luminaria Fluorescente Traslapada T-5 2 x 54 | 1 | 123.90 | 123.90 | 8.00 | 0.9912 | 19.824 |
| Luminaria Incandescente 60 W | 4 | 60.00 | 240.00 | 8.00 | 1.92 | 38.4 |
| Luminaria Fluorescente Compacta 2 x 26 W | 4 | 52.00 | 208.00 | 8.00 | 1.664 | 33.28 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. Leviton Mdo. ODC- | 3 | 0.60 | 1.80 | 24.00 | 0.0432 | 0.864 |



DIVISION DE INGENIERIA MECANICA E INDUSTRIAL

| | | | | | | |
|---|----------|----------|------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| 0D-L1W | | | | | | |
| Sensor de Pared Muti-Tecnología Mca. Leviton Mdo. OSW12-MOV. | 2 | 0.60 | 1.20 | 24.00 | 0.0288 | 0.576 |
| LEMA: AZOTEA | | | | | | |
| Tipo de Luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Luminaria para uso Exterior con Lámpara de Aditivos Metálicos Mca. Halohane Mdo. NPF250MH62WH | 6 | 250.0 | 1500.0 | 12.0 | 18 | 360 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 1 | 1.0 | 1.0 | 24.0 | 0.024 | 0.48 |

ANEXO 2 Censo de cargas térmicas y eléctricas aire acondicionado

| | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|
| COLISUR: PLANTA BAJA | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UE-1 | Unidad evaporadora | 88 | 12,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-2 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-3 | Unidad evaporadora | 199 | 31,579 | 1 | 0.796 | 15.92 |
| UE-4 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UC-1 | Unidad condensadora | 1,260 | 12,000 | 1 | 5.04 | 100.8 |
| UC-2 | Unidad condensadora | 2,600 | 24,000 | 1 | 10.4 | 208 |
| COLISUR: PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UE-5 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-6 | Unidad evaporadora | 88 | 60,000 | 1 | 0.352 | 7.0 |
| UE-7 | Unidad evaporadora | 88 | 60,000 | 1 | 0.352 | 7.0 |
| UE-8 | Unidad evaporadora | 88 | 12,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UV-1 | Aire a. tipo ventana | 1,239 | 12,000 | 1 | 4.956 | 99.12 |
| COLISUR: AZOTEA | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W/h] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UC-3 | Unidad condensadora | 3,283 | 31,579 | 1 | 13.132 | 262.64 |
| UC-4 | Unidad condensadora | 2,800 | 24,000 | 1 | 11.2 | 224 |
| UC-5 | Unidad condensadora | 2,350 | 24,000 | 1 | 9.4 | 188 |
| UC-6 | Unidad condensadora | 7,400 | 60,000 | 1 | 29.6 | 592 |
| UC-7 | Unidad condensadora | 7,400 | 60,000 | 1 | 29.6 | 592 |
| UC-8 | Unidad condensadora | 1,256 | 12,000 | 1 | 5.0248 | 100.496 |



DIVISION DE INGENIERIA MECANICA E INDUSTRIAL

| | | | | | | |
|------|--------------------------|-------|--------|---|--------|--------|
| VE-1 | Ventilador de extracción | 372.8 | | 1 | 1.4912 | 29.824 |
| VE-2 | Ventilador de extracción | 372.8 | | 1 | 1.4912 | 29.824 |
| VE-3 | Ventilador de extracción | 372.8 | | 1 | 1.4912 | 29.824 |
| UP-1 | Unidad tipo paquete | 6105 | 20,831 | 1 | 24.42 | 488.4 |
| UP-2 | Unidad tipo paquete | 2625 | 8,957 | 1 | 10.5 | 210 |
| UP-3 | Unidad tipo paquete | 2670 | 9,110 | 1 | 106.8 | 2136 |

| LEMA: PLANTA BAJA | | | | | | |
|--------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UE-7 | Unidad evaporadora | 88 | 24 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-6 | Unidad evaporadora | 88 | 24 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-4 | Unidad evaporadora | 88 | 24 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-3 | Unidad evaporadora | 88 | 24 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-9 | Unidad evaporadora | 88 | 24 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-12 | Unidad evaporadora | 88 | 24 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| LEMA: PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UE-8 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-5 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-2 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-1 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-10 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| UE-11 | Unidad evaporadora | 88 | 24,000 | 1 | 0.352 | 7.04 |
| LEMA: AZOTEA | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UC-1 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-2 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-3 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-4 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-5 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-6 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-7 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-8 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-9 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |



DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

| | | | | | | |
|-------|--------------------------|--------|---------|---|-------|---------|
| UC-10 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-11 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| UC-12 | Unidad condensadora | 1,672 | 24,000 | 1 | 6.69 | 133.76 |
| VE-1 | Ventilador de extracción | 373 | | 1 | 1.49 | 29.84 |
| VE-2 | Ventilador de extracción | 373 | | 1 | 1.49 | 29.84 |
| VE-3 | Ventilador de extracción | 2,238 | | 1 | 8.95 | 179.04 |
| VE-4 | Ventilador de extracción | 2,238 | | 1 | 8.95 | 179.04 |
| UP-1 | Unidad tipo paquete | 16,700 | 180,000 | 1 | 66.80 | 1336.00 |
| UI-1 | Ventilador de extracción | 5,593 | | 1 | 22.37 | 447.42 |
| UI-2 | Ventilador de extracción | 5,593 | | 1 | 22.37 | 447.42 |

| TABLA DE TEMPERATURA EQUIVALENTE PARA TECHOS | | | | | | | | | |
|--|--------------|----|----|------|----|----|----|----|----|
| Descripción de los materiales del techo | Tiempo solar | | | | | | | | |
| | A.M. | | | P.M. | | | | | |
| | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Techos expuestos al sol construcción pesada | | | | | | | | | |
| Concreto de 6 pulgadas y aislante | 3 | 3 | 11 | 19 | 23 | 24 | 19 | 11 | 8 |

| TABLA DE TEMPERATURA EQUIVALENTE PARA MUROS EN GRADOS CENTIGRADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|-----------------------------|---|----|
| Lat. Norte Pared hacia el: | Tiempo Solar | | | | | | | | | | | | | | | | Lat. Sur Pared hacia el: | | |
| | AM | | | | PM | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | | | | | | | | | | |
| | COLOR EXTERIOR DE LA PARED (O=OBSCURA, C=CLARA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | O | C | O | C | O | C | O | C | O | C | O | C | O | C | O | C | | O | C |
| Ladrillo hueco de 8 pulgadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NE | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 6 | 9 | 6 | 6 | 3 | 7 | 6 | 8 | 7 | 7 | 6 | 4 | 4 | SE |
| E | 2 | 1 | 7 | 2 | 13 | 7 | 14 | 8 | 11 | 7 | 7 | 6 | 8 | 7 | 8 | 6 | 6 | 4 | E |
| SE | 1 | 0 | 1 | 0 | 9 | 4 | 11 | 7 | 11 | 8 | 8 | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 4 | 3 | NE |
| S | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 3 | 13 | 8 | 14 | 9 | 11 | 8 | 7 | 6 | 4 | 3 | N |
| SO | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 7 | 6 | 14 | 10 | 17 | 11 | 14 | 10 | 4 | 3 | NO |
| O | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 6 | 4 | 10 | 8 | 17 | 12 | 19 | 12 | 10 | 8 | O |
| NO | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 4 | 3 | 7 | 6 | 12 | 10 | 17 | 12 | 6 | 4 | SO |
| N | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | S |



DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

| TABLA DE TEMPERATURA EQUIVALENTE PARA VENTANAS EN GRADOS CENTIGRADOS | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 20° Latitud Norte | | Hora Solar | | | | | | | | | | | | |
| Época | Orientación | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 21 Junio | N | 76 | 111 | 90 | 68 | 51 | 46 | 40 | 46 | 51 | 67 | 90 | 111 | 75 |
| | NE | 219 | 417 | 390 | 330 | 225 | 103 | 40 | 38 | 38 | 38 | 32 | 24 | 8 |
| | E | 219 | 401 | 434 | 387 | 260 | 111 | 38 | 38 | 38 | 38 | 32 | 24 | 8 |
| | SE | 75 | 168 | 198 | 179 | 119 | 57 | 38 | 38 | 38 | 38 | 32 | 24 | 8 |
| | S | 8 | 24 | 32 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 32 | 24 | 8 |
| | SO | 8 | 24 | 32 | 38 | 38 | 38 | 38 | 57 | 119 | 179 | 198 | 168 | 75 |
| | O | 8 | 24 | 32 | 38 | 38 | 38 | 38 | 111 | 260 | 387 | 434 | 401 | 220 |
| | NO | 8 | 24 | 32 | 38 | 38 | 38 | 40 | 103 | 225 | 330 | 390 | 417 | 220 |
| | Horizontal | 30 | 162 | 328 | 477 | 585 | 629 | 678 | 629 | 585 | 477 | 328 | 162 | 30 |
| 22 Julio y 21 Mayo | N | 54 | 75 | 62 | 46 | 40 | 38 | 38 | 38 | 40 | 46 | 62 | 75 | 54 |
| | NE | 192 | 358 | 374 | 301 | 198 | 84 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 21 | 8 |
| | E | 203 | 401 | 442 | 393 | 268 | 124 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 21 | 8 |
| | SE | 84 | 189 | 230 | 214 | 154 | 78 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 21 | 8 |
| | S | 8 | 21 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 21 | 8 |
| | SO | 8 | 21 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 78 | 154 | 214 | 230 | 189 | 84 |
| | O | 8 | 21 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 124 | 268 | 393 | 442 | 401 | 203 |
| | NO | 8 | 21 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 84 | 198 | 301 | 374 | 358 | 192 |
| | Horizontal | 8 | 149 | 320 | 474 | 585 | 650 | 680 | 650 | 585 | 474 | 320 | 149 | 8 |
| 24 Agosto y 20 Abril | N | 16 | 27 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 27 | 16 |
| | NE | 122 | 301 | 320 | 241 | 135 | 48 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 5 |
| | E | 143 | 385 | 447 | 404 | 287 | 138 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 5 |
| | SE | 78 | 241 | 306 | 292 | 265 | 149 | 54 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 5 |
| | S | 5 | 19 | 29 | 38 | 54 | 65 | 70 | 65 | 54 | 38 | 29 | 19 | 5 |
| | SO | 5 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 54 | 149 | 265 | 292 | 306 | 241 | 78 |
| | O | 5 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 138 | 287 | 404 | 447 | 385 | 143 |
| | NO | 5 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 48 | 135 | 241 | 320 | 301 | 122 |
| | Horizontal | 13 | 130 | 290 | 452 | 569 | 637 | 669 | 637 | 569 | 452 | 290 | 130 | 13 |
| 22 Septiembre y 22 Marzo | N | 0 | 10 | 6 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 |
| | NE | 0 | 225 | 235 | 160 | 59 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 |
| | E | 0 | 352 | 442 | 404 | 282 | 122 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 |
| | SE | 0 | 268 | 368 | 379 | 325 | 227 | 111 | 40 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 |
| | S | 0 | 21 | 59 | 103 | 141 | 170 | 176 | 172 | 141 | 103 | 59 | 21 | 0 |
| | SO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 40 | 111 | 227 | 325 | 379 | 368 | 268 | 0 |
| | O | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 122 | 282 | 404 | 442 | 352 | 0 |
| | NO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 59 | 160 | 235 | 225 | 0 |



DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | <i>Horizontal</i> | 0 | 81 | 252 | 414 | 537 | 610 | 631 | 610 | 537 | 414 | 252 | 81 | 0 |
| 22 Octubre y 20 Febrero | <i>N</i> | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 |
| | <i>NE</i> | 0 | 119 | 141 | 78 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 |
| | <i>E</i> | 0 | 268 | 398 | 382 | 271 | 132 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 |
| | <i>SE</i> | 0 | 246 | 396 | 433 | 404 | 322 | 200 | 73 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 |
| | <i>S</i> | 0 | 57 | 135 | 206 | 252 | 287 | 301 | 287 | 252 | 206 | 135 | 57 | 0 |
| | <i>SO</i> | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 73 | 200 | 322 | 404 | 433 | 396 | 246 | 0 |
| | <i>O</i> | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 132 | 271 | 382 | 398 | 268 | 0 |
| | <i>NO</i> | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 78 | 141 | 119 | 0 |
| | <i>Horizontal</i> | 0 | 48 | 184 | 344 | 463 | 531 | 564 | 531 | 463 | 344 | 184 | 48 | 0 |
| 21 Noviembre y 21 Enero | <i>N</i> | 0 | 8 | 21 | 29 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 29 | 21 | 8 | 0 |
| | <i>NE</i> | 0 | 65 | 70 | 38 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 29 | 21 | 8 | 0 |
| | <i>E</i> | 0 | 192 | 347 | 344 | 246 | 116 | 35 | 35 | 35 | 29 | 21 | 8 | 0 |
| | <i>SE</i> | 0 | 198 | 390 | 444 | 428 | 366 | 246 | 124 | 43 | 29 | 21 | 8 | 0 |
| | <i>S</i> | 0 | 75 | 187 | 271 | 333 | 368 | 382 | 368 | 333 | 271 | 187 | 75 | 0 |
| | <i>SO</i> | 0 | 8 | 21 | 29 | 43 | 124 | 246 | 366 | 428 | 444 | 390 | 198 | 0 |
| | <i>O</i> | 0 | 8 | 21 | 29 | 32 | 35 | 35 | 116 | 246 | 344 | 347 | 192 | 0 |
| | <i>NO</i> | 0 | 8 | 21 | 29 | 32 | 35 | 35 | 35 | 35 | 38 | 70 | 65 | 0 |
| | <i>Horizontal</i> | 0 | 13 | 130 | 273 | 396 | 466 | 488 | 466 | 396 | 278 | 130 | 13 | 0 |
| 22 Diciembre | <i>N</i> | 0 | 5 | 19 | 29 | 32 | 35 | 35 | 35 | 32 | 29 | 19 | 5 | 0 |
| | <i>NE</i> | 0 | 38 | 48 | 32 | 32 | 35 | 35 | 35 | 32 | 29 | 19 | 5 | 0 |
| | <i>E</i> | 0 | 151 | 320 | 328 | 230 | 92 | 35 | 35 | 32 | 29 | 19 | 5 | 0 |
| | <i>SE</i> | 0 | 160 | 377 | 452 | 431 | 363 | 263 | 162 | 54 | 29 | 19 | 5 | 0 |
| | <i>S</i> | 0 | 67 | 200 | 301 | 358 | 396 | 404 | 396 | 358 | 301 | 200 | 67 | 0 |
| | <i>SO</i> | 0 | 5 | 19 | 29 | 54 | 162 | 263 | 363 | 431 | 452 | 377 | 160 | 0 |
| | <i>O</i> | 0 | 5 | 19 | 29 | 32 | 35 | 35 | 92 | 230 | 328 | 320 | 151 | 0 |
| | <i>NO</i> | 0 | 5 | 19 | 29 | 32 | 35 | 35 | 35 | 32 | 32 | 48 | 38 | 0 |
| | <i>Horizontal</i> | 0 | 10 | 97 | 249 | 366 | 436 | 461 | 436 | 366 | 249 | 97 | 10 | 0 |

