

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**ESTUDIO DE ECOEFICIENCIA PARA EMPRESA DE TERCERIZACIÓN DE SERVICIOS**

PRESENTADO POR:

**CHRISTIAN ADILSON HENRRIQUEZ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2022

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL:

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

SECRETARIO:

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

DIRECTORA:

**INGRA. SARA ELISABETH ORELLANA BERRÍOS**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO QUÍMICO**

Título:

**ESTUDIO DE ECOEFICIENCIA PARA EMPRESA DE TERCERIZACIÓN DE SERVICIOS**

Presentado por:

**CHRISTIAN ADILSON HENRRIQUEZ**

Docentes asesores:

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

San Salvador, febrero de 2022

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Asesor:

ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado vida, fuerza y perseverancia, porque es por su Gracia y su Misericordia que he logrado llegar hasta acá.

A mi madre Gilma Henrriquez, que de no ser por su apoyo no hubiera tenido la oportunidad de estudiar. Ella me inspiró con amor en cada etapa del camino a seguir, a no darme por vencido y a siempre poner la mirada en la meta.

A mi amada esposa Kayla Reyes de Henrriquez, que ha compartido este viaje conmigo y ha sido una ayuda idónea; compartiendo mis cargas, ayudándome y animándome a seguir adelante. Su sonrisa es lo que me impulsa cada día.

A mi amado hijo Christian Ricardo Henrriquez Reyes, que desde que nació ha sido un pequeño motor que me empuja y ha sido la razón por la cual me levanto cada mañana a trabajar y a terminar mi carrera porque en sus ojos quiero ver esa miradita que me dice que se siente orgulloso de su papá.

A mi hermana Brenda Zapata y su familia que, aunque lejos, siempre me han apoyado y dado su amor.

A todos mis maestros de la FIA, y más aún los de la Escuela de Ingeniería Química y Alimentos, que, con sus enseñanzas, consejos y guía, me han moldeado y mostrado el camino a seguir y ser el profesional que el país necesita y del cual ellos puedan sentirse orgullosos y orgullosas de haber formado.

¡A todos, gracias!

Christian H.

## RESUMEN

El presente es un trabajo de aplicación cuyo enfoque es el análisis de la ecoeficiencia actual de una empresa salvadoreña la cual se dedica a la tercerización de servicios para empresas norteamericanas.

La gerencia de la empresa desea conocer las acciones a tomar, si hubiera alguna, para poder reducir su consumo de recursos, y así reducir los costos de la empresa, y su impacto ambiental, tanto como sea posible.

La metodología que se siguió en el presente trabajo es la de la Ecoeficiencia, con la cual se busca que los procesos sean sostenibles y más eficientes, y que produzcan beneficios económicos paralelos.

Dado que el rubro de la empresa es el de la prestación de servicios dentro de una oficina, el enfoque del trabajo fue mayormente en la optimización del consumo de energía eléctrica y el adecuado manejo de desechos.

Para el consumo de energía eléctrica, se realizó un inventario de todos los equipos de oficina, luminarias, equipos informáticos y electrodomésticos presentes dentro de la oficina, con sus respectivas potencias, horarios de uso, y consumo eléctrico estimado por día y por mes. Con esta información se pudo hacer un balance energético con el cual se logra identificar las áreas de mayor consumo.

Basándonos en esta información se generaron propuestas de proyectos de mitigación con su respectivo análisis económico y ambiental, para que puedan ser analizadas y tomadas en consideración por la alta gerencia de la compañía.

Las medidas de mitigación son en su mayoría de reemplazo o mejora de la tecnología presente y de cambio en la forma de utilización de los recursos por parte de los usuarios.

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCION .....  | 1  |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                | 2  |
| OBJETIVOS .....   | 3  |
| JUSTIFICACION .....   | 4  |
| ALCANCES .....  | 5  |
| Capítulo I: Marco Contextual Referencial .....                  | 6  |
| 1.1. Descripción general de la empresa.....                     | 6  |
| 1.2. Definición de Ecoeficiencia .....                          | 9  |
| 1.2.1. Beneficios y Consecuencias de la Ecoeficiencia .....     | 10 |
| 1.2.2. Pasos para llegar a ser ecoeficiente en la empresa ..... | 10 |
| 1.2.3. Niveles de la Ecoeficiencia.....                         | 11 |
| 1.3. Áreas de optimización de eficiencia energética .....       | 12 |
| 1.3.1. Procesos de Producción .....                             | 12 |
| 1.3.2. Iluminación .....  | 13 |
| 1.3.3. Aire Acondicionado .....                                 | 26 |
| 1.3.4. Equipo de tecnología de la información (TI) .....        | 34 |
| Capítulo II: Metodología y Análisis .....                       | 37 |
| 2.1. Descripción de la investigación y metodología .....        | 37 |
| 2.2. Procedimiento Metodológico .....                           | 38 |
| 2.2.1. Recolección de datos.....                                | 38 |
| 2.2.2. Obtención de Consumos .....                              | 40 |
| 2.3. Análisis de Datos .....                                    | 41 |
| 2.3.1. Balance de Energía. ....                                 | 42 |
| 2.3.2. Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalentes .....          | 46 |
| CAPITULO III: Resultados del Trabajo de Investigación.....      | 47 |
| 3.1. Aire Acondicionado.....                                    | 47 |
| 3.2. Luminarias.....  | 50 |
| 3.3. Computadoras .....   | 52 |
| 3.4. Otras recomendaciones.....                                 | 55 |
| CONCLUSIONES.....   | 58 |
| Bibliografía.....   | 60 |
| ANEXOS.....   | 62 |

| <b>TABLA</b> | <b>INDICE DE TABLAS</b>   | <b>PÁG</b> |
|--------------|---|------------|
| Tabla 1.1    | Equipo dentro de cuarto de servidores.....  | 7          |
| Tabla 1.2    | Nivel de iluminación requerido por el Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo de El Salvador.....         | 16         |
| Tabla 1.3    | Densidad de potencia de iluminación para diferentes espacios de trabajo.....  | 21         |
| Tabla 1.4    | Valores recomendados de diferentes parámetros para diferentes tipos de luminarias .....   | 22         |
| Tabla 2.1    | Ejemplo de inventario detallado de los equipos (datos no reales).....   | 39         |
| Tabla 2.2    | Ejemplo de cálculo de energía consumida por equipo (datos no reales).....   | 41         |
| Tabla 2.3    | Consumos por local a partir de facturas de enero a agosto de 2021 .....   | 43         |
| Tabla 2.4    | Costo Eléctrico Mensual por Local. Enero-Agosto 2021.....   | 44         |
| Tabla 2.5    | Costos de Aire Acondicionado Mensual por Local. Ene-Ago 2021.....   | 45         |
| Tabla 3.1    | Equipo informático 4to piso y su calor generado por hora.....   | 48         |
| Tabla 3.2    | Sistemas de A/C con sus respectivos consumos y costos.....  | 49         |
| Tabla 3.3    | Pliego tarifario del suministro de energía eléctrica al consumidor final, vigente del 15 de octubre de 2021 al 14 de enero de 2022..... | 51         |
| Tabla 3.4    | Análisis de las luminarias actuales en la empresa.....  | 51         |
| Tabla 3.5    | Análisis económico y ambiental de reemplazar las luminarias por LED.....  | 51         |
| Tabla 3.6    | Análisis ambiental del estado actual del uso de las computadoras.....   | 54         |
| Tabla 3.7    | Análisis económico y ambiental de la propuesta de eliminar el tiempo de Stand-by.....   | 54         |
| Tabla 3.8    | Costos mensuales por recurso; enero-agosto 2021.....  | 56         |
| Tabla 3.9    | Áreas de mayor consumo por recurso.....   | 57         |



| <b>ILUSTRACION</b> | <b>INDICE DE ILUSTRACIONES</b>                                      | <b>PÁG.</b> |
|--------------------|---|-------------|
| Ilustración 1.1    | Esquema del 3er piso .....  | 8           |
| Ilustración 1.2    | Esquema del 4to piso .....  | 8           |
| Ilustración 1.3    | Ilustración de la “brecha de eficiencia energética” .....           | 12          |
| Ilustración 1.4    | Relación entre cd, lm, lux .....                                    | 14          |
| Ilustración 1.5    | Definición de lux .....   | 15          |
| Ilustración 1.6    | Etiqueta sugerida por la comisión europea .....                     | 18          |
| Ilustración 1.7    | Temperatura de color, efectos y aplicaciones típicas .....          | 19          |
| Ilustración 1.8    | Eficacia de la lámpara fluorescente .....                           | 23          |
| Ilustración 1.9    | Ciclo estándar de refrigeración por compresión de vapor .....       | 29          |
| Ilustración 2.1    | Diagrama de Balance Energético Global .....                         | 42          |
| Ilustración 2.2    | Diagrama de Balance Energético por Zona o Local .....               | 42          |
| Ilustración 2.3    | Comparación de Consumos Eléctricos por Local .....                  | 44          |
| Ilustración 2.4    | Balance Energético Global. Ene-Ago 2021 .....                       | 44          |
| Ilustración 2.5    | Comparación de Costos de A/C por Local .....                        | 45          |
| Ilustración 2.6    | Balance de A/C Global. Ene-Ago 2021 .....                           | 45          |
| Ilustración 3.1    | Ejemplo de Lámpara de 3 tubos para instalación en cielo falso ..... | 50          |

| <b>Anexo</b>    | <b>INDICE DE ANEXOS</b>  | <b>PÁG.</b> |
|-----------------|--|-------------|
| Tabla A.1       | Consumos Eléctricos: Cuarto Piso – Situación Actual.....           | 63          |
| Tabla A.2       | Consumos Eléctricos: Tercer Piso – Situación Actual.....           | 66          |
| Tabla B.1       | Consumos Eléctricos: Cuarto Piso – Propuestas aplicadas.....       | 67          |
| Tabla B.2       | Consumos Eléctricos: Tercer Piso – Propuestas Aplicadas.....       | 70          |
| Anexo C         | Propuesta de Cambio de A/C.....                                    | 71          |
| Anexo D         | Cotización de Lámparas LED.....                                    | 73          |
| Tabla E.1       | Consolidado de consumo de recursos a partir de factura.....        | 74          |
| Tabla E.2       | Costos mensuales por recurso. Ene-Ago 2021.....                    | 76          |
| Tabla E.3       | Áreas de mayor consumo de cada recurso.....                        | 76          |
| Ilustración E.1 | Gráfico comparativo de consumo de recursos. Enero-Agosto 2021..... | 76          |
| Ilustración F.1 | Parte frontal del rack de servidores.....                          | 77          |
| Ilustración F.2 | Parte trasera del rack de servidores.....                          | 77          |

## INTRODUCCION

Es indiscutible el papel de la industria en el desarrollo económico y social de los países en general. Sin embargo, las industrias también pueden ocasionar impactos ambientales negativos, a menos que se adopten prácticas sostenibles de producción y de prestación de servicios. Dentro de las estrategias orientadas al cuidado del medio ambiente, la implementación de la ecoeficiencia permite a las empresas industriales, comerciales y de servicios reducir sus costos de operación, traduciéndose en medidas que favorecen los esfuerzos por la sostenibilidad económica, social y ambiental.

La competencia internacional y las alzas en los costos operativos debido al costo de equipos, materia prima y otros recursos, han sido factores determinantes para que los encargados de administrar plantas industriales, oficinas, y demás infraestructuras en las que las empresas funcionan, busquen en los últimos años formas de ahorrar energía, agua, y demás recursos.

Las tecnologías utilizadas en las empresas, tanto las tecnologías asociadas al proceso productivo y operativo, así como aquellas tecnologías que no forman parte del proceso productivo, pero que requieren de un aporte de energía para su funcionamiento, pueden ser optimizadas para lograr una operación más eficiente y rentable.

En este trabajo se describirán las distintas técnicas y prácticas que pueden ser aplicadas en la empresa con el fin de mejorar su desempeño energético. Este trabajo enfoca dichas prácticas en las siguientes ramas: equipos de informática, iluminación, aire acondicionado y enseres en las áreas de uso común.

Las ramas antes mencionadas representan en su totalidad aquellos consumos significativos que típicamente se presentan en la empresa (y empresas similares) y que son descritos, desde la perspectiva de cómo hacer dichas tecnologías más energéticamente eficientes.

Sin embargo, este trabajo demuestra que acciones aisladas en las empresas, sin la adecuada coherencia interna y sin el respaldo financiero, organizativo y humano, son poco efectivas para la sostenibilidad de los ahorros energéticos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el último par de trimestres El Salvador ha visto un incremento en el precio de la energía eléctrica, primero en abril el alza fue entre un 8.5% y un 13%, luego en julio entre un 1.67% y un 20.63%; y las empresas no han sido inmunes a este incremento en sus costos operativos, lo cual lleva a las administraciones de estas empresas a buscar formas de cómo reducir su facturación de energía eléctrica y de otros recursos.

Si bien la gerencia de la empresa está consciente que los consumos de energía eléctrica son directamente proporcionales a la cantidad de empleados que esta tiene, aun así, desean conocer si hay algún modo de reducir estos consumos y también reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> tanto como sea posible.

Se cree que el mayor consumo energético se debe al equipo informático dentro de la empresa y a las malas prácticas de utilización del equipo por parte de los usuarios y a que la tecnología que se utiliza ha llegado al final de su vida útil y no es lo suficientemente eficiente en su consumo eléctrico.

Con respecto a los desechos electrónicos de la empresa, no se cuenta con el apropiado proceso de disposición de los equipos informáticos y luminarias de mercurio que ya no funcionan o que ya llegaron al fin de su vida útil. Actualmente, la empresa solo guarda en una bodega todos estos equipos informáticos inservibles que se han acumulado con los años; mientras que las luminarias de mercurio quemadas se tiran a la basura común.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Llevar a cabo un estudio de ecoeficiencia industrial en una empresa salvadoreña de tercerización de servicios, el cual lleve a la postulación de soluciones sostenibles que garanticen reducir el impacto ambiental y generar importantes ahorros y beneficios económicos para la empresa.

### **Objetivos Específicos**

- a) Analizar cuantitativamente el consumo de energía eléctrica y el consumo de agua en las diferentes áreas, equipos y procesos de operación de la empresa.
- b) Identificar los puntos de falla, consumos excesivos y las oportunidades de mejora y optimización en la utilización de los recursos.
- c) Diseñar soluciones óptimas para las problemáticas encontradas durante la investigación.
- d) Evaluar la factibilidad económica y ambiental del proyecto de ecoeficiencia.
- e) Presentar las soluciones finales con sus respectivos estudios ambientales y económicos a la administración de la empresa.

## JUSTIFICACION

En los últimos años, se ha demostrado que la ecoeficiencia es una excelente forma de participación de la industria hacia la sostenibilidad, porque busca armonizar los intereses del medio ambiente y de la industria, y para ello aplica diversas estrategias.

La demografía va en un rápido aumento, y la ONU estima que la población mundial aumentara a 8,5 billones para el año 2025. Dicho aumento se dará, casi exclusivamente, en los países no desarrollados; y mientras más personas buscan una vida con satisfactores como vivienda y servicios de todo tipo, más presión se ejerce sobre el medio ambiente (Naciones Unidas, 2014).

Esta presión ambiental es grande y aunque haya varias opiniones y discusiones al respecto, existe un consenso en el mundo que el impacto en el medio ambiente que produce la actividad humana es insostenible, y el punto de no retorno del calentamiento global está a la vuelta de la esquina y nos acercamos con pasos agigantados. Si nuestro objetivo es una vida sostenible, tendremos que asegurarnos de no consumir materiales y energía de forma más rápida de lo que tarda la naturaleza en generarlos, además de no desecharlos más rápidamente del tiempo en que el medio pueda absorberlos (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2015).

Realizar un estudio e implementar un plan de ecoeficiencia genera múltiples beneficios en una empresa, como lo son: disminuir el impacto ambiental relacionado con las actividades de las oficinas, generar ahorros económicos por consumo responsable de materiales de oficina, agua y energía.

Otros beneficios generados son la consolidación de una buena imagen con la comunidad, empresas socias, clientes y otras organizaciones; reforzar la importancia del compromiso ambiental dentro de las organizaciones e instituciones, así como fuera de ellas, con la comunidad y con el personal; además de mejorar la productividad de los empleados, al sentirse parte de una organización que se preocupa por el cuidado del medio ambiente.

## ALCANCES

- a) Con los datos obtenidos de las facturas de electricidad, y con los valores calculados, se generará un Balance Hídrico y un Balance de Energía completo y detallado de la empresa.
- b) Se creará un mapa de utilización de recursos, donde se puedan identificar con facilidad las áreas y equipos de mayor consumo y desperdicio/fallas.
- c) Se generará una lista de posibles soluciones de Ecoeficiencia o Producción Mas Limpia, con su respectiva propuesta de implementación, análisis de viabilidad económico y técnico.
- d) A la administración de la empresa se le presentará un reporte final de las soluciones recomendadas con sus respectivos estudios de factibilidad económicas y ambientales, donde se podrán apreciar los beneficios económicos y ambientales de implementar dichas soluciones.

## Capítulo I: Marco Contextual Referencial

### 1.1. Descripción general de la empresa

La empresa de interés es una empresa del rubro de servicios que se dedica a la tercerización (outsourcing) de servicios. Los servicios que provee son conocidos como *Business Process Outsourcing (BPO)* los cuales pueden ser de tecnología de la información (Informática o IT), centro de atención telefónica de ventas y servicio al cliente, asistentes ejecutivos virtuales, contabilidad y facturación, Diseño Gráfico y Mercadeo, Gestión de Proyectos, y más.

La empresa tiene más de 10 años de operar en El Salvador y actualmente su base de operaciones se encuentra dentro del Centro de Negocios Avante en Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad.

Con base en la última actualización de planilla, la empresa cuenta con 150 empleados fijos incluyendo a los directivos y administración. Los horarios de operación son las 24 horas del día los 365 días del año, y su cartera de clientes está comprendida en su totalidad por empresas estadounidenses.

La oficina donde opera la empresa está constituida por lo que originalmente eran 4 oficinas o locales independientes y adyacentes, en 2 pisos diferentes. En el tercer piso, los locales que se compraron y se unieron, son los locales 3-04 y 3-05. En el cuarto piso es la misma situación, pero con los locales 4-02 y 4-03. Cada uno de los locales cuenta con su propia factura de servicios puesto que, a pesar de que los locales se unieron para formar una sola oficina, cada uno de los locales originales retuvo su propio contador de agua y electricidad. Además, cada local tiene su propio sistema de A/C del tipo 'fan-coil' de 60,000 BTU cada uno.

Puesto que el rubro de la empresa es el de prestación de servicios de manera remota a clientes en los Estados Unidos, todas sus operaciones se llevan a cabo dentro de la oficina central donde los empleados cuentan con su propia estación de trabajo que consta de una computadora con todos sus periféricos necesarios (2 monitores, 1 teclado, 1 mouse) y un teléfono (en la mayoría de las estaciones), los cuales funcionan sin parar por 24 horas del día.



Además, a pesar de que solo pocas personas trabajan en la oficina de noche, todas las áreas de la oficina permanecen iluminadas todo el tiempo y lo mismo sucede con el aire acondicionado. Adicional a los equipos de trabajo de cada empleado, todo el equipo informático de la oficina, tales como servidores y equipos de red, permanecen encendidos todo el tiempo también. Este equipo computacional y de redes está ubicado dentro de un cuarto de servidores, el cual tiene un sistema de A/C independiente.

El cuarto de servidores en el piso superior es el que contiene la mayor cantidad de equipo:

**Tabla 1.1** Equipo dentro de cuarto de servidores

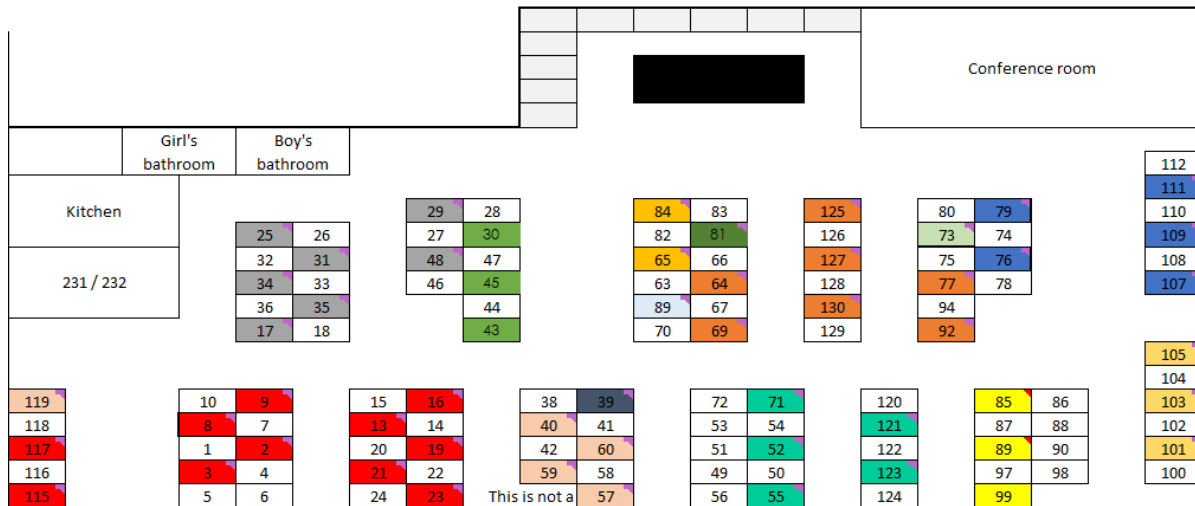
| <b>Equipo y Marca</b> | <b>Modelo</b>      |
|-----------------------|--------------------|
| Almacenamiento Dell   | MD3200             |
| Almacenamiento Dell   | MD1200             |
| Servidor Dell         | Power Edge R720    |
| Servidor Dell         | Power Edge R720    |
| Servidor HP           | Proliant DL360P G8 |
| Servidor HP           | Proliant DL360P G8 |
| Almacenamiento Tegile | HA2100-A4          |
| Almacenamiento Tegile | HA2100-A4          |
| Interconector Cisco   | UCS 6248 UP        |
| Interconector Cisco   | UCS 6248 UP        |
| Interconector Cisco   | UCS 6248 UP        |
| Interconector Cisco   | UCS 6248 UP        |
| Servidor Cisco        | UCS 5108           |
| Servidor Cisco        | UCS 5108           |
| UPS Tripplite         | SMART5000XFMRL     |
| UPS Tripplite         | SMART5000XFMRL     |
| UPS Tripplite         | SU3000RTX          |
| UPS Tripplite         | SU3000RTX          |

En el Anexo F, se puede encontrar un diagrama con los equipos del cuarto de servidores.

