



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIDAD EN AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA
ENERGÍA**

**MONITOREO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO
EN EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA DIRECCIÓN
GENERAL DE CÓMPUTO Y DE TECNOLOGÍAS DE
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (DGTIC – UNAM).**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL:
TÍTULO DE ESPECIALISTA
EN:
AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

**PRESENTA:
VICTOR HUGO LAGUNAS MUÑOZ**



DR. CÉSAR ÁNGELES CAMACHO

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos.

A mis padres.

Gracias por ser parte esencial de lo que hoy en día soy, por los valores, la educación, cariño y amor que me dan. Por impulsar en mí siempre el deseo de superación y de ser mejor persona; de dar lo máximo para luchar por mis sueños. Gracias por ser el pilar fundamental de la gran familia que hoy tengo y por cuidar de este amor. Gracias por ser mis padres. A ustedes que tantas veces me han visto caer y levantarme, gracias porque siempre estaré orgulloso de las personas que son, de lo que han formado y de la persona en que me han ayudado a convertirme. Siempre estarán dedicados a ustedes todos mis logros.

A mis hermanos.

Gracias por ser las personas más reales, sinceras y leales conmigo, por corregirme, pero sobre todo gracias por siempre estar a mi lado, por el apoyo y por todas las metas cumplidas. Un gracias no basta para demostrarles el cariño y agradecimiento que les tengo y lo afortunado que soy de tenerlos en mí vida, no hay palabras para demostrarles lo mucho que los amo, los respeto y los admiro. Gracias por siempre apoyarme, guiarme, tenerme paciencia, ser mis confidentes, amigos, pero sobre todo gracias por ser ustedes.

A mis sinodales.

Gracias a mi tutor Dr. Cesar Ángeles Camacho, quien con su conocimiento y apoyo me guio y motivo para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto, por su dedicación, su tiempo y aportaciones valiosísimas a este trabajo. Gracias a todos mis sinodales por compartir sus conocimientos y dar lo mejor de ellos en cada clase, por su disposición de ayuda y por su valioso tiempo que se tomaron para dejar en nosotros conocimientos que forman las bases para afrontar un mundo laboral, darnos las herramientas necesarias para superarnos y crecer académicamente, profesionalmente y personalmente.

Índice

Agradecimientos.....	2
Índice.....	3
Índice de gráficas.....	6
Índice de tablas.....	7
Índice de ilustraciones.....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Capítulo I. Introducción.....	10
1.1 Introducción.....	10
1.2 Antecedentes.....	11
1.3 Justificación.....	12
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1 Objetivo Principal.....	12
1.4.2 Objetivos Particulares.....	12
1.5 Metodología.....	13
1.6 Marco Teórico.....	13
1.7 Contenido de la tesina.....	25
Capítulo II. Descripción del sistema de estudio.....	26
2.1 Descripción del sistema eléctrico a analizar.....	26
2.1.1 Levantamiento de los circuitos eléctricos.....	28
2.2 Descripción del Sistema de adquisición de datos.....	29
2.2.1 Arquitectura de sistema de adquisición de datos.....	30
2.2.2 Descripción de equipos.....	31
2.2.3 Acondicionamiento del equipo.....	33
2.3 Instalación del equipo.....	34
Capítulo III Descripción y análisis de datos.....	36
3.1 Adquisición de datos.....	36
3.2 Monitoreo de datos.....	36
3.3 Descripción de datos.....	37
3.4 Perfiles de datos.....	38
3.5 Identificación de patrones de carga.....	39
3.5.1 Ixtli 1 y 2 Alumbrado.....	39

3.5.2 Infraestructura electromecánica. Taller.	40
3.5.3 Tablero UPS.	41
3.5.4 Vestíbulo.	42
3.5.5 Auditorio 1.	43
3.5.6 Auditorio 2.	44
3.5.7 C-22.	44
3.5.8 UNIDI.	45
3.5.9 Aire 1 CD.	46
3.5.10 Aire 2 CD.	47
3.5.11 Aire 3 CD.	47
3.5.12 Aire 4 CD.	48
3.5.13 Condensadora 1 CD.	49
3.5.14 Condensadora 4 CD.	50
3.5.15 Condensadora 2 CD.	51
3.5.16 Condensadora 3 CD.	51
3.5.17 UPS PW9315.	52
3.5.18 UMA 4 SC.	53
3.5.19 UMA 3 SC.	55
3.5.20 UMA 2 SC.	55
3.5.21 UMA 1 SC.	57
3.5.22 UC4 SC.	58
3.5.23 UC 3 SC.	58
3.5.24 UC 1 SC.	59
3.5.25 UC 2 SC.	60
3.5.26 Rectificador PBX.	61
3.5.27 Closet Unidad Administrativa.	62
3.6 Perfil de potencia.	63
Capitulo IV Caso de estudio. Calidad de la energía.	66
4.1 Introducción.	66
4.2 Voltaje (Flicker, Swell y Swag).	66
4.3 Corriente.	68
4.4 Desbalances.	69
4.4.1 Desbalance de voltaje.	70