**ANEXO 3 Censo de cargas eléctricas misceláneos**

| TOTAL COLISUR | | | | |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| Equipo | Potencia instalada [W] | Consumo por día [kWh/día] | Consumo Mensual [kWh/mes] | Porcentaje [%] |
| Lámpara | 2.79 | 9.42 | 188.44 | 1.0 |
| CPU | 58.75 | 631.64 | 12632.74 | 21.9 |
| Cafetera | 6.97 | 14.80 | 295.90 | 2.6 |
| Lap top | 10.90 | 80.15 | 1602.92 | 4.1 |
| Impresora | 15.47 | 31.61 | 632.17 | 5.8 |
| Monitor | 25.04 | 224.25 | 4484.91 | 9.3 |
| Pantalla | 1.00 | 6.00 | 120.00 | 0.4 |
| Refrigerador | 1.21 | 20.65 | 412.94 | 0.5 |
| Ventilador | 0.73 | 1.46 | 29.23 | 0.3 |
| Equipo de laboratorio | 128.20 | 281.78 | 5632.81 | 47.8 |
| Calefactor | 4.50 | 18.00 | 360.00 | 1.7 |
| Microondas | 2.60 | 7.77 | 155.30 | 1.0 |
| Abre latas | 1.45 | 1.45 | 29.00 | 0.5 |
| Servidor de agua | 1.07 | 18.72 | 374.40 | 0.4 |
| Otros | 7.80 | 17.35 | 346.96 | 2.9 |
| Proyector | 2.46 | 7.37 | 147.42 | 0.9 |
| Swich de red | 21.92 | 510.99 | 10219.70 | 8.2 |
| Total | 268.48 | 1365.02 | 37664.86 | 100.0 |

| TOTAL LEMA | | | | |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| Equipo | Potencia instalada [W] | Consumo por día [kWh/día] | Consumo Mensual [kWh/mes] | Porcentaje [%] |
| Lámpara | 0.55 | 0.56 | 11.13 | 0.7 |
| CPU | 11.25 | 68.75 | 1374.94 | 13.5 |
| Cafetera | 4.93 | 1.93 | 38.65 | 5.9 |
| Lap top | 2.67 | 19.75 | 394.90 | 3.2 |
| Impresora | 2.65 | 1.69 | 33.78 | 3.2 |
| Monitor | 3.21 | 24.58 | 491.60 | 3.9 |
| Pantalla | 0.30 | 0.90 | 18.00 | 0.4 |
| Refrigerador | 0.12 | 2.86 | 57.12 | 0.1 |
| Equipo de laboratorio | 55.82 | 315.59 | 6311.82 | 67.1 |
| Microondas | 1.00 | 1.00 | 20.00 | 1.2 |
| Servidor de agua | 0.60 | 14.40 | 288.00 | 0.7 |
| Swich de red | 0.02 | 0.48 | 9.60 | 0.0 |



| | | | | |
|-------|-------|--------|---------|--------|
| Otros | 0.09 | 0.32 | 6.43 | 0.1 |
| Total | 83.19 | 452.80 | 9055.98 | 100.00 |

ANEXO 4: Propuesta De Iluminación Cambio Tecnológico

| COLISUR: PLANTA BAJA | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Tipo de luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Pirámide de Empotrar Led Mca. Construlita Mod CO1169BBNB | 16 | 9.00 | 144.00 | 8.00 | 1.152 | 23.04 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 39 | 32.00 | 1248.00 | 8.00 | 9.984 | 199.68 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1040BBNA | 16 | 30.00 | 480.00 | 8.00 | 3.84 | 76.8 |
| Gabinete Empotrado Led Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 136 | 36.00 | 4896.00 | 8.00 | 39.168 | 783.36 |
| Lampara de Led 13 W | 8 | 13.00 | 104.00 | 8.00 | 0.832 | 16.64 |
| Slim de Suspend Led Mca. Construlita Mod. OF8021BBNA | 6 | 20.00 | 120.00 | 9.00 | 1.08 | 21.6 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 1 | 1.00 | 1.00 | 8.00 | 0.008 | 0.16 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. IPSA Mdo. LX28A | 6 | 0.60 | 3.60 | 8.00 | 0.0288 | 0.576 |
| COLISUR: PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Tipo de luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Slim de Suspend Led Mca. Construlita Mod. OF8021BBNA | 6 | 20.00 | 120.00 | 9.00 | 1.08 | 21.6 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 28 | 32.00 | 896.0 | 8.0 | 7.168 | 143.36 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1040BBNA | 15 | 30.00 | 450.0 | 8.0 | 3.6 | 72 |
| Gabinete Empotrado Led Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 118 | 36.00 | 4248.0 | 8.0 | 33.984 | 679.68 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Empotrar | 3 | 35.0 | 105.0 | 8.0 | 0.84 | 16.8 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Colgante | 22 | 35.0 | 770.0 | 8.0 | 6.16 | 123.2 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. IPSA Mdo. LX28A | 7 | 0.6 | 4.2 | 8.0 | 0.0336 | 0.672 |
| COLISUR: AZOTEA | | | | | | |
| Tipo de luminarias | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Proyector Led Mca. Construlita Mod. OU7100NBFA | 6 | 100.0 | 600.0 | 12.0 | 7.2 | 144 |
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 1 | 1.0 | 1.0 | 24.0 | 0.024 | 0.48 |
| COLISUR: PASILLOS | | | | | | |



DIVISION DE INGENIERIA MECANICA E INDUSTRIAL

| PLANTA BAJA | | | | | | |
|--|----------|--------------|------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Tipo | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 7 | 32.00 | 224.00 | 12.00 | 2.688 | 53.76 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 6 | 32.00 | 192.00 | 8.00 | 1.536 | 30.72 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 5 | 32.00 | 160.00 | 12.00 | 1.92 | 38.4 |
| PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Tipo | Cantidad | Potencia | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 6 | 32.00 | 192.00 | 12.00 | 2.304 | 46.08 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 5 | 32.00 | 160.00 | 8.00 | 1.28 | 25.6 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 9 | 32.00 | 288.00 | 12.00 | 3.456 | 69.12 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Empotrar | 4 | 35.0 | 140.0 | 8.0 | 1.12 | 22.4 |
| Luminaria de Led Mca. QOP Mdo. Q10-20 Tipo Empotrar | 6 | 35.0 | 210.0 | 12.0 | 2.52 | 50.4 |
| LEMA: PLANTA BAJA | | | | | | |
| Tipo de luminarias | Cantidad | Potencia [W] | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Piramide de Empotrar Led Mca. Construlita Mod CO1169BBNB | 16 | 9.00 | 144.00 | 2.00 | 0.288 | 5.76 |
| Empotrado 60 X 60 Led Mca. Construlita Mod.OF1021BBNA | 2 | 32.00 | 64.00 | 2.00 | 0.128 | 2.56 |
| Gabinete Empotrado Led Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 82 | 36.00 | 2952.00 | 8.00 | 23.616 | 472.32 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. Leviton Mdo. ODC-0D-L1W | 2 | 0.60 | 1.20 | 24.00 | 0.0288 | 0.576 |
| Sensor de Pared Muti-Tecnologia Mca. Leviton Mdo. OSW12-MOV. | 0 | 0.60 | 0.00 | 24.00 | 0 | 0 |
| LEMA: PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Tipo de luminarias | Cantidad | Potencia [W] | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Gabinete Empotrado Led Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 61 | 36.00 | 2196.00 | 8.00 | 17.568 | 351.36 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. Leviton Mdo. ODC-0D-L1W | 2 | 0.60 | 1.20 | 24.00 | 0.0288 | 0.576 |
| LEMA: AZOTEA | | | | | | |
| Tipo de luminarias | Cantidad | Potencia [W] | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Proyector Led Mca. Construlita Mod. OU7100NBFA | 6 | 100.0 | 600.0 | 12.0 | 7.2 | 144 |



DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

| | | | | | | |
|--|----------|--------------|------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Fotocelda Tork Mdo. 2003-A | 1 | 1.0 | 1.0 | 24.0 | 0.024 | 0.48 |
| LEMA: PASILLOS | | | | | | |
| PLANTA BAJA | | | | | | |
| Tipo de luminarias | Cantidad | Potencia [W] | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Slim de Suspend Led Mca. Construlita Mod. OF8021BBNA | 13 | 20.00 | 260.00 | 8.00 | 2.08 | 41.6 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. Leviton Mdo. ODC-0D-L1W | 2 | 0.60 | 1.20 | 24.00 | 0.0288 | 0.576 |
| Sensor de Pared Muti-Tecnología Mca. Leviton Mdo. OSW12-MOV. | 3 | 0.60 | 1.80 | 24.00 | 0.0432 | 0.864 |
| PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Tipo de luminarias | Cantidad | Potencia [W] | Potencia instalada [W] | Horas de Uso | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| Slim de Suspend Led Mca. Construlita Mod. OF8021BBNA | 12 | 20.00 | 240.00 | 8.00 | 1.92 | 38.4 |
| Sensor de Movimiento para Techo Mca. Leviton Mdo. ODC-0D-L1W | 2 | 0.60 | 1.20 | 24.00 | 0.0288 | 0.576 |
| Sensor de Pared Muti-Tecnología Mca. Leviton Mdo. OSW12-MOV. | 3 | 0.60 | 1.80 | 24.00 | 0.0432 | 0.864 |
| Gabinete Empotrado Led Mca. Construlita Mod.OF1100BBNA | 2 | 36.00 | 72.00 | 8.00 | 0.576 | 11.52 |

ANEXO 5: Propuesta en sistema de aire acondicionado

| | | | | | | |
|----------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|
| COLISUR: PLANTA BAJA | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UE-1 | Unidad evaporadora | 70 | 18000 | 1 | 0.28 | 5.6 |
| UE-2 | Unidad evaporadora | 70 | 18000 | 1 | 0.28 | 5.6 |
| UE-3 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UE-4 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UC-1 | Unidad condensadora | 1640 | 18000 | 1 | 6.56 | 131.2 |
| UC-2 | Unidad condensadora | 1640 | 18000 | 1 | 6.56 | 131.2 |
| COLISUR: NIVEL | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UE-5 | Unidad evaporadora | 70 | 24000 | 1 | 0.28 | 5.6 |
| UE-6 | Unidad evaporadora | 85 | 36000 | 1 | 0.34 | 6.8 |
| UE-8 | Unidad evaporadora | 70 | 18000 | 1 | 0.28 | 5.6 |
| UE-7 | Unidad evaporadora | 70 | 24000 | 1 | 0.28 | 5.6 |



DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

| COLISUR: AZOTEA | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UC-3 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.2 |
| UC-4 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.2 |
| UC-5 | Unidad condensadora | 2010 | 24000 | 1 | 8.04 | 160.8 |
| UC-6 | Unidad condensadora | 2769 | 36000 | 1 | 11.076 | 221.5 |
| UC-8 | Unidad condensadora | 1640 | 18000 | 1 | 6.56 | 131.2 |
| UC-7 | Unidad condensadora | 2010 | 24000 | 1 | 8.04 | 160.8 |
| VE-1 | Ventilador de extracción | 372.8 | | 1 | 1.4912 | 29.8 |
| VE-2 | Ventilador de extracción | 372.8 | | 1 | 1.4912 | 29.8 |
| VE-3 | Ventilador de extracción | 372.8 | | 1 | 1.4912 | 29.8 |
| UP-1 | Unidad tipo paquete | 10700 | 120000 | 1 | 42.8 | 856.0 |

| LEMA: PLANTA BAJA | | | | | | |
|--------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | Cantidad | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UE-7 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UE-6 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UE-4 | Unidad evaporadora | 70 | 24000 | 1 | 0.28 | 5.6 |
| UE-3 | Unidad evaporadora | 70 | 18000 | 1 | 0.28 | 5.6 |
| UE-9 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UE-12 | Unidad evaporadora | 70 | 18000 | 1 | 0.28 | 5.6 |
| LEMA: PRIMER NIVEL | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | CANTIDAD | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UE-8 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UE-5 | Unidad evaporadora | 70 | 24000 | 1 | 0.28 | 5.6 |
| UE-2 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UE-1 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UE-10 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| UE-11 | Unidad evaporadora | 75 | 12000 | 1 | 0.3 | 6 |
| LEMA: AZOTEA | | | | | | |
| Equipo | | Potencia Eléctrica [W] | Potencia Térmica [Btu/h] | CANTIDAD | Consumo por día [kWh/día] | Consumo mensual [kWh/mes] |
| UC-1 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.20 |
| UC-2 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.20 |
| UC-3 | Unidad condensadora | 1640 | 18000 | 1 | 6.56 | 131.20 |



| | | | | | | |
|-------|--------------------------|------|--------|---|-------|--------|
| UC-4 | Unidad condensadora | 2010 | 24000 | 1 | 8.04 | 160.80 |
| UC-5 | Unidad condensadora | 2010 | 24000 | 1 | 8.04 | 160.80 |
| UC-6 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.20 |
| UC-7 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.20 |
| UC-8 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.20 |
| UC-9 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.20 |
| UC-10 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.20 |
| UC-11 | Unidad condensadora | 1090 | 12000 | 1 | 4.36 | 87.20 |
| UC-12 | Unidad condensadora | 1640 | 18000 | 1 | 6.56 | 131.20 |
| VE-1 | Ventilador de extracción | 373 | | 1 | 1.49 | 29.84 |
| VE-2 | Ventilador de extracción | 373 | | 1 | 1.49 | 29.84 |
| VE-3 | Ventilador de extracción | 2238 | | 1 | 8.95 | 179.04 |
| VE-4 | Ventilador de extracción | 2238 | | 1 | 8.95 | 179.04 |
| UP-1 | Unidad tipo paquete | 8600 | 102000 | 1 | 34.40 | 688.00 |
| UI-1 | Ventilador de extracción | 5593 | | 1 | 22.37 | 447.42 |
| UI-2 | Ventilador de extracción | 5593 | | 1 | 22.37 | 447.42 |