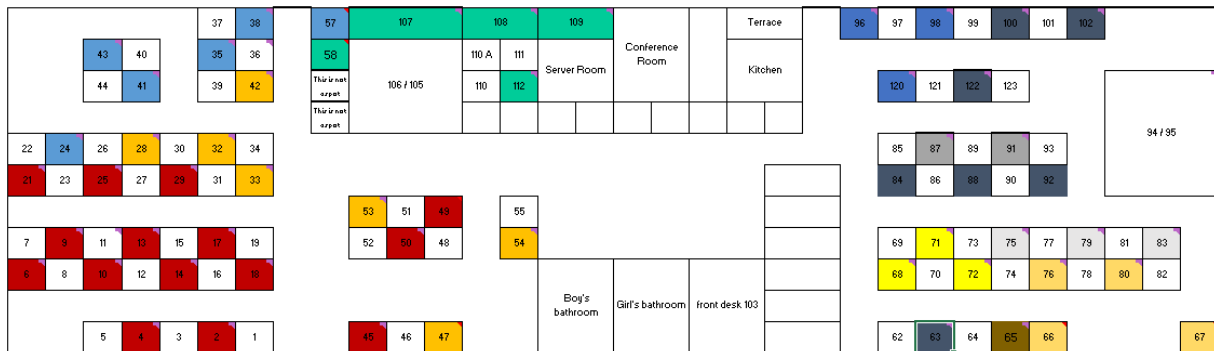
La empresa cuenta con 2 áreas de cocina, cada una equipada con los siguientes electrodomésticos:

- i. 2 refrigeradoras
- ii. 2 hornos microondas
- iii. 1 cafetera
- iv. 1 horno de convección.

Las ilustraciones 1.1 y 1.2 muestran un diagrama generalizado de ambos pisos de la oficina:



**Ilustración 1.1** Esquema del 3er piso



**Ilustración 1.2** Esquema del 4<sup>to</sup> piso

Todo lo mencionado anteriormente genera un gran consumo de energía eléctrica el cual se ha aumentado en los últimos meses, puesto que la cantidad de empleados ha ido en aumento

debido que la cartera de clientes de la empresa se ha ido expandiendo considerablemente en los últimos meses.

## **1.2. Definición de Ecoeficiencia**

La ecoeficiencia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral de los procesos, productos y servicios con el objetivo de reducir riesgos al ser humano y al medio ambiente.

La ecoeficiencia ayuda a que las organizaciones obtengan más valor, con un menor consumo de materiales y energía, y con una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero y otros daños al medio ambiente.

Es una filosofía administrativa que impulsa a las empresas a buscar mejoras ambientales, paralelamente con los beneficios económicos. Se enfoca en las oportunidades de negocios, y permite a las empresas ser más responsables y rentables (Ministerio del Ambiente Perú, 2009).

La ecoeficiencia es un enfoque que promueve una cultura administrativa que guía al empresariado a asumir su responsabilidad con la sociedad, y lo motiva para que su negocio sea más competitivo, adaptando y readecuando los sistemas productivos existentes a las necesidades del mercado y del ambiente, y de esa forma consolidar niveles más altos de desarrollo económico, social y ambiental.

Como meta final, la ecoeficiencia busca la elaboración de bienes y la prestación de servicios a precios competitivos que satisfagan las necesidades humanas y eleven la calidad de vida de la población. Al mismo tiempo, debe promover la reducción progresiva del impacto ambiental negativo de los productos y servicios, y la intensidad con la que se consumen los recursos naturales.

La ecoeficiencia promueve un diseño integral de tecnología para reducir la intensidad de uso de materiales y energía durante la producción, además de impulsar la reutilización de insumos a través de procesos de reconversión tecnológica y de reciclaje. Esto motiva a que la empresa mejore la funcionalidad de los productos y aumente la durabilidad de estos.

### **1.2.1. Beneficios y Consecuencias de la Ecoeficiencia**

Una empresa que implemente un programa efectivo de ecoeficiencia podrá obtener los siguientes beneficios:

- a) Minimizará costos de producción.
- b) Utilizará de manera más responsable los recursos naturales.
- c) Reducirá la emisión de contaminantes.
- d) Será competitivo e innovador en la producción.
- e) Obtendrá ingresos adicionales con el reciclaje y reúso de desechos.
- f) Gozará de prestigio entre distribuidores y consumidores.
- g) Reducirá el nivel de rotación de personal y mantendrá un ambiente laboral sano y estable.
- h) Tendrá acceso a nuevas oportunidades de mercado y cumplirá con estándares internacionales.
- i) Mejorará sus relaciones públicas y obtendrá la aprobación de su comunidad.

### **1.2.2. Pasos para llegar a ser ecoeficiente en la empresa**

Existen dos elementos principales para la aplicación de programas de ecoeficiencia dentro de la empresa:

1. La adopción de un cambio en la cultura empresarial.
2. El establecimiento de técnicas adecuadas para promover dichos cambios.

La adopción de una visión empresarial de ecoeficiencia por parte de los empleados y los gerentes de alto nivel debe estar basada en la promoción e internalización del concepto de ecoeficiencia, política organizacional que sería proyectada a los clientes y proveedores.

Por su parte, el establecimiento de las técnicas adecuadas comprende las decisiones orientadas a considerar el ciclo de vida de los productos o servicios, implementando las modificaciones que fueran necesarias, identificando los riesgos u oportunidades para la empresa y documentando las acciones que permitan la ecoeficiencia en toda la gama de procesos, productos y servicios de la organización.

Al lograr el cumplimiento de los 2 elementos anteriores se pueden empezar a ver resultados ambientales y beneficios económicos, usualmente a corto y mediano plazo. Todos estos beneficios económicos, pueden generarse a menudo con inversiones mínimas, y pueden a su vez financiar la aplicación de medidas de Ecoeficiencia de mayor complejidad. Esto significa en muchos casos una autofinanciación de los proyectos y soluciones de Ecoeficiencia en la empresa.

En otros casos, será necesario financiar estas inversiones. Las inversiones en ecoeficiencia suelen tener menos riesgos que las de otros tipos y aportar beneficios intangibles adicionales.

### **1.2.3. Niveles de la Ecoeficiencia**

La ecoeficiencia tiene alcances o niveles de acción, sobre los cuales se hacen el diagnóstico y las medidas de Producción Mas Limpia. Estos niveles son:

**NIVEL 1:** PREVENCIÓN

**NIVEL 2:** DISMINUCIÓN / MINIMIZACIÓN

**NIVEL 3:** REUTILIZACIÓN / RECICLAJE

**NIVEL 4:** TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN

Estos niveles de la ecoeficiencia nos permiten generar estrategias para la prevención de la contaminación y de mejorar la competitividad de las empresas. Algunas de las estrategias son:

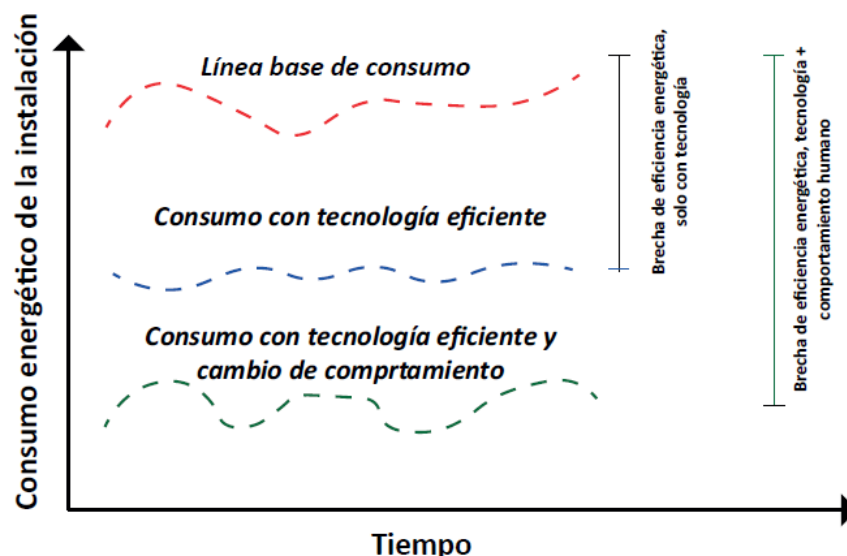
- i. Buenas prácticas de manejo.
- ii. Mejor control de procesos.
- iii. Sustitución de materias primas e insumos.
- iv. Cambios de tecnología.
- v. Recuperación *in situ* y reutilización.
- vi. Producción de subproductos útiles.
- vii. Modificación de los productos.
- viii. Modificación del proceso productivo.

### 1.3. Áreas de optimización de eficiencia energética

#### 1.3.1. Procesos de Producción

Los procesos de producción industrializados constituyen la base económica de cualquier nación desarrollada o en vías de desarrollo. En general, la situación económica de una nación depende del nivel de industria que posea, y el estándar de estilo de vida de sus habitantes está ligado a la manufactura que se desarrolle.

Actuales avances en los procesos industriales apuntan a un crecimiento acelerado, mejora de la calidad, aumento de la productividad y entrega en tiempos más cortos. De la mano con poderosos equipos informáticos y nuevos materiales, los procesos industriales han evolucionado en respuesta al rápido crecimiento de la competencia y la demanda de calidad por parte del consumidor.



**Ilustración 1.3** Ilustración de la “brecha de eficiencia energética” para instalaciones, incluyendo ambos factores, tecnología y comportamiento humano.  
Fuente: (Martínez y Urías, 2018)

La gráfica anterior presenta una ilustración teórica de la brecha de eficiencia energética para una instalación. Con el tiempo, una instalación ofrece diversos servicios de energía (procesos de producción, confort térmico, entretenimiento, iluminación, etc.) y consume una cierta cantidad de energía.

La brecha de eficiencia tradicionalmente se refiere a un nivel más bajo de consumo que podría lograrse (mientras se ofrecen los mismos servicios) con tecnología rentable y eficiente.

Cada vez más, los expertos reconocen que el consumo podría reducirse con una combinación costo-efectiva de tecnología y cambio en el comportamiento humano.

Para entender por qué existe la brecha de eficiencia energética y qué se puede hacer para reducir esta brecha, la ciencia económica y la ingeniería convencionales no ofrecen suficiente ayuda. La clave es reconocer que un sistema de energía de las instalaciones incluye no solo los sistemas físicos, sino también las personas que viven y trabajan en las instalaciones, o que influyen en el diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento y las actividades que ocurren dentro de las instalaciones. El sistema de energía de las instalaciones es un sistema físico-mecánico-humano donde todas las partes afectan e interactúan entre sí. Además, las acciones de las personas pueden tener un impacto muy discernible en el rendimiento energético de las instalaciones. (AES, 2018).

### **1.3.2. Iluminación**

La iluminación es una necesidad fundamental para desarrollar las actividades humanas. En ausencia de iluminación natural durante la noche o en partes del día, la iluminación artificial debe ser utilizada y requiere del uso de energía, lo cual implica altos costos. A continuación, se describen las diferentes tecnologías de iluminación y a su vez las características importantes a tomar en cuenta durante el diseño y reemplazo de luminarias en las instalaciones para mejorar la eficiencia energética.

#### **1.3.2.1. Propiedades de las luminarias**

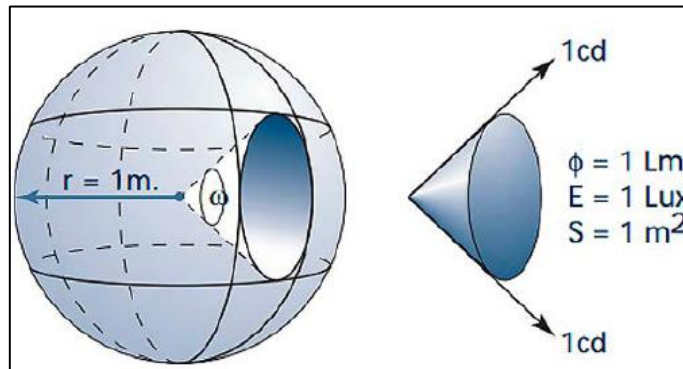
Antes de describir las tecnologías es importante conocer las características que definen y a su vez diferencian a una luminaria del resto.

##### **1.3.2.1.1. Flujo Luminoso**

Esta es probablemente la unidad de iluminación más simple de entender. Además de la potencia, es uno de los primeros factores a considerar al elegir una fuente de luz.

El flujo luminoso es una medida de la cantidad total de luz producida por una fuente de luz en todas las direcciones alrededor de ella. Se mide en lúmenes (lm). Es la cantidad que se lee en los paquetes de lámparas para expresar la salida de luz total de la lámpara.

Geoméricamente, el lumen es la cantidad de flujo luminoso producido por una fuente con una intensidad luminosa uniforme de 1 Candela (cd), dentro de un cono angular que tiene un ángulo sólido de 1 estereorradián. Un estereorradián (Ilustración 1.4) es el ángulo sólido subtendido por un cono que, cuando se proyecta sobre una esfera, tiene un área igual al cuadrado del radio de la esfera.



**Ilustración 1.4** Relación entre cd, lm, lux  
Fuente: (Martínez y Urías, 2018)

Por lo tanto, 1 cd representa 1 lm / estereorradián (en una dirección dada). Para determinar las clasificaciones de flujo luminoso (lumen) de las fuentes de luz, las condiciones bajo las que se mide la fuente de luz deben controlarse cuidadosamente, incluidos la temperatura ambiente, la orientación de la lámpara, el voltaje, la corriente de entrada y la vibración, porque la mayoría de las fuentes de luz son sensibles a estas condiciones.

Es importante darse cuenta de que el flujo luminoso (lumen) sólo indica la cantidad total de luz emitida. La cantidad no brinda información sobre la intensidad de la luz, su dirección, su calidad, qué tan bien representa los colores de los objetos, o incluso el color de la luz misma.

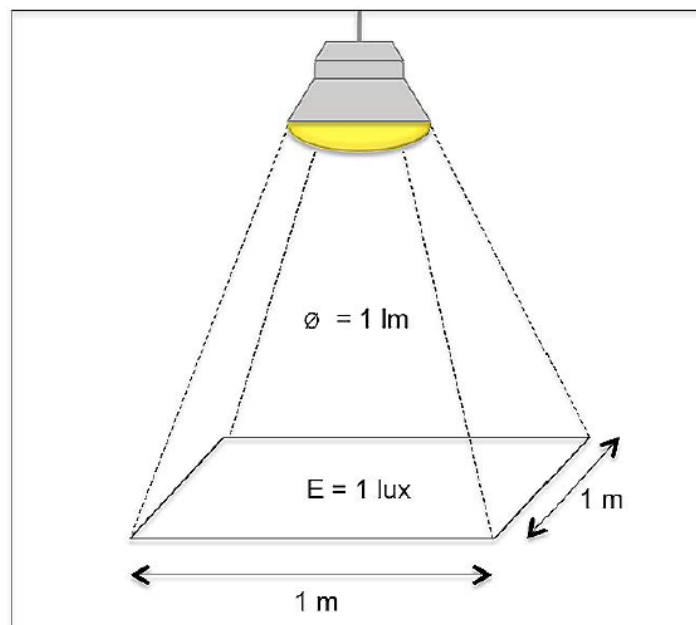
El flujo luminoso es una cantidad útil para ayudar a comprender cuánta luz produce una fuente determinada cuando la dirección específica de la luz no es importante, como para la iluminación general de una sala, pero es menos útil para luces direccionales como linternas, focos, faros de vehículos, o monitores iluminados, donde el sistema de iluminación debe producir una distribución de luz más estrecha.



Dos lámparas incandescentes, una bombilla de servicio general y una lámpara puntual, con la misma potencia, tendrán salidas de lumen similares, pero la lámpara puntual será más útil como faro o linterna porque tiene una alta intensidad en una dirección particular y relativamente baja intensidad en otros lugares, mientras que la bombilla de servicio general tendrá una intensidad moderada en casi todas las direcciones desde la bombilla.

### 1.3.2.1.2. Iluminancia

La iluminancia describe la cantidad de luz recibida por la superficie, no indica qué tan brillante es la superficie. El brillo depende de la cantidad de luz que se refleja desde la superficie hasta nuestros ojos, así como de otros factores. Un lumen que cae sobre una superficie de  $1\text{m}^2$  da una iluminancia de 1 lux; tal como se muestra en la ilustración 1.5.



**Ilustración 1.5** Definición de lux

Un lux es un nivel de iluminación bastante bajo. La luz del día en invierno puede ser de 10,000 lx y un día de verano 100,000 lx. En la noche, la luz de la luna normalmente se considera de 0.1-1 lx. Las calles residenciales generalmente se iluminan a 35 lx, las superficies de trabajo de oficina a 300-500 lx y los hogares domésticos son típicamente de 10-300 lx. Sin embargo, el ojo humano puede adaptarse a una amplia gama de iluminación, desde menos de 1/10 de lux a más de 100,000 lux.

Las recomendaciones para la iluminación a menudo dan valores de iluminación para varias áreas en términos de lux. Por lo general, lux se refiere a una superficie horizontal, pero la unidad también se aplica a una superficie vertical (o cualquier otro ángulo).

La Iluminancia se puede medir fácilmente utilizando un instrumento llamado luxómetro. El medidor debe ser bastante preciso, +/- 5%. Además, medir la iluminancia promedio (en oposición a la lectura en un solo punto) requiere medir varios puntos en una grilla predefinida.

En la tabla 1.2, se presenta el nivel de iluminación requerido por el Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo de El Salvador. Como referencia, también se encuentran normas y estándares internacionales como IESNA Lighting Handbook. Estos establecen lineamientos para los niveles de iluminación en diversos locales e instalaciones más detallados.

**Tabla 1.2** Nivel de iluminación requerido por el Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo de El Salvador

| Zonas de Circulación y áreas generales interiores         |     |     |    |   |
|---|-----|-----|----|---|
| Lugar o actividad   | Em  | UGR | Ra | Observaciones   |
| <b>Zonas de circulación:</b>                              |     |     |    |   |
| Pasillos y vías de circulación                            | 100 | 28  | 40 | A nivel del suelo. Si hay circulación de vehículos, aumentar a 150 lux. |
| Escaleras normales y escaleras mecánicas                  | 150 | 25  | 40 |   |
| Muelles de carga/descarga                                 | 150 | 25  | 40 |   |
| <b>Salas de descanso, primeros auxilios y sanitarios:</b> |     |     |    |   |
| Comedores   | 200 | 22  | 80 | Temperatura de color TC 4000 K  |
| Salas de descanso   | 100 | 22  | 80 |   |
| Salas de ejercicios físicos                               | 300 | 22  | 80 |   |
| Vestuarios, servicios y aseos                             | 100 | 25  | 80 |   |
| Enfermería  | 500 | 19  | 80 |   |
| Salas de atención médica                                  | 500 | 19  | 90 |   |
| <b>Salas de control:</b>                                  |     |     |    |   |
| Salas de calderas, interruptores, etc.                    | 200 | 25  | 60 |   |
| Centralistas, salas de fax                                | 500 | 19  | 80 |   |
| <b>Salas de almacén y cámaras refrigeradas:</b>           |     |     |    |   |
| Almacenes   | 100 | 25  | 50 | 200 lux si están ocupados continuamente                                 |
| Áreas de embalado   | 300 | 25  | 60 |   |
| <b>Áreas de almacenamiento en estanterías:</b>            |     |     |    |   |
| Pasillos sin trabajadores                                 | 20  | -   | 40 |   |
| Pasillos con trabajadores                                 | 200 | 22  | 60 |   |
| Puestos de control  | 200 | 22  | 60 |   |

(Continúa...)

**Tabla 1.3** Nivel de iluminación requerido por el Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo de El Salvador. (Continuación)

| Lugar o actividad                                  | Em  | UGR | Ra | Observaciones   |
|--|-----|-----|----|---|
| <b>Oficinas</b>                                    |     |     |    |   |
| Archivos, copadoras, áreas de circulación          | 300 | 19  | 80 |   |
| Lectura, escritura, mecanografía, proceso de datos | 500 | 19  | 80 | Acondicionar las pantallas de visualización                 |
| Dibujo técnico                                     | 750 | 16  | 80 |   |
| Diseño asistido (CAD)                              | 500 | 19  | 80 | Acondicionar las pantallas de visualización.                |
| Salas de reunión                                   | 500 | 19  | 80 |   |
| Puestos de recepción                               | 300 | 22  | 80 |   |
| Almacenes  | 200 | 25  | 80 |   |
| <b>Tiendas</b>                                     |     |     |    |   |
| Áreas de venta al público                          | 300 | 22  | 80 | Tanto Em como UGR están determinadas por el tipo de tienda. |
| Puesto de cajero/a                                 | 500 | 19  | 80 |   |
| Mesa de empaquetado                                | 500 | 19  | 80 |   |

- i. Em - Nivel medio de iluminación mantenido sobre el área de trabajo, en lux.
- ii. UGR - Índice Unificado de Deslumbramiento (“Unified Glare Rating”) obtenido con arreglo al procedimiento dado por CIE en su publicación Nº. 117. (Para un determinado sistema de iluminación puede ser suministrado por la empresa instaladora).
- iii. Ra. - Índice de rendimiento en color de las fuentes de luz (suministrado por el fabricante). El valor máximo de Ra es de 100.

### 1.3.2.1.3. Eficacia Luminosa

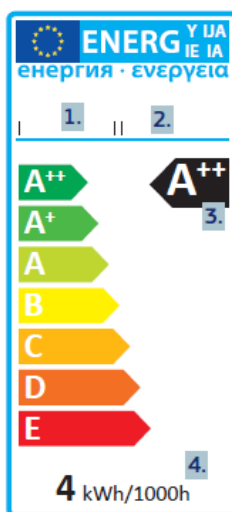
La relación entre el flujo luminoso (salida) de una lámpara y la potencia requerida por dicha lámpara se denomina su eficacia luminosa y se expresa en unidades de lumen por vatio (lm / W). La eficacia luminosa es una medida de la eficiencia energética de la fuente de luz. Los valores varían desde aproximadamente 10 lm / W para una lámpara incandescente hasta 100 lm / W para un tubo fluorescente.