4.4.2 Desbalance de corriente.....	72
4.5 Factor de potencia.....	74
4.6 Frecuencia.....	75
4.7 Tablas resumen.....	76
Capítulo V Propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía.....	78
5.1 Análisis de consumo de energía.....	78
5.2 Consumos de energía por circuito.....	83
5.3 Propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía.....	84
Capítulo VI Conclusiones.....	88
Capítulo VII Bibliografía.....	90

Índice de gráficas.

Gráfica 1. Ixtli 1 y 2, Alumbrado (SG1-7).	40
Gráfica 2. Infraestructura electromecánica. Taller (SG1-8).....	41
Gráfica 3. Tablero UPS (SG1-10).	42
Gráfica 4. Vestíbulo (SG1-14).....	43
Gráfica 5. Auditorio 1 (SG1-17).....	43
Gráfica 6. Auditorio 2 (SG1-19).....	44
Gráfica 7. C-22 (SG1-22).	45
Gráfica 8. UNIDI (SG1-23).....	45
Gráfica 9. Aire 1 CD (SG2-1).....	46
Gráfica 10. Aire 2 CD (SG2-2).....	47
Gráfica 11. Aire 3 CD (SG2-3).....	48
Gráfica 12. Aire 4 CD (SG2-4).....	49
Gráfica 13. Condensadora 1 CD (SG2-6).....	50
Gráfica 14. Condensadora 4 CD (SG2-2).....	50
Gráfica 15. Condensadora 2 CD (SG2-8).....	51
Gráfica 16. Condensador 3 CD (SG2-9).....	52
Gráfica 17. UPS PW 9315 (SG3-2).	53
Gráfica 18. UMA 4 (SG3-3).	54
Gráfica 19. UMA 3 (SG3-4).	55
Gráfica 20. UMA 2 (SG3-5).	56
Gráfica 21. UMA 1 (SG3-6).	57
Gráfica 22. UC 4 SC (SG3-11).	58
Gráfica 23. UC3 SC (SG3-12).	59
Gráfica 24. UC 1 SC (SG3-13).	60
Gráfica 25. UC 2 SC (SG3-14).	60
Gráfica 26. Rectificador PBX (SG3-15).....	61
Gráfica 27. Closet Unidad Administrativa (SG3-17).	62
Gráfica 28. Perfil de potencia 19 de enero de 2021.	64
Gráfica 29. Perfil de potencia semanal.	64
Gráfica 30. Voltaje de fase a neutro y sus rangos de fluctuación.	67
Gráfica 31. Voltaje entre fases y sus rangos de fluctuación.	67
Gráfica 32. Perfil en corriente.....	69
Gráfica 33. Factor de potencia.....	75
Gráfica 34. Frecuencia [Hz].....	76

Índice de tablas.

Tabla 1. Categorías y características típicas de los fenómenos electromagnéticos de un sistema eléctrico. (IEEE, IEEE Std 1159 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 2009).	17
Tabla 2. Horarios para facturación.....	23
Tabla 3. Levantamiento de circuitos Servicios Generales.	28
Tabla 4. Levantamiento de circuitos Servicios Generales. (Continuación).	29
Tabla 5. Características eléctricas PZEM-016.	32
Tabla 6. Máximo, promedio, mínimo de voltaje línea a neutro.	66
Tabla 7. Máximo, promedio, mínimo de voltaje entre fases.	67
Tabla 8. Variaciones de tensión (dmax).	68
Tabla 9. Máximo, promedio, mínimo de corriente.....	69
Tabla 10. Desbalance de voltaje y corriente.	74
Tabla 11. Máximo, promedio, mínimo de factor de potencia.....	74
Tabla 12. Máximo, promedio, mínimo de frecuencia.	75
Tabla 13. Tabla resumen del Brazo 2 con mediciones cada 5 segundos.	76
Tabla 14 Tabla resumen del brazo 2 con mediciones cada 5 segundos. (Continuación).....	77
Tabla 15. Tabla resumen del Brazo 1 con mediciones cada 5 segundos.	77
Tabla 16. Costo de la energía sin considerar penalizaciones o bonificaciones.	82
Tabla 17. Costo total del recibo eléctrico.....	82
Tabla 18. Costo de energía y de recibo de los circuitos medidos.....	83