ANEXO 6 Análisis de facturación eléctrica

TARIFA H-M Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más (2015)

Cuota aplicable en el mes de abril 2015

| Región | Cargo por kilowatt de demanda facturable | Cargo por kilowatt - hora de energía de punta | Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia | Cargo por kilowatt - hora de energía de base |
|---------|--|---|---|--|
| Central | \$186.24 | \$1.86 | \$0.92 | \$0.77 |

Edificio Colisur**Datos**

| | Punta | Intermedia | Base | Máximo | DEMANDA TOTAL KW |
|---------------------|--------|------------|--------|--------|------------------|
| Demanda máxima | 687.68 | 7564.5 | 2063.0 | | 34384 |
| Factor de Carga | 24.00% | 85.00% | 39.00% | 85.00% | |
| Horas/mes | | | | | |
| Energía KWh por mes | 165.0 | 6429.8 | 804.6 | | 7399.4 Kwh mes |



DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

TARIFA APLICABLE

| H-M | Región | Centro | | abr-15 |
|---------|------------|--------|--------|--------|
| Demanda | | 186.24 | \$/kw | FRI |
| Energía | Punta | 1.86 | \$/kwh | 0.3 |
| | Intermedia | 0.92 | \$/kwh | FRB |
| | Base | 0.77 | \$/kwh | 0.052 |

CALCULO DE LA DEMANDA FACTURABLE

| | | | | |
|-------|--------|------------|--|--------|
| PUNTA | 165.0 | | | |
| I-P | 6264.8 | | | |
| B-I | 0.0 | | | |
| B-P | 639.5 | MAX(B,I,P) | | 6264.8 |

| | | |
|--------------------|-------------|----|
| Demanda Facturable | 2600.365645 | KW |
|--------------------|-------------|----|

COSTO

| | | | | | |
|---------|------------|------------|-----------|-------------|-----------|
| Demanda | | \$4,842.92 | Pesos/Mes | \$58,115.05 | Pesos/año |
| Energía | Punta | \$306.98 | Pesos/Mes | \$3,683.76 | Pesos/año |
| | Intermedia | \$5,915.42 | Pesos/Mes | \$70,985.08 | Pesos/año |
| | Base | \$619.53 | Pesos/Mes | \$7,434.37 | Pesos/año |

| | | | | |
|--------------|-------------|-----------|--------------|-----------|
| Total | \$11,684.86 | Pesos/Mes | \$140,218.27 | Pesos/año |
|--------------|-------------|-----------|--------------|-----------|

| | | |
|-----------------|--------|--------|
| COSTO INTEGRADO | 1.5792 | \$/KWh |
|-----------------|--------|--------|

Edificio LEMA

Datos

| | Punta | Intermedia | Base | Maximo | Total | DEMANDA TOTAL KW |
|-----------------|-------------|------------|--------|--------|--------|------------------|
| Demanda máxima | 199.224 | 2191.5 | 597.7 | | | 9961.2 |
| Factor de Carga | 15.00% | 75.00% | 25.00% | 75.00% | | |
| Horas/mes | | | | | | |
| Energía | KWh por mes | 29.9 | 1643.6 | 149.4 | 1822.9 | Kwh mes |



DIVISION DE INGENIERIA MECANICA E INDUSTRIAL

TARIFA APLICABLE

| H-M | Región | Centro | | abr-15 |
|---------|------------|--------|--------|--------|
| Demanda | | 186.24 | \$/kw | FRI |
| Energía | Punta | 1.86 | \$/kwh | 0.3 |
| | Intermedia | 0.92 | \$/kwh | FRB |
| | Base | 0.77 | \$/kwh | 0.052 |

CALCULO DE LA DEMANDA FACTURABLE

| | | | |
|-------|--------|------------|--------|
| PUNTA | 29.9 | | |
| I-P | 1613.7 | | |
| B-I | 0.0 | | |
| B-P | 119.5 | MAX(B,I,P) | 1613.7 |

| | | |
|--------------------|--------|----|
| Demanda Facturable | 689.55 | KW |
|--------------------|--------|----|

COSTO

| | | | | | |
|---------|------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
| Demanda | | \$1,284.2 | Pesos/Me s | \$15,410 | Pesos/añ o |
| Energía | Punta | \$55.58 | Pesos/Me s | \$667.0 | Pesos/añ o |
| | Intermedia | \$1,512.1 | Pesos/Me s | \$18,145 | Pesos/añ o |
| | Base | \$115.0 | Pesos/Me s | \$1,380.6 | Pesos/añ o |

| | | | | |
|--------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Total | \$2,966.9 7 | Pesos/Me s | \$35,603. 65 | Pesos/a ño |
|--------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|

| | | |
|-----------------|-----|--------|
| COSTO INTEGRADO | 1.6 | \$/KWh |
|-----------------|-----|--------|

ANEXO 7 Ficha técnica de equipos propuesta

Piramid del segmento Oficinas y Corporativos de uso Interior para Empotrar en techo de 9 W

PIRAMID

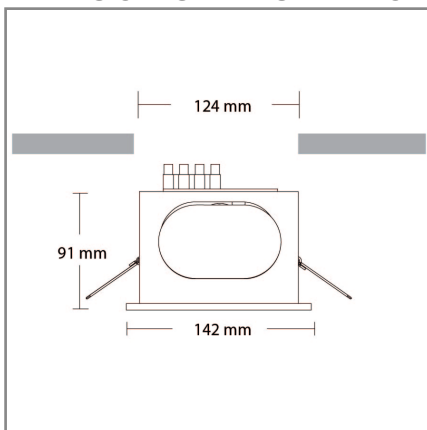


LUMINARIO

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Material del Cuerpo: | Acero laminado |
| Material del Reflector: | Aluminio Especular |
| Material del Difusor: | Acrílico Frost |
| Aplicación del Producto: | Empotrar en techo |
| Ip: | 40 |
| Color: | Blanco |
| THD: | <10 |



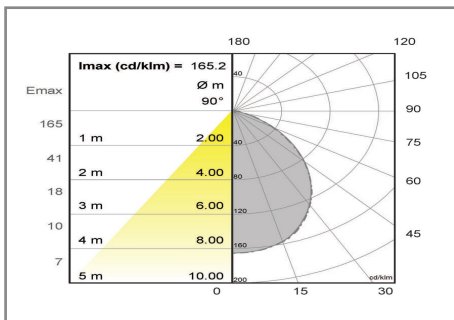
DIMENSIONES DEL LUMINARIO:



FUENTE LUMINOSA

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Tipo de fuente luminosa: | Arreglo de LEDs |
| Potencia de la fuente: | 9 W |
| Tecnología: | LED |
| Base: | N/A |
| Flujo luminoso: | 350 LM |
| Vida Promedio: | 50,000 HRS |
| IRC: | N/A |
| Temperatura de Color: | 4,000 |
| Ángulo de Apertura: | 90° |

CURVA FOTOMÉTRICA:



SISTEMA ELÉCTRICO

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Equipo: | Driver Electrónico |
| Tensión nominal: | 127-220 V~ |
| Frecuencia de Operación: | - |
| Factor de Potencia: | - |
| Corriente de línea: | 0,068 - 0,041 A |
| Temp. de Operación: | 60°C °C |

www.construlitalighting.com

Prismáticos del segmento Oficinas y Corporativos de uso Interior para Empotrar en techo de 32 W

PRISMÁTICOS



LUMINARIO

Material del Cuerpo: Acero laminado

Material del Reflector: Acero laminado

Material del Difusor: Acrílico Frost

Aplicación del Producto: Empotrar en techo

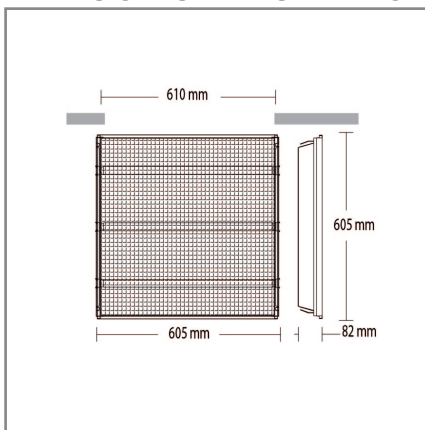
Ip: 10

Color: Blanco

THD: <10



DIMENSIONES DEL LUMINARIO:



FUENTE LUMINOSA

Tipo de fuente luminosa: Arreglo de LEDs

Potencia de la fuente: 32 W

Tecnología: LED

Base: N/A

Flujo luminoso: 1795 LM

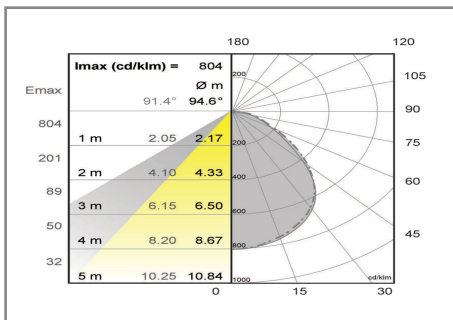
Vida Promedio: 50,000 HRS

IRC: N/A

Temperatura de Color: 4,000

Ángulo de Apertura: 91°, 95°

CURVA FOTOMÉTRICA:



SISTEMA ELÉCTRICO

Equipo: Driver Electrónico

Tensión nominal: 127-277 V~

Frecuencia de Operación: -

Factor de Potencia: -

Corriente de línea: 0,245 - 0,125 A

Temp. de Operación: 60°C °C

www.construlitalighting.com

OF1040 **B** **BN** **A** 30 W

SoftLight del segmento Oficinas y Corporativos de uso Interior para Empotrar en techo de 30 W

SOFTLIGHT



LUMINARIO

Material del Cuerpo: Acero laminado

Material del Reflector: -

Material del Difusor: Acrílico Frost

Aplicación del Producto: Empotrar en techo

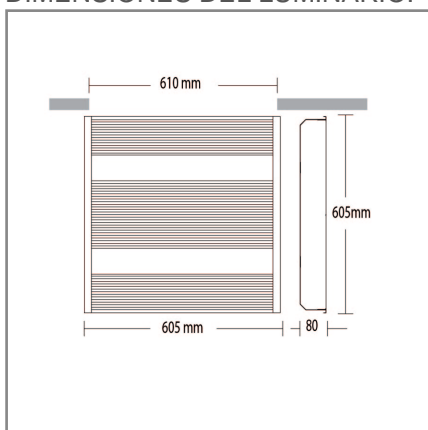
Ip: 40

Color: Blanco

THD: <10



DIMENSIONES DEL LUMINARIO:



FUENTE LUMINOSA

Tipo de fuente luminosa: Arreglo de LEDs

Potencia de la fuente: 30 W

Tecnología: LED

Base: N/A

Flujo luminoso: 2900 LM

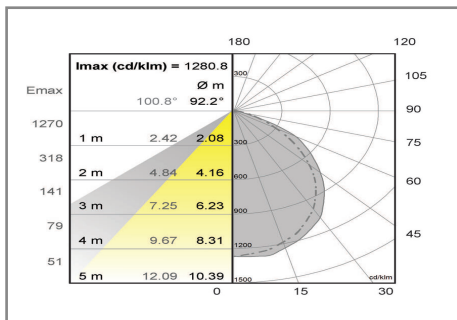
Vida Promedio: 50,000 HRS

IRC: N/A

Temperatura de Color: 4,000

Ángulo de Apertura: 101°,93°

CURVA FOTOMÉTRICA:



SISTEMA ELÉCTRICO

Equipo: Driver Electrónico

Tensión nominal: 127-277 V~

Frecuencia de Operación: -

Factor de Potencia: -

Corriente de línea: 0,288 - 0,117 A

Temp. de Operación: 60°C °C

www.construlitalighting.com

SoftLight del segmento Oficinas y Corporativos de uso Interior para Empotrar en techo de 36 W

SOFTLIGHT



LUMINARIO

Material del Cuerpo: Acero laminado

Material del Reflector: -

Material del Difusor: Acrílico Frost

Aplicación del Producto: Empotrar en techo

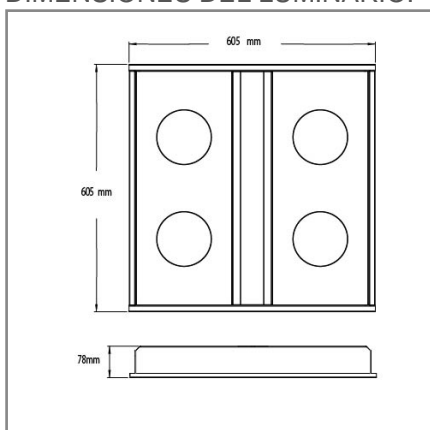
Ip: 40

Color: Blanco

THD: <10



DIMENSIONES DEL LUMINARIO:



FUENTE LUMINOSA

Tipo de fuente luminosa: Arreglo de LEDs

Potencia de la fuente: 36 W

Tecnología: LED

Base: N/A

Flujo luminoso: 3105 LM

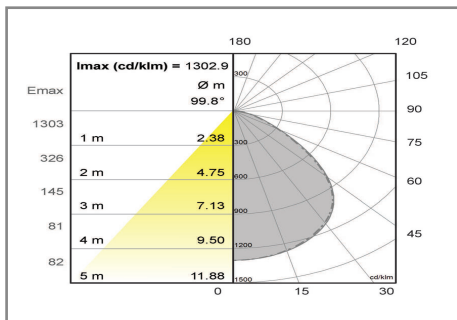
Vida Promedio: 50,000 HRS

IRC: 80

Temperatura de Color: 4,000

Ángulo de Apertura: 100°

CURVA FOTOMÉTRICA:



SISTEMA ELÉCTRICO

Equipo: Driver Electrónico

Tensión nominal: 127-277 V~

Frecuencia de Operación: 60 Hz

Factor de Potencia: -

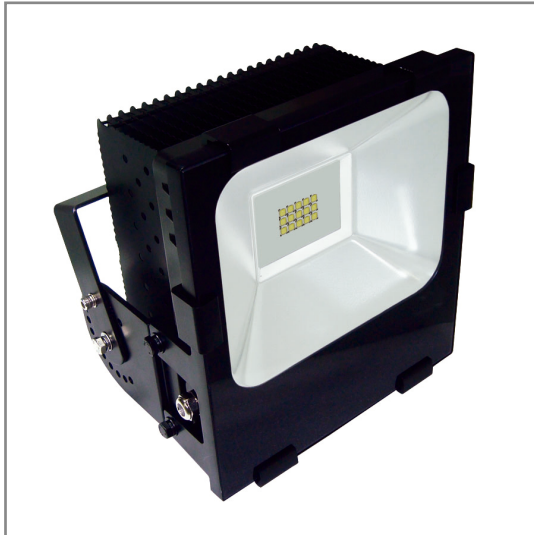
Corriente de línea: 0,292 - 0,141 A

Temp. de Operación: 60°C °C

www.construlitalighting.com

OU7100 **N** **BF** **A** 100 W
Black Flood del segmento Arquitectónico de uso Exterior para Sobreponer en piso de 100 W

BLACK FLOOD

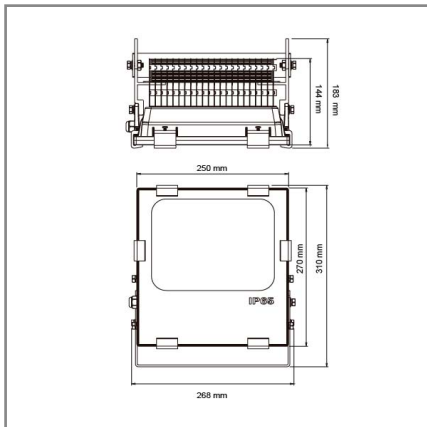


LUMINARIO

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Material del Cuerpo: | Aluminio |
| Material del Reflector: | Aluminio especlar |
| Material del Difusor: | vidrio Templado |
| Aplicación del Producto: | Sobreponer en piso |
| Ip: | 65 |
| Color: | Negro |
| THD: | <20 |



DIMENSIONES DEL LUMINARIO:



FUENTE LUMINOSA

| | |
|--------------------------|------------|
| Tipo de fuente luminosa: | 1 COB |
| Potencia de la fuente: | 100 W |
| Tecnología: | LED |
| Base: | N/A |
| Flujo luminoso: | 8773 LM |
| Vida Promedio: | 50,000 HRS |
| IRC: | 65 |
| Temperatura de Color: | 5,000 |
| Ángulo de Apertura: | 120° |

CURVA FOTOMÉTRICA:

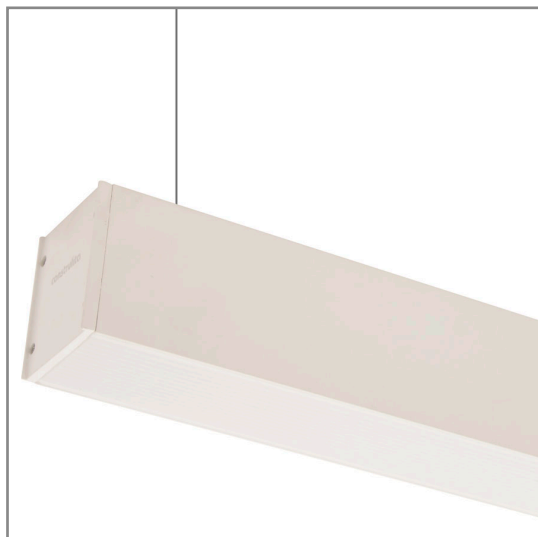
SISTEMA ELÉCTRICO

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Equipo: | Driver Electrónico |
| Tensión nominal: | 127-277 V~ |
| Frecuencia de Operación: | 60 Hz |
| Factor de Potencia: | >0,94 |
| Corriente de línea: | 0,354 - 0,168 A |
| Temp. de Operación: | 50°C °C |

OF8021 **B** **BN** **A** 17 W

Slim del segmento Oficinas y Corporativos de uso Interior para Suspender en techo de 17 W

SLIM

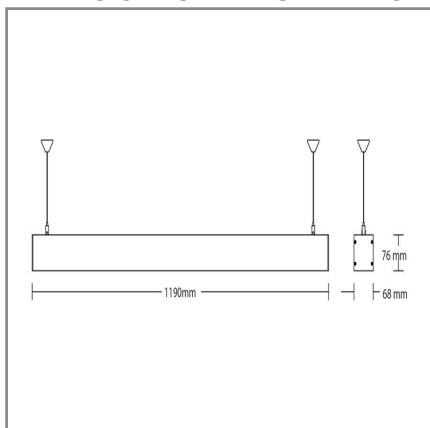


LUMINARIO

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Material del Cuerpo: | Aluminio Extruido |
| Material del Reflector: | Aluminio Especular |
| Material del Difusor: | Acrílico frosted |
| Aplicación del Producto: | Suspender en techo |
| Ip: | 40 |
| Color: | Blanco |
| THD: | <10 |



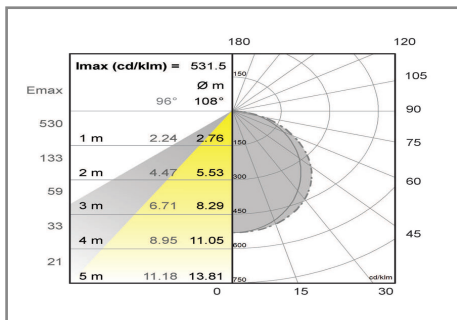
DIMENSIONES DEL LUMINARIO:



FUENTE LUMINOSA

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Tipo de fuente luminosa: | Arreglo de LEDs |
| Potencia de la fuente: | 17 W |
| Tecnología: | LED |
| Base: | N/A |
| Flujo luminoso: | 1217 LM |
| Vida Promedio: | 50,000 HRS |
| IRC: | 80 |
| Temperatura de Color: | 4,000 |
| Ángulo de Apertura: | 110° |

CURVA FOTOMÉTRICA:



SISTEMA ELÉCTRICO

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Equipo: | Driver Electrónico |
| Tensión nominal: | 127-277 V~ |
| Frecuencia de Operación: | 60 Hz |
| Factor de Potencia: | - |
| Corriente de línea: | 0,147 - 0,089 A |
| Temp. de Operación: | -20 a 50°C °C |

www.construlitalighting.com

- Refrigerante **ecológico de alta eficiencia.**
- Capacidades **de 12,000 hasta 24,000 BTU'S.**
- Versión de producto **Solo Frío y Frío-Calor.**
- ✓ Diseño **moderno y estilizado.**



| | | VERSIÓN | | | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | Frío - Calor | | | Sólo Frío | | | |
| Alimentación Eléctrica (Voltaje/Fase/Hertz) | Modelo | YSHC12FSAADG | YSHC18FSAADG | YSHC24FSAADG | YSCC12FSAADG | YSCC18FSAADG | YSCC24FSAADG | |
| | V/Ph/Hz | 230 / 220 / 60 | 230 / 220 / 60 | 230 / 220 / 60 | 230 / 220 / 60 | 230 / 220 / 60 | 230 / 220 / 60 | |
| Enfriamiento | Capacidad de Enfriamiento | BTU/H | 12000 | 18000 | 24000 | 12000 | 18000 | 24000 |
| | Potencia de Entrada | W | 1090 | 1640 | 2010 | 1090 | 1640 | 2010 |
| | Consumo de Corriente | A | 4.9 | 7.8 | 9.1 | 4.9 | 7.8 | 9.6 |
| | Rango de Eficiencia Energética(EER) | BTU/H | 11.83 | 9.28 | 8.62 | 11.83 | 9.28 | 8.62 |
| Calefacción | Capacidad de Calefacción | BTU/H | 12000 | 18000 | 22000 | / | / | / |
| | Potencia de Entrada | W | 1090 | 1640 | 2010 | / | / | / |
| | Consumo de Corriente | A | 4.9 | 7.8 | 9.1 | / | / | / |
| | Coefficiente de Desempeño(COP) | BTU/H | 11 | 11 | 11 | / | / | / |
| Potencia de Entrada Nominal | W | 1350 | 2100 | 2600 | 1350 | 2100 | 2600 | |
| Flujo de Corriente Nominal | A | 6 | 10.3 | 12.8 | 6 | 10.3 | 12.8 | |
| Datos Generales | | | | | | | | |
| Operación de Control Remoto | | Wireless | | | Wireless | | | |
| Volumen de Flujo de Aire /Modos de Ventilación | M³/H | 750 | 1100 | 1180 | 860 | 1100 | 1180 | |
| Nivel de Potencia Sonora (Alta/Media/Baja) | dB(A) | 41/38/36 | 47/44/40 | 51/49/46 | 41/38/6 | 47/44/40 | 51/49/46 | |
| Refrigerante | Tipo | R410A | | | | | | |
| | Carga | KG | 1.15 | 1.3 | 1.9 | 1.18 | 1.3 | 1.9 |
| Conexión de la Tubería del Refrigerante | Longitud | M | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | Ø Ext. de la Tubería de Líquido | mm | 6.35 | 6.35 | 9.52 | 6.35 | 6.35 | 9.52 |
| | Ø Ext. de la Tubería de Gas | mm | 9.52 | 12.7 | 15.88 | 9.52 | 12.7 | 15.88 |
| | Longitud Máxima(Distancia) | M | 15 | 25 | 25 | 15 | 25 | 25 |
| | Altura Máxima(Distancia) | M | 10 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 |
| Datos del Evaporador/Unidad Interior | | | | | | | | |
| Ventilador Interior | Potencia de Entrada | W | 75 | 70 | 70 | 75 | 70 | 70 |
| | Consumo de Corriente del Motor (RLA) | A | 0.28 | 0.65 | 0.65 | 0.28 | 0.65 | 0.65 |
| | Velocidad (Alta/Media/Baja) | R/min | 1350/1250/1150 | 1250/1150/1050 | 1350/1250/1150 | 1350/1250/1150 | 1250/1150/1050 | 1350/1250/1150 |
| Serpentín Interior | Forma del Evaporador | Aletas de Aluminio- Tubo de Cobre | | | | | | |
| | Diámetro del Tubo | mm | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | Gap de Aleta de Cobre | mm | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| | Serpentín (Ancho x Alto x Profundo) | CM | 72.7X28.3X2.66 | 83.7X28.3X2.66 | 94.5X28.3X2.66 | 72.7X28.3X2.66 | 83.7X28.3X2.66 | 94.5X28.3X2.66 |
| Dimensiones del Evaporador/Unidad Interior | Unidad (Ancho,Alto,Profundo) | CM | 93.8X18.1X26.5 | 104.6X29.9X23.7 | 114.7X32.0X26.1 | 93.8X19.1X26.5 | 104.6X29.9X23.7 | 114.7X32.0X26.1 |
| | Embalaje (Ancho,Alto,Profundo) | CM | 101.6X30.4X36.0 | 112.6X38.8X34.4 | 123.3X38.8X36.4 | 101.6X30.4X36 | 112.6X38.8X34.4 | 123.3X38.8X36.4 |
| Peso del Evaporador /Unidad Interior | Neto | KG | 10.5 | 13 | 16.5 | 10.5 | 13 | 16.5 |
| | Bruto | KG | 12.5 | 16.5 | 19.5 | 12.5 | 16.5 | 19.5 |
| Datos del Condensador/Unidad Exterior | | | | | | | | |
| Compresor | Tipo | Rotatorio | | | | | | |
| | Consumo de Corriente de Motor(RLA) | A | 5.1 | 7.9 | 7.1 | 5.1 | 7.9 | 7.1 |
| | Potencia de Entrada | W | 1170 | 1805 | 1480 | 1170 | 1805 | 1480 |
| | Protector de Sobrecarga | | B245-140B-141H | MRA12253-12038 | / | B245-140B-141H | MRA12253-12038 | / |
| Serpentín Exterior | Forma del Evaporador | Aletas de aluminio- tubo de cobre | | | | | | |
| | Diámetro del Tubo | mm | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | Gap de Aleta de Cobre | mm | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| | Serpentín (Ancho x Alto x Profundo) | CM | 73.6X50.4X3.63 | 84.5X3.63 | 98.1X79.8X3.64 | 73.6X60.9X3.63 | 84.5X3.63 | 98.1X79.8X3.64 |
| Motor del Compresor | Velocidad | R/min | 860 | 880 | 880 | 860 | 880 | 880 |
| | Corriente de Salida | W | 75 | 180 | 185 | 75 | 180 | 185 |
| | Consumo de Corriente del Motor(RLA) | A | 0.35 | 0.78 | 0.8 | 0.35 | 0.78 | 0.8 |
| | Capacitor de Arranque | mF | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Dimensiones del Condensador/Unidad Exterior | Unidad (AnchoxAltoxProfundo) | CM | 78.0X24.5X54.0 | 86.0X30.8X73.0 | 94.8X34.0X84.0 | 78.0X24.5X64.0 | 86.0X30.8X73.0 | 94.8X34.0X84.0 |
| | Embalaje (AnchoxAltoxProfundo) | CM | 93.0X34.0X61.4 | 99.5X42.0X81.5 | 109.0X41.0X93.5 | 93.0X34.0X71.4 | 99.5X42.0X81.5 | 109.0X41.0X93.5 |
| Peso del Condensador /Unidad Exterior | Neto | KG | 30.8 | 46.5 | 63 | 33 | 46.5 | 63 |
| | Bruto | KG | 32.8 | 50.5 | 67 | 37 | 50.5 | 67 |

Servicio y Garantía.