Con la mayoría de los tipos de lámparas, la eficacia luminosa aumenta con un aumento de la potencia de la lámpara.

$$\varepsilon = \frac{\text{Flujo luminoso (Lm)}}{\text{Potencia requerida (W)}}$$

En el caso de las lámparas de descarga de gas, el balastro requerido para limitar la corriente a través de la lámpara para su correcto funcionamiento también consume energía. Por lo tanto, al establecer los valores de eficacia luminosa para estas lámparas, se debe tener en cuenta el consumo de energía del balastro.

Generalmente las lámparas y luminarias contienen una etiqueta donde se muestra la eficiencia energética en una escala de A++ a E, siendo A++ la más eficiente y E la menos eficiente, dicha etiqueta es sugerida por la Unión Europea y es mostrada en la ilustración 1.6.



**Ilustración 1.6** Etiqueta sugerida por la comisión europea. 1. Fabricante, 2. Modelo de la Lámpara, 3. Nivel de eficiencia energética, 4. Consumo energético durante 1000 horas.  
Fuente: (Comisión Europea, 2021)

#### 1.3.2.1.4. Temperatura de color

La apariencia del color de la luz producida por una luminaria es conocida como la temperatura color. Este concepto se refiere a la temperatura a la que un objeto debería encontrarse para emitir una iluminación del mismo color que el emitido por la luminaria.

A continuación, se indica la Temperatura Color de la luminaria recomendada para diversas aplicaciones. A menudo se muestra en la literatura de ventas y hojas de datos de luminarias en Kelvin, K.

|                         | TEMPERATURA DEL COLOR                                       | EFFECTOS EN EL COLOR   | APLICACIONES TÍPICAS  |
|-------------------------|---|--|---|
| 8000K                   | <b>SOMBRA</b><br><b>5000k +</b><br>(DAYLIGHT WHITE)         | - Realza fuertemente los azules<br>- Opaca el rojo<br>- Tonos azulados para blancos y verdes                               | - Graficos, arte y estudios<br>- Tiendas de invierno y peleterías<br>- Desorden afectivo temporal |
| 6000K                   | <b>DIA NUBLADO</b><br><b>4000-5000k</b><br>(COOL WHITE)     | - Realza los azules<br>- Opaca el rojo<br>- Tonos azulados para blancos y verdes   | - Oficinas<br>- Hospitales<br>- Fábricas  |
| 4000K                   | <b>LUZ DE MEDIO DIA</b><br><b>3500-4000k</b><br>(MID RANGE) | - Aspecto neutro<br>- Realza la mayoría de colores iguales<br>- No favorece al amarillo y azul                             | - Tiendas al por menor<br>- Supermercados<br>- Salas de exposiciones                              |
| 3500K<br>3000K<br>2700K | <b>LUZ AMANECER</b><br><b>2700-3000k</b><br>(WARM WHITE)    | - Realza al rojo y naranja<br>- Los azules aparecen más oscuros<br>- Tonos amarillos para blancos y verdes                 | - Iluminación residencial<br>- Restaurantes<br>- Vestibulos de hoteles                            |
| 2000K<br>1500K          | <b>LUZ DE VELA</b><br><b>2000-2500k</b><br>(EXTRA WARM)     | - Realza fuertemente al rojo y naranja<br>- Los azules aparecen casi negros<br>- Los blancos aparecen fuertemente naranjas | - Exhibición de carne y panadería<br>- Iluminación pública<br>- No para iluminación general       |

**Ilustración 1.7** Temperatura de color, efectos y aplicaciones típicas

Fuente: (Martínez y Urías, 2018)

Es importante tener en cuenta que cuanto mayor sea la temperatura de color, más fría (o más azulada) la apariencia de la luz. Las luminarias blancas cálidas, 2,700 K o 3,000 K, se utilizan a menudo en lugares donde desea una luz relajante. Las aplicaciones típicas serían casas o restaurantes y algunas de venta minorista con un ambiente cálido. Sin embargo, existen preferencias culturales y personales, por lo que siempre debe consultarse los requisitos y preferencias particulares de los usuarios.

Los blancos neutros, 4,000 K, se usan con mayor frecuencia en restaurantes de comida rápida o edificios con mucho vidrio y acero. Las lámparas con una temperatura color de 5,000 o más (blanco frío) funcionan mejor con niveles altos de iluminación, A niveles bajos, pueden aparecer apagados o grises. En el exterior, dichos valores de temperatura color son buenos para iluminar elementos de agua tales como las fuentes. Además de su mayor eficiencia, la luz fría se asocia con la noche; así como la luz de la luna, siendo la luz de la luna de aproximadamente 4,100 K - 4,200 K.

#### **1.3.2.1.5. Índice de Rendimiento de Color (IRC)**

La reproducción del color es la capacidad de la luz para reproducir (representar) fielmente los colores de los objetos. Las fuentes de luz con un espectro continuo lo hacen mejor que las fuentes de luz con un espectro discontinuo. Para poder clasificar las fuentes de luz de acuerdo con sus capacidades de reproducción del color, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE, por su nombre en francés, Commission Internationale de l'Éclairage) introdujo el "índice general de reproducción cromática" Ra.

Este índice se basa en la apariencia de ocho colores estandarizados iluminados por la fuente de luz en cuestión, en comparación con su apariencia bajo una fuente de luz de referencia.

El índice de rendimiento de color representa el cambio de color promedio de estos ocho colores estandarizados. Si no hay ningún cambio, como en el caso de las fuentes de luz que tienen un espectro continuo (todos los radiadores térmicos), el valor de Ra es igual a 100. Si todos los colores desaparecen por completo, como en el caso de la luz de sodio de baja presión, Ra es igual a cero. El índice de reproducción cromática Ra de una lámpara se obtiene a partir de la distribución de potencia espectral de esa lámpara. Por ejemplo, Ra es 100 para lámparas incandescentes, 80 para lámparas fluorescentes tipo 840 y cero para lámparas de sodio de baja presión.

#### **1.3.2.1.6. Densidad de Potencia de Iluminación**

Un parámetro muy útil para determinar si un sistema de iluminación es eficiente consiste en calcular la densidad de potencia de iluminación. Este parámetro se calcula dividiendo la potencia de las luminarias entre el área que es iluminada y se expresa en Watts/m<sup>2</sup>.

El valor de la densidad de potencia de iluminación debería tener un valor máximo, a modo de mantener el área iluminada de forma eficiente.

La referencia internacional más utilizada es el estándar de eficiencia energética de la IESNA / ASHRAE (Asociaciones de Ingenieros de iluminación y aire acondicionado, respectivamente), en donde se establecen los valores máximos aceptables recomendados de la densidad de iluminación por tipo de área.

Cabe recalcar que los valores presentados son máximos recomendados, pero con tecnología de iluminación eficiente es posible obtener valores más bajos (se busca un 20% debajo de los valores del estándar).

La aplicación correcta de este criterio contribuirá también al diseño de sistemas de iluminación rentables, evaluando dicha rentabilidad como el mínimo costo a largo plazo. Por ejemplo, podrían adquirirse luminarias baratas, pero de alto consumo de energía, lo que sería contraproducente y causaría gastos innecesarios, pero tampoco se pueden escoger luminarias eficientes de alto costo. Deberá de buscarse un balance entre el costo de las tecnologías eficientes y la reducción del costo energético asociado a su operación.

**Tabla 1.4** Densidad de potencia de iluminación para diferentes espacios de trabajo

| Tipos de espacios   |  | LPD<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Tipos de espacios  |  | LPD<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
|---|--|----------------------------|--|--|----------------------------|
| Áreas de Audiencia, asientos permanentes para el público: |  |                            | Servicio, reparación automotriz                          |  | 15.61                      |
|   |  |                            | Banco, oficina, área de actividad bancaria               |  | 10.87                      |
| Auditorio   |  | 6.78                       | Dormitorios compartidos                                  |  | 4.09                       |
| Teatro de artes escénicas                                 |  | 26.16                      | Gimnasio, deportivo:                                     |  |                            |
| Sala de cine  |  | 12.27                      | Aparatos de gimnasia, acondicionamiento físico           |  | 7.75                       |
| Salón de clases, capacitación o conferencias              |  | 13.35                      | Cancha, área de juego                                    |  | 12.92                      |
| Comedor:  |  |                            | Hospital, clínica, sanatorio:                            |  |                            |
| Restaurante, bar  |  | 11.52                      | Pasillo, corredor, transición, estación de enfermeras    |  | 7.64                       |
| Comedor familiar  |  | 9.57                       | Consultorios, tratamientos                               |  | 17.87                      |
| Comedor penitenciario                                     |  | 10.33                      | Emergencias  |  | 29.1                       |
| Atrio:  |  |                            | Sala de espera, recreación, descanso, personal y público |  | 9.9                        |
| Primeros 12m de altura                                    |  | 0.0091 por m de altura     | Suministros médicos                                      |  | 7.97                       |
| Arriba de los 12m de altura                               |  | 0.0061 por m de altura     | Enfermería, terapia física                               |  | 9.47                       |
|   |  |                            | Cuarto de hospital                                       |  | 6.67                       |
| Vestíbulo:  |  |                            | Farmacia, recuperación                                   |  | 12.38                      |
| Vestíbulo, recepción                                      |  | 11.8                       | Radiología, imagenología                                 |  | 16.25                      |
| Vestíbulo de teatro, foro                                 |  | 21.53                      | Quirófano  |  | 26.69                      |
| Vestíbulo de sala de cine                                 |  | 6.35                       | Lavandería   |  | 6.5                        |
| Vestíbulo de hotel  |  | 11.41                      | Museo:   |  |                            |
| Áreas generales:  |  |                            | Cuarto de restauración                                   |  | 10.98                      |
| Vestidor, guardarropas                                    |  | 8.1                        | Área de exhibición                                       |  | 11.3                       |
| Salón de descanso, recreativo                             |  | 7.86                       | Instalaciones para el transporte                         |  |                            |
| Oficina interior  |  | 11.95                      | Zona del equipaje  |  | 5.71                       |
| Oficina Abierta   |  | 10.55                      | Terminal aérea   |  | 3.88                       |
| Baño sanitario  |  | 10.55                      | Entrega de Tickets                                       |  | 8.61                       |
| Área de ventas  |  | 15.5                       | Biblioteca:  |  |                            |
| Escaleras   |  | 7.43                       | Acervo, libreros, estantes                               |  | 18.41                      |
| Bodega  |  | 6.78                       | Área de lectura  |  | 11.41                      |
| Taller  |  | 17.12                      | Manufacturas:  |  |                            |
| Pasillo, corredor, transición                             |  | 7.1                        | Fabricación al detalle                                   |  | 13.89                      |
| Cuarto de máquinas  |  | 4.52                       | Áreas de maquinaria                                      |  | 7.97                       |
| Cocina y preparación de alimentos                         |  | 13.02                      | Nave alta (más de 15m)                                   |  | 11.8                       |
| Laboratorio de investigación médica, industrial           |  | 19.48                      | Nave media (entre 8 y 15m)                               |  | 13.24                      |
| Parqueo interior  |  | 2.05                       | Nave baja (menos de 8 m)                                 |  | 12.81                      |
|   |  |                            | Estación de bomberos:                                    |  |                            |
|   |  |                            | Dormitorios  |  | 2.37                       |

En la tabla 1.4 se presenta una comparativa de las propiedades antes descritas; cabe destacar que los valores descritos dependen de la potencia de cada luminaria, y que los valores pueden variar entre los distintos tipos de luminaria como se mencionó anteriormente.

**Tabla 1.5** Valores recomendados de diferentes parámetros para diferentes tipos de luminarias  
Fuente: (Martínez y Urías, 2018)

| Tipo de Lámpara      | Eficacia Luminosa (LPW) | Flujo luminoso (Lumen) | Potencia (W) | Temperatura de color (K) | Ra  | Vida útil (horas) |
|----------------------|-------------------------|------------------------|--------------|--------------------------|-----|-------------------|
| LED blanco (frío)    | 132                     | 139                    | 1.05         | 6500                     | 75  | 50,000            |
| LED blanco (cálido)  | 78                      | 87.4                   | 1.12         | 3150                     | 80  | 50,000            |
| Lámpara LED          | 62                      | 650                    | 10.5         | 3000                     | 92  | 50,000            |
| Panel OLED           | 23                      | 15                     | 0.65         | 2800                     | 75  | 5,000             |
| HID (Alta Potencia)  | 120                     | 37800                  | 315          | 3000                     | 90  | 20,000            |
| Lámpara Sistema      | 111                     |                        | 341          |                          |     |                   |
| Fluorescente Lámpara | 111                     | 2890                   | 26           | 4100                     | 85  | 25,000            |
| Sistema              | 97                      | 5220                   | 54           |                          |     |                   |
| HID (Baja potencia)  | 104                     | 7300                   | 70           | 3000                     | 90  | 12,000            |
| Lámpara Sistema      | 97                      |                        | 75           |                          |     |                   |
| LFC                  | 63                      | 950                    | 15           | 2700                     | 82  | 12,000            |
| Halógeno             | 20                      | 970                    | 48           | 2750                     | N/A | 4,000             |
| Incandescente        | 15                      | 900                    | 60           | 3300                     | 100 | 1,000             |

### 1.3.2.2. Tecnologías de Iluminación

A continuación, se presenta una breve descripción de las tecnologías de iluminación utilizadas en este momento en la empresa y la tecnología con la que se pretende sustituir:

#### 1.3.2.2.1. Tecnología presente en la empresa

##### Lámpara Fluorescentes

El principio de funcionamiento de las lámparas fluorescentes está basado en que los átomos de mercurio en un tubo con recubrimiento de fósforo son excitados por una descarga eléctrica. A causa de esta descarga eléctrica, los electrones de mercurio emiten radiación ultravioleta que excita el recubrimiento de fósforo, por lo cual “fluoresce” y emite luz visible. Las lámparas fluorescentes son más eficaces que las lámparas incandescentes; la eficacia depende de: las dimensiones de la lámpara, el tipo de fósforo usado, tipo de balastro, número de lámparas por balastro, temperatura de la lámpara, etc.



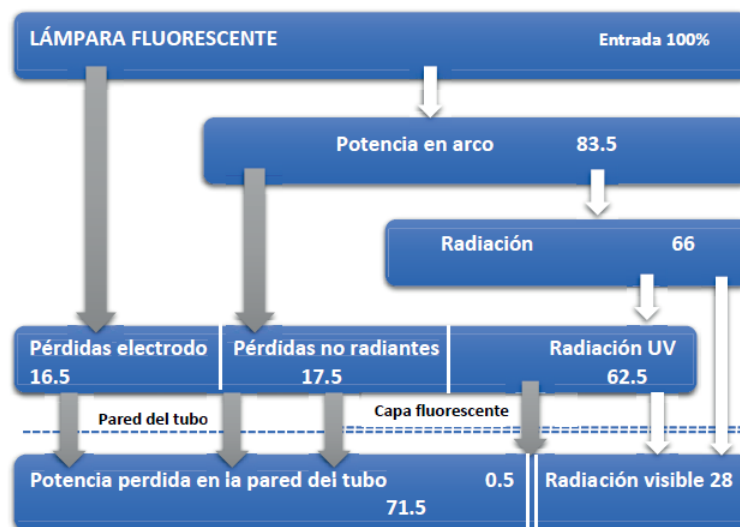
Las lámparas fluorescentes tienen larga vida útil (12,000 a 20,000 horas), Altos IRCs disponibles y mantienen el flujo luminoso (lumens) en buena medida a lo largo de su vida útil.

Así como la mayoría de las lámparas de descarga, las lámparas fluorescentes no pueden ser operadas sin algunos dispositivos que limiten la corriente dentro de estas. Este dispositivo es conocido como “balastro”. Un balastro provee el voltaje necesario para encender la lámpara. Existen de dos tipos: Magnéticos, que operan a 60 Hz, pero producen un efecto conocido como parpadeo estroboscópico (“*flicker*”) y ruido; y los balastros electrónicos que operan entre 20,000-60,000 Hz, sin parpadeos, sin ruido, son más eficientes.

Entre las desventajas de las lámparas fluorescentes, se pueden mencionar:

1. Atenuar la luz es más costoso (se requieren balastros especiales)
2. Mayor tamaño que lámparas incandescentes de igual iluminación
3. Emiten más luz ultravioleta (hace que los colores se desvanezcan y las envejecen)
4. Contienen materiales tóxicos (mercurio).

Como se observa en la ilustración 1.8, del 100% de la energía de entrada, solo un 28% logra convertirse en radiación visible (luz); y el 72% restante se pierde como calor y otro tipo de pérdidas.



**Ilustración 1.8** Eficacia de la lámpara fluorescente  
Fuente: (Martínez y Urías, 2018)

Actualmente las lámparas fluorescentes son producidas en diversos rangos de temperaturas de color, variando desde 2,700 K (blanco cálido) a 6,000 K (blanco neutro), la mayoría de estos en dos calidades de rendimientos de color Ra en los 80s y 90s respectivamente. Hoy en día se encuentran muy pocas lámparas fluorescentes con índices de rendimientos de color bajos (Ra = 65 o menos) como las que eran producidas en el pasado.

#### **1.3.2.2.2. Tecnología que se desea implementar**

##### **Lámparas de diodos emisores de luz (LED)**

Los LED son irradiadores de estado sólido donde la luz es creada dentro del material de estado sólido. La emisión de luz se obtiene cuando una corriente eléctrica pasa a través de tipos específicos de material semiconductor.

El balance de energía de un LED es mucho más fácil de especificar que el de las fuentes de luz convencionales. Esto es porque no se irradia energía en la región UV e infrarroja del espectro, lo que significa que el balance de energía comprende sólo energía radiante visible y energía térmica. Alrededor del 40 % de la potencia inyectada es transformada en radiación visible, el resto es convertido en calor. La cantidad de electricidad que se usa para proporcionar la iluminación deseada no sólo depende del dispositivo LED, sino también del diseño de la iluminación del accesorio.

Como con la mayoría de las lámparas convencionales, la eficacia luminosa de los LED depende de la potencia del LED y en la calidad del color de luz que produce.

Los LED de mayor potencia tienen mayores eficacias, mientras que aquellos con un mejor rendimiento del color tienen menores eficacias. Hay luminarias en el mercado con una eficacia luminosa de 50 a 70 LPW. La eficacia luminosa media de las luminarias LED continuará mejorando ya que aún se puede optimizar. A diferencia de las lámparas tradicionales, los LED son una luz direccional, las lámparas convencionales proyectan la luz en un patrón de 360°.

Los LED blancos cálidos, 2,700 K o 3,000 K, se utilizan a menudo donde se requiera una luz relajante.

Aplicaciones típicas serían casas o restaurantes y algunos puntos de venta por menor que utilicen un índice de temperatura de color cálido. Los LED blancos neutros, 4,000 K, se utilizan con mayor frecuencia en restaurantes de comida rápida o edificios con lotes de vidrio y acero. LED con una temperatura de color de 5,000 y arriba (blanco frío), funciona mejor en niveles altos de iluminación: a niveles bajos pueden parecer simples. A menudo las versiones de temperatura de color altas solo tienen reproducción de color moderada (Ra entre 50 y 75). En la temperatura de color más baja, los LED están disponibles con buena (Ra más grande que 80) a una excelente reproducción del color (Ra mayor que 90 o incluso 95). Como con todas las lámparas, cuanto mejor sea la calidad del índice de color que la luminaria tenga, menor será la eficacia luminosa que este posea.

Las luminarias LED tienen una larga vida útil, aquellas con mayor rendimiento llegan a tener de 35,000 a 75,000 horas de uso, y aquellas que no tienen mucho espacio para disipar el calor llegan a tener de 25,000 a 35,000 horas de vida.

Por lo anterior, se hará la recomendación a la administración de la empresa que se haga el cambio de las luminarias actuales por luminarias de LED, para ahorrar dinero, deshacerse de la inconveniencia de estar cambiando luminarias fluorescentes cada mes como mínimo; y otra de las ventajas que la empresa tiene es que ya que ellos pagan una cuota mensual en concepto de mantenimiento a Avante, ellos solo necesitan llamar a un técnico del edificio para que realice el cambio de las lámparas, y debido a que el balastro de las lámparas fluorescentes ya no sería necesario, este solo se removería; y además cada lámpara LED queda independiente de las demás, por lo que si una de ellas llegase a fallar, las otras siguen funcionando sin ninguna interrupción, y siguen así luego que se ha removido la lámpara defectuosa, logrando así que esa zona de la oficina no quede sin iluminación apropiada, como lo que actualmente sucede cuando falla una de las lámparas fluorescentes.

Finalmente, otro de los grandes beneficios es que como las lámparas LED que se compran tienen una mayor eficacia luminosa que las que están actualmente instaladas, entonces solo se necesitan instalar 2 lámparas por luminarias lo cual reduce la cantidad de luminarias en 1 tercio.

### **1.3.3. Aire Acondicionado**

El sistema de aire acondicionado y refrigeración es un conjunto de elementos que llevan a cabo un proceso que tiene como finalidad la limpieza, enfriamiento y circulación de aire fresco bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad.

Dentro del sector del comercio e industria, tanto la refrigeración como el aire acondicionado pueden, en determinado momento, representar un alto consumo de energía, por lo que se debe tomar en cuenta para implementar medidas de ahorro energético y que estas tengan el mayor impacto en una reducción de costos.

Existe una estrecha relación entre aire acondicionado y la refrigeración. Ambos procesos se sustentan en el ciclo termodinámico de refrigeración, por el cual, es posible producir un flujo de calor de un reservorio frío a un reservorio caliente, mediante la aplicación de trabajo neto en un circuito cerrado de refrigerante, el cual experimenta procesos sucesivos de intercambio energético. En ambos casos se debe controlar la humedad del ambiente, así como la velocidad del aire.

Se hace la distinción porque en general, la refrigeración, especialmente la refrigeración industrial tiene como objetivo la preservación de alimentos o materiales para uso posterior, mientras que el aire acondicionado tiene como objetivo proveer a seres humanos de confort térmico en espacios habitados.

Para poder comprender e implementar las medidas de ahorro energético, se comenzará con una breve descripción de los componentes mínimos que debe tener un sistema de aire acondicionado y uno de refrigeración. Existen similitudes importantes entre las medidas de eficiencia energética ambos sistemas, dado que se sirven de los mismos procesos termodinámicos. Sin embargo, debe reconocerse qué diferencias tienen en cuanto a tecnología. En el caso del aire acondicionado, tiene particular relevancia el “acondicionamiento” y distribución del aire o fluido de enfriamiento en espacios.

### **1.3.3.1. Componentes de un sistema de Refrigeración y Aire Acondicionado**

Los componentes básicos de un sistema de aire acondicionado son cuatro dispositivos generales donde cada uno cumple un proceso determinado. Los dispositivos tienen como misión realizar esta secuencia en cada ciclo de enfriamiento: Compresión, condensación, expansión y evaporación, los que producen un efecto neto de enfriamiento.