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1. Diagrama Unifilar DGTIC – UNAM.	27
Ilustración 2. Diseño gabinete.	30
Ilustración 3. Medidor PZEM-016.	32
Ilustración 4. Sistema de adquisición de datos.	33
Ilustración 5. Instalación.	35
Ilustración 6. Plataformas de monitoreo del datalogger.	37
Ilustración 7. Tarifas GDMTH correspondiente al mes de enero 2021.	78
Ilustración 8. Consumos proyectados al mes.	79

Resumen.

En el presente trabajo se monitoreó y analizó el comportamiento eléctrico en la dependencia, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC – UNAM), poniendo énfasis en los servicios generales debido a su importancia ya que son la carga eléctrica instalada, sin dejar de lado la acometida eléctrica, los servicios de misión crítica y las demás ramificaciones eléctricas dentro de la misma.

Para cumplir con el monitoreo y las mediciones en los diversos puntos se colocaron equipos diseñados por el Instituto de Ingeniería, los cuales contienen un analizador de calidad de la energía en conjunto con un datalogger de manufacturación interna, los cuales nos permiten recopilar, respaldar y acondicionar los datos con un formato accesible para su manejo y sin uso de algún software de pago, lo cual permitió obtener los patrones de carga para analizar el comportamiento eléctrico a través del tiempo, realizar un pequeño estudio de calidad de la energía con los datos recopilados y así proponer medidas de ahorro y uso eficiente de la energía. De la misma manera obtener un historial de comportamiento eléctrico y así prevenir algunas afectaciones.

Abstract.

In the present work, will be monitored and analyzed the electrical behavior in the dependency, General Directorate of Computing and Information and Communication Technologies (DGTIC – UNAM), emphasizing the general services due to the importance of these, since they are the installed electric charge of the dependency, without neglecting the power connection, the critical mission services, and the other electrical ramifications inside of the dependency.

To carry out the monitoring and measurements at the various points, equipment designed by the Engineering Institute was installed, which contains an energy quality analyzer together with an in-house manufacturing datalogger, which allows us to collect, back up, and condition the data in an accessible format for its handling and without the use of any paid software, which allowed us to obtain the patterns of charge and analyze the electrical behavior over time, to carry out a small energy quality study with the data collected, in the same way, propose measures for saving and efficient use of energy, and obtain a history of electrical behavior and thus prevent some effects.

Capítulo I. Introducción.

1.1 Introducción.

El promover y encontrar la manera de hacer un uso más eficiente de la energía en instalaciones nuevas y existentes, es un reto que beneficia tanto al usuario como al medioambiente debido a que en México la mayoría de nuestra energía proviene de combustibles fósiles. El ahorro energético y la calidad de la energía conllevan directamente a un menor impacto ecológico, mientras que por otro lado, los consumidores de energía encontrarán en la eficiencia energética y la calidad de la energía un ahorro económico, un sistema eléctrico más eficiente y estable.

La **eficiencia energética** consiste en utilizar la energía de la mejor manera, es decir, con menos cantidad de energía obtener los mismos resultados. Esto a través de la aplicación de nuevas tecnologías, creando nuevos hábitos o una combinación de ambos. (Comisión Federal de Electricidad, 2020)

Este concepto cobra importancia a la hora de obtener un beneficio económico y ambiental tanto a nivel global como a nivel consumidor. Los principales interesados son los consumidores de grandes cantidades de energía que lo que buscan es el ahorro y mejoramiento de su sistema, obteniendo así una reducción en su facturación, esto sin ver afectadas su operación, manejo y calidad de su producción o servicio.