La calidad, el ahorro, la durabilidad, el excelente servicio post venta y de instalación hacen que los equipos YORK sean una opción duradera y confiable para tu hogar. Consulta el Directorio de Centros de Servicio Autorizados en www.johnsoncontrols.com.mx ó llama al **01800 248 YORK (9675).**



High Wall - 3 TON

Unidad tipo Minisplit



Eficiencia 10 SEER

Paquete de protección en el exterior

Carga de Refrigerante R-22

Cubierta completa

Diseño Atractivo

Control Remoto

Filtro de aire

Construcción de hoja de metal sólido y durable

Certificaciones de Calidad

NOM-023 de Eficiencia Energética

| | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Características | Capacidad Nominal BTU/h | 36 000 |
| | Nivel de Ruido dB (A) | 50-54 |
| | Flujo de Aire Nominal (cfm) | 900 |
| Datos Eléctricos | Alimentación V/Ph/Hz | 220-1-60 |
| | Amperaje plena carga FLA | 0.4 |
| | Potencia (W) | 85 |
| Serpentín | Área (m) | 0.343 |
| | Filas (n) | 2 |
| | Filtro | Plástico |
| | Tipo de aleta | Slit fin |
| | Aletas por pulgada (n) | 17 |
| | Tamaño de tubos (mm) | 7 |
| | Número de tubos (n) | 40 |
| Turbina | Tipo | Flujo cruzado |
| | Diámetro X Largo (in) | 41/4x35 |
| | Cantidad (n) | 1 |
| Motor evaporador | Motor | Capacitor dividido permanente (PSC) |
| | Transmisión | Directo |
| | Número de motores (n) | 1 |
| | Corriente (A) | 0.3 |
| | Potencia HP | 1/25 |
| | Velocidades del motor (A/M/B) | 1410/1280/1200 |
| | Conexiones | Conexión |
| Línea de líquido (in) | | 3/8 |
| Línea de gas (in) | | 3/4 |
| Conexión de drenado (in) | | 1/2 |
| Dispositivo de expansión (tipo) | | PISTON |
| Tamaño dispositivo de expansión (in) | | 0.069 |
| Dimensiones | AlturaxLargoxAncho (cm) | 32.6x117.8x25.3 |
| Peso | Neto/Embarque (kg) | 17.5/24 |



Heating and Air Conditioning

TECHNICAL GUIDE

R-410A

ZF/ZR SERIES

6-1/2 - 12-1/2 TON

60 Hertz



ZF/ZR 6-1/2 THROUGH 10 TON



ZF12-1/2 Ton



ZR 12-1/2 TON

PREDATOR[®]

Description

ASHRAE 90.1 COMPLIANT

YORK[®] Predator[®] units are convertible single packages with a common footprint cabinet and common roof curb for all 6-1/2 through 12-1/2 ton models. All units have two compressors with independent refrigeration circuits to provide 2 stages of cooling. The units were designed for light commercial applications and can be easily installed on a roof curb, slab, or frame.

All Predator[®] units are self-contained and assembled on rigid full perimeter base rails allowing for 3-way forklift access and overhead rigging. Every unit is completely charged, wired, piped, and tested at the factory to provide a quick and easy field installation.

All units are convertible between side and down airflow. Independent economizer designs are used on side and down discharge applications, as well as all tonnage sizes.

Predator[®] units are available in the following configurations: cooling only, cooling with electric heat, and cooling with gas heat. Electric heaters are available as factory-installed options or field-installed accessories.

All units provide constant supply air volume. A variable air volume (VAV) option, featuring a variable frequency drive, is available on 6-1/2 through 12-1/2 ton ZF models only.

Tested in accordance with:



ZF078-150 Physical Data (Continued)

| Component | Models | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| | ZF078 | | ZF090 | | ZF102 | | ZF120 | | ZF150 | |
| Nominal Tonnage | 6.5 | | 7.5 | | 8.5 | | 10 | | 12.5 | |
| CONDENSER FAN DATA | | | | | | | | | | |
| Quantity of Fans | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 4 | |
| Fan diameter (Inch) | 24 | | 24 | | 24 | | 24 | | 24 | |
| Type | Prop | | Prop | | Prop | | Prop | | Prop | |
| Drive type | Direct | | Direct | | Direct | | Direct | | Direct | |
| Quantity of motors | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 4 | |
| Motor HP each | 1/3 | | 3/4 | | 3/4 | | 3/4 | | 3/4 | |
| No. speeds | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| RPM | 850 | | 1110 | | 1110 | | 1110 | | 1110 | |
| Nominal total CFM | 6200 | | 7600 | | 8300 | | 9500 | | 13900 | |
| BELT DRIVE EVAP FAN DATA | | | | | | | | | | |
| Quantity | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| Fan Size (Inch) | 12 x 12 | | 12 x 12 | | 15 x 15 | | 15 x 15 | | 15 x 15 | |
| Type | Centrifugal | | Centrifugal | | Centrifugal | | Centrifugal | | Centrifugal | |
| Motor Sheave | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VP56 |
| Blower Sheave | AK74 | AK64 | AK74 | AK61 | AK89 | AK74 | AK84 | AK74 | AK74 | BK77 |
| Belt | A49 | A49 | A49 | A49 | A56 | A54 | A56 | A54 | A54 | BX55 |
| Motor HP each | 1-1/2 | 2 | 1-1/2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| RPM | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 |
| Frame size | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 184T |
| FILTERS | | | | | | | | | | |
| Quantity - Size | 4 - (24 x 16 x 2) ^{2,3} | | 4 - (24 x 16 x 2) ^{2,3} | | 4 - (24 x 20 x 2) ^{2,3} | | 4 - (24 x 20 x 2) ^{2,3} | | 4 - (24 x 20 x 2) ^{2,3} | |
| | 4 - (24 x 16 x 4) ⁴ | | 4 - (24 x 16 x 4) ⁴ | | 4 - (24 x 20 x 4) ⁴ | | 4 - (24 x 20 x 4) ⁴ | | 4 - (24 x 20 x 4) ⁴ | |

1. 1ST Stage 60% of 2nd Stage
2. 2 In. Throwaway, Standard, MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) 3
3. 2 In. Pleated, Optional, MERV 7
4. 4 In. Pleated, Optional, MERV 13

ZR078-150 Physical Data

| Component | Models | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | ZR078 | | ZR090 | | ZR102 | | ZR120 | | ZR150 | |
| Nominal Tonnage | 6.5 | | 7.5 | | 8.5 | | 10 | | 12.5 | |
| ARI COOLING PERFORMANCE | | | | | | | | | | |
| Gross Capacity @ ARI A point (Mbh) | 80000 | | 91000 | | 106000 | | 125000 | | 156000 | |
| ARI net capacity (Mbh) | 78000 | | 88000 | | 102000 | | 120000 | | 150000 | |
| EER | 11.2 | | 11.2 | | 11.2 | | 11.2 | | 11.2 | |
| SEER | - | | - | | - | | - | | - | |
| IPLV | 13.0 | | 12.3 | | 12.3 | | 12.3 | | 12.7 | |
| Nominal CFM | 2600 | | 3000 | | 3400 | | 4000 | | 5000 | |
| System power (KW) | 6.96 | | 7.86 | | 9.11 | | 10.71 | | 13.39 | |
| Refrigerant type | R-410A | | R-410A | | R-410A | | R-410A | | R-410A | |
| Refrigerant charge (lb-oz) | | | | | | | | | | |
| System 1 | 9-0 | | 9-12 | | 12-0 | | 12-0 | | 18-8 | |
| System 2 | 5-8 | | 8-8 | | 11-0 | | 10-8 | | 18-8 | |
| ARI HEATING PERFORMANCE | | | | | | | | | | |
| Heating model | 10 | 15 | 10 | 15 | 10 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 |
| Heat input (K Btu) | 120 | 180 | 120 | 180 | 120 | 180 | 180 | 240 | 180 | 240 |
| Heat output (K Btu) | 96 | 144 | 96 | 144 | 96 | 144 | 144 | 192 | 144 | 192 |
| AFUE % | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Steady state efficiency (%) | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| No. burners | 4 | 6 | 4 | 6 | 4 | 6 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| No. stages | 2 ¹ | 2 ¹ | 2 ¹ | 2 ¹ | 2 ¹ | 2 ¹ | 2 ¹ | 2 ¹ | 2 ¹ | 2 ¹ |
| Temperature Rise Range (°F) | 20-50 | 35-65 | 15-45 | 30-60 | 10-40 | 25-55 | 20-50 | 35-65 | 10-40 | 25-55 |
| Gas Limit Setting (°F) | 165 | 165 | 165 | 165 | 215 | 195 | 195 | 160 | 195 | 160 |
| Gas piping connection (in.) | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 |
| DIMENSIONS (inches) | | | | | | | | | | |
| Length | 89 | | 89 | | 89 | | 89 | | 119-7/16 | |
| Width | 59 | | 59 | | 59 | | 59 | | 59 | |
| Height | 42 | | 42 | | 50-3/4 | | 50-3/4 | | 50-3/4 | |
| OPERATING WT. (lbs.) | 965 | | 965 | | 1200 | | 1200 | | 1465 | |
| COMPRESSORS | | | | | | | | | | |
| Type | Scroll | | Scroll | | Scroll | | Scroll | | Scroll | |
| Quantity | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| Unit Capacity Steps (%) | 50 / 100 | | 50 / 100 | | 50 / 100 | | 50 / 100 | | 50 / 100 | |
| CONDENSER COIL DATA | | | | | | | | | | |
| Face area (Sq. Ft.) | 23.8 | | 23.8 | | 29.0 | | 29.0 | | 47.5 | |
| Rows | 2 / 1 ² | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| Fins per inch | 20 | | 20 | | 20 | | 20 | | 15 | |
| Tube diameter (in.) | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | |
| Circuitry Type | Split-face | | Split-face | | Split-face | | Split-face | | Split-face | |
| EVAPORATOR COIL DATA | | | | | | | | | | |
| Face area (Sq. Ft.) | 10.6 | | 10.6 | | 13.2 | | 13.2 | | 13.2 | |
| Rows | 3 | | 3 | | 4 | | 4 | | 4 | |
| Fins per inch | 15 | | 15 | | 15 | | 15 | | 15 | |
| Tube diameter | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | |
| Circuitry Type | Split-face | | Split-face | | Split-face | | Split-face | | Split-face | |
| Refrigerant control | TXV | | TXV | | TXV | | TXV | | TXV | |

ZR078-150 Physical Data (Continued)

| Component | Models | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| | ZR078 | | ZR090 | | ZR102 | | ZR120 | | ZR150 | |
| Nominal Tonnage | 6.5 | | 7.5 | | 8.5 | | 10 | | 12.5 | |
| REHEAT COIL DATA | | | | | | | | | | |
| Face area (Sq. Ft.) | 6.66 | | 6.66 | | 10 | | 10 | | 10 | |
| Rows | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| Fins per inch | 13 | | 13 | | 13 | | 13 | | 13 | |
| Tube diameter (in.) | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | | 3/8 | |
| CONDENSER FAN DATA | | | | | | | | | | |
| Quantity of Fans | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 4 | |
| Fan diameter (Inch) | 24 | | 24 | | 24 | | 24 | | 24 | |
| Type | Prop | | Prop | | Prop | | Prop | | Prop | |
| Drive type | Direct | | Direct | | Direct | | Direct | | Direct | |
| Quantity of motors | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 4 | |
| Motor HP each | 1/3 | | 1/3 | | 1/3 | | 1/3 | | 1/3 | |
| No. speeds | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| RPM | 850 | | 850 | | 850 | | 850 | | 850 | |
| Nominal total CFM | 6800 | | 6800 | | 6800 | | 6800 | | 14000 | |
| BELT DRIVE EVAP FAN DATA | | | | | | | | | | |
| Quantity | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| Fan Size (Inch) | 12 x 12 | | 12 x 12 | | 15 x 15 | | 15 x 15 | | 15 x 15 | |
| Type | Centrifugal | | Centrifugal | | Centrifugal | | Centrifugal | | Centrifugal | |
| Motor Sheave | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VM50 | 1VP56 |
| Blower Sheave | AK74 | AK64 | AK74 | AK61 | AK89 | AK74 | AK84 | AK74 | AK74 | BK77 |
| Belt | A49 | A49 | A49 | A49 | A56 | A54 | A56 | A54 | A54 | BX55 |
| Motor HP each | 1-1/2 | 2 | 1-1/2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| RPM | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 |
| Frame size | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 184T |
| FILTERS | | | | | | | | | | |
| Quantity - Size | 4 - (24 x 16 x 2) ^{2,3} | | 4 - (24 x 16 x 2) ^{2,3} | | 4 - (24 x 20 x 2) ^{2,3} | | 4 - (24 x 20 x 2) ^{2,3} | | 4 - (24 x 20 x 2) ^{2,3} | |
| | 4 - (24 x 16 x 4) ⁴ | | 4 - (24 x 16 x 4) ⁴ | | 4 - (24 x 20 x 4) ⁴ | | 4 - (24 x 20 x 4) ⁴ | | 4 - (24 x 20 x 4) ⁴ | |

1. 1st Stage 60% of 2nd Stage
2. 2 In. Throwaway, Standard, MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) 3.
3. 2 In. Pleated, Optional, MERV 7.
4. 4 In. Pleated, Optional, MERV 13.