Un sistema típico de refrigeración tiene los siguientes componentes:

- a) Evaporador
- b) Compresor
- c) Condensador
- d) Válvula de expansión
- e) Depósito para refrigerante
- f) Tubería de succión para el compresor
- g) Tubo de descarga del compresor

El ciclo inicia con la evaporación del refrigerante en el evaporador, absorbiendo calor y enfriando el espacio, pasa por el tubo de succión y entra al compresor, donde aumenta su presión y temperatura; seguidamente pasa al condensador para rechazar calor a los alrededores del ambiente exterior. Al condensarse el refrigerante, baja un poco su temperatura y pasa en forma de líquido al depósito, donde continúa por una tubería hacia una válvula de expansión o de control de flujo de refrigerante, el cual logra bajar su presión y temperatura, repitiéndose el ciclo al entrar al evaporador.

El sistema de refrigeración y aire acondicionado se divide en dos partes, según la presión del refrigerante. La parte de presión baja consiste en el control de flujo del refrigerante, el evaporador y el tubo de succión. La parte de presión alta la conforman el compresor, el tubo de descarga, el condensador, el tanque receptor y el tubo del líquido. Entre estas dos secciones se hallan el control de flujo del refrigerante y la válvula de descarga del compresor. El refrigerante se evapora en la parte de baja presión y se condensa en la parte de alta.

Un refrigerante es la sustancia empleada en cualquier proceso de remoción de calor. El proceso de absorción de calor en el refrigerante se divide a su vez en dos: Sensible o latente,

dependiendo si existe un cambio de fase o no. Se dice que es un proceso sensible cuando solo aumenta la temperatura del refrigerante. Es un enfriamiento latente cuando hay un cambio de fase en la sustancia refrigerante. Los refrigerantes líquidos son capaces de absorber grandes cantidades de calor a medida que se vaporizan.

Mantener el refrigerante en vapor, a diferencia de si se mantuviera líquido, tiene la ventaja de ser mucho más fácil de controlar el inicio y fin de su "efecto refrigerante". La velocidad de enfriamiento también puede controlarse (en márgenes pequeños) así como la temperatura de vaporización, por medio de la presión a la cual el líquido se vaporiza.

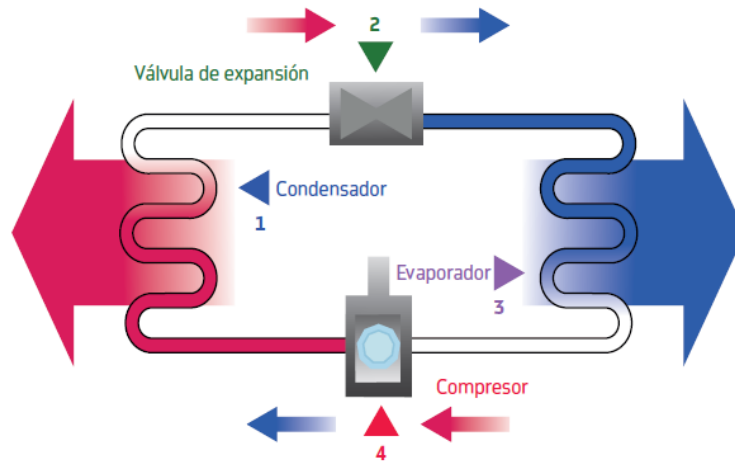
No existe ningún refrigerante que sea el más idóneo para todas las aplicaciones y condiciones de operación, por lo que debería evaluarse cada aplicación. Se debe tener en cuenta que las presiones y temperaturas de vaporización son el parámetro indicado para determinar el refrigerante que mejor se adecúe a cada operación. Una consideración muy importante es el impacto ambiental del refrigerante seleccionado pues se ha determinado que fluidos refrigerantes utilizados en el pasado contribuyeron al agotamiento de la capa de ozono y al cambio climático. Por lo cual en los últimos años se ha hecho un esfuerzo por desarrollar refrigerantes con menor impacto ambiental.

Es necesario mencionar, además, que, en el estudio de un sistema de refrigeración y aire acondicionado, el refrigerante pasa por un ciclo termodinámico. Para el estudio de estos sistemas se hace un seguimiento al refrigerante, verificando donde cambia alternadamente de estado como mecanismo de transferencia de calor hacia el ambiente. Para el análisis de estos sistemas se hace una serie de simplificaciones en las que se consideran que los estados de cambio de fase están perfectamente saturados, así como que existe una muy baja pérdida de presión, que en ocasiones puede considerarse nula.

En la realidad, los ciclos de refrigeración divergen en algo respecto del ciclo saturado simple (un ciclo ideal).

La razón es que en el ciclo saturado simple se hacen ciertas consideraciones que no pueden cumplirse en los ciclos reales. Por ejemplo: en el ciclo saturado simple, se desprecia la caída de presión que experimenta el fluido al paso por tuberías, evaporador, condensador, etc. Además,

no se considera el subenfriamiento del líquido ni el sobrecalentamiento del vapor en la tubería de succión.



**Ilustración 1.9** Ciclo estándar de refrigeración por compresión de vapor.  
Fuente: (Cero Grados Celsius, 2021)

#### **1.3.3.1.1. Evaporador**

Dentro del evaporador se tiene una mezcla de refrigerante que se evapora a presión y temperatura constantes. En un ciclo ideal la finalización de la vaporización del refrigerante ocurre cuando se convierte en vapor saturado a presión y temperatura de saturación. Es en este proceso que el refrigerante absorbe energía del producto a refrigerar, de modo que su entalpía aumenta. La cantidad de calor que puede absorber el refrigerante es la diferencia entre la entalpía de saturación y la entalpía en estado de mezcla a presión y temperatura determinado.

#### **1.3.3.1.2. Compresor**

En este proceso se incrementa la presión desde la presión del vapor hasta la presión del condensador.

Durante este proceso se efectúa trabajo sobre el vapor refrigerante y se incrementa la energía (entalpía) del vapor en una cantidad que es exactamente igual al trabajo mecánico efectuado sobre el vapor. El trabajo que efectúa el compresor en el refrigerante es igual a la diferencia de los valores de entalpía del punto antes y después de la compresión.

#### **1.3.3.1.3. Condensador**

El condensador se encarga de recibir el vapor y llevarlo al estado líquido. Según el medio condensante que se ocupa, se clasifican en medio de agua o de aire.

La condensación se realiza en temperatura y presión constante. Durante este proceso el calor cedido al medio condensante es la diferencia de las entalpías del vapor menos la del refrigerante condensado. Al término de este proceso, el refrigerante se encuentra en su estado inicial del ciclo.

#### **1.3.3.1.4. Válvula de expansión**

En este componente, del ciclo de la refrigeración mecánica, es donde se realiza la expansión o estrangulamiento del refrigerante. Mediante este proceso adiabático la presión del refrigerante se reduce drásticamente desde la presión de condensación hasta la presión de evaporación.

A este proceso de estrangulamiento adiabático se le llama también proceso isoentálpico.

A la salida de la válvula de expansión se tiene una mezcla de líquido y vapor del refrigerante la cual, al circular por el evaporador, logrará realizar el proceso de refrigeración deseado.

#### **1.3.3.2. Parámetros que controlan el uso de energía de enfriamiento**

Para enfriar un espacio es necesario extraer energía térmica en forma de calor. La cantidad de calor a extraer se conoce como carga térmica. La carga térmica es afectada por condiciones ambientales (temperatura exterior, radiación solar) e internas (ganancias de calor por equipos, luminarias, personas, etc.).

Un parámetro importante para determinar la carga térmica es el clima de la región, específicamente la temperatura y el nivel de humedad. Un segundo parámetro, menos evidente, es la cantidad de personas que se encuentran en el espacio ya que cada una emite cierta cantidad de calor que debe extraerse. Dejando a un lado el clima, la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda de refrigeración espacial varía principalmente según el tipo y la eficiencia del equipo utilizado, la forma de uso y con qué frecuencia se utiliza, así como el tipo y la eficiencia térmica de los edificios.



Las decisiones de los ocupantes, dentro de la instalación industrial o comercial, sobre el tipo de A/C, qué habitaciones se enfrían y cuándo, y los ajustes de temperatura pueden tener, además, un impacto considerable en la demanda de energía de enfriamiento.

### **1.3.3.3. Eficiencia energética de los equipos de refrigeración**

Como ocurre con muchos otros tipos de equipos instalados en edificios, la eficiencia energética de los A/C actualmente en uso y en venta en todo el mundo ha aumentado en los últimos años debido a las mejoras graduales en la tecnología de aire acondicionado y la demanda cambiante, aunque aún quedan enormes variaciones a través de países y regiones.

La eficiencia energética de los A/C se puede medir de varias maneras diferentes, aunque todas implican cierta comparación de la cantidad de entrada de energía requerida para producir una unidad de salida de refrigeración (o viceversa). Los A/C mueven el calor en lugar de convertirlo de una forma a otra, por lo que las medidas estándar de eficiencia térmica no son apropiadas para describir el rendimiento de estos dispositivos. Los convenios varían según el país.

Las mediciones comúnmente utilizadas difieren según las unidades (métricas o imperiales), el propósito de la medición (eficiencia a plena carga, en el momento de mayor demanda o en toda la temporada) y las condiciones de prueba (especialmente las temperaturas interiores y exteriores). A veces se adaptan a las condiciones de un país específico. Las métricas más utilizadas en todo el mundo son las siguientes:

#### ***Coefficiente de rendimiento (Coefficient of performance) (COP):***

Relación utilizada para equipos de calefacción o refrigeración para describir la cantidad de energía útil (es decir, producción de calefacción o refrigeración) entregada como una relación de la entrada de energía (por ejemplo, electricidad) para entregar ese resultado útil. Cuanto más alto es el COP, más eficiente es el dispositivo. Para los A/C, el COP suele exceder 1, ya que los CA transfieren mecánicamente más energía de una fuente de calor (aire interior) a un disipador de calor (el exterior) que la cantidad de energía que se utiliza en el proceso mecánico.

$$\text{COP} = (\text{Potencia de enfriamiento}) / (\text{potencia de entrada})$$

### **Índice de eficiencia energética (Energy Efficiency Ratio) (EER):**

Relación específica utilizada para equipos de refrigeración que, de forma similar a un COP, es la relación entre la producción de energía de refrigeración (medida en unidades térmicas británicas en los Estados Unidos (BTU/h) y watts [W]) en otros lugares) por unidad de potencia eléctrica entregada al sistema (W). En los Estados Unidos, generalmente se calcula usando una temperatura exterior de 95° F (35° C), una temperatura interna de 80° F (27° C) y una humedad relativa del 50%. Es importante notar que los fabricantes norteamericanos utilizan unidades de BTU/h para la potencia de enfriamiento (o tasa de calor de extracción), por lo cual el EER tiene unidades de BTU/Wh. Como referencia, un COP de 1 W/W equivale a un EER de 3.41 BTU/Wh por el factor de conversión aplicado.

### **Rendimiento de eficiencia energética estacional (SEER).**

El EER se ajustó para el rendimiento general del equipo para el clima durante una temporada de enfriamiento típica. Se calcula con la misma temperatura interior, pero en un rango de temperaturas exteriores, con un determinado porcentaje de tiempo especificado en cada una de las categorías de temperatura.

Debido a que las condiciones climáticas varían considerablemente en todo el mundo, a menudo estas medidas se han adaptado a las condiciones predominantes en regiones o países determinados. Dadas las diferencias en las condiciones de prueba, generalmente no es posible convertir de una a otra ninguna de estas medidas de eficiencia de los equipos de refrigeración. Como resultado, uno puede tener un A/C que tenga un EER más alto que otro, pero un SEER inferior. Además, las formas de medidas utilizadas en la práctica no siempre son apropiadas para las condiciones de operación. Las reducciones más grandes de temperatura también disminuyen la eficiencia, ya que el compresor de la A/C tiene que trabajar más intensamente. Esto hace que sea difícil comparar calificaciones en regiones con climas muy diferentes, incluso cuando se utilizan SEER. El uso de terminología genérica ha causado una gran confusión y dificultad para comparar las estimaciones de eficiencia entre países. Los esfuerzos en los últimos años se han orientado a mejorar la claridad, introduciendo formas de medición más

específicas, tales como el factor de rendimiento estacional de enfriamiento, que se puede utilizar para medir la eficiencia de las bombas de calor reversibles A/C u otros equipos.

Al igual que los SEER, este factor debe ser el equivalente refrigerante del factor de rendimiento estacional de calefacción utilizado para medir el rendimiento de calentamiento de una bomba de calor, que representa el rango de condiciones de funcionamiento de la bomba de calor o A/C cuando está en modo refrigeración. El Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración de América del Norte (AHRI) ha desarrollado una métrica similar, el valor integrado de carga parcial (IPLV por sus siglas en inglés), específicamente para enfriadores de agua (chillers).

Se necesitan esfuerzos adicionales para mejorar la medición de la eficiencia energética de todos los tipos de equipos de enfriamiento a fin de evaluar con mayor precisión su desempeño, bajo condiciones reales de operación, así como para facilitar las comparaciones de desempeño dentro y entre los mercados nacionales y regionales. Una herramienta de la que se dispone hoy en día es la simulación energética de edificios, la cual toma en cuenta, de forma integral, todos los factores antes mencionados, siendo capaz de predecir, con un alto grado de precisión, el desempeño de un sistema de A/C en comparación con otros.

Otras maneras de reducir la energía necesaria para operar sistemas de aire acondicionado son las siguientes:

- 1) La zonificación térmica dentro de los edificios, instalaciones industriales o comercios utilizando sistemas de sala como mini-split A/C o controles de volumen variable, amortiguadores y válvulas, permite que la temperatura dentro de un edificio varíe de una zona a otra, brindando la oportunidad de reducir significativamente el uso de energía, en comparación con A/Cs que producen la misma temperatura en todo el edificio.
- 2) Los controles mejorados y el control predictivo pueden minimizar la energía utilizada para lograr el confort térmico dentro de los edificios. Los controles mejorados, que usan termostatos programables e inteligentes, permiten que los A/Cs se apaguen automáticamente cuando no se requiere refrigeración adicional. Los controles predictivos

usan sensores y datos meteorológicos para estimar la manera de enfriar el edificio de la forma más eficiente.

- 3) Un mejor dimensionamiento, instalación y mantenimiento puede garantizar que el equipo y los controles del aire acondicionado funcionen según lo previsto, asegurándose de que circula la cantidad correcta de refrigerante, limpiando los ventiladores y filtros, y optimizando las configuraciones de control.

### **1.3.4. Equipo de tecnología de la información (TI)**

#### **1.3.4.1. Computadoras**

El consumo eléctrico de las computadoras, servidores, data stores, y demás, representan una considerable contribución a la carga eléctrica de las empresas.

Es de notarse que a pesar de que en las tecnologías de la información y de la comunicación se pueden incluir las TV, sistemas de sonido o sistemas de video conferencia, en este caso solo se incluyen las computadoras de los empleados y aquellos equipos informáticos dentro del cuarto de servidores en la empresa.

En las computadoras, el consumo eléctrico se debe en su totalidad a la unidad de fuente de poder (Power Supply Unit o PSU) la cual debe de proveer de suficiente poder a todos y cada uno de los componentes de la computadora, desde los pequeños LED indicadores hasta las Unidades Centrales de Procesamiento (CPU). Estas fuentes de poder deben de ser lo suficientemente capaz de energizar toda la tarjeta madre (Motherboard) y cada uno de sus módulos (SATA, PCIe, etc.) los cuales dan poder a los diferentes componentes tales como los módulos de memoria RAM, el CPU, la GPU o Unidad Procesadora de Gráficos, líneas USB, etc. no solo en sus estados basales, sino que también en estados de sobrecarga (overclock, Turbo, etc.), y finalmente también debe de brindar poder a todos los periféricos de la estación de trabajo del usuario, como teclado, mouse, auriculares, web-cam, dispositivos USB en general, y otros.

La capacidad o potencia de la fuente de poder depende de cuantos y que tanto poder requieran cada uno de los componentes; usualmente para una computadora de uso

residencial o de uso de oficina cuya carga no será tan grande, la fuente puede ser de 200 a 300 Watts, pero a medida suban los requerimientos del usuario y del tipo de la carga laboral del mismo, esta capacidad puede incrementar significativamente.

#### **1.3.4.2. Monitores**

No se debe olvidar, que cada computadora cuenta con su set monitores que en la mayoría de las estaciones son 2 monitores por usuario. Estos monitores son usualmente de LCD y lo suficientemente grande para que los usuarios puedan realizar sus actividades de manera cómoda y eficiente.

De manera general los monitores modernos son eficientes energéticamente ya que tienen funciones de auto apagado luego de cierto tiempo, disminución de consumo inteligente, y otras. Sin embargo, siguen siendo una fuente grande de consumo eléctrico en las oficinas y los que más se utilizan tienen consumos que varían desde los 25 Watts hasta más de los 40 Watts, dependiendo del tipo, tamaño y uso.

También, estos dispositivos utilizan una cantidad, aunque mínima, de electricidad cuando están en estado de "Stand-by", pero no lo suficientemente pequeña como para ser completamente despreciable, ya que puede ser entre los 0-15 Watts.

#### **1.3.4.3. Servidores, Data Stores y Equipo de Redes**

Estos son los que más consumo generan, no solo por su gran demanda de poder para brindar energía a sus unidades de gran poder computacional y de almacenaje, sino que también porque deben de permanecer encendidas todo el tiempo debido a la naturaleza de la información que esta almacenada y que se procesa dentro de ellas, la cual es crítica para las operaciones de la empresa.

Además de esto, debido a que procesan grandes cantidades de información, sus componentes tienen a generar mucho calor, el cual debe de ser extraído de la habitación donde se encuentran y esto es usualmente a través de enfriamiento activo con sistemas de aire acondicionado, y en lugares como Data Centers, se utilizan también sistemas de enfriamiento pasivo y por convección para enfriar estos dispositivos, pues la mayoría funcionan en una configuración de entrada de aire frío por el frente y salida de aire caliente por detrás; y es ahí

donde se utilizan los sistemas de “Pasillo Caliente/Pasillo Frio” y enfriamiento con agua debajo del suelo.

Usualmente estos equipos generan calor en el orden de varios miles de BTU por hora, y los fabricantes deben incluir esta información como “Heat Dissipation” en sus hojas técnicas, ya que no solo los ingenieros de I.T. sino que los encargados de las instalaciones deben de conocer esta información para poder diseñar de manera adecuada los sistemas de enfriamiento para mantener estos equipos funcionando de manera adecuada, y diseñar las instalaciones acordes a esto también.

Es por eso que estos equipos son los que más utilizan poder, ya que además de su propio consumo eléctrico, se necesitan sistemas de enfriamiento potentes para poder mantenerlos a temperatura constante, usualmente entre 19°C y 21°C.

## Capítulo II: Metodología y Análisis

### 2.1. Descripción de la investigación y metodología

El estudio de ecoeficiencia para esta empresa se realiza mediante la recolección de datos y trabajo de investigación paralelo. Las etapas principales de este proceso son:

1. El diagnóstico del estado actual de la empresa, así como el diagnóstico ambiental inicial, mediante la identificación de los aspectos ambientales más críticos.
2. Definición de las medidas de mitigación aplicables a la empresa, que estén enfocadas en el ahorro de energía eléctrica, agua y la consecuente reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.
3. Análisis de factibilidad ambiental y económica de las medidas presentadas en el punto anterior, haciendo énfasis en la inversión necesaria, los ahorros generados, tiempos de retorno y demás indicadores económicos relevantes.

Para lograr lo anterior, se realizará un inventario de todos los equipos de oficina, luminarias, equipos informáticos y electrodomésticos presentes dentro de la oficina, con sus respectivas potencias, horarios de uso, y consumo eléctrico estimado por día y por mes; de esta manera poder identificar las áreas de mayor consumo y proponer alternativas a sus modos y tiempo de utilización y para las más críticas generar propuestas de proyectos de mitigación con su respectivo análisis económico y ambiental. Además de esto, se hará el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes generada por todos los elementos o equipo informático, por los sistemas de acondicionamiento de las áreas de trabajo (iluminación y acondicionamiento de aire) y en general por todos los dispositivos inventariados.

Al contar con un mapeo de las áreas de mayor consumo se pueden presentar posibles soluciones de mitigación que tengan una buena relación sostenibilidad-desempeño financiero, para ser analizadas y consideradas por la administración de la compañía.

## **2.2. Procedimiento Metodológico**

La metodología de la Ecoeficiencia indica que el primer paso para cualquier estudio de eficiencia energética o ambiental es el de la recolección de datos pues a partir de estos se pueden obtener el balance energético y conocer las áreas de mayor impacto y consumo.

### **2.2.1. Recolección de datos**

El primer paso en la recolección de datos fue realizar un inventario de todos los dispositivos que tengan un consumo eléctrico dentro de la empresa, empezando por los elementos informáticos, luego las luminarias, el sistema de A/C, los electrodomésticos de las cocinas, etc. Dicho inventario se encuentra en el Anexo A, pero de manera general se detalla a continuación:

#### **Equipos de Informática:**

- i. CPU's (Unidad Central de Procesamiento)
- ii. Monitores
- iii. Sistemas de video conferencia (TVs + cámaras + sistemas de audio)
- iv. Televisores
- v. Servidores
- vi. Dispositivos de almacenamiento de datos (Datastores/Storage).
- vii. Impresora/Fotocopiadora.
- viii. Teléfonos.
- ix. Fax.

#### **Iluminación**

- i. Luminarias de áreas de oficina.
- ii. Focos de áreas comunes como escaleras y pasillos.
- iii. Luces tipo Galería para decoración.

#### **Aire Acondicionado y equipos relacionados**

- i. Chillers de A/C de tipo Fan Coil



### Electrodomésticos y dispositivos varios:

- i. Ventiladores
- ii. Refrigeradores
- iii. Hornos microondas
- iv. Hornos de convección
- v. Cafeteras
- vi. Dispensadores de agua.
- vii. Etc.

Luego de que todos los dispositivos mencionados anteriormente fueran “censados”, se procedió a la recopilación de sus datos o especificaciones técnicas para conocer sus potencias eléctricas.

A continuación, se realizó un estudio de los de tiempos de uso/funcionamiento de los dispositivos o equipos, gracias a la información de los horarios de trabajo de los empleados, conversaciones directas con los usuarios para saber sus hábitos y formas de uso de los equipos, con lo cual se consiguió conocer con una gran exactitud cuanto tiempo son activamente usados los dispositivos y cuando tiempo están en modo de “Stand-by”.