Siendo de esta manera que cobran gran importancia los indicadores de calidad de la energía, debido a que estos nos dan una idea general del uso eficiente de la energía, ayudando a tener un sistema eléctrico estable, en el cual no se afecte a terceros por un uso ineficiente o carente calidad en los usuarios finales y el proveedor de esta energía. Y aunque estos indicadores son aplicados la mayor parte a grandes industrias son de suma importancia para obtener un sistema eléctrico eficiente. De la misma manera los diagnósticos energéticos han cobrado gran importancia hoy en día, pero aún más de los sistemas de medición y monitoreo, ya que éstos deben ser capaces de dar una perspectiva del comportamiento del consumo eléctrico (corrientes, voltajes, armónicos, factor de potencia, THD, kWh, etc.) y así identificar patrones, cargas, horas de servicio, anomalías, eficiencias, entre otros, para así encontrar las oportunidades de mejora y ahorro.

La utilización de diferentes equipos de medición, monitoreo y técnicas de análisis de datos, que van desde la colocación de analizadores de calidad de la energía como de analizadores multi circuitos en los puntos clave de la instalación, el manejo de software y bases de datos para el análisis, nos dan la capacidad de buscar la eficiencia energética y el ahorro de energía en el sistema. Evaluando así el comportamiento eléctrico y el cumplimiento con las normas vigentes y el código de red.

1.2 Antecedentes.

La Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicación (DGTIC-UNAM), es la dependencia encargada de ser el punto de unión entre la comunidad universitaria y la UNAM para aprovechar los beneficios que las tecnologías de la información y las telecomunicaciones pueden aportar a la docencia, la investigación, la difusión de la cultura y la administración universitaria. (Comunicación, 2020).

Esta dependencia es de suma importancia ya que es la principal en establecer y operar la infraestructura central de cómputo y de telecomunicaciones. Además de consolidar la operación de un sistema de información universitario que permita lograr la inteligencia organizacional.

La DGTIC también proporciona orientación y asesoría a las dependencias universitarias en tema de infraestructura, mantenimiento, valoración, mejora, solución de cómputo y telecomunicaciones para cumplir con normas u objetivos en específicos, logrando la vinculación de todas las dependencias en materia de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

La DGTIC ha sido objeto de estudios y proyectos, el más reciente es una campaña de mediciones en el anillo alimentador, el cual se encuentra en proceso y se espera poder desarrollar simulaciones para ver la respuesta de este ante alguna contingencia, ayudándose de software y encontrando de ser así anomalías y poder hacer un estudio eléctrico más a fondo.

Además, que se han instalado equipos de monitoreo para ver el comportamiento de equipos como son los UPS (Uninterruptible Power Supply), campañas de medición en la infraestructura de cómputo, así como la implementación de sistemas de monitoreo remoto de algunos equipos. A la par DGTIC preocupada por la calidad de la energía lleva a cabo reportes internos relacionados con la calidad y el monitoreo de la energía suministrada a la dependencia y el uso de ella en los sistemas de misión crítica como prioridad, debido a la importancia de los equipos que se tienen y las afectaciones que estos pueden tener por alguna variación de voltaje, corriente, etc. Todo esto internamente a la dependencia y que le ha permitido percatarse de áreas de oportunidad de ahorro de energía, como es el caso de cambio de equipos aires acondicionados de precisión por aires confinados en la infraestructura de cómputo (DGTIC, 2020), y otras que no son tan factibles de solucionar, por lo cual es necesario de los sistemas de monitoreo y realizar un mayor número de mediciones puntuales en los diversos puntos del sistema, los más críticos y en los cuales podemos tener mayores oportunidades de ahorro, para crear un sistema eficiente. (DGTIC, 2020).

Un hecho que se vio presente durante todo el periodo en el que se llevó a cabo este estudio, fue una variable sobre la cual no se tenía control en la que todos nos vimos involucrados. Esa fue la situación epidemiológica mundial por COVID, la cual nos llevó a una adaptación de nuestras vidas. El tiempo en el que se llevó a cabo este trabajo fue el punto más crítico de la epidemia, cuando en nuestro país se declaraba una situación de emergencia, ordenando el aislamiento. Fue bajo este escenario que todas las actividades se vieron afectadas y por lo cual hubo un acceso nulo a la dependencia, así como restricciones para el desarrollo. Lo anterior nos llevó a una reorganización con las condiciones presentes para cumplir con objetivos y resultados.

1.3 Justificación.

La DGTIC cuenta en su interior con cargas que van desde motores, iluminación, computadoras personales, equipos de oficina, sistemas de refrigeración, aires acondicionados y sus principales cargas: la infraestructura central de cómputo (super-cómputo y centro de datos) y de telecomunicaciones de la UNAM. Estas últimas son consideradas cargas de misión crítica, por lo que requieren de una infraestructura compleja y redundante para evitar cualquier interrupción en el servicio de energía. Es claro que el alto consumo energético de esta dependencia es un tema por resolver y para el cual el monitoreo del sistema eléctrico es esencial ya que se necesitan encontrar los posibles puntos o estrategias de ahorro y uso eficiente de la energía.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo Principal.