ZF/ZR078-150 Unit Limitations

| Size (Tons) | Model | Unit Voltage | Unit Limitations | | |
|----------------|-------|--------------|------------------|-----|-----------------|
| | | | Applied Voltage | | Outdoor DB Temp |
| | | | Min | Max | Max (°F) |
| 078 (6.5) | ZF/ZR | 208/230-3-60 | 187 | 252 | 125 |
| | | 460-3-60 | 432 | 504 | 125 |
| | | 575-3-60 | 540 | 630 | 125 |
| 090 (7.5) | ZF/ZR | 208/230-3-60 | 187 | 252 | 125 |
| | | 460-3-60 | 432 | 504 | 125 |
| | | 575-3-60 | 540 | 630 | 125 |
| 102 (8.5) | ZF/ZR | 208/230-3-60 | 187 | 252 | 125 |
| | | 460-3-60 | 432 | 504 | 125 |
| | | 575-3-60 | 540 | 630 | 125 |
| 120 (10) | ZF/ZR | 208/230-3-60 | 187 | 252 | 125 |
| | | 460-3-60 | 432 | 504 | 125 |
| | | 575-3-60 | 540 | 630 | 125 |
| 150 (12.5) | ZF/ZR | 208/230-3-60 | 187 | 252 | 125 |
| | | 460-3-60 | 432 | 504 | 125 |
| | | 575-3-60 | 540 | 630 | 125 |

ZF102 (8.5 Ton)

| Air on Evaporator Coil | | Temperature of Air on Condenser Coil | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------|-------|------|------|------|--|--|
| CFM | WB (°F) | Total Capacity ¹ (MBh) | Total Input (kW) ² | Sensible Capacity (MBh) | | | | | | Total Capacity ¹ (MBh) | Total Input (kW) ² | Sensible Capacity (MBh) | | | | | | | |
| | | | | Return Dry Bulb (°F) | | | | | | | | Return Dry Bulb (°F) | | | | | | | |
| | | | | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | | | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | | |
| | | | | 75°F | | | | | | | | 85°F | | | | | | | |
| 2125 | 77 | 137.6 | 6.9 | 55.6 | 45.9 | 36.2 | - | - | - | 126.6 | 7.7 | 52.6 | 43.2 | 33.7 | - | - | - | | |
| | 72 | 125.2 | 6.9 | 71.0 | 61.3 | 51.6 | 41.9 | - | - | 115.4 | 7.5 | 67.3 | 57.8 | 48.4 | 39.0 | - | - | | |
| | 67 | 112.8 | 6.8 | 86.3 | 76.7 | 67.0 | 57.3 | 47.6 | - | 104.3 | 7.4 | 81.9 | 72.5 | 63.1 | 53.6 | 44.2 | - | | |
| | 62 | 103.0 | 6.7 | 103.0 | 90.1 | 79.1 | 69.4 | 59.7 | 50.0 | 95.3 | 7.3 | 95.3 | 88.9 | 75.7 | 66.3 | 56.9 | 47.5 | | |
| 2550 | 77 | 142.9 | 7.0 | 62.1 | 51.0 | 39.9 | - | - | - | 131.6 | 7.7 | 59.3 | 48.3 | 37.4 | - | - | - | | |
| | 72 | 130.1 | 6.9 | 79.1 | 67.9 | 56.8 | 45.7 | - | - | 120.0 | 7.6 | 75.5 | 64.6 | 53.6 | 42.6 | - | - | | |
| | 67 | 117.2 | 6.9 | 96.0 | 84.9 | 73.8 | 62.7 | 51.6 | - | 108.4 | 7.5 | 91.7 | 80.8 | 69.8 | 58.9 | 47.9 | - | | |
| | 62 | 107.0 | 6.8 | 107.0 | 98.4 | 87.1 | 76.0 | 64.9 | 53.8 | 99.1 | 7.3 | 99.1 | 94.8 | 83.9 | 72.9 | 61.9 | 51.0 | | |
| 57 | 106.1 | 6.7 | 106.1 | 104.8 | 93.7 | 82.6 | 71.5 | 60.4 | 99.1 | 7.3 | 99.1 | 98.0 | 87.1 | 76.1 | 65.1 | 54.2 | - | | |
| 2975 | 77 | 148.3 | 7.1 | 68.6 | 56.1 | 43.6 | - | - | - | 136.7 | 7.8 | 66.0 | 53.5 | 41.0 | - | - | - | | |
| | 72 | 134.9 | 7.0 | 87.1 | 74.6 | 62.1 | 49.6 | - | - | 124.6 | 7.7 | 83.8 | 71.3 | 58.8 | 46.3 | - | - | | |
| | 67 | 121.6 | 6.9 | 105.6 | 93.1 | 80.6 | 68.0 | 55.5 | - | 112.6 | 7.6 | 101.6 | 89.1 | 76.6 | 64.1 | 51.6 | - | | |
| | 62 | 111.0 | 6.8 | 111.0 | 106.7 | 95.1 | 82.5 | 70.0 | 57.5 | 102.9 | 7.4 | 102.9 | 100.8 | 92.0 | 79.5 | 67.0 | 54.5 | | |
| 57 | 110.1 | 6.8 | 110.1 | 109.4 | 102.4 | 89.8 | 77.3 | 64.8 | 102.9 | 7.4 | 102.9 | 102.3 | 95.5 | 83.0 | 70.5 | 58.0 | - | | |
| 3400 | 77 | 153.7 | 7.1 | 75.1 | 61.2 | 47.3 | - | - | - | 141.7 | 7.9 | 72.6 | 58.6 | 44.6 | - | - | - | | |
| | 72 | 139.8 | 7.1 | 95.2 | 81.3 | 67.3 | 53.4 | - | - | 129.2 | 7.8 | 92.0 | 78.0 | 64.0 | 50.0 | - | - | | |
| | 67 | 126.0 | 7.0 | 115.3 | 101.3 | 87.4 | 73.4 | 59.5 | - | 116.7 | 7.6 | 111.4 | 97.4 | 83.4 | 69.3 | 55.3 | - | | |
| | 62 | 115.0 | 6.9 | 115.0 | 115.0 | 103.1 | 89.1 | 75.2 | 61.2 | 106.7 | 7.5 | 106.7 | 106.7 | 100.1 | 86.1 | 72.1 | 58.1 | | |
| 57 | 114.1 | 6.8 | 114.1 | 114.1 | 111.0 | 97.1 | 83.1 | 69.2 | 106.7 | 7.5 | 106.7 | 106.7 | 103.9 | 89.9 | 75.9 | 61.9 | - | | |
| 3825 | 72 | 144.9 | 7.1 | 101.8 | 86.7 | 71.5 | 56.4 | - | - | 131.5 | 7.8 | 98.5 | 83.2 | 68.0 | 52.7 | - | - | | |
| | 67 | 130.5 | 7.0 | 125.2 | 108.0 | 92.9 | 77.7 | 62.6 | - | 118.8 | 7.7 | 116.1 | 103.8 | 88.6 | 73.3 | 58.1 | - | | |
| | 62 | 119.2 | 6.9 | 119.2 | 119.2 | 113.2 | 98.1 | 83.0 | 67.9 | 108.6 | 7.5 | 108.6 | 108.6 | 105.3 | 90.1 | 74.8 | 59.6 | | |
| | 57 | 118.2 | 6.8 | 118.2 | 118.2 | 116.7 | 101.6 | 86.5 | 71.4 | 108.6 | 7.5 | 108.6 | 108.6 | 107.2 | 91.9 | 76.7 | 61.5 | | |
| 4250 | 72 | 149.9 | 7.1 | 108.3 | 92.0 | 75.8 | 59.5 | - | - | 133.8 | 7.8 | 104.9 | 88.5 | 72.0 | 55.5 | - | - | | |
| | 67 | 135.1 | 7.0 | 135.1 | 114.6 | 98.3 | 82.1 | 65.8 | - | 120.8 | 7.7 | 120.8 | 110.3 | 93.8 | 77.3 | 60.9 | - | | |
| | 62 | 123.4 | 6.9 | 123.4 | 123.4 | 123.4 | 107.1 | 90.8 | 74.6 | 110.5 | 7.5 | 110.5 | 110.5 | 110.5 | 94.0 | 77.6 | 61.1 | | |
| | 57 | 122.4 | 6.8 | 122.4 | 122.4 | 122.4 | 106.2 | 89.9 | 73.6 | 110.4 | 7.5 | 110.4 | 110.4 | 110.4 | 94.0 | 77.5 | 61.1 | | |
| | | | | 95°F | | | | | | | | 105°F | | | | | | | |
| 2125 | 77 | 115.6 | 8.4 | 49.6 | 40.4 | 31.2 | - | - | - | 106.8 | 9.1 | 44.1 | 37.9 | 28.7 | - | - | - | | |
| | 72 | 105.6 | 8.2 | 63.6 | 54.4 | 45.2 | 36.0 | - | - | 97.2 | 8.8 | 60.7 | 51.5 | 42.4 | 33.2 | - | - | | |
| | 67 | 95.7 | 8.1 | 77.5 | 68.3 | 59.1 | 50.0 | 40.8 | - | 87.5 | 8.6 | 77.2 | 65.2 | 56.0 | 46.8 | 37.7 | - | | |
| | 62 | 87.6 | 7.9 | 87.6 | 87.6 | 72.4 | 63.2 | 54.1 | 44.9 | 81.4 | 8.4 | 81.4 | 81.4 | 67.5 | 58.3 | 49.1 | 40.0 | | |
| 2550 | 77 | 120.3 | 8.4 | 56.4 | 45.6 | 34.8 | - | - | - | 110.8 | 9.2 | 53.5 | 42.8 | 32.0 | - | - | - | | |
| | 72 | 110.0 | 8.3 | 72.0 | 61.2 | 50.3 | 39.5 | - | - | 100.8 | 8.9 | 68.7 | 58.0 | 47.2 | 36.4 | - | - | | |
| | 67 | 99.7 | 8.1 | 87.5 | 76.7 | 65.9 | 55.1 | 44.3 | - | 90.7 | 8.7 | 83.9 | 73.1 | 62.4 | 51.6 | 40.9 | - | | |
| | 62 | 91.2 | 7.9 | 91.2 | 91.2 | 80.7 | 69.8 | 59.0 | 48.2 | 84.4 | 8.5 | 84.4 | 84.4 | 75.2 | 64.4 | 53.6 | 42.9 | | |
| 57 | 92.0 | 8.0 | 92.0 | 91.2 | 80.4 | 69.6 | 58.8 | 47.9 | 85.1 | 8.5 | 85.1 | 84.7 | 74.1 | 63.3 | 52.5 | 41.8 | | | |
| 2975 | 77 | 125.0 | 8.5 | 63.3 | 50.8 | 38.4 | - | - | - | 114.8 | 9.3 | 62.9 | 47.6 | 35.3 | - | - | - | | |
| | 72 | 114.3 | 8.4 | 80.4 | 67.9 | 55.5 | 43.0 | - | - | 104.4 | 9.0 | 76.7 | 64.4 | 52.0 | 39.7 | - | - | | |
| | 67 | 103.6 | 8.2 | 97.5 | 85.1 | 72.6 | 60.2 | 47.7 | - | 94.0 | 8.8 | 90.6 | 81.1 | 68.8 | 56.4 | 44.1 | - | | |
| | 62 | 94.8 | 8.0 | 94.8 | 94.8 | 88.9 | 76.5 | 64.0 | 51.6 | 87.4 | 8.6 | 87.4 | 87.4 | 82.9 | 70.5 | 58.2 | 45.8 | | |
| 57 | 95.7 | 8.0 | 95.7 | 95.2 | 88.6 | 76.2 | 63.7 | 51.3 | 88.2 | 8.6 | 88.2 | 88.0 | 81.6 | 69.3 | 56.9 | 44.6 | | | |
| 3400 | 77 | 129.8 | 8.6 | 70.1 | 56.0 | 41.9 | - | - | - | 118.8 | 9.3 | 72.3 | 52.5 | 38.6 | - | - | - | | |
| | 72 | 118.6 | 8.4 | 88.8 | 74.7 | 60.6 | 46.5 | - | - | 108.0 | 9.1 | 84.8 | 70.8 | 56.9 | 42.9 | - | - | | |
| | 67 | 107.5 | 8.3 | 107.5 | 93.4 | 79.4 | 65.3 | 51.2 | - | 97.2 | 8.9 | 97.2 | 89.1 | 75.2 | 61.2 | 47.3 | - | | |
| | 62 | 98.4 | 8.1 | 98.4 | 98.4 | 97.2 | 83.1 | 69.0 | 54.9 | 90.5 | 8.7 | 90.5 | 90.5 | 90.6 | 76.6 | 62.7 | 48.7 | | |
| 57 | 99.3 | 8.1 | 99.3 | 99.3 | 96.8 | 82.7 | 68.6 | 54.6 | 91.2 | 8.7 | 91.2 | 91.2 | 89.2 | 75.3 | 61.3 | 47.4 | | | |
| 3825 | 72 | 118.1 | 8.5 | 95.2 | 79.8 | 64.4 | 49.0 | - | - | 106.7 | 9.2 | 91.0 | 75.7 | 60.5 | 45.2 | - | - | | |
| | 67 | 107.1 | 8.3 | 107.1 | 99.7 | 84.3 | 68.9 | 53.6 | - | 96.1 | 8.9 | 96.1 | 91.8 | 79.9 | 64.7 | 49.5 | - | | |
| | 62 | 98.0 | 8.1 | 98.0 | 98.0 | 97.4 | 82.0 | 66.6 | 51.3 | 89.4 | 8.7 | 89.4 | 89.4 | 89.4 | 74.2 | 58.9 | 43.7 | | |
| | 57 | 98.9 | 8.1 | 98.9 | 98.9 | 97.6 | 82.3 | 66.9 | 51.5 | 90.1 | 8.8 | 90.1 | 90.1 | 89.1 | 73.9 | 58.6 | 43.4 | | |
| 4250 | 72 | 117.7 | 8.5 | 101.5 | 84.9 | 68.2 | 51.5 | - | - | 105.4 | 9.2 | 97.1 | 80.6 | 64.1 | 47.5 | - | - | | |
| | 67 | 106.6 | 8.3 | 106.6 | 105.9 | 89.2 | 72.6 | 55.9 | - | 94.9 | 9.0 | 94.9 | 94.6 | 84.7 | 68.2 | 51.6 | - | | |
| | 62 | 97.6 | 8.1 | 97.6 | 97.6 | 97.6 | 80.9 | 64.3 | 47.6 | 88.3 | 8.8 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 71.7 | 55.2 | 38.7 | | |
| | 57 | 98.5 | 8.2 | 98.5 | 98.5 | 98.5 | 81.8 | 65.1 | 48.5 | 89.0 | 8.8 | 89.0 | 89.0 | 89.0 | 72.5 | 56.0 | 39.4 | | |