Finalmente, los datos fueron introducidos en una matriz de cálculo como la de la Tabla 2.1:

**Tabla 2.1** Ejemplo de inventario detallado de los equipos (datos no reales)

| INVENTARIO DEPARTAMENTO DE INFORMATICA |               |          |          |              |
|--|---------------|----------|----------|--------------|
| 3er piso                               |               |          |          |              |
| Dispositivo                            | Modelo        | Potencia | Cantidad | Horas de uso |
| Computadora Dell                       | OPTIPLEX 7010 | 275 W    | 50       | 24 hrs       |
| Monitor Dell                           | SE2717        | 25W      | 50       | 24hrs        |
| Televisores Sony                       | Bravia        | 89 W     | 4        | 10 hrs       |
| 4to piso - Norte                       |               |          |          |              |
| Dispositivo                            | Modelo        | Potencia | Cantidad | Horas de uso |
| Computadora Dell                       | OPTIPLEX 7010 | 275 W    | 20       | 24 hrs       |
| Monitor Dell                           | SE2717        | 25W      | 20       | 24hrs        |
| Televisores Sony                       | Bravia        | 89 W     | 2        | 10 hrs       |

## **2.2.2. Obtención de Consumos**

### **2.2.2.1. Consumo eléctrico de luminarias**

Las luminarias, de igual manera, serán contabilizadas por cada área de trabajo utilizando un formato similar al de los dispositivos de TIC, con la diferencia que se especificaría que tipo de luminaria es.

### **2.2.2.2. Consumo eléctrico de electrodomésticos de cocina**

Como se explicó anteriormente, la empresa cuenta con dos cocinas equipadas con electrodomésticos. Para estos, se tomaron los datos de potencia de la etiqueta, así como su marca, modelo y un promedio de usos al día.

Por ejemplo, los microondas se utilizan más en las horas de almuerzo y cena, por lo que se estaría tomando un estimado de la cantidad de veces que los empleados las utilizan, el tiempo por cada uso.

Con los datos de marca y modelo, se consultará información del fabricante del equipo para encontrar datos estadísticos del consumo de estos aparatos. Lo mismo será aplicado para los hornos tostadores, cafeteras, etc.

### **2.2.2.3. Consumo de aire acondicionado**

#### **A/C central.**

Dado que la empresa se ubica dentro de un edificio (centro de negocios Avante), este tiene un sistema de A/C centralizado y la empresa solo recibe en la factura el cobro del servicio de “aire acondicionado” en \$/kWh, el cual en realidad es el derecho de usar los *chillers* y el consumo eléctrico de ese sistema de A/C.

#### **A/C independiente.**

La empresa también cuenta con un sistema de A/C de 24,000 BTU el cual está dedicado al enfriamiento de uno de los cuartos de servidores para poder mantener el equipo funcionando en óptimas condiciones y previniendo sobrecalentamientos. Este A/C se conoce su potencia, horario de uso y temperatura a la que se mantiene el cuarto de servidores.

#### 2.2.2.4. Consumo de Agua

El consumo de agua es obtenido a partir de la factura, puesto que no se cuenta con acceso a un contador de flujo en la oficina, y la gerencia del inmueble no permite acceso al área de los contadores; por ende, solo se puede tomar el dato que viene en la factura que muestra los metros cúbicos utilizados y el costo de ese volumen de agua.

#### 2.3. Análisis de Datos

Luego de coleccionar toda la data necesaria, se procede al cálculo de consumo energético diario, y mensual, así como el costo relacionado a esto. Esta data, será la que se utiliza para hacer el balance energético de la empresa.

La energía consumida por los equipos de informática, luminarias, etc. se encuentra multiplicando la potencia del equipo por el tiempo de operación o funcionamiento, y también su potencia de “Stand-by” por el tiempo que se mantiene en esta manera.

**Tabla 2.2** Ejemplo de cálculo de energía consumida por equipo (datos no reales)

| Dispositivo      | Unidades | Potencia (W) | Uso (hrs/año) | Energía (kWh) |
|------------------|----------|--------------|---------------|---------------|
| Computadora Dell | 50       | 22           | 8766          | 9,642.6       |
| Monitores        | 50       | 25           | 8766          | 10,957.5      |

Con la información obtenida por parte de la administración, la cual es muy limitada, se pudo generar una gráfica de la tendencia de consumo eléctrico, de agua y de A/C de los últimos 8 meses aproximadamente. Esta información no puede ser mostrada más a detalle, debido a un acuerdo de confidencialidad de no divulgar ninguna data económica de la empresa; y ya que en las facturas que Avante le extiende a la empresa van otros cargos, no se ha podido mostrar la factura como tal.

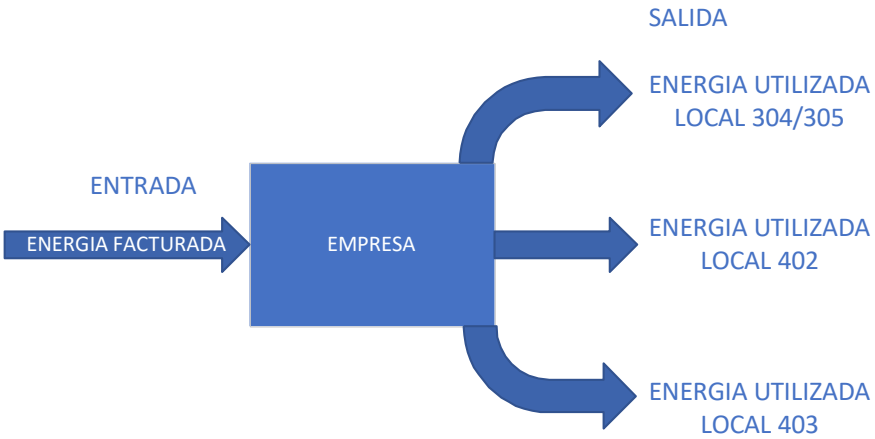
Una vez obtenida la energía consumida por los dispositivos, se multiplica por el factor de emisión de CO<sub>2</sub> y se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes. Este factor de emisión se obtuvo del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN); el ultimo valor disponible es del año 2011 y su valor es de **0.6798 toneladas de CO<sub>2</sub>/MWh** o también **0.6798 kg CO<sub>2</sub> eq./kWh**.

Finalmente, se generan las mismas tablas de información, pero cambiando los campos correspondientes a las propuestas para poder obtener los consumos, ahorros económicos y de emisiones de CO<sub>2</sub>. Toda esta data se encuentra en las tablas de los Anexos A y B.

**2.3.1. Balance de Energía.**

El balance de energía se hace considerando la empresa como un sistema cerrado, donde la entrada de energía (energía facturada) debe de ser igual a las salidas de energía (energía utilizada), más las posibles pérdidas energéticas (fugas o derivaciones a tierra). En nuestro caso, se toma la consideración que no hay derivaciones a tierra o fugas, puesto que la empresa realiza una revisión de su sistema eléctrico cada 2 o 3 años, por una empresa certificada por la SIGET, como Arista; y en las últimas revisiones no se ha encontrado ninguna fuga o derivación a tierra.

Por lo tanto, se define el balance energético como la energía facturada debe ser igual a la sumatoria de la energía utilizada por cada área de la empresa.



**Ilustración 2.1** Diagrama de Balance Energético Global



**Ilustración 2.2** Diagrama de Balance Energético por Zona o Local

Entonces, luego de obtener la información a partir de las facturas de los últimos 8 meses, tenemos el desglose del consumo energético, que se muestra en la Tabla 2.3:

**Tabla 2.3** Consumos por local a partir de facturas de enero a agosto de 2021

| MES | LOCAL   | ELECTRICIDAD (\$) | AGUA (\$) | A/C (\$) |
|-----|---------|-------------------|-----------|----------|
| ENE | 304-305 | 761.47            | 75.25     | 518.16   |
| ENE | 402     | 532               | 147.49    | 277.5    |
| ENE | 403     | 872.17            | 12.04     | 227.34   |
| FEB | 304-305 | 767.52            | 33.11     | 504.68   |
| FEB | 403     | 858.83            | 12.04     | 208.13   |
| FEB | 402     | 523.97            | 273.91    | 244.81   |
| MAR | 304-305 | 751.61            | 39.13     | 555.93   |
| MAR | 402     | 601.16            | 72.24     | 263.75   |
| MAR | 403     | 919.21            | 12.04     | 217.38   |
| ABR | 304-305 | 655.65            | 42.14     | 559.77   |
| ABR | 403     | 804.58            | 15.05     | 222      |
| ABR | 402     | 473.07            | 84.28     | 268.33   |
| MAY | 403     | 953.08            | 18.06     | 217.38   |
| MAY | 402     | 582.53            | 240.8     | 282.13   |
| MAY | 304-305 | 689.24            | 36.12     | 552.36   |
| JUN | 403     | 944.41            | 15.05     | 222      |
| JUN | 304-305 | 733.64            | 39.13     | 540.39   |
| JUN | 402     | 584.29            | 307.02    | 296      |
| JUL | 403     | 1,015.61          | 15.05     | 235.98   |
| JUL | 304-305 | 842               | 48.16     | 608.55   |
| JUL | 402     | 637.17            | 240.8     | 312.49   |
| AGO | 402     | 566.53            | 182.84    | 321.54   |
| AGO | 403     | 898.88            | 23.95     | 226.26   |
| AGO | 304-305 | 793.55            | 44.59     | 512.77   |

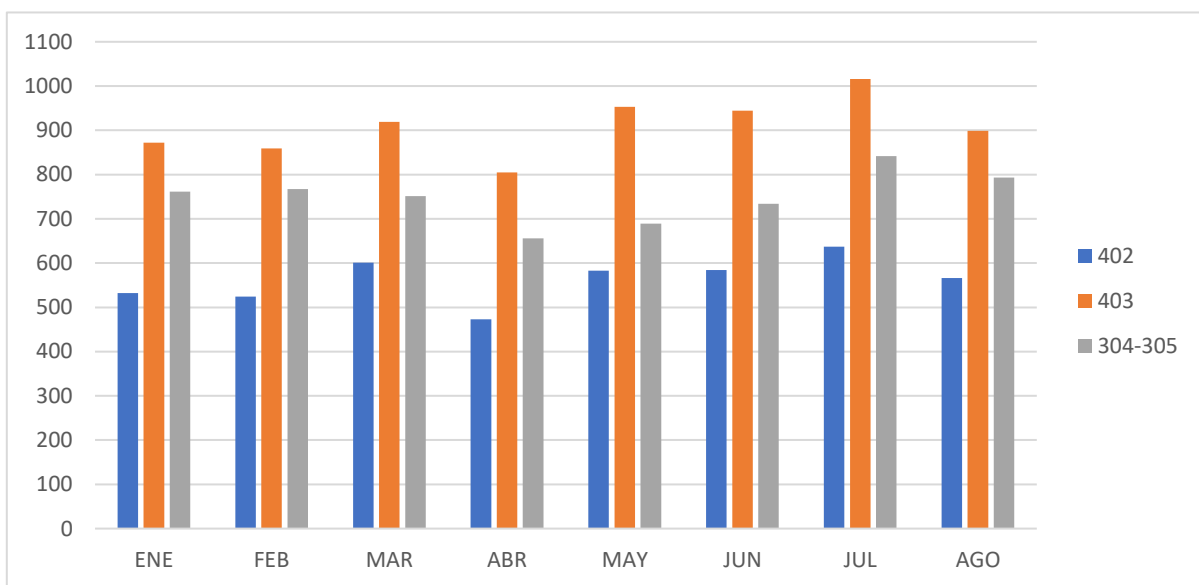
La tabla completa se puede encontrar en el Anexo E, donde se pueden observar los consumos en kWh para la energía, m<sup>3</sup> para el agua, y USD (\$) para el Aire Acondicionado.

Además, estos consumos se pueden observar de mejor manera en una gráfica, la cual se encuentra en el mismo anexo.

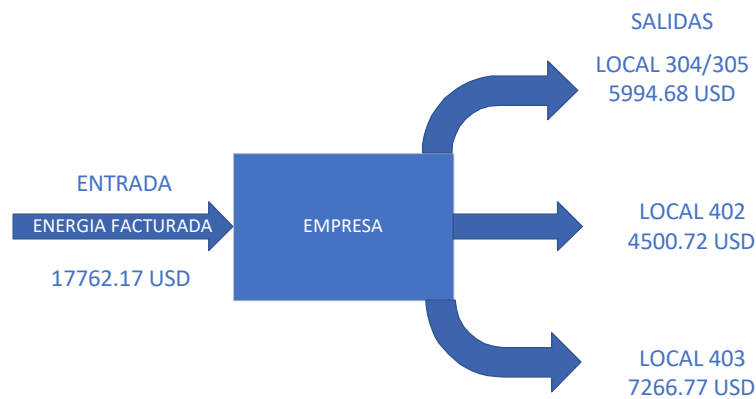
En las tablas 2.4 y 2.5 y las ilustraciones que las acompañan, se muestran solo los datos de consumo energético, de Aire Acondicionado y de agua por separado, de manera comparativa.

**Tabla 2.4** Costo Eléctrico Mensual por Local. Enero-Agosto 2021

| Local<br>Mes       | 402             | 403             | 304-305         | Total<br>(USD)   |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| ENE                | 532             | 872.17          | 761.47          | 2,165.64         |
| FEB                | 523.97          | 858.83          | 767.52          | 2,150.32         |
| MAR                | 601.16          | 919.21          | 751.61          | 2,271.98         |
| ABR                | 473.07          | 804.58          | 655.65          | 1,933.30         |
| MAY                | 582.53          | 953.08          | 689.24          | 2,224.85         |
| JUN                | 584.29          | 944.41          | 733.64          | 2,262.34         |
| JUL                | 637.17          | 1,015.61        | 842             | 2,494.78         |
| AGO                | 566.53          | 898.88          | 793.55          | 2,258.96         |
| <b>Total (USD)</b> | <b>4,500.72</b> | <b>7,266.77</b> | <b>5,994.68</b> | <b>17,762.17</b> |



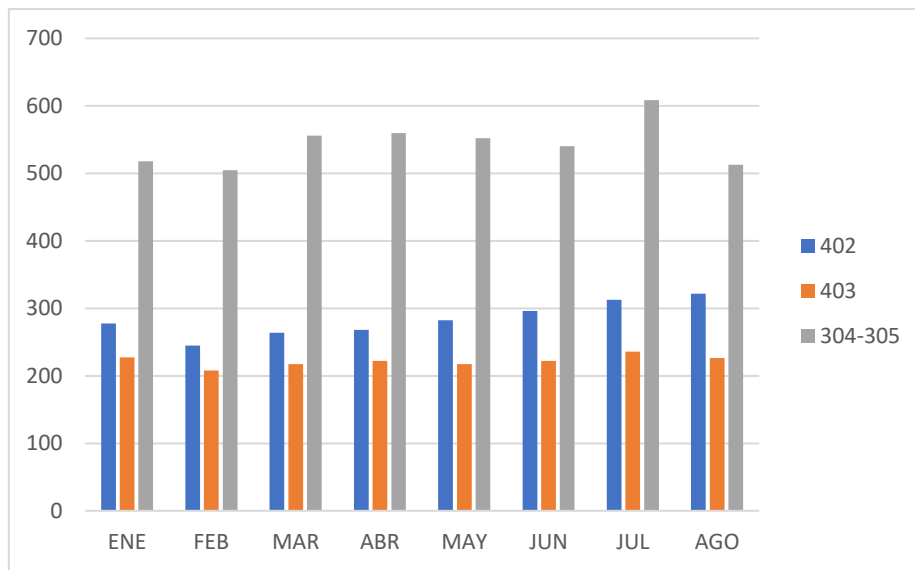
**Ilustración 2.3** Comparación de Consumos Eléctricos por Local



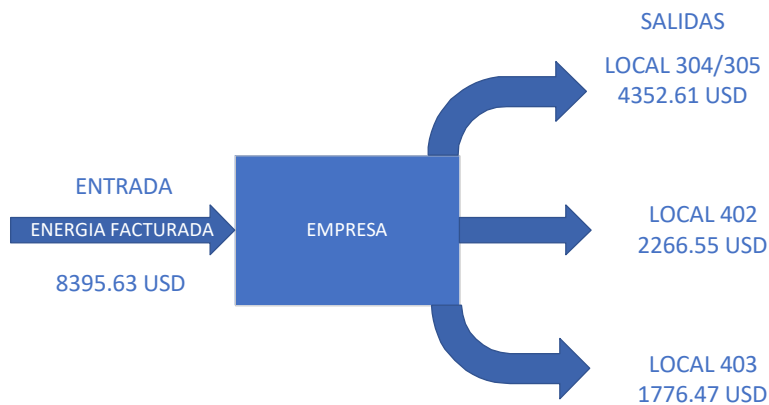
**Ilustración 2.4** Balance Energético Global. Ene-Ago 2021.

**Tabla 2.5** Costos de Aire Acondicionado mensual por local. Ene-Ago 2021

| Local<br>Mes       | 402             | 403             | 304-305         | Total (USD)     |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ENE                | 277.5           | 227.34          | 518.16          | 1,023           |
| FEB                | 244.81          | 208.13          | 504.68          | 957.62          |
| MAR                | 263.75          | 217.38          | 555.93          | 1,037.06        |
| ABR                | 268.33          | 222             | 559.77          | 1,050.10        |
| MAY                | 282.13          | 217.38          | 552.36          | 1,051.87        |
| JUN                | 296             | 222             | 540.39          | 1,058.39        |
| JUL                | 312.49          | 235.98          | 608.55          | 1,157.02        |
| AGO                | 321.54          | 226.26          | 512.77          | 1,060.57        |
| <b>Total (USD)</b> | <b>2,266.55</b> | <b>1,776.47</b> | <b>4,352.61</b> | <b>8,395.63</b> |



**Ilustración 2.5** Comparación de Costos de A/C mensual por local



**Ilustración 2.6** Balance de A/C Global. Ene-Ago 2021

### 2.3.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes, se toma el consumo de cada área, y se multiplica por el factor de emisión de CO<sub>2</sub> vigente para El Salvador, el cual es de 0.6798 kg CO<sub>2</sub> eq./kWh.

En el Anexo A se encuentran las tablas de información completa de cada área de la oficina, junto con los dispositivos que generan consumo eléctrico, sus consumos diarios, mensuales y con la información de cada área, podemos obtener las emisiones por área de la oficina.

Como ejemplo de cálculo podemos tomar la situación del local 304/305 el cual es el 3er piso de la oficina, y según los datos recolectados, el total de consumo energético actual de este local es de 10,142.96 kWh al mes, y por lo tanto el cálculo de las emisiones es dado por:

$$\text{Emisiones CO}_2 = (\text{Consumo eléctrico [kWh]}) \times (\text{Factor de Emisión de CO}_2 \text{ [kg CO}_2 \text{ eq./kWh]})$$

$$\text{Emisiones CO}_2 = (10142.96 \text{ kWh/mes}) \times (0.6798 \text{ kg CO}_2 \text{ eq./kWh}) = 6895.18 \text{ kg CO}_2 \text{ eq./mes}$$

Este mismo cálculo aplica para las demás áreas de la oficina, con los datos actuales y con las medidas de mitigación ya implementadas, para así poder conocer no solo el ahorro energético, sino que también de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.



## **CAPITULO III: Resultados del Trabajo de Investigación**

Luego del análisis del uso de los equipos, se pudieron observar 3 áreas críticas en las cuales se pueden hacer propuestas:

### **3.1. Aire Acondicionado**

Actualmente, la empresa cuenta con dos sistemas de A/C; uno que es provisto por el edificio Avante como y otro que es independiente para el enfriamiento del cuarto de servidores.

El sistema de A/C provisto por Avante es un sistema de Fan/Coil de 60,000 BTU por local y, dado que la oficina está compuesta por 4 locales, la oficina entera cuenta con 4 chillers de tipo Fan-Coil de 60,000 BTU los cuales son los encargados de proveer el enfriamiento del aire dentro de la empresa. Estos son cobrados por Avante como un servicio aparte, y no entra en el consumo de electricidad de la empresa; es decir, en la factura de cada local se observan los cobros separados de “Consumo de Energía Eléctrica” y “Aire Acondicionado”. Este servicio de “Aire Acondicionado” solo incluye el arrendamiento de los chillers en cada local y su consecuente consumo de electricidad; pero no incluye mantenimiento preventivo, ni reparaciones, ni modificaciones a la zonificación del A/C; para esto la empresa debe contratar los servicios de terceros.

Aparte de estos chillers provistos por Avante, la empresa hizo la instalación de un chiller Fan-Coil independiente de 24,000 BTU el cual sirve solo para enfriar el cuarto de servidores del cuarto piso ya que los equipos que ahí se encuentran pueden llegar a generar una gran cantidad de calor y más ahora que todos estos equipos están funcionando casi al 100% de su capacidad.

Estos equipos deben enfriarse, no solo para evitar averías por sobrecalentamiento de los componentes internos de cada equipo, sino que también para evitar el fenómeno conocido como “thermal throttling” (reducción o pérdida de desempeño por altas temperaturas).

Actualmente, a pesar de que el aire acondicionado trabaja a su 100% durante las 24 horas del día, este no logra reducir la temperatura al nivel requerido; la temperatura no logra bajar de los 29°C, cuando debería de estar a un máximo de 21°C.

Por este motivo, se ha realizado la cotización de un nuevo equipo con las siguientes especificaciones:

Marca: ComfortStar

Modelo: CPA-36DUB

Capacidad: 36,000 BTU/h

EER: 9

Potencia requerida: 4,000 W

Tecnología: Inverter

Si bien esta inversión no es con miras de generar ahorros, igual tiene un impacto económico positivo, puesto que previene que haya una pérdida económica mayor la que se diera si todos los equipos de fundieran lo cual tendría un impacto crítico en la producción de la empresa, puesto que en estos servidores se encuentran equipos y data críticos para las operaciones de la organización.