Monitorear los circuitos eléctricos, dentro de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información y Comunicación para identificar oportunidades de ahorro y uso eficiente de la energía, conociendo los patrones de carga.

1.4.2 Objetivos Particulares.

- Diseñar y acondicionar la arquitectura adecuada para el sistema de medición.
- Implementar en el área de servicios generales e infraestructura electromecánica un sistema de mediciones novedoso que recopila mediciones de más de 35 puntos simultáneamente.
- Medir simultáneamente con analizadores de energía las acometidas principales que suministran electricidad a los servicios de misión crítica.

- Elaboración de una base de datos que correlacione las variables de los diferentes equipos (armónicos, factor de potencia, corrientes, THD, kWh, etc) a través de una misma estampa de tiempo.
- Identificar patrones de consumo en cada carga medida.
- Identificar los puntos donde pueden proponerse estrategias de ahorro.
- Realizar un análisis de calidad de la energía con los datos obtenidos.
- Analizar el consumo eléctrico del alimentador de servicios generales.

1.5 Metodología.

El presente trabajo de tesina está fundamentado en el establecimiento de un plan de trabajo de acuerdo con nuestras necesidades u objetivos personales y académicos, por lo cual se ha enlistado las siguientes funciones principales:

- Levantamiento de los circuitos eléctricos del inmueble.
- Diseño de la arquitectura del sistema de medición.
- Selección de la instrumentación necesaria.
- Instalación de equipos.
 - Implementar en el área de servicios generales e infraestructura electromecánica un sistema de mediciones de 35 puntos simultáneamente.
- Monitoreo de las instalaciones.
 - Medir simultáneamente con analizadores de calidad de la energía las acometidas principales que suministran energía a la DGTIC.
- Gestión de datos.
 - Elaboración de una base de datos que correlacione las variables de los diferentes equipos (armónicos, factor de potencia, corrientes, THD, kWh, etc) a través de una misma estampa de tiempo.
- Análisis de los datos obtenidos.
 - Identificar los puntos donde pueden proponerse estrategias de ahorro.
 - Identificar patrones de consumo en cada carga medida.
 - Realizar estudio de calidad de la energía
- Verificación de cumplimiento de normas.
- Análisis del consumo eléctrico.
- Propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía.
- Conclusiones.

1.6 Marco Teórico.

Los sistemas de monitoreo eléctrico son hoy en día de gran importancia ya que estos nos permiten tener un estatus en tiempo real de los valores y parámetros de

los diversos componentes de nuestro sistema eléctrico, en este caso el de la dependencia DGTIC y esto nos permite observar algunas anomalías, incidencias o virtudes del sistema eléctrico, de la misma manera el cómo afecta a los equipos y procesos. Es por lo que hay que tener claros los diversos conceptos que se manejan en el monitoreo de los sistemas eléctricos, así como las normas y los encargados de la operación del sistema eléctrico los cuales se describen a continuación.

Diagnóstico energético

Un **diagnóstico energético**, es un estudio minucioso en el que se realizan diferentes técnicas y estrategias para determinar la eficiencia con la cual se utiliza la energía en los diversos procesos que se ve sometida y en un balance general, partiendo principalmente de un estudio de consumos energéticos en el cual se lleva a cabo el monitoreo y recopilación de datos de diseño (datos de placa), además de los datos en operación de los diversos equipos involucrados. Así como una inspección e investigación de los procesos que se llevan a cabo, como se llevan a cabo, con qué frecuencia se utilizan, así como sus mantenimientos y sus condiciones de uso. Una vez finalizado esto se procede a un análisis minucioso de la información recopilada durante el proceso, en el cual se entrega un reporte anexando estrategias iniciales y recomendaciones para lograr un ahorro de energía y hacer un uso eficiente de la energía en cada proceso.

Eficiencia energética

La **eficiencia energética** consiste en a través del uso de nuevas tecnologías o mejoras en el sistema, hacer un sistema más eficiente donde se ocupe de mejor manera la energía, es decir, que con menos energía se obtenga el mismo resultado sin afectar el uso final. Un ejemplo de esto se da muy comúnmente en la iluminación con el reemplazo de luminarias, ya sea de un foco incandescente a uno de tecnología led que dé el mismo flujo luminoso, pero con un consumo menor de energía por lo cual, se logra un sistema más eficiente ya que con menos energía se obtiene el mismo flujo luminoso, sólo se cambió la tecnología por una más eficiente.