ZF102 (8.5 Ton) (Continued)

| Air on Evaporator Coil | | Temperature of Air on Condenser Coil | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| CFM | WB (°F) | Total Capacity ¹ (MBh) | Total Input (kW) ² | Sensible Capacity (MBh) | | | | | | Total Capacity ¹ (MBh) | Total Input (kW) ² | Sensible Capacity (MBh) | | | | | |
| | | | | Return Dry Bulb (°F) | | | | | | | | Return Dry Bulb (°F) | | | | | |
| | | | | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | | | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 |
| | | | | 115°F | | | | | | 125°F | | | | | | | |
| 2125 | 77 | 98.1 | 9.8 | 38.6 | 35.3 | 26.2 | - | - | - | 89.4 | 10.5 | 38.9 | 30.9 | 23.7 | - | - | - |
| | 72 | 88.7 | 9.5 | 57.8 | 48.7 | 39.5 | 30.4 | - | - | 80.2 | 10.1 | 54.9 | 45.8 | 36.7 | 27.6 | - | - |
| | 67 | 79.2 | 9.2 | 77.0 | 62.0 | 52.8 | 43.7 | 34.6 | - | 70.9 | 9.7 | 70.9 | 58.8 | 49.7 | 40.6 | 31.4 | - |
| | 62 | 75.1 | 9.0 | 75.1 | 75.1 | 62.5 | 53.4 | 44.2 | 35.1 | 68.8 | 9.6 | 68.8 | 68.8 | 57.6 | 48.4 | 39.3 | 30.2 |
| 2550 | 77 | 101.4 | 9.9 | 50.6 | 39.9 | 29.2 | - | - | - | 91.9 | 10.6 | 51.5 | 37.0 | 26.4 | - | - | - |
| | 72 | 91.6 | 9.6 | 65.5 | 54.7 | 44.0 | 33.3 | - | - | 82.4 | 10.2 | 62.2 | 51.5 | 40.9 | 30.2 | - | - |
| | 67 | 81.8 | 9.3 | 80.3 | 69.6 | 58.9 | 48.2 | 37.5 | - | 72.9 | 9.8 | 72.9 | 66.1 | 55.4 | 44.8 | 34.1 | - |
| | 62 | 77.6 | 9.1 | 77.6 | 77.6 | 69.7 | 59.0 | 48.3 | 37.6 | 70.7 | 9.7 | 70.7 | 70.7 | 64.2 | 53.5 | 42.9 | 32.2 |
| | 57 | 78.2 | 9.1 | 78.2 | 78.2 | 67.7 | 57.0 | 46.3 | 35.6 | 71.3 | 9.7 | 71.3 | 71.3 | 61.4 | 50.7 | 40.1 | 29.4 |
| 2975 | 77 | 104.6 | 10.0 | 62.6 | 44.5 | 32.2 | - | - | - | 94.4 | 10.7 | 64.1 | 43.2 | 29.1 | - | - | - |
| | 72 | 94.5 | 9.7 | 73.1 | 60.8 | 48.6 | 36.3 | - | - | 84.6 | 10.3 | 69.5 | 57.3 | 45.1 | 32.9 | - | - |
| | 67 | 84.4 | 9.4 | 83.6 | 77.2 | 64.9 | 52.7 | 40.4 | - | 74.8 | 9.9 | 74.8 | 73.3 | 61.1 | 48.9 | 36.8 | - |
| | 62 | 80.0 | 9.2 | 80.0 | 80.0 | 76.8 | 64.6 | 52.3 | 40.0 | 72.6 | 9.8 | 72.6 | 72.6 | 70.8 | 58.6 | 46.4 | 34.3 |
| | 57 | 80.7 | 9.2 | 80.7 | 80.7 | 74.7 | 62.4 | 50.2 | 37.9 | 73.3 | 9.8 | 73.3 | 73.3 | 67.7 | 55.6 | 43.4 | 31.2 |
| 3400 | 77 | 107.8 | 10.1 | 74.5 | 49.0 | 35.2 | - | - | - | 96.8 | 10.8 | 76.7 | 49.3 | 31.8 | - | - | - |
| | 72 | 97.4 | 9.8 | 80.8 | 66.9 | 53.1 | 39.3 | - | - | 86.8 | 10.4 | 76.7 | 63.0 | 49.3 | 35.6 | - | - |
| | 67 | 87.0 | 9.5 | 87.0 | 84.8 | 71.0 | 57.2 | 43.3 | - | 76.7 | 10.1 | 76.7 | 76.7 | 66.8 | 53.1 | 39.4 | - |
| | 62 | 82.5 | 9.3 | 82.5 | 82.5 | 84.0 | 70.2 | 56.3 | 42.5 | 74.5 | 9.9 | 74.5 | 74.5 | 74.5 | 63.7 | 50.0 | 36.3 |
| | 57 | 83.2 | 9.3 | 83.2 | 83.2 | 81.6 | 67.8 | 54.0 | 40.2 | 75.2 | 9.9 | 75.2 | 75.2 | 74.1 | 60.4 | 46.7 | 33.0 |
| 3825 | 72 | 95.3 | 9.8 | 86.8 | 71.6 | 56.5 | 41.4 | - | - | 83.9 | 10.5 | 82.5 | 67.6 | 52.6 | 37.6 | - | - |
| | 67 | 85.1 | 9.5 | 85.1 | 84.0 | 75.6 | 60.5 | 45.3 | - | 74.1 | 10.1 | 74.1 | 74.1 | 71.2 | 56.2 | 41.2 | - |
| | 62 | 80.7 | 9.3 | 80.7 | 80.7 | 81.5 | 66.3 | 51.2 | 36.1 | 72.1 | 10.0 | 72.1 | 72.1 | 72.1 | 58.5 | 43.5 | 28.5 |
| | 57 | 81.4 | 9.4 | 81.4 | 81.4 | 80.6 | 65.5 | 50.4 | 35.3 | 72.7 | 10.0 | 72.7 | 72.7 | 72.1 | 57.1 | 42.1 | 27.2 |
| 4250 | 72 | 93.2 | 9.9 | 92.7 | 76.3 | 59.9 | 43.5 | - | - | 81.0 | 10.6 | 81.0 | 72.1 | 55.8 | 39.6 | - | - |
| | 67 | 83.2 | 9.6 | 83.2 | 83.2 | 80.2 | 63.8 | 47.4 | - | 71.5 | 10.2 | 71.5 | 71.5 | 71.5 | 59.3 | 43.1 | - |
| | 62 | 78.9 | 9.4 | 78.9 | 78.9 | 78.9 | 62.5 | 46.1 | 29.7 | 69.6 | 10.0 | 69.6 | 69.6 | 69.6 | 53.3 | 37.0 | 20.8 |
| | 57 | 79.6 | 9.4 | 79.6 | 79.6 | 79.6 | 63.2 | 46.8 | 30.4 | 70.2 | 10.1 | 70.2 | 70.2 | 70.2 | 53.9 | 37.6 | 21.4 |

1. These capacities are gross ratings. For net capacity, deduct air blower motor, MBh = 3.415 x kW. Refer to the appropriate Blower Performance Table for the kW of the supply air blower motor.
2. These ratings include the condenser fan motors (total 1 kW) and the compressor motors but not the supply air blower motor.

ZF120 (10 Ton) (Continued)

| Air on Evaporator Coil | | Temperature of Air on Condenser Coil | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------|------|------|------|------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| CFM | WB (°F) | Total Capacity ¹ (MBh) | Total Input (kW) ² | Sensible Capacity (MBh) | | | | | | Total Capacity ¹ (MBh) | Total Input (kW) ² | Sensible Capacity (MBh) | | | | | |
| | | | | Return Dry Bulb (°F) | | | | | | | | Return Dry Bulb (°F) | | | | | |
| | | | | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | | | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 |
| | | | | 115°F | | | | | | 125°F | | | | | | | |
| 2500 | 77 | 117.2 | 11.2 | 54.3 | 43.9 | 33.2 | - | - | - | 104.6 | 12.1 | 64.4 | 42.9 | 31.5 | - | - | - |
| | 72 | 106.1 | 10.8 | 74.7 | 63.9 | 53.2 | 42.5 | - | - | 94.9 | 11.6 | 74.8 | 64.0 | 53.3 | 42.6 | - | - |
| | 67 | 95.0 | 10.4 | 95.0 | 84.0 | 73.3 | 62.6 | 51.8 | - | 85.2 | 11.1 | 85.2 | 85.2 | 75.2 | 64.5 | 53.8 | - |
| | 62 | 85.5 | 10.1 | 85.5 | 85.5 | 81.6 | 70.9 | 60.1 | 49.4 | 76.3 | 10.8 | 76.3 | 76.3 | 76.3 | 70.2 | 59.4 | 48.7 |
| 3000 | 77 | 120.1 | 11.2 | 64.1 | 47.2 | 34.5 | - | - | - | 106.6 | 12.3 | 71.1 | 45.8 | 31.5 | - | - | - |
| | 72 | 108.7 | 10.9 | 80.7 | 68.1 | 55.4 | 42.7 | - | - | 96.7 | 11.7 | 78.9 | 66.3 | 53.7 | 41.0 | - | - |
| | 67 | 97.4 | 10.5 | 97.4 | 88.9 | 76.3 | 63.6 | 51.0 | - | 86.8 | 11.2 | 86.8 | 86.8 | 75.9 | 63.2 | 50.6 | - |
| | 62 | 87.5 | 10.2 | 87.5 | 87.5 | 87.5 | 74.9 | 62.2 | 49.6 | 77.7 | 10.9 | 77.7 | 77.7 | 77.7 | 72.6 | 60.0 | 47.3 |
| | 57 | 90.8 | 10.3 | 90.8 | 90.8 | 87.8 | 75.2 | 62.5 | 49.8 | 83.7 | 11.0 | 83.7 | 83.7 | 83.7 | 72.1 | 59.4 | 46.8 |
| 3500 | 77 | 122.9 | 11.3 | 73.9 | 50.5 | 35.9 | - | - | - | 108.6 | 12.4 | 77.9 | 48.7 | 31.5 | - | - | - |
| | 72 | 111.3 | 10.9 | 86.8 | 72.2 | 57.6 | 43.0 | - | - | 98.5 | 11.8 | 83.1 | 68.6 | 54.0 | 39.4 | - | - |
| | 67 | 99.7 | 10.6 | 99.7 | 93.9 | 79.3 | 64.7 | 50.1 | - | 88.4 | 11.3 | 88.4 | 88.4 | 76.5 | 62.0 | 47.4 | - |
| | 62 | 89.6 | 10.3 | 89.6 | 89.6 | 93.5 | 78.9 | 64.3 | 49.7 | 79.2 | 11.0 | 79.2 | 79.2 | 79.2 | 75.0 | 60.5 | 45.9 |
| | 57 | 93.0 | 10.4 | 93.0 | 93.0 | 91.3 | 76.7 | 62.1 | 47.5 | 85.3 | 11.1 | 85.3 | 85.3 | 85.2 | 70.6 | 56.1 | 41.5 |
| 4000 | 77 | 125.8 | 11.4 | 83.7 | 53.8 | 37.2 | - | - | - | 110.6 | 12.5 | 84.6 | 51.6 | 31.5 | - | - | - |
| | 72 | 113.9 | 11.0 | 92.9 | 76.3 | 59.8 | 43.2 | - | - | 100.3 | 11.9 | 87.3 | 70.8 | 54.3 | 37.8 | - | - |
| | 67 | 102.0 | 10.6 | 102.0 | 98.8 | 82.3 | 65.7 | 49.2 | - | 90.0 | 11.4 | 90.0 | 90.0 | 77.2 | 60.7 | 44.2 | - |
| | 62 | 91.7 | 10.4 | 91.7 | 91.7 | 99.5 | 82.9 | 66.4 | 49.8 | 80.6 | 11.1 | 80.6 | 80.6 | 80.6 | 77.4 | 61.0 | 44.5 |
| | 57 | 95.1 | 10.5 | 95.1 | 95.1 | 94.7 | 78.2 | 61.6 | 45.1 | 86.9 | 11.2 | 86.9 | 86.9 | 85.7 | 69.2 | 52.7 | 36.2 |
| 4500 | 72 | 115.9 | 11.1 | 99.2 | 81.4 | 63.6 | 45.8 | - | - | 102.2 | 12.0 | 93.1 | 75.4 | 57.7 | 40.1 | - | - |
| | 67 | 103.8 | 10.7 | 103.8 | 102.2 | 87.6 | 69.8 | 52.0 | - | 91.7 | 11.5 | 91.7 | 91.7 | 82.0 | 64.4 | 46.7 | - |
| | 62 | 93.3 | 10.4 | 93.3 | 93.3 | 97.2 | 79.4 | 61.6 | 43.8 | 82.2 | 11.1 | 82.2 | 82.2 | 82.2 | 71.2 | 53.5 | 35.8 |
| | 57 | 96.8 | 10.5 | 96.8 | 96.8 | 96.6 | 78.8 | 61.0 | 43.2 | 88.5 | 11.3 | 88.5 | 88.5 | 87.9 | 70.3 | 52.6 | 34.9 |
| 5000 | 72 | 117.9 | 11.1 | 105.5 | 86.5 | 67.4 | 48.4 | - | - | 104.2 | 12.1 | 98.9 | 80.0 | 61.2 | 42.3 | - | - |
| | 67 | 105.6 | 10.7 | 105.6 | 105.6 | 92.8 | 73.8 | 54.7 | - | 93.5 | 11.5 | 93.5 | 93.5 | 86.9 | 68.0 | 49.2 | - |
| | 62 | 95.0 | 10.5 | 95.0 | 95.0 | 95.0 | 75.9 | 56.8 | 37.8 | 83.7 | 11.2 | 83.7 | 83.7 | 83.7 | 64.9 | 46.0 | 27.2 |
| | 57 | 98.5 | 10.6 | 98.5 | 98.5 | 98.5 | 79.4 | 60.4 | 41.3 | 90.2 | 11.3 | 90.2 | 90.2 | 90.2 | 71.4 | 52.5 | 33.7 |

1. These capacities are gross ratings. For net capacity, deduct air blower motor, MBh = 3.415 x kW. Refer to the appropriate Blower Performance Table for the kW of the supply air blower motor.
2. These ratings include the condenser fan motors (total 1 kW) and the compressor motors but not the supply air blower motor.