En la tabla 3.1, se muestra la lista de equipos que se encuentran en dicho cuarto de servidores, con su respectivo dato de calor generado lo cual se convierte a su vez en carga térmica que necesita ser removida por los sistemas de A/C:

**Tabla 3.1** Equipo informático 4to piso y su calor generado por hora

| Dispositivo                | Cantidad | Calor disipado (BTU/h) |
|----------------------------|----------|------------------------|
| Cisco UCS 5108             | 2        | 13,528                 |
| Cisco Fabric UCS 6248UP    | 4        | 7,992                  |
| Dell SAS Storage MD3200    | 2        | 1,023.64               |
| Tegile Storage HA2100-A4   | 2        | 1,500                  |
| HP Proliant DL360P G8      | 2        | 887.14                 |
| Dell Server PowerEdge R720 | 2        | 4,416                  |
| <b>TOTAL</b>               |          | <b>29,346.78</b>       |

Como se puede observar, la carga térmica a ser removida cada hora es de 29,346.78 BTU/h, lo cual supera la capacidad de enfriamiento del sistema actual el cual es de solo 24,000 BTU/h, por lo tanto, el sistema se encuentra sub dimensionado.

Con el sistema cotizado, no solo se cubren los requerimientos de la carga térmica a ser removida, sino que también al ser un sistema Inverter, el compresor no trabajaría tanto tiempo como el sistema actual. El proveedor del sistema estima que el compresor trabajaría aproximadamente el 70% del tiempo actual ya que el compresor se apagaría al llegar a la temperatura deseada.

Si se toma la propuesta hecha por el proveedor, la inversión inicial sería de \$2,700 y el aumento de costo por mes sería de \$10 aproximadamente, lo cual es un aumento leve a comparación de los beneficios que se obtienen. Por lo anterior, no se puede hacer un estudio de periodo de retorno de inversión porque realmente no se generan ahorros, pero como ya se mencionó, se evita que haya costos mucho mayores si los equipos se llegaran a averiar por un sobrecalentamiento. La tabla 3.2 muestra la comparación de costos mensuales al comprar el nuevo sistema de 36,000 BTU.

**Tabla 3.2** Sistemas de A/C con sus respectivos consumos y costos

| Sistema                            | Consumo mensual (kWh) | Costo mensual (USD) |
|------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| A/C Fan Coil – 24,000BTU           | 1,941.57              | 260.94              |
| A/C Fan coil Inverter – 36,000 BTU | 2,016                 | 270.94              |

La propuesta del proveedor que realizaría la instalación del nuevo sistema de Aire Acondicionado se encuentra en el Anexo C.

### 3.2. Luminarias

En la empresa actualmente se cuentan con este tipo de lámparas de Mercurio, de 5,000 K y 14 W de potencia, de marca General Electric High Efficiency Ecolux; las cuales están en un arreglo de 3 lámparas por luminaria, como en el ejemplo que se muestra en la ilustración:



**Ilustración 3.1** Lámpara de 3 tubos para instalación en cielo falso

Además de la clara desventaja de generar un consumo de energía más alto, también se tiene que tomar en cuenta que, debido a que es un modelo que ya ha sido discontinuado en el país, se han tenido que estar comprando en EE.UU. en grandes cantidades para poder tener en reserva; y la más grande desventaja de esta lámpara es que su ciclo de vida es corto y si uno de los 3 tubos falla, los demás pierden una gran parte de su vida útil; y cuando se reemplaza el tubo quemado por otro nuevo, las otras 2 fallan casi siempre a las 2 semanas aproximadamente, por lo que se tienen que reemplazar esas otras 2. Todo esto agravado por el hecho que estas luminarias funcionan solo cuando los 3 tubos están funcionales, y si uno de ellos falla, las otras 2 dejan de funcionar. Así, el uso de esta tecnología no solo genera costos innecesarios, sino que también es inconveniente.

Con respecto a las luminarias, actualmente hay 510 lámparas de mercurio de 14 Watts funcionando durante 24 horas dentro de la oficina, las cuales se propone reemplazar por LED. La empresa ya tiene un proveedor de luminarias en los EE. UU. el cual prefieren seguir usando. Uno de los beneficios de hacer este cambio a LED, es que el modelo de lámparas que envía el proveedor tiene una mayor cantidad de iluminancia lo que hace que ya no se necesiten 3 luminarias por cada módulo, sino que solo 2, lo cual reduce en un 33% el número de lámparas que se necesitarían comprar. Por lo que las 510 lámparas de mercurio de 14 W se convierten en 340 lámparas LED de 9 W, lo cual consigue importantes ahorros económicos y reducción en la huella de Carbono de la empresa.

El análisis económico para esta propuesta es el siguiente:

Tomando el segmento de tarifas de energía eléctrica mostrado en la tabla 3.3:

**Tabla 3.3** Pliego tarifario, mediana demanda, 15 de octubre de 2021 al 14 de enero de 2022.

Fuente: (SIGET, 2021)

| MEDIA TENSION CON MEDICIÓN DE POTENCIA |                  |          |          |           |           |           |          |           |          |
|--|------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
|  | CAESS            | DEL SUR  | CLESA    | EEO       | DEUSEM    | EDESAL    | B&D      | ABRUZZO   |          |
| Cargo de Comercialización:             |                  |          |          |           |           |           |          |           |          |
| Cargo Fijo                             | US\$/Usuario-mes | 0.816923 | 0.954878 | 0.748606  | 0.870470  | 0.792377  | 2.272636 | 0.826874  | 0.882635 |
| Cargo de Energía:                      |                  |          |          |           |           |           |          |           |          |
| Cargo Variable                         | US\$/kWh         | 0.137017 | 0.134397 | 0.141043  | 0.137476  | 0.137887  | 0.120290 | 0.137353  | 0.140114 |
| Cargo de Distribución:                 |                  |          |          |           |           |           |          |           |          |
| Potencia                               | US\$/kW-mes      | 6.881023 | 6.791453 | 12.712465 | 17.324019 | 18.540127 | 9.410379 | 10.374532 | 5.123979 |

Tomando el valor de \$9.71 por Lámpara de LED y sumándole el costo de transporte tenemos \$10.37 por lámpara LED.

**Tabla 3.4** Evaluación económica y ambiental de las luminarias actuales en la empresa

| Evaluación Económica y Ambiental                     |                 |
|--|-----------------|
| Luminarias fluorescentes de Hg                       |                 |
| Luminarias de Hg                                     | 510             |
| Tiempo de uso (hr)                                   | 24              |
| Potencia (W)   | 14              |
| Potencia total (kW)                                  | 7.14            |
| Consumo diario (kWh)                                 | 171.36          |
| Consumo mensual (kWh)                                | 5,140.8         |
| Cargo de energía (USD/kWh)                           | 0.13439         |
| Cargo de distribución (USD/kW)                       | 6.791453        |
| <b>Costo de energía mensual (USD)</b>                | <b>739.3631</b> |
| <b>Huella de Carbono (kg CO<sub>2</sub> eq./kWh)</b> | <b>3,494.72</b> |

**Tabla 3.5** Evaluación económica y ambiental de reemplazar las luminarias por LED

| Evaluación Económica y Ambiental |          |
|----------------------------------|----------|
| Lámparas LED                     |          |
| Cantidad de lámparas LED         | 340      |
| Tiempo de uso (hr)               | 24       |
| Potencia (W)                     | 9        |
| Potencia total (kW)              | 3.06     |
| Consumo diario (kWh)             | 73.44    |
| Consumo mensual (kWh)            | 2,203.2  |
| Cargo de energía (USD/kWh)       | 0.13439  |
| Cargo de distribución (USD/kW)   | 6.791453 |

(Continúa...)

**Tabla 3.6** Análisis económico y ambiental de reemplazar las luminarias por LED (*Continuación*).

| <b>Evaluación Económica y Ambiental</b>              |                 |
|--|-----------------|
| <b>Lámparas LED</b>                                  |                 |
| Costo por LED (USD/unidad)                           | 10.37           |
| <b>Costo de energía mensual (USD)</b>                | <b>316.8699</b> |
| <b>Huella de Carbono (kg CO<sub>2</sub> eq./kWh)</b> | <b>1,497.74</b> |
| <b>Costo de Proyecto (USD)</b>                       | <b>3,525.8</b>  |
|  |                 |
| <b>Ahorro mensual (USD)</b>                          | <b>422.49</b>   |
| <b>Ahorro (%)</b>                                    | <b>57.14</b>    |
| <b>Reducción de CO<sub>2</sub></b>                   | <b>1,996.98</b> |
| <b>Reducción de CO<sub>2</sub> (%)</b>               | <b>57.14</b>    |
| <b>PSRI (meses)</b>                                  | <b>8.35</b>     |

### 3.3. Computadoras

En el caso de la empresa, todos los equipos son del tipo “Desktop” de la marca Dell y modelos OptiPlex 7010, 3010, 390, 980, etc. El rango de potencia de las fuentes de poder de estas computadoras es de entre 255 y 275 Watts cuando están siendo usadas activamente, y de 100 Watts cuando están en estado de Idle (usuario ha iniciado sesión, pero no está realizando ninguna tarea o proceso).

Los empleados trabajan un aproximado de 10 horas al día; 9 horas de turno de trabajo y 1 hora de almuerzo (y a veces más tiempo de trabajo “post-turno” o antes de su turno, pero es inusual). Estas 10 horas, es cuando las computadoras pasan en su modo activo, que es cuando utilizan la mayor cantidad de energía eléctrica. Sin embargo, al terminar sus 10 horas, los empleados se retiran de las instalaciones de la oficina, pero solo bloquean la sesión de sus computadoras antes de irse, debido a que esto es más rápido para ellos que apagar la computadora y los 2 monitores.

Lastimosamente, al dejar las computadoras bloqueadas, los recursos tales como CPU, RAM, Hard-drive, periféricos, etc. siguen utilizando recursos; aunque en menor proporción, pero no es despreciable y es una situación que puede ser fácilmente mitigada con cualquiera de las siguientes dos opciones:

1. Crear la cultura e instruir a los empleados que partes de sus obligaciones como empleados de la empresa, es cuidar el equipo informático que se les ha sido asignado, y que eso no solo incluye no maltratar el equipo o no mal utilizarlo, sino que también incluye apagar completamente su computador y ambos monitores al terminar su turno. Esta es la opción más fácil, puesto que no requiere ningún tipo de inversión por parte de la empresa, no requiere ningún esfuerzo extenuante o no-razonable por parte de los empleados, y los beneficios son la generación de ahorros importantes y además alargar la vida útil de los equipos.
2. La segunda opción, tampoco requiere ninguna inversión fuerte por parte de la empresa, pero si necesita que el departamento de IT (informática) cree una política de dominio la cual se aplique a todas las computadoras del dominio de la empresa, para que, a cierta hora de la noche o después de una cantidad de tiempo determinada de estar en estado inactivo, o si la sesión del usuario ha estado inactiva por más de “x” cantidad de horas (2 horas es usualmente el tiempo de inactividad que se usa), que entonces la maquina se apague automáticamente. Esta opción es también muy buena, porque el único “costo” es el tiempo que el administrador del domino y de los equipos de la empresa invertirá en crear y desplegar la política a todos los equipos relevantes; y al igual que la anterior el beneficio es la generación de importantes ahorros.

Actualmente, se considera que las computadoras pasan 14 horas aproximadamente en estado de “Stand-by” o de inactividad, y con la aplicación de alguna de las propuestas anteriores, se eliminaría ese consumo eléctrico innecesario.

### **3.3.1. Análisis Económico y Ambiental de esta propuesta:**

1. Primero, se toma un promedio de potencia de 265 Watts por computadora en estado activo y de 100 Watts en estado de “Stand-by” o inactivo. Aunque las fuentes de poder de las computadoras sean de mas de 300 Watts, rara vez se utiliza el 100% de esa potencia.
2. Se usa el mismo pliego tarifario de electricidad que se mostró en la tabla 3.3.

**Tabla 3.7** Evaluación ambiental y económica del uso actual de las computadoras

| <b>Evaluación ambiental y económica</b>              |                  |
|--|------------------|
| <b>Uso de Computadoras actual</b>                    |                  |
| Dell PC  | 111              |
| Dell Monitor   | 158              |
| LG Monitor   | 19               |
| Horas de uso (hr)                                    | 10               |
| Potencia PCs (W)                                     | 265              |
| Potencia PCs Stand-by (W)                            | 100              |
| Tiempo de Standby (hr)                               | 14               |
| Potencia Dell monitor (W)                            | 25               |
| Potencia Dell monitor Standby (W)                    | 1                |
| Potencia LG Monitor (W)                              | 33.2             |
| Potencia LG Monitor Standby (W)                      | 1                |
| Potencia total (kW)                                  | 33.9958          |
| Consumo diario (kWh)                                 | 497.836          |
| Consumo mensual (kWh)                                | 1,4935.08        |
| Cargo de energía (USD/kWh)                           | 0.134397         |
| Cargo de distribución (USD/kW)                       | 6.791453         |
| <b>Costo de energía mensual (USD)</b>                | <b>2,238.111</b> |
| <b>Huella de Carbono (kg CO<sub>2</sub> eq./kWh)</b> | <b>10,142.41</b> |

Luego, al aplicar cualquiera de las propuestas anteriores, el beneficio se puede observar en la evaluación de la tabla 3.7.

**Tabla 3.8** Análisis económico y ambiental de la propuesta de eliminar el tiempo de Stand-by.

| <b>Análisis ambiental y económico</b> |      |
|---------------------------------------|------|
| <b>Uso de Computadoras propuesto</b>  |      |
| Computadoras Dell                     | 111  |
| Dell Monitor                          | 158  |
| LG Monitor                            | 19   |
| Horas de uso (hr)                     | 10   |
| Potencia PCs (W)                      | 265  |
| Potencia PCs Stand-by (W)             | 100  |
| Tiempo de Standby (hr)                | 0    |
| Potencia Dell monitor (W)             | 25   |
| Potencia Dell monitor Standby (W)     | 1    |
| Potencia LG Monitor (W)               | 33.2 |
| Potencia LG Monitor Standby (W)       | 1    |

(Continua...)



**Tabla 3.9** Análisis económico y ambiental de la propuesta de eliminar el tiempo de Stand-by.  
(Continuación)

| <b>Análisis ambiental y económico</b>                      |                 |
|--|-----------------|
| <b>Uso de Computadoras propuesto</b>                       |                 |
| Potencia total (kW)  | 33.9958         |
| Consumo diario (kWh)                                       | 339.958         |
| Consumo mensual (kWh)                                      | 10,198.74       |
| Cargo de energía (USD/kWh)                                 | 0.134397        |
| Cargo de distribución (USD/kW)                             | 6.791453        |
| <b>Costo de energía mensual (USD)</b>                      | <b>1,601.56</b> |
| <b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub> eq.)</b> | <b>6,933.10</b> |
| <b>Ahorro (USD)</b>  | <b>636.55</b>   |
| <b>Ahorro (%)</b>  | <b>31.71</b>    |
| <b>Reducción de CO<sub>2</sub></b>                         | <b>3,219.76</b> |
| <b>Reducción de CO<sub>2</sub> (%)</b>                     | <b>31.71</b>    |

### 3.4. Otras recomendaciones

A parte de estas áreas críticas, también se tienen algunas recomendaciones opcionales pero que vale la pena considerarlas, para generar aún más ahorros:

a) **Desconectar los dispensadores de agua (Oasis) en el turno de la noche.**

Esta medida es opcional y sería aplicable solo en uno de los 2 pisos, ya que, aunque en el turno de noche solo hay una pequeña parte de los empleados trabajando, pero pueden necesitar de agua caliente o helada, pero un Oasis es suficiente para la pequeña cantidad de empleados que laboran en los turnos nocturnos.

b) **Optimizar el espacio utilizado dentro de los refrigeradores de las cocinas,** pues ambos refrigeradores están trabajando 24 horas en las dos cocinas, a pesar de que adentro solo haya una botella de bebida carbonatada o un par de loncheras. Por lo que sería recomendable dejar desconectado uno de los refrigeradores por las 12 horas que dura el turno nocturno.

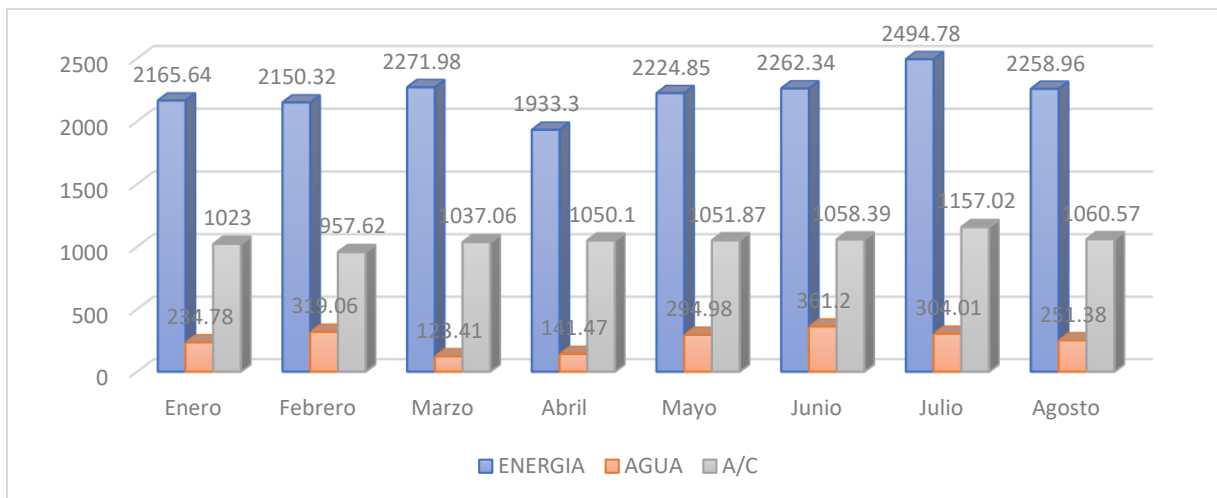
c) **Optimizar el dimensionamiento del sistema HVAC (aire acondicionado) central** y determinar si se necesita incrementar su capacidad de enfriamiento o si hay que rediseñar la distribución de los ductos de conducción de aire para asegurar que todo el piso de

operaciones esté debidamente aclimatado a los 22 grados que se recomienda para un ambiente de oficina. Lastimosamente, en la actualidad, el sistema se encuentra subdimensionado debido a que se ha aumentado la cantidad de empleados contratados y trabajando en la oficina en el turno matutino. Cuando eran menos de 100 empleados, los cuatro A/C de 60,000 BTU con los que contaba eran suficientes, pero ahora que ya superan los 150, entonces el aire no enfría lo suficiente el piso de operaciones y esto causa que los empleados tengan que recurrir al uso de evaporadores y ventiladores de pie para reducir el calor. Esta propuesta está limitada por el hecho que estos *chillers* no están bajo el control de la empresa, sino que de la administración del edificio Avante.

Luego de hacer un recuento de consumos del mes de enero 2021 al mes de agosto 2021, a partir de las facturas provistas por la administración de la empresa, se puede obtener la siguiente información:

**Tabla 3.8:** Costos mensuales por recurso; enero-agosto 2021

| COSTOS (\$) |          |        |          |
|-------------|----------|--------|----------|
| MES         | ENERGIA  | AGUA   | A/C      |
| Enero       | 2,165.64 | 234.78 | 1,023    |
| Febrero     | 2,150.32 | 319.06 | 957.62   |
| Marzo       | 2,271.98 | 123.41 | 1,037.06 |
| Abril       | 1,933.3  | 141.47 | 1,050.1  |
| Mayo        | 2,224.85 | 294.98 | 1,051.87 |
| Junio       | 2,262.34 | 361.2  | 1,058.39 |
| Julio       | 2,494.78 | 304.01 | 1,157.02 |
| Agosto      | 2,258.96 | 251.38 | 1,060.57 |



**Ilustración 3.2:** Grafica comparativa de costos por recursos; enero-agosto 2021

**Tabla 3.9:** Áreas de mayor consumo por recurso

| Recurso      | Área          |
|--------------|---------------|
| Electricidad | Local 403     |
| Agua         | Local 402     |
| A/C          | Local 304-305 |

La tabla 3.8 muestra los costos por recurso para cada mes, y utilizando organización por color se puede observar con facilidad los meses donde más consumo hubo para cada recurso. La ilustración 3.2, por otra parte, muestra un comparativo entre los gastos mensuales por recurso. Finalmente, la tabla 3.9 muestra cual es el local que tiene el mayor consumo de cada recurso; a partir de toda la información obtenida del balance energético y de la facturación. Toda esta información de costos por recurso ha sido consolidada en la tabla E.1 del Anexo E.

## CONCLUSIONES

1. El Aire Acondicionado puede ser uno de los consumidores de energía más grande dentro de una empresa, y a pesar que muchas veces se pueden reemplazar los sistemas de A/C presentes por uno de mejor tecnología o mayor eficiencia a fin de ahorrar costos, en el caso de esta empresa, la mejora del equipo no generaría un ahorro directo y requiere de una inversión inicial de \$2,700, pero de no ser por la optimización del sistema de A/C y mejorarlo, se corre un mayor riesgo de tener una pérdida mucho mayor de dinero al perder equipo y data críticos para la empresa.
2. La información que se encuentra en la tabla 3.8, la cual fue obtenida a partir de datos de facturación, es consistente con lo encontrado y calculado para cada área de la empresa.
  - 2.1. El área que más consumo electricidad según las facturas es el local 403 puesto que es el local donde está ubicada la cocina, la mitad de las computadoras de todo el 4to piso, y el cuarto de servidores (solo el A/C).
  - 2.2. El segundo que más utiliza electricidad es el local 402 que es el que tiene la mitad de las computadoras del 4to piso y el cuarto de servidores (solo los equipos de informática).
  - 2.3. El local que más utiliza agua es el 402, pues es donde se encuentran los baños de hombres y mujeres del cuarto piso, el cual lo ocupan todos los empleados del 4to piso, los de administración, y los visitantes.
  - 2.4. El local que mayor uso hace del A/C es el 304/305 en el 3er piso, pues es el local más grande y donde hay más empleados a comparación con las dos alas del 4to piso. Además, es el piso donde el A/C está sub-dimensionado y que los usuarios se quejan más de calor, y por ende hay más ventiladores y enfriadores individuales.
3. Hay un aumento notable de consumos a partir del mes de mayo, el cual es consistente con el aumento del número de clientes nuevos con los que la empresa ha firmado contrato, lo cual a su vez ha generado que se aumente considerablemente el número de empleados que han sido contratados y que necesitan una estación de trabajo nueva.
4. Las propuestas que se han presentado son fáciles de implementar y se tiene la ventaja que el estudiante que presenta este trabajo es parte del departamento de IT de la empresa,

por lo que la configuración de políticas de dominio en las computadoras sería hecho con facilidad y se le puede dar seguimiento constantemente.

Además, otra ventaja de ser parte del equipo de informática es que se puede hacer un estudio mucho más a profundidad de la posibilidad de optimizar la carga de trabajo de los servidores y demás equipos informáticos en el cuarto de servidores, a modo que reduzcan la cantidad de calor emitido, monitorear su funcionamiento constantemente y usar herramientas como la *Microsoft Cloud for Sustainability* para encontrar más y mejores prácticas del uso de las tecnologías informáticas dentro de la empresa.

5. Los dueños de la empresa han decidido recientemente empezar a minar criptomonedas utilizando equipo que no se ha estado utilizando a su máximo poder dentro del cuarto de servidores, lo cual no solo incrementará el consumo eléctrico de los equipos, sino que además incrementará el “Heat output” y la carga térmica con la que el nuevo A/C tendrá que lidiar. Esto quiere decir que dentro de poco tiempo se tiene que volver a hacer un estudio similar con las nuevas condiciones de trabajo de estos equipos.
6. La empresa ya realiza un buen trabajo con respecto al uso del agua, puesto que ya con anterioridad habían instalado reductores de flujo en los grifos de los baños y cocina. Además de esto, han limitado el uso de los sanitarios para ser utilizados nada más para micción; para todo lo demás los empleados deben utilizar los sanitarios ubicados fuera de la oficina, en el mismo piso del edificio Avante.
7. Este trabajo ha demostrado que un estudio de ecoeficiencia no es solo necesario y aplicable para las empresas del sector industrial, sino que también las empresas del sector servicios, comerciales, mercantiles, y demás, pueden beneficiarse de un estudio como este, para obtener beneficios económicos, sociales y ambientales.

## Bibliografía

1. Aires Acondicionados Classic (septiembre de 2021). *Especificaciones Técnicas de sistema DX-EHXC/Chilled Water-EHWC*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/qL6j>
2. Aires Acondicionados ComfortStar (octubre de 2021). *Catálogo de Productos del 2019*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/GMQ7>
3. Agencia Europea de Medio Ambiente (2015). *El medio ambiente en Europa. Estado y perspectivas 2015* (Informe de síntesis). Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
4. Cero Grados Celsius (diciembre de 2021). *Aire acondicionado automotriz. ¿Sabes qué lubricante necesitas?* Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/nf9s>
5. Cisco (octubre de 2021). *Especificaciones Técnicas de la Fuente de Poder Cisco UCS 6248*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/muUh>
6. Cisco (octubre de 2021). *Comparación de Eficiencia Energética: Chasis Cisco UCS 5108 y Dell PowerEdge M1000e*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/KPo2>
7. Comisión Europea (septiembre 2021). *Requerimientos de etiquetado de energía y ecodiseño para iluminación*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/htwC>
8. Dell (septiembre de 2021). *Hoja técnica de sistema de almacenamiento Dell PowerVault MD3200 SAS Storage Array*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/fJc4>
9. Dell (octubre de 2021). *Detalles Técnicos de computadora Dell OptiPlex 3010*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/DwNd>
10. Dell (octubre de 2021). *Detalles Técnicos de computadora Dell OptiPlex 7010*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/r394>
11. Dell (octubre de 2021). *Comparación del manejo energético de Dell OpenManage Power Center y HP Insight control*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/8a9f>
12. Martínez, L. A., y Urías, J. E. (2018). *Manual de Eficiencia Energética Industrial de AES El Salvador*.
13. Microsoft (diciembre de 2021). *Presentación de Microsoft Cloud para la sostenibilidad*. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/ec8d>

14. Ministerio del Ambiente del Perú. (2009). *Guía de ecoeficiencia para empresas*. Perú: MINAM.
15. Organización de las Naciones Unidas (2014). *La situación demográfica en el mundo 2014 (Informe conciso)*. Nueva York: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. ONU DAES.
16. Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones. (octubre de 2021). Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 15 de octubre 2021. Tarifas de electricidad año 2021. Obtenido de: <https://tdghh06012.page.link/25ee>

# **ANEXOS**



## ANEXO A: Consumos Eléctricos

Tabla A.1. Cuarto Piso – Situación Actual

| 4to piso - Norte |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo      | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Eléctrico diario (kWh) | Consumo eléctrico mensual (kWh) |  |
| Dell 7010        | 15       | 275          | 10               | 100                  | 14                     | 62.25                          | 1867.5                          |  |
| Dell 3010        | 10       | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 40.5                           | 1215                            |  |
| Dell Monitor     | 64       | 25           | 10               | 1                    | 14                     | 16.896                         | 506.88                          |  |
| Dell 390         | 4        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 16.2                           | 486                             |  |
| Dell 980         | 4        | 255          | 10               | 100                  | 14                     | 15.8                           | 474                             |  |
| Dell 790         | 3        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 12.15                          | 364.5                           |  |
| TV Samsung       | 2        | 100          | 24               |                      |                        | 4.8                            | 144                             |  |
| Dell 990         | 1        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 4.05                           | 121.5                           |  |
| LG Monitor       | 7        | 33.2         | 10               | 1                    | 14                     | 2.422                          | 72.66                           |  |
| TV Sony          | 1        | 89           | 24               |                      |                        | 2.136                          | 64.08                           |  |
| AOC monitor      | 2        | 49           | 10               | 1                    | 14                     | 1.008                          | 30.24                           |  |
| Luminarias       | 132      | 14           | 24               |                      |                        | 44.352                         | 1330.56                         |  |

| 4to piso - Sur              |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|-----------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo                 | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Eléctrico diario (kWh) | Consumo eléctrico mensual (kWh) |  |
| Dell 7010                   | 13       | 275          | 10               | 100                  | 14                     | 53.95                          | 1618.5                          |  |
| Dell 3010                   | 7        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 28.35                          | 850.5                           |  |
| Dell Monitor                | 53       | 25           | 10               | 1                    | 14                     | 13.992                         | 419.76                          |  |
| Dell 790                    | 2        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 8.1                            | 243                             |  |
| Dell 390                    | 2        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 8.1                            | 243                             |  |
| LG Monitor                  | 7        | 33.2         | 10               | 1                    | 14                     | 2.422                          | 72.66                           |  |
| Oasis Waterlogic            | 1        | 800          | 2.6              | 60.5                 | 21.4                   | 3.3747                         | 101.241                         |  |
| Enfriador de aire Honeywell | 2        | 126          | 11               |                      |                        | 2.772                          | 83.16                           |  |
| Lenovo ThinkCentre          | 2        | 68           | 12               | 27                   | 12                     | 2.28                           | 68.4                            |  |
| TV Sony                     | 1        | 89           | 24               |                      |                        | 2.136                          | 64.08                           |  |
| Monitor LG IPS              | 1        | 140          | 12               | 0.5                  | 12                     | 1.686                          | 50.58                           |  |
| Ventilador de pie           | 3        | 50           | 11               |                      |                        | 1.65                           | 49.5                            |  |
| Luminarias                  | 83       | 14           | 24               |                      |                        | 27.888                         | 836.64                          |  |

| 4to piso - Conference Room |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|----------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo                | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Eléctrico diario (kWh) | Consumo eléctrico mensual (kWh) |  |
| LG OLED TV                 | 2        | 130          | 24               |                      |                        | 6.24                           | 187.2                           |  |
| Luminarias                 | 18       | 14           | 10               |                      |                        | 2.52                           | 75.6                            |  |
| Lamparas de galería        | 10       | 5.5          | 24               |                      |                        | 1.32                           | 39.6                            |  |

(Continúa...)

**Tabla A.1. Cuarto Piso – Situación Actual (Continuación)**

| 4to piso - Recepcion            |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|---------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo                     | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |  |
| Dell 7010                       | 1        | 275          | 10               | 100                  | 14                     | 4.15                           | 124.5                           |  |
| Dell Monitor                    | 2        | 25           | 10               | 1                    | 14                     | 0.528                          | 15.84                           |  |
| Brother Fax Machine             | 1        | 132          | 1                | 4.8                  | 23                     | 0.2424                         | 7.272                           |  |
| Telefono inalambrico Radioshack | 1        | 1.8          | 24               |                      |                        | 0.0432                         | 1.296                           |  |
| Luminarias                      | 12       | 14           | 24               |                      |                        | 4.032                          | 120.96                          |  |
| Lamparas de galeria             | 7        | 5.5          | 24               |                      |                        | 0.924                          | 27.72                           |  |

| 4to piso - Cocina              |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|--------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo                    | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |  |
| Cafetera Hamilton-Beach        | 1        | 1090         | 5                |                      |                        | 5.45                           | 163.5                           |  |
| Microondas Samsung             | 2        | 1600         | 2.5              |                      |                        | 8                              | 240                             |  |
| Horno Hamilton-Beach           | 1        | 1500         | 2                |                      |                        | 3                              | 90                              |  |
| Refrigeradora Whirlpool 13 ft3 | 2        | 151          | 6                | 1                    | 18                     | 1.848                          | 55.44                           |  |
| Licuadaora                     | 1        | 350          | 0.5              |                      |                        | 0.175                          | 5.25                            |  |
| Luminarias                     | 6        | 14           | 24               |                      |                        | 2.016                          | 60.48                           |  |

| 4to piso - Gradass |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|--------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo        | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |  |
| Air Curtain        | 1        | 200          | 24               |                      |                        | 4.8                            | 144                             |  |
| Luminarias         | 4        | 14           | 24               |                      |                        | 1.344                          | 40.32                           |  |
| Focos              | 2        | 8            | 24               |                      |                        | 0.384                          | 11.52                           |  |

| 4to piso - Admin   |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|--------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo        | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |  |
| Dell 7010          | 1        | 275          | 10               | 100                  | 14                     | 4.15                           | 124.5                           |  |
| Dell Monitor       | 5        | 25           | 10               | 1                    | 14                     | 1.32                           | 39.6                            |  |
| Lenovo ThinkCentre | 1        | 68           | 12               | 27                   | 12                     | 1.14                           | 34.2                            |  |
| Dell Monitor CEO   | 2        | 17.3         | 12               | 0.11                 | 12                     | 0.41784                        | 12.5352                         |  |
| LG monitor         | 1        | 33.2         | 10               | 1                    | 14                     | 0.346                          | 10.38                           |  |
| Copiadora RICOH    | 1        | 590          | 0.1667           | 1.2                  | 23.833                 | 0.1269526                      | 3.808578                        |  |
| Epson Printer      | 1        | 27           | 2                | 0.2                  | 22                     | 0.0584                         | 1.752                           |  |
| Luminarias         | 33       | 14           | 12               |                      |                        | 5.544                          | 166.32                          |  |

| 4to piso - Pasillo |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|--------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo        | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |  |
| Luminarias         | 6        | 14           | 24               |                      |                        | 2.016                          | 60.48                           |  |
| Focos              | 5        | 8            | 24               |                      |                        | 0.96                           | 28.8                            |  |

(Continúa...)

**Tabla A.1. Cuarto Piso – Situación Actual (Continuación)**

| 4to piso - Baño Hombres |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|-------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo             | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Luminarias              | 6        | 14           | 24               |                      |                        | 2.016                          | 60.48                           |

| 4to piso - Baño Mujeres |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|-------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo             | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Luminarias              | 12       | 14           | 24               |                      |                        | 4.032                          | 120.96                          |

| 4to piso - Cuarto de Servidores |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|---------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo                     | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Cisco UCS 5108                  | 2        | 2311         | 24               |                      |                        | 110.928                        | 3327.84                         |
| Cisco Fabric UCS 6248UP         | 4        | 750          | 24               |                      |                        | 72                             | 2160                            |
| Dell SAS Storage MD3200         | 2        | 600          | 24               |                      |                        | 28.8                           | 864                             |
| Tegile Storage HA2100-A4        | 2        | 535          | 24               |                      |                        | 25.68                          | 770.4                           |
| HP Proliant DL360P G8           | 2        | 427          | 24               |                      |                        | 20.496                         | 614.88                          |
| Dell Server PowerEdge R720      | 2        | 377          | 24               |                      |                        | 18.096                         | 542.88                          |
| A/C Fan Coil - 24000BTU         | 1        | 2,696.63     | 24               |                      |                        | 64.71912                       | 1941.5736                       |
| Luminarias                      | 9        | 14           | 24               |                      |                        | 3.024                          | 90.72                           |

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>TOTAL mensual (kWh)</b>                                     | <b>23,764.55</b> |
| <b>COSTO mensual (USD)</b>                                     | <b>3,193.88</b>  |
| <b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub> eq./mes)</b> | <b>16,155.14</b> |

**Tabla A.2. Tercer Piso – Situación Actual**

| 3er piso - Sur        |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|-----------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo           | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Dell 7010             | 24       | 275          | 10               | 100                  | 14                     | 99.6                           | 2988                            |
| Luminarias            | 177      | 14           | 24               |                      |                        | 59.472                         | 1784.16                         |
| Dell 3010             | 10       | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 40.5                           | 1215                            |
| Dell Monitor          | 94       | 25           | 10               | 1                    | 14                     | 24.816                         | 744.48                          |
| Dell 980              | 6        | 255          | 10               | 100                  | 14                     | 23.7                           | 711                             |
| Dell 390              | 4        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 16.2                           | 486                             |
| Dell 790              | 2        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 8.1                            | 243                             |
| Dell 990              | 2        | 265          | 10               | 100                  | 14                     | 8.1                            | 243                             |
| Vending Machine       | 1        | 500          | 16.5             |                      |                        | 8.25                           | 247.5                           |
| TV Sony Bravia        | 3        | 89           | 24               |                      |                        | 6.408                          | 192.24                          |
| Fortinet 90 D         | 3        | 59           | 24               |                      |                        | 4.248                          | 127.44                          |
| Ventilador de pie     | 7        | 50           | 12               |                      |                        | 4.2                            | 126                             |
| Oasis Waterlogic      | 1        | 800          | 2.6              | 60.5                 | 21.4                   | 3.3747                         | 101.241                         |
| Monitor AOC           | 5        | 49           | 10               | 1                    | 14                     | 2.52                           | 75.6                            |
| TV Samsung            | 1        | 100          | 12               |                      |                        | 1.2                            | 36                              |
| LG Monitor            | 4        | 33.2         | 10               | 1                    | 14                     | 1.384                          | 41.52                           |
| Ventilador Mastertech | 1        | 60           | 10               |                      |                        | 0.6                            | 18                              |

| 3er piso - Conference |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|-----------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo           | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| TV Sony Bravia        | 2        | 89           | 24               |                      |                        | 4.272                          | 128.16                          |
| Luminarias            | 6        | 14           | 10               |                      |                        | 0.84                           | 25.2                            |

| 3er piso - Cocina              |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|--------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo                    | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Cafetera Hamilton-Beach        | 1        | 1090         | 5                |                      |                        | 5.45                           | 163.5                           |
| Microondas Samsung             | 2        | 1600         | 2.5              |                      |                        | 8                              | 240                             |
| Horno Hamilton-Beach           | 1        | 1500         | 2                |                      |                        | 3                              | 90                              |
| Luminarias                     | 6        | 14           | 24               |                      |                        | 2.016                          | 60.48                           |
| Refrigeradora Whirlpool 13 ft3 | 2        | 151          | 6                | 1                    | 18                     | 1.848                          | 55.44                           |

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>TOTAL Mensual (kWh)</b>                                     | <b>10,142.96</b> |
| <b>COSTO TOTAL (USD)</b>                                       | <b>1,363.18</b>  |
| <b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub> eq./mes)</b> | <b>6,895.18</b>  |

## ANEXO B: Consumo Eléctrico luego de implementar las propuestas.

**Tabla B.1** Cuarto Piso – Propuestas aplicadas

| 4to piso - Norte |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo      | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Eléctrico diario (kWh) | Consumo eléctrico mensual (kWh) |  |
| Dell 7010        | 15       | 275          | 10               | 100                  |                        | 41.25                          | 1237.5                          |  |
| Dell 3010        | 10       | 265          | 10               | 100                  |                        | 26.5                           | 795                             |  |
| Dell Monitor     | 64       | 25           | 10               | 1                    |                        | 16                             | 480                             |  |
| Dell 390         | 4        | 265          | 10               | 100                  |                        | 10.6                           | 318                             |  |
| Dell 980         | 4        | 255          | 10               | 100                  |                        | 10.2                           | 306                             |  |
| Dell 790         | 3        | 265          | 10               | 100                  |                        | 7.95                           | 238.5                           |  |
| TV Samsung       | 2        | 100          | 24               |                      |                        | 4.8                            | 144                             |  |
| Dell 990         | 1        | 265          | 10               | 100                  |                        | 2.65                           | 79.5                            |  |
| LG Monitor       | 7        | 33.2         | 10               | 1                    |                        | 2.324                          | 69.72                           |  |
| TV Sony          | 1        | 89           | 24               |                      |                        | 2.136                          | 64.08                           |  |
| AOC monitor      | 2        | 49           | 10               | 1                    |                        | 0.98                           | 29.4                            |  |
| Luminarias       | 88       | 9            | 24               |                      |                        | 19.008                         | 570.24                          |  |

| 4to piso - Sur              |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|-----------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo                 | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Eléctrico diario (kWh) | Consumo eléctrico mensual (kWh) |  |
| Dell 7010                   | 13       | 275          | 10               | 100                  |                        | 35.75                          | 1072.5                          |  |
| Dell 3010                   | 7        | 265          | 10               | 100                  |                        | 18.55                          | 556.5                           |  |
| Dell Monitor                | 53       | 25           | 10               | 1                    |                        | 13.25                          | 397.5                           |  |
| Dell 790                    | 2        | 265          | 10               | 100                  |                        | 5.3                            | 159                             |  |
| Dell 390                    | 2        | 265          | 10               | 100                  |                        | 5.3                            | 159                             |  |
| LG Monitor                  | 7        | 33.2         | 10               | 1                    |                        | 2.324                          | 69.72                           |  |
| Oasis Waterlogic            | 1        | 800          | 2.6              | 60.5                 | 21.4                   | 3.3747                         | 101.241                         |  |
| Enfriador de aire Honeywell | 2        | 126          | 11               |                      |                        | 2.772                          | 83.16                           |  |
| Lenovo ThinkCentre          | 2        | 68           | 12               | 27                   |                        | 1.632                          | 48.96                           |  |
| TV Sony                     | 1        | 89           | 24               |                      |                        | 2.136                          | 64.08                           |  |
| Monitor LG IPS              | 1        | 140          | 12               | 0.5                  |                        | 1.68                           | 50.4                            |  |
| Ventilador de pie           | 3        | 50           | 11               |                      |                        | 1.65                           | 49.5                            |  |
| Luminarias                  | 55       | 9            | 24               |                      |                        | 11.88                          | 356.4                           |  |

| 4to piso - Conference Room |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |  |
|----------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Dispositivo                | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Eléctrico diario (kWh) | Consumo eléctrico mensual (kWh) |  |
| LG OLED TV                 | 2        | 130          | 24               |                      |                        | 6.24                           | 187.2                           |  |
| Luminarias                 | 12       | 9            | 10               |                      |                        | 1.08                           | 32.4                            |  |
| Lamparas de galería        | 10       | 5.5          | 24               |                      |                        | 1.32                           | 39.6                            |  |

(Continúa...)

**Tabla B.1** Cuarto Piso – Propuestas aplicadas (Continuación)

| 4to piso - Recepcion            |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|---------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo                     | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Dell 7010                       | 1        | 275          | 10               | 100                  |                        | 2.75                           | 82.5                            |
| Dell Monitor                    | 2        | 25           | 10               | 1                    |                        | 0.5                            | 15                              |
| Brother Fax Machine             | 1        | 132          | 1                | 4.8                  | 23                     | 0.2424                         | 7.272                           |
| Telefono inalambrico Radioshack | 1        | 1.8          | 24               |                      |                        | 0.0432                         | 1.296                           |
| Luminarias                      | 8        | 9            | 24               |                      |                        | 1.728                          | 51.84                           |
| Lamparas de galeria             | 7        | 5.5          | 24               |                      |                        | 0.924                          | 27.72                           |

| 4to piso - Cocina              |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|--------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo                    | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Cafetera Hamilton-Beach        | 1        | 1090         | 5                |                      |                        | 5.45                           | 163.5                           |
| Microondas Samsung             | 2        | 1600         | 2.5              |                      |                        | 8                              | 240                             |
| Horno Hamilton-Beach           | 1        | 1500         | 2                |                      |                        | 3                              | 90                              |
| Refrigeradora Whirlpool 13 ft3 | 2        | 151          | 6                | 1                    | 18                     | 1.848                          | 55.44                           |
| Licuadaora                     | 1        | 350          | 0.5              |                      |                        | 0.175                          | 5.25                            |
| Luminarias                     | 4        | 9            | 24               |                      |                        | 0.864                          | 25.92                           |

| 4to piso - Gradass |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|--------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo        | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Air Curtain        | 1        | 200          | 24               |                      |                        | 4.8                            | 144                             |
| Luminarias         | 2        | 9            | 24               |                      |                        | 0.432                          | 12.96                           |
| Focos              | 2        | 8            | 24               |                      |                        | 0.384                          | 11.52                           |

| 4to piso - Admin   |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|--------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo        | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Dell 7010          | 1        | 275          | 10               | 100                  |                        | 2.75                           | 82.5                            |
| Dell Monitor       | 5        | 25           | 10               | 1                    |                        | 1.25                           | 37.5                            |
| Lenovo ThinkCentre | 1        | 68           | 12               | 27                   |                        | 0.816                          | 24.48                           |
| Dell Monitor CEO   | 2        | 17.3         | 12               | 0.11                 |                        | 0.4152                         | 12.456                          |
| LG monitor         | 1        | 33.2         | 10               | 1                    |                        | 0.332                          | 9.96                            |
| Copiadora RICOH    | 1        | 590          | 0.1667           | 1.2                  | 23.833                 | 0.1269526                      | 3.808578                        |
| Epson Printer      | 1        | 27           | 2                | 0.2                  | 22                     | 0.0584                         | 1.752                           |
| Luminarias         | 22       | 9            | 12               |                      |                        | 2.376                          | 71.28                           |

| 4to piso - Pasillo |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|--------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo        | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Luminarias         | 4        | 9            | 24               |                      |                        | 0.864                          | 25.92                           |
| Focos              | 5        | 8            | 24               |                      |                        | 0.96                           | 28.8                            |

(Continúa...)

**Tabla B.1** Cuarto Piso – Propuestas aplicadas (Continuación)

| 4to piso - Baño Hombres |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|-------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo             | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Luminarias              | 4        | 9            | 24               |                      |                        | 0.864                          | 25.92                           |

| 4to piso - Baño Mujeres |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|-------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo             | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Luminarias              | 8        | 9            | 24               |                      |                        | 1.728                          | 51.84                           |

| 4to piso - Cuarto de Servidores |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|---------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo                     | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Luminarias                      | 6        | 9            | 24               |                      |                        | 1.296                          | 38.88                           |
| Dell SAS Storage MD3200         | 2        | 600          | 24               |                      |                        | 28.8                           | 864                             |
| Dell Server PowerEdge R720      | 2        | 377          | 24               |                      |                        | 18.096                         | 542.88                          |
| HP Proliant DL360P G8           | 2        | 427          | 24               |                      |                        | 20.496                         | 614.88                          |
| Tegile Storage HA2100-A4        | 2        | 535          | 24               |                      |                        | 25.68                          | 770.4                           |
| Cisco Fabric UCS 6248UP         | 4        | 750          | 24               |                      |                        | 72                             | 2160                            |
| Cisco UCS 5108                  | 2        | 2311         | 24               |                      |                        | 110.928                        | 3327.84                         |
| A/C Fan coil Inverter 36000 BTU | 1        | 4000         | 16.8             |                      |                        | 67.2                           | 2016                            |

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Consumo Total Mensual (kWh)</b>                              | <b>19,404.42</b> |
| <b>Emissiones de CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub> eq./mes)</b> | <b>13,191.12</b> |

|                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| <b>Ahorro (USD)</b>                  | <b>585.99</b>   |
| <b>Ahorro (%)</b>                    | <b>18.35</b>    |
| <b>Reducción CO<sub>2</sub> (kg)</b> | <b>2,964.02</b> |
| <b>Reducción CO<sub>2</sub> (%)</b>  | <b>18.35</b>    |

**Tabla B.2 Tercer Piso – Propuestas Aplicadas**

| 3er piso - Sur                 |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
|--------------------------------|----------|--------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Dispositivo                    | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Dell 7010                      | 24       | 275          | 12               | 100                  |                        | 79.2                           | 2376                            |
| Dell 3010                      | 10       | 265          | 12               | 100                  |                        | 31.8                           | 954                             |
| Dell Monitor                   | 94       | 25           | 12               | 1                    |                        | 28.2                           | 846                             |
| Dell 980                       | 6        | 255          | 12               | 100                  |                        | 18.36                          | 550.8                           |
| Dell 390                       | 4        | 265          | 12               | 100                  |                        | 12.72                          | 381.6                           |
| Dell 790                       | 2        | 265          | 12               | 100                  |                        | 6.36                           | 190.8                           |
| Dell 990                       | 2        | 265          | 12               | 100                  |                        | 6.36                           | 190.8                           |
| Vending Machine                | 1        | 500          | 16.5             |                      |                        | 8.25                           | 247.5                           |
| TV Sony Bravia                 | 3        | 89           | 12               |                      |                        | 3.204                          | 96.12                           |
| Fortinet 90 D                  | 3        | 59           | 24               |                      |                        | 4.248                          | 127.44                          |
| Ventilador de pie              | 7        | 50           |                  |                      |                        | 0                              | 0                               |
| Monitor AOC                    | 5        | 49           | 12               | 1                    |                        | 2.94                           | 88.2                            |
| Oasis Waterlogic               | 1        | 800          | 2.6              | 60.5                 | 21.4                   | 3.3747                         | 101.241                         |
| TV Samsung                     | 1        | 100          | 12               |                      |                        | 1.2                            | 36                              |
| LG Monitor                     | 4        | 33.2         | 12               | 1                    |                        | 1.5936                         | 47.808                          |
| Ventilador Mastertech          | 1        | 60           |                  |                      |                        | 0                              | 0                               |
| Luminarias                     | 118      | 9            | 24               |                      |                        | 25.488                         | 764.64                          |
| 3er piso - Conference          |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
| Dispositivo                    | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| TV Sony Bravia                 | 2        | 89           | 24               |                      |                        | 4.272                          | 128.16                          |
| Luminarias                     | 4        | 9            | 10               |                      |                        | 0.36                           | 10.8                            |
| 3er piso - Cocina              |          |              |                  |                      |                        |                                |                                 |
| Dispositivo                    | Cantidad | Potencia (W) | Utilizacion (hr) | Potencia Standby (W) | Tiempo de Standby (hr) | Consumo Electrico diario (kWh) | Consumo electrico mensual (kWh) |
| Cafetera Hamilton-Beach        | 1        | 1090         | 5                |                      |                        | 5.45                           | 163.5                           |
| Microondas Samsung             | 2        | 1600         | 2.5              |                      |                        | 8                              | 240                             |
| Horno Hamilton-Beach           | 1        | 1500         | 2                |                      |                        | 3                              | 90                              |
| Refrigeradora Whirlpool 13 ft3 | 2        | 151          | 6                | 1                    | 18                     | 1.848                          | 55.44                           |
| Luminarias                     | 4        | 9            | 24               |                      |                        | 0.864                          | 25.92                           |

|  |                 |
|--|-----------------|
| <b>TOTAL mensual (kWh)</b>                                     | <b>7,712.77</b> |
| <b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub> eq./mes)</b> | <b>5,243.14</b> |
| <b>Ahorro (USD)</b>  | <b>326.61</b>   |
| <b>Ahorro (%)</b>  | <b>23.96</b>    |
| <b>Reducción CO<sub>2</sub> (kg)</b>                           | <b>1,652.04</b> |
| <b>Reducción CO<sub>2</sub> (%)</b>                            | <b>23.96</b>    |



## Anexo C: Propuesta de Cambio de A/C

Señores

Presente.

Estimados Señores:

Reciban un cordial saludo de nuestra parte, deseándoles éxitos en todas sus actividades laborales. Por medio de la presente les detallamos lo solicitado para la instalación de equipo mini Split de 3 toneladas.

Marca: Comfort Star  
Equipo: Inverter 36,000 vtu o 3 toneladas  
Manejadora y condensador mini 36,000 vtu  
Tubería cobre flexible medida  $\frac{1}{2}$  x 50 rollo  
Tubería cobre flexible medida 7/8 x 50  
Robatex tubo 7/8 x 3/8  
Camisas cobre para soldar 7/8  
Filtro secador 3/8 acero 163 smartelectric  
Tuerca flare bronce forjada pesada 3/8 obella  
Varilla de plata 5 Harris  
Codo 90" cobre soldar 7/8 quality  
Mapp gas – insol 5  
Bomba para desagüe

1 metro equivalente a 3.28 pies

Se utilizarían 44 mts de tubería tanto baja como alta que equivalente a 144.357 pies

**Instalación eléctrica de aire Inverter 36,000 vtu**

45 metros de cable vulcan TSJ 12-3

Caja térmica de 4 espacios

2 térmicos 50/2 polos general

2 términos 20/1 polo general

1 cinta aislante súper 33

Cable TNM 12-2 44 metros o 144.357 pies para señal

**Ilustración C.1** Escaneo de la propuesta de cambio de A/C

*(Continúa...)*

---

**Construcción de bases para evaporador y condensador**

3 metros o 9.84 pies de ángulo de hierro

Un juego de brocas para concreto y para metal

½ caja de electrodo 3-32

1.70 metros o 5.57 pies de largo para base de evaporador

1.20 metros al cuadrado o 3.94 pies al cuadrado para base de condensador

Detalle económico:

| Descripción   | Precio     | Precio Total |
|---|------------|--------------|
| Instalación de mini Split INVERTER (3 toneladas) <ul style="list-style-type: none"><li>• Construcción de bases para evaporador</li><li>• Construcción de bases para condensador</li><li>• Instalación de evaporador</li><li>• Instalación de condensador</li><li>• Instalación de equipo</li><li>• Instalación eléctrica</li><li>• Instalación de desagüe</li></ul> | \$2,700.00 | \$2,700.00   |
| Mano de obra  |            |              |
| <b>Sub Total</b>  |            | \$2,700.00   |
| <b>IVA</b>  |            | \$0.00       |
| <b>Total</b>  |            | \$2,700.00   |

Forma de pago: **70 % anticipo**

**30 % al finalizar trabajo**

Tiempo de entrega: **2 días**

Sin nada más por el momento, nos despedimos agradeciendo la atención prestada. Quedamos a la espera de sus comentarios.

Atentamente,

Erick Henríquez  
HG Constructores

---

**Ilustración C.1** Escaneo de la propuesta de cambio de A/C (Continuación).

## Anexo D: Cotización de lámparas LED



## Sales Proposal

**Quote #:** 7476205     **Date:** 06/28/21     **Date Quote Written:** 06/28/21     **Expiration Date:** 07/12/21

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>Salesperson</b><br/>                 Rocky Fenster<br/>                 1475 Republic Pkwy Ste 100<br/>                 Mesquite, TX 75150<br/> <a href="mailto:rfenster@1000bulbs.com">rfenster@1000bulbs.com</a><br/>                 p. 972-535-0878<br/>                 f. 972-535-0879</p> | <p><b>Bill To</b><br/> <br/>                 4250 NW 36th St<br/>                 Bld 916 Tower D<br/>                 Miami, FL 33166<br/>                 7144507758</p> | <p><b>Ship To</b><br/> <br/>                 4250 NW 36th St<br/>                 Bld 916 Tower D<br/>                 Miami, FL 33166<br/>                 7144507758</p> |
|--|--|--|

| Qty | Product   | Price  |
|-----|---|--------|
| 50  | <b>TCP-10732</b> 1150 Lumens - 2 ft. LED T5 Tube - Ballast Bypass - 9 Watt - 5000 Kelvin - F14T5 Replacement - Single-Ended Power - 120-277 Volt - TCP LT5HE09B150K | \$9.71 |

**Subtotal**     \$485.50  
**Ground**       \$33.08  
**Total**         \$518.58

**Notes**

BACKORDERED UNTIL 8-6-21

Quote does not include  
 tax when applicable.  
 Prices may vary per import tariffs.

**Purchase Quote**

1000Bulbs.com 1475 Republic Pkwy Ste 100 Mesquite, TX 75150  
 Notice: This automated email is not monitored for replies.

## Anexo E: Datos de Facturación Enero a Agosto 2021

**Tabla E.1.** Consolidado de consumo de recursos a partir de factura – Orden por color

| MES | LOCAL   | COSTO ENERGIA ELECTRICA (USD) | Consumo agua (m3) | Costo de agua (USD) | Aire Acondicionado | Costo de A/C (USD) |
|-----|---------|-------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Ene | 304-305 | 159.54                        | 25                | 75.25               | 2800.87            | 518.16             |
|     | 402     | 532                           | 49                | 147.49              | 1500               | 277.5              |
|     | 403     | 872.17                        | 4                 | 12.04               | 1228.89            | 227.34             |
|     | 304-305 | 601.93                        | -                 | -                   |                    |                    |
|     | TOTAL   | 2165.64                       | 78                | 234.78              | 5529.76            | 1023               |
| Feb | 304-305 | 166.29                        | 11                | 33.11               | 2728               | 504.68             |
|     | 304-305 | 601.23                        | -                 | -                   |                    |                    |
|     | 403     | 858.83                        | 4                 | 12.04               | 1125               | 208.13             |
|     | 402     | 523.97                        | 91                | 273.91              | 1323.32            | 244.81             |
|     | TOTAL   | 2150.32                       | 106               | 319.06              | 5176.32            | 957.62             |
| Mar | 304-305 | 168.63                        | 13                | 39.13               | 3005               | 555.93             |
|     | 402     | 601.16                        | 24                | 72.24               | 1425.67            | 263.75             |
|     | 403     | 919.21                        | 4                 | 12.04               | 1175               | 217.38             |
|     | 304-305 | 582.98                        | -                 | -                   |                    |                    |
|     | TOTAL   | 2271.98                       | 41                | 123.41              | 5605.67            | 1037.06            |
| Abr | 304-305 | 144.42                        | 14                | 42.14               | 3025.78            | 559.77             |
|     | 403     | 804.58                        | 5                 | 15.05               | 1200               | 222                |
|     | 402     | 473.07                        | 14                | 84.28               | 3025.78            | 268.33             |
|     | 304-305 | 511.23                        | -                 | -                   |                    |                    |
|     | TOTAL   | 1933.3                        | 33                | 141.47              | 7251.56            | 1050.1             |

(Continúa...)

**Tabla E.1.** Consolidado de consumo de recursos a partir de factura – Orden por color (Continuación)

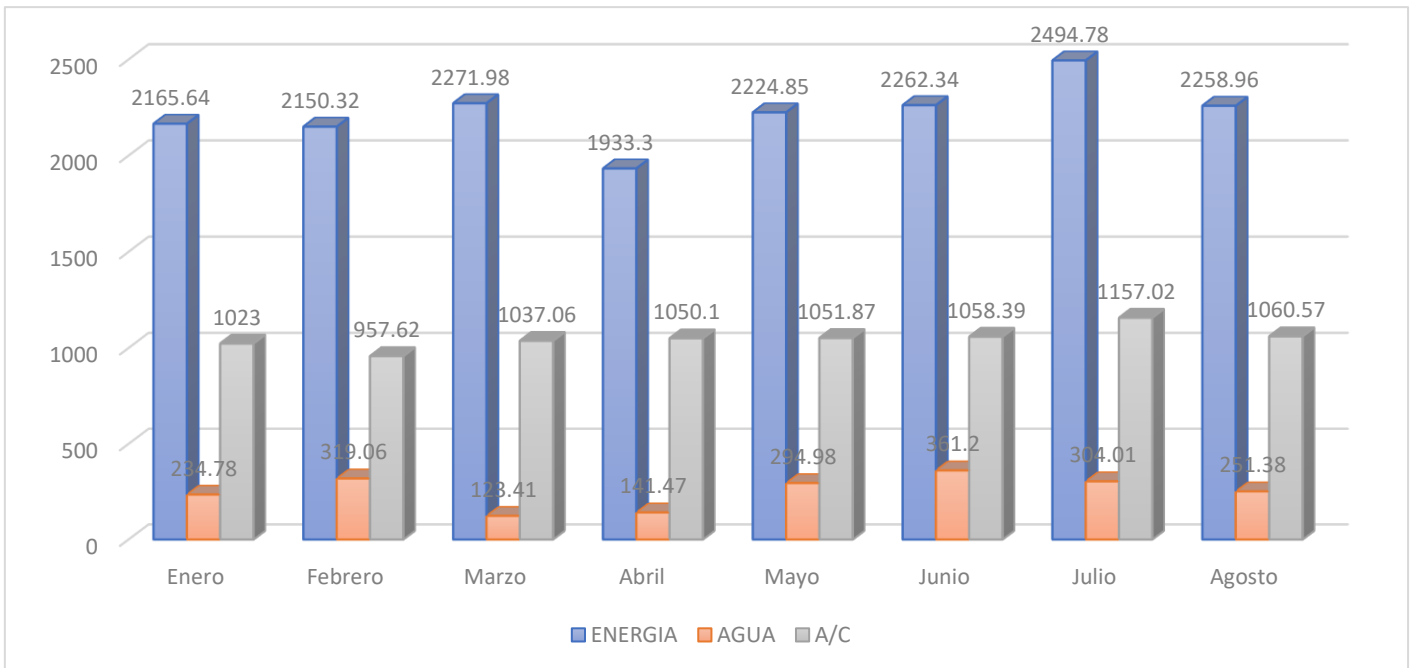
| MES          | LOCAL   | COSTO ENERGIA ELECTRICA (USD) | Consumo agua (m3) | Costo de agua (USD) | Aire Acondicionado | Costo de A/C (USD) |
|--------------|---------|-------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| May          | 304-305 | 541                           | -                 | -                   |                    |                    |
|              | 403     | 953.08                        | 6                 | 18.06               | 1175               | 217.38             |
|              | 402     | 582.53                        | 80                | 240.8               | 1525               | 282.13             |
|              | 304-305 | 148.24                        | 12                | 36.12               | 2985.71            | 552.36             |
|              | TOTAL   | 2224.85                       | 98                | 294.98              | 5685.71            | 1051.87            |
| Jun          | 403     | 944.41                        | 5                 | 15.05               | 1200               | 222                |
|              | 304-305 | 132.87                        | 13                | 39.13               | 2921.05            | 540.39             |
|              | 402     | 584.29                        | 102               | 307.02              | 1600               | 296                |
|              | 304-305 | 600.77                        |                   |                     |                    |                    |
|              | TOTAL   | 2262.34                       | 120               | 361.2               | 5721.05            | 1058.39            |
| Jul          | 403     | 1015.61                       | 5                 | 15.05               | 1275               | 235.98             |
|              | 305     | 147.06                        | 16                | 48.16               | 3289.47            | 608.55             |
|              | 402     | 637.17                        | 80                | 240.8               | 1689.13            | 312.49             |
|              | 304     | 694.94                        |                   |                     |                    |                    |
|              | TOTAL   | 2494.78                       | 101               | 304.01              | 6253.6             | 1157.02            |
| Ago          | 402     | 566.53                        | 50.93             | 182.84              | 1738.07            | 321.54             |
|              | 304-305 | 655.59                        |                   |                     |                    |                    |
|              | 403     | 898.88                        | 6.67              | 23.95               | 1223.05            | 226.26             |
|              | 304-305 | 137.96                        | 12.42             | 44.59               | 2771.75            | 512.77             |
|              | TOTAL   | 2258.96                       | 70.02             | 251.38              | 5732.87            | 1060.57            |
| <b>TOTAL</b> |         | <b>17762.17</b>               | 647.02            | <b>2030.29</b>      | 46956.54           | <b>8395.63</b>     |

**Tabla E.2.** Costos mensuales por recurso. Ene-Ago 2021

| COSTOS (\$) |         |        |         |
|-------------|---------|--------|---------|
| MES         | ENERGIA | AGUA   | A/C     |
| Enero       | 2165.64 | 234.78 | 1023    |
| Febrero     | 2150.32 | 319.06 | 957.62  |
| Marzo       | 2271.98 | 123.41 | 1037.06 |
| Abril       | 1933.3  | 141.47 | 1050.1  |
| Mayo        | 2224.85 | 294.98 | 1051.87 |
| Junio       | 2262.34 | 361.2  | 1058.39 |
| Julio       | 2494.78 | 304.01 | 1157.02 |
| Agosto      | 2258.96 | 251.38 | 1060.57 |

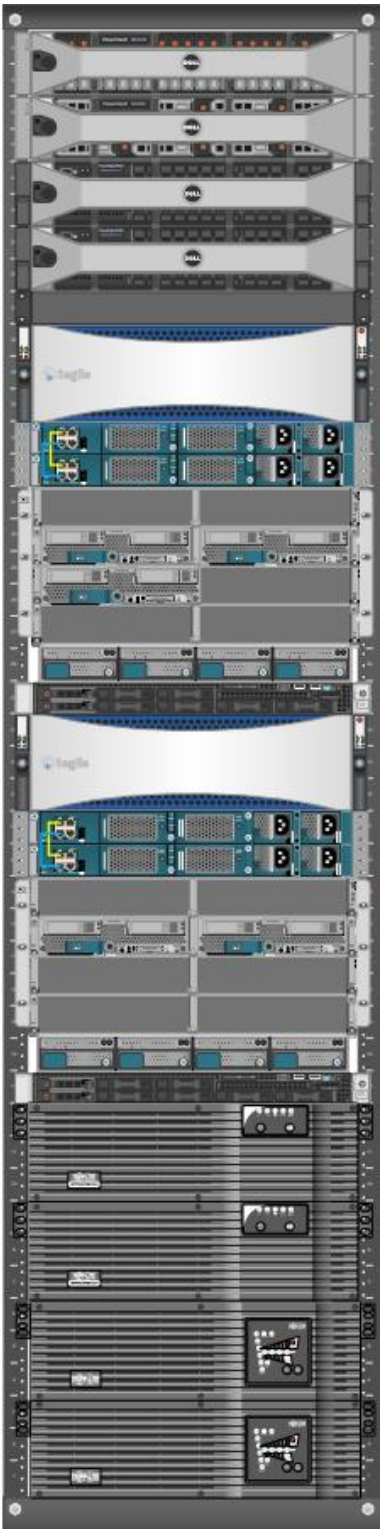
**Tabla E.3.** Áreas de mayor consumo de cada recurso

| AREAS DE MAYOR CONSUMO |            |
|------------------------|------------|
| Recurso                | Area/Local |
| Electricidad           | 403        |
| Agua                   | 402        |
| A/C                    | 304-305    |

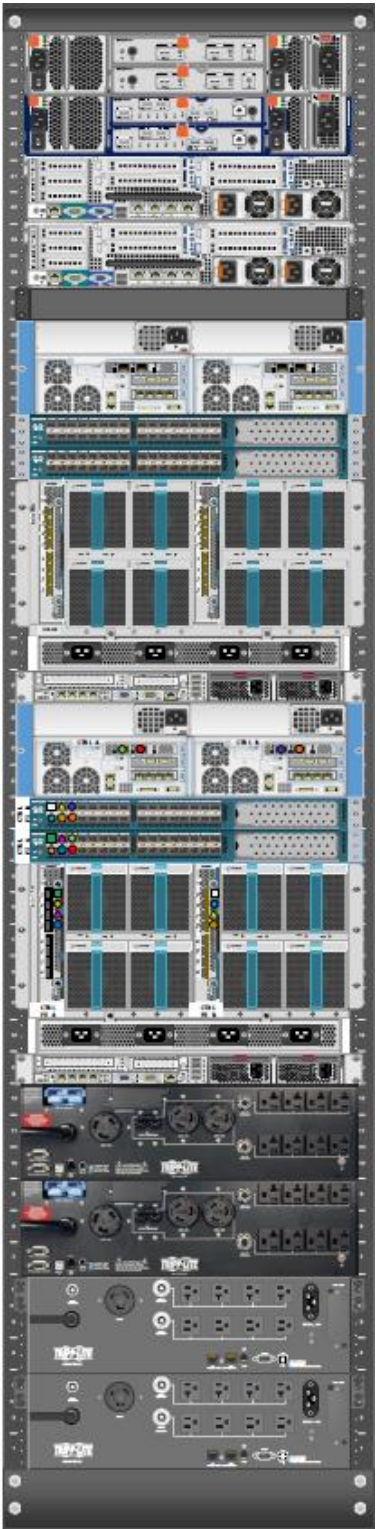


**Ilustración E.1** Gráfico comparativo del consumo de recursos de Enero a Agosto 2021

**ANEXO F: Diagrama de equipos informáticos dentro del cuarto de servidores**



**Ilustración F.1** Parte Frontal del *rack* de servidores



**Ilustración F.2** Parte trasera del *rack* de servidores