Ahorro de energía

El **ahorro de energía** consiste en reducir el consumo de energía pudiendo o no, estas acciones afectar el servicio, producción, confort o el uso final de la energía, es decir, con menos energía obtener un ahorro de energía, sin tomar en cuenta el resultado final del proceso. (Econova, 2022). Esto lo podemos lograr a través de buenas prácticas, como es el apagar la luz cuando no se ocupa o en lugares que no es necesario debido a su aportación lumínica del sol, esto dejando en segundo término el nivel de flujo luminoso que requiera el área iluminada para así lograr un ahorro de energía.

Es de aquí que surge la necesidad de tener indicadores con los cuales se pueda evaluar de manera general el uso eficiente de la energía en la vivienda o edificación, es por esta razón que el concepto de calidad de la energía toma gran importancia, ya que nos ayuda a darnos idea general del aprovechamiento de la energía y el uso eficiente de esta. Así mismo sabemos que la calidad de energía es de vital importancia para garantizar un sistema eléctrico seguro y confiable. Del no asegurar un uso eficiente en la energía tanto en el suministrador como en el consumidor, nos lleva a afectaciones al sistema eléctrico y si estas no se corrigen repercute directamente en la calidad de la energía provocando deficiencias en el sistema eléctrico y amenazando la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico; ya que el no aprovechar de manera correcta la energía nos lleva a la creación de factores no deseables en el sistema eléctrico de los cuales se explicaran más adelante.

De esta manera es que la calidad de la energía es un concepto tan amplio e importante en el uso eficiente de la energía, ya que estos son nuestra primera arma para garantizar un sistema eléctrico confiable, seguro y de calidad, además que esto nos ayudara a tener menores perdidas en el sistema, así como desperdicio de la energía, lo cual nos ayuda con la operación en condiciones óptimas del sistema eléctrico, teniendo también repercusiones ecológicas debido a que no se estará usando energía de más, reduciendo emisiones de CO₂, entre otros beneficios de gran importancia.

Calidad de la energía

El termino **calidad de la energía** hace referencia a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracteriza el voltaje y corriente en un instante y lugar del sistema eléctrico dado (IEEE, IEEE Std 1159 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 2009). Es por eso que hoy en día con la aparición de equipos causantes o susceptibles a los fenómenos electromagnéticos, es de vital importancia este fenómeno ya que al tener mayor presencia de dispositivos como estos tenemos más variaciones en las formas de onda que caracterizan el voltaje y la corriente, por consiguiente, es de suma importancia que la calidad de la energía se garantice en todos los puntos de los sistemas eléctricos.

Es por esta razón que se habla de calidad de voltaje y calidad de corriente, lo cual al garantizar estos dos nos lleva a contar con un sistema eléctrico confiable, el cual al conectar los equipos podemos tener la seguridad de que no se verán afectados por una mala calidad en el voltaje o en la corriente que nos entrega el suministrador eléctrico, es por eso la gran importancia de tener un sistema seguro el cual su principal objetivo a evaluar sea la calidad de la energía en valores de voltaje y corriente, los cual son dos conceptos que van de la mano uno con el otro y que son de suma importancia.

De la misma manera se han trabajado en normas, reglamentos y organizaciones que regulen y se encarguen de establecer lineamientos y obligaciones para cumplir

con la calidad de la energía ya sea tanto de parte del suministrador, en este caso Comisión Federal de Electricidad (CFE), como del usuario (UNAM-DGTIC). Aunque ya existen normas mexicanas por parte de CFE para el buen funcionamiento de la red, estas no eran de carácter obligatorio u no eran bien ejecutadas, por lo cual ahora se trabaja en un código de red el cual será de carácter obligatorio para todos los suministradores y usuarios que se conecten a al sistema eléctrico nacional, para así garantizar la calidad de la energía a cualquier nivel del sistema eléctrico.

Armónicos

Los **armónicos** son distorsiones en la forma de onda senoidal fundamental, que se presenta a diferentes frecuencias de la frecuencia fundamental, lo cual afecta la calidad de la energía y se pueden presentar tanto en voltaje como en corriente, los cual pueden afectar a equipos muy sensibles y propensos a estos cambios como son los equipos de cómputo. Los armónicos normalmente son ocasionados por equipos electromagnéticos y donde haya aplicaciones de semiconductores como son: magnetizaciones no lineales en los transformadores, maquinas rotatorias como es el caso de los motores, dispositivos de arco eléctrico, variadores de corriente alterna (CA), reguladores de CA, reactores controlados por varistores entre otros. Estos a su vez se dividen en:

- Armónicos impares. Son aquellos que representan los armónicos que son múltiplos impares de la frecuencia fundamental.
- Armónicos pares. Son aquellos que representan los armónicos que son múltiplos pares de la frecuencia fundamental.

Una señal con armónicos, generar afectaciones en la potencia activa y en el factor de potencia generando la potencia reactiva, es decir, que la presencia de armónicos en nuestro sistema nos estará diciendo que la potencia suministrada al equipo solo una parte se aprovecha (potencia activa), y la otra se desperdicia o se transforma en pérdidas (potencia reactiva), por lo cual es uno de los factores a evitar que se presenten en nuestro sistema, ya que es un indicador de uso ineficiente de la energía en el sistema. Aunque es inevitable en algunos equipos la presencia de este fenómeno, es de vital importancia el tenerlos controlados y bajo ciertos valores.

Fenómenos electromagnéticos en un sistema eléctrico

Una forma de categorizar los diferentes fenómenos electromagnéticos que se presentan en un sistema eléctrico y que afectan la calidad de la energía es el presentado en la Tabla 1 (IEEE, IEEE Std 1159 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 2009), en la cual se categorizan los distintos fenómenos por su duración, por su deformación a la magnitud de la forma de onda de la señal.

TABLA 1. CATEGORÍAS Y CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS DE UN SISTEMA ELÉCTRICO. (IEEE, IEEE STD 1159 - IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR MONITORING ELECTRIC POWER QUALITY, 2009).

Categorías	Contenido Espectral Típico.	Duración Típica.	Magnitud de Voltaje Típica.
1.0 Transitorios			
1.1 Impulso			
1.1.1 Nanosegundo.	5 ns	< 50 ns	
1.1.2 Microsegundo.	1 μ s	50 ns – 1 ms	
1.1.3 Multi segundo	0.1ms	> 1 ms	
1.2 Oscilatorio.			
1.2.1 Baja frecuencia.	< 5 kHz	0.3 - 50 ms	0 - 4 pu*
1.2.2 Media frecuencia.	5 - 500 kHz	20 μ s	0 - 8 pu
1.2.3 Alta frecuencia.	0.5-5 MHz	5 μ s	0 - 4 pu
2.0 Variaciones de corta duración. (rms)			
2.1 Instantáneos.			
2.1.1 Decremento (Sag).		0.5 - 30 ciclos	0.1 – 0.9 pu
2.1.2 Incremento (Swell).		0.5 - 30 ciclos	1.1 – 1.8 pu
2.2 Momentáneo.			
2.2.1 Interrupción.		0.5 ciclos – 3 s	< 0.1 pu
2.2.2 Decremento (Sag).		30 ciclos – 3 s	0.1 – 0.9 pu
2.2.3 Incremento (Swell).		30 ciclos – 3 s	1.1 – 1.4 pu
2.3 Temporales.			
2.3.1 Interrupción.		>3 s – 1 min	< 0.1 pu
2.3.2 Decremento (Sag).		>3 s – 1 min	0.1 – 0.9 pu
2.3.3 Incremento (Swell).		>3 s – 1 min	1.1 – 1.2 pu
3.0 Variaciones de larga duración. (rms)			
3.1 Interrupción sostenida.		> 1 min	0 pu.
3.2 Sub voltaje.		>1 min	0.8 – 0.9 pu.
3.3 Sobre voltaje.		>1 min	1.1 – 1.2 pu.
3.4 Corriente de sobrevoltaje		>1 min	
4.0 Desbalances.			
4.1 Voltaje.		Estado estacionario.	0.5 – 2 %
4.2 Corriente.		Estado estacionario.	1 – 30 %
5.0 Distorsión de la forma de onda.			
5.1 Desplazamiento DC.		Estado estacionario.	0 – 0.1 %
5.2 Armónicos.	9 kHz	Estado estacionario.	0 – 20%
5.3 Inter armónicos.	9 kHz	Estado estacionario.	0 – 2 %
5.4 Nada.		Estado estacionario.	
5.5 Ruido.	Banda ancha	Estado estacionario.	0 – 1 %
6.0 Fluctuaciones de voltaje.	< 25 Hz	Intermitente.	0.1 – 7 % 0.2 – 2pu*
7.0 Variaciones de frecuencia.		< 10 s	\pm 0.10 Hz
<p>Nota. Estos términos y categorías aplican a mediciones de calidad de la energía y no ser confundidos con términos similares definidos en IEEE Std 1366™-2003 [B27] y otras normas de confiabilidad publicadas, recomendadas, prácticas y guías.</p> <p>*La cantidad pu refiere a por unidad quien es adimensional. La cantidad 1.0 pu corresponde a 100%. La condición inicial es a menudo considerada 1.0 pu. En esta tabla el valor nominal pico es usado como la base para transitorios y el valor nominal rms es usado como la base para las variaciones rms.</p>			

Transitorios

La IEEE define un transitorio como “*una onda transitoria de corriente, o voltaje en un circuito eléctrico*” (IEEE, Std C62.41, 1995), es decir, es una deformación a la forma de onda de voltaje o corriente transitoria, que no permanece en el circuito que solo se presenta por algunos segundos en el sistema y estas a la vez se categorizan en dos:

- Transitorios de impulso. Este es un cambio repentino de frecuencia sin potencia desde la condición nominal de voltaje, corriente o ambas, (IEEE, IEEE Std 1159 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 2009), es decir, que es un cambio de frecuencia afectando el voltaje y corriente pero no en su magnitud si no en su componente de frecuencia, esta se caracteriza por su tiempo de duración la cual es distinto al de un transitorio oscilatorio ya que ambos son cambios repentinos en frecuencia y pueden ser positivos o negativo, llevan la misma definición solo cambia el tiempo de duración y la magnitud como se especifica en la Tabla 1.
- Transitorios oscilatorios. Estos al igual que los transitorios de impulso son cambios repentinos en la frecuencia, pero estos son de una duración menor, como lo especifica la Tabla 1.

Variación máxima de Voltaje.

El voltaje o tensión de un circuito es la magnitud de la diferencia de potencial entre dos puntos, este valor es de suma importancia por el hecho que hay equipos que trabajan a condiciones y magnitudes específicas de voltaje, y por lo cual una falla en este nos puede causar perdida y daños en equipos sensibles a esto, es por esto que hoy en día se ha puesto márgenes de calidad de la energía con el cual obligamos al suministrador de energía entregarnos un valor idóneo para el uso de la energía.

El código de red recomienda que el valor de voltaje suministrado no debe tener variaciones de $\pm 10\%$ del valor nominal de voltaje por lo cual para evaluar esto podemos evaluarlo fácilmente por medio gráfico. Además, que existen otros tipos de decremento e incrementos en el voltaje que se clasifican por su duración y magnitud como son los sags, swells, las sobre tensiones y demás para los cuales existe la variación de voltajes.

Para la evaluación las fluctuaciones de voltaje (sags, swell, sobre voltaje y sub voltajes) se usa el indicador las variaciones máximas de voltaje (d_{max}) la cual indica que tanto fluctúa el valor de voltaje durante el transcurso del estudio, por medio de la siguiente ecuación.

$$d_{max} [\%] = \frac{\Delta V}{V_{max}} \times 100$$

Donde V_{max} es el valor máximo de voltaje alcanzado durante el periodo de medición y ΔV es la diferencia de dos valores consecutivos de voltaje, de esta misma manera se evalúa en todos los puntos y valores tomados durante el periodo de la medición. Este valor se expresa en porcentaje y no debe exceder el 4% ya que eso implicaría que las fluctuaciones de voltaje serían muy grandes lo cual podría provocar graves afectaciones al sistema eléctrico nacional por lo que el código de red, ordeno que este valor no rebasara el 4% para así garantizar la confiabilidad el sistema y la calidad de la energía en este.

Decremento de voltaje (Sags)

Un sag es un decrecimiento del valor RMS de voltaje que va desde 0.1 a 0.9 pu con duraciones que va desde 0.5 ciclo hasta 1 minuto y dependiendo de esta duración se clasifican en instantánea, momentánea o temporal, como lo especifica en la Tabla 1. Estas normalmente son asociadas a una falla del sistema, pero puede ser causado por switcheos de grandes cargas o arranques largos de motores.

Incremento de voltaje (Swells).

Un swell es un incremento del valor RMS de voltaje que va desde 1.1 hasta 1.8 pu y