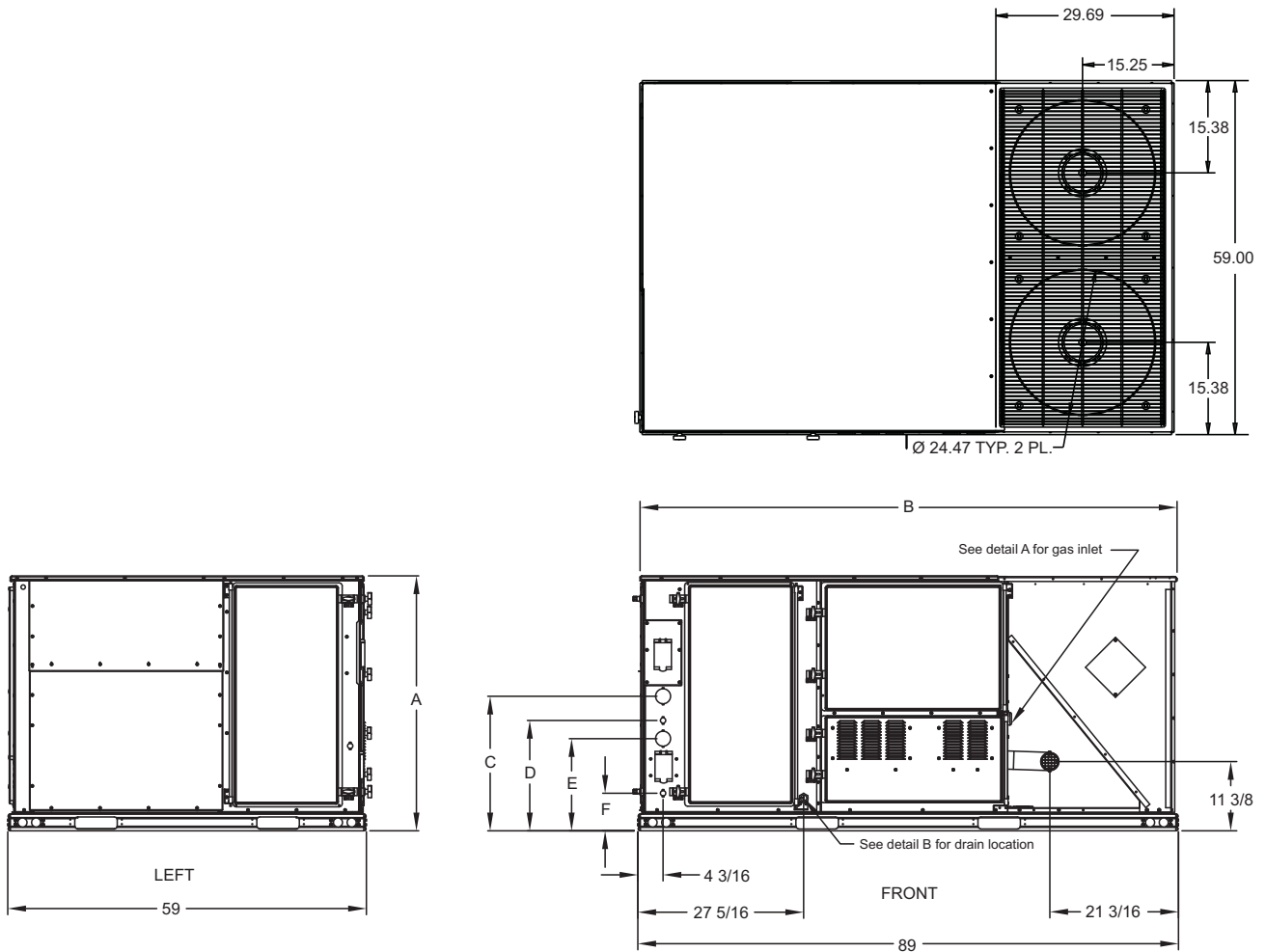
ZF/ZR078-150 Unit Accessory Weights

| Unit Accessory | Weight (lbs.) | |
|---------------------------------------|---------------|-----------|
| | Shipping | Operating |
| Economizer | 90 | 85 |
| Power Exhaust | 40 | 35 |
| Electric Heat ¹ | 49 | 49 |
| Gas Heat ² | 110 | 110 |
| Variable Frequency Drive ³ | 30 | 30 |

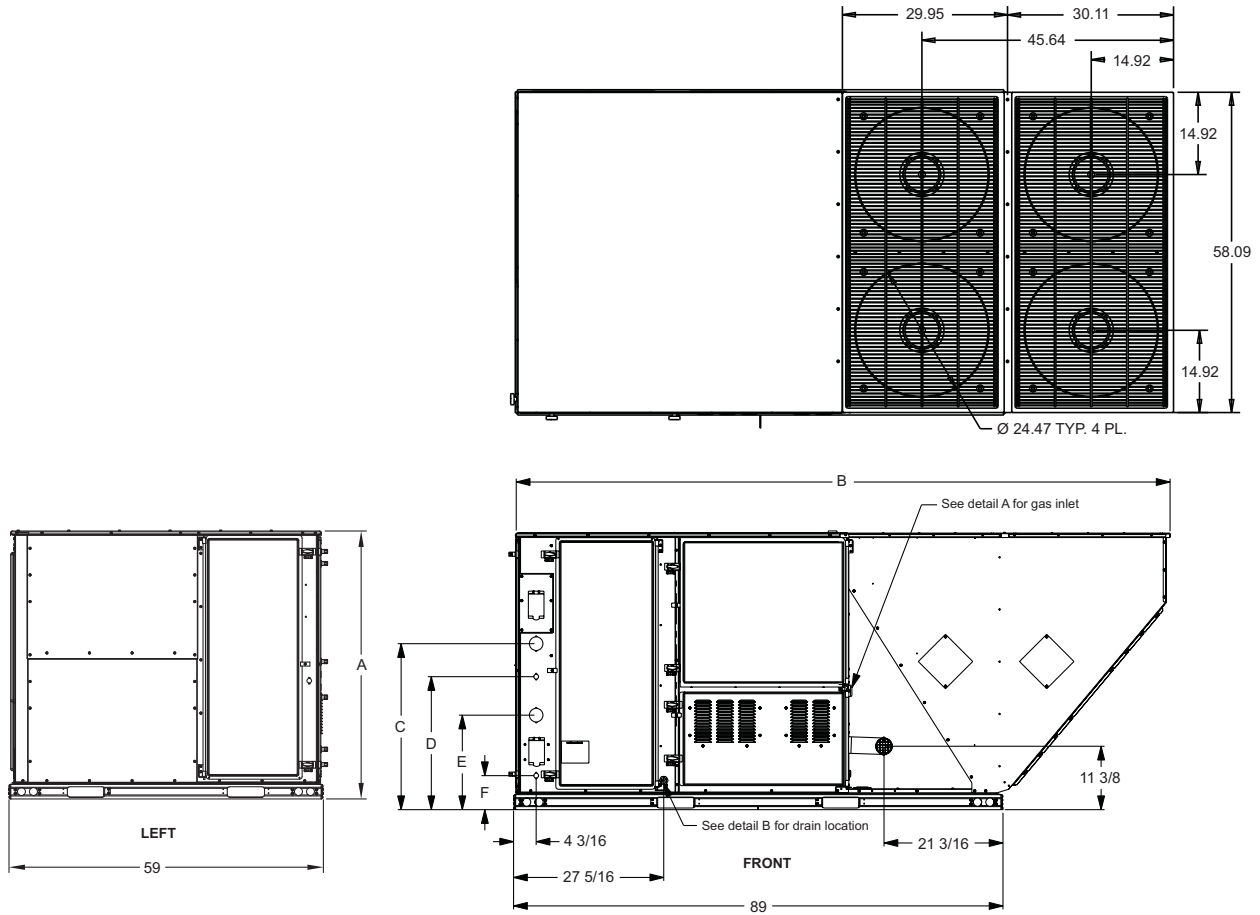
1. Weight given is for the maximum heater size available (54KW).
2. Weight given is for the maximum number of tube heat exchangers available (8 tube).
3. Weight includes mounting hardware, controls and manual bypass option (ZF Only).

ZF/ZR078-150 Unit Dimensions

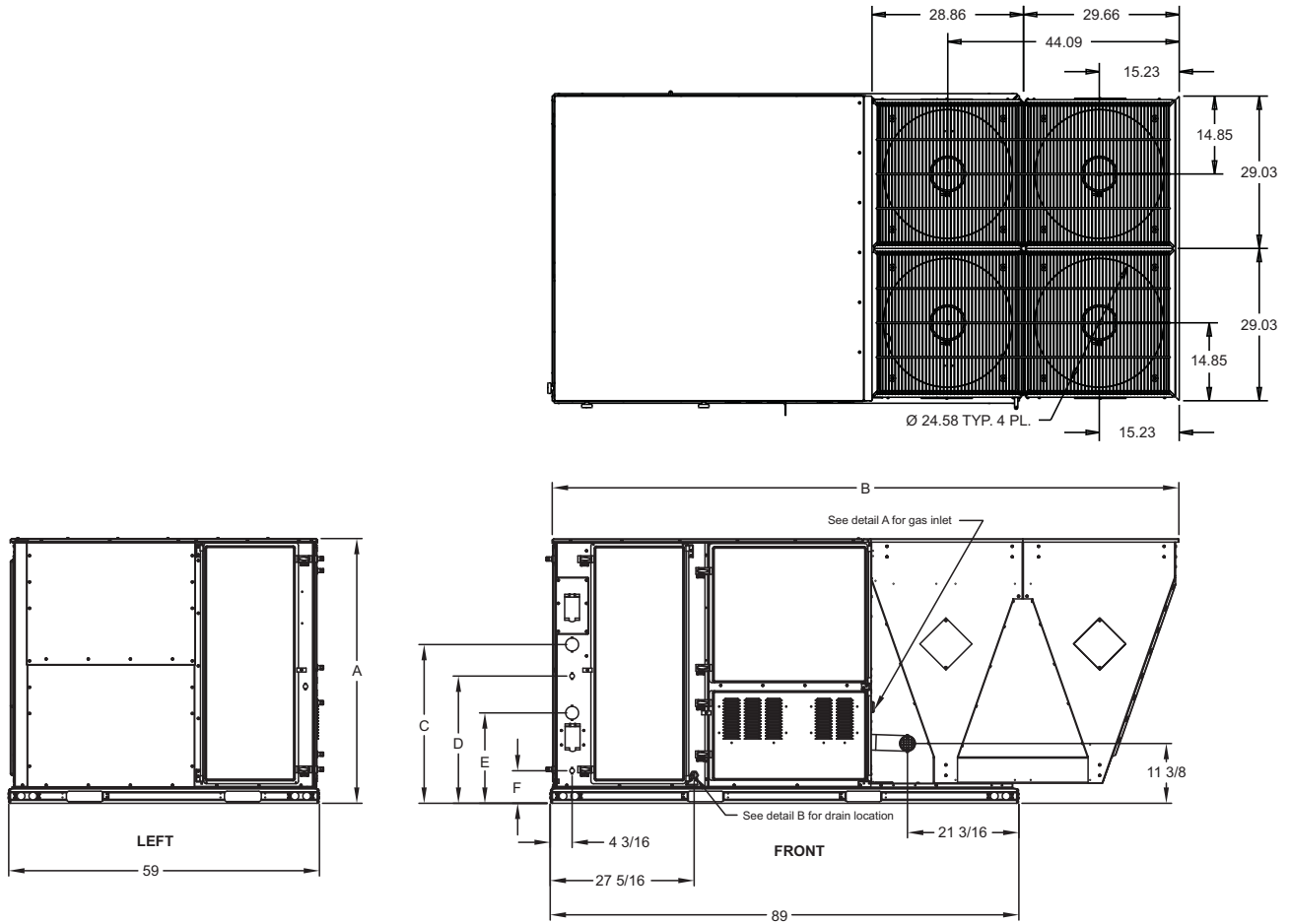
ZF/ZR078 - 120



ZF150



ZR150



ZF/ZR078-150 Unit Physical Dimensions

| Unit Model Number | Dimension (in.) | | | | | |
|-------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | A | B | C | D | E | F |
| 078 | 42 | 89 | 22 1/8 | 18 3/16 | 15 3/16 | 6 3/16 |
| 090 | 42 | 89 | 22 1/8 | 18 3/16 | 15 3/16 | 6 3/16 |
| 102 | 50 3/4 | 89 | 30 3/16 | 24 3/16 | 17 3/16 | 6 3/16 |
| 120 | 50 3/4 | 89 | 30 3/16 | 24 3/16 | 17 3/16 | 6 3/16 |
| 150 | 50 3/4 | 119 1/2 | 30 3/16 | 24 3/16 | 17 3/16 | 6 3/16 |

**Bibliografía:**

- Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026
- http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp
- Tomo IV de las Normas de Diseño de Ingeniería del I.M.S.S.
- Capítulo 7, Del manual de Aplicaciones "Heating, Ventilating and Air Conditioning Applications" Del ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.)
- Carrier "Handbook of Air Conditioning System Design"
- SMACNA "Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association", manual "Low pressure duct construction standards."
- Rüdiger Ganslandt, Harald Hofmann, Cómo planificar con luz, ERCO edición, España 2012.
- Hernández Goribar, Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, Limusa, México 2010
- Metodo De Lumen Y Cavidad Zonal
http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo7/calculo_de_iluminacion.html
<http://es.scribd.com/doc/3892091/A51-METODO-DE-LOS-LUMENES-cap#scribd>
- Manual de luminotecnia para interiores, Carlos Lazlo, México 2012.
- Comisión nacional para el uso eficiente de la energía, Guía Para Elaborar un diagnóstico energético en inmuebles 2013 CONUEE
- Luis E. Noriega Giral, "Diagnosticos Energeticos", Curso de diagnósticos energéticos
- TESIS: Diagnostico energético a casa habitacional, Rene Yonatan Díaz Reyes, México 2010
- I.Q. Juan Jose Soto Cruz, Fundamentos Sobre Ahorro de energía, Universidad Autónoma De Yucatán, Lib-UADY, México, 1996.
- David L. DiLaura, Kevin W. Huser, Richard G. Mistrick, Gary R. Steffy, Lighting handbook, Westinghouse Electric Corporation, North America, 2000.
- Francisco Javier Rey Martínez, Eloy Velasco Gómez, Eficiencia Energética en Edificios. Certificación y auditorias energéticas, Thomson, España, 2006.
- Manuel Martin Monroy, Manual de Iluminación, España, 1996.
- Rüdiger Ganslandt, Harald Hofmann, Cómo planificar con luz, ERCO edición, España 2012.
- D. Gonzalo Ezquerro, Dna. Mar Gandolfo, D. Alfonso Ramos y D. Jose Ignacio Urraca, Guía técnica de Eficiencia Energética En Iluminación, IDAE, Madrid 2001 .
- Enríquez Harper Gilberto, El ABC de la calidad de la energía eléctrica, Limusa, México 2001
- Comisión nacional para el uso eficiente de la energía, Guía Para Elaborar un diagnóstico energético en inmuebles 2013 CONUEE
- Luis E. Noriega Giral, "Diagnosticos Energeticos", Curso de diagnósticos energéticos, 2012.
- TESIS: Diagnostico energético en el edificio del centro de cómputo y anexos de la facultad de estudios superiores Aragón, Barrera Chavarria Mario Alberto, Guerrero Machuca José Gabriel, México, 2005.
- http://www.fisica.unam.mx/noticias_lemasepararlodiminuto2013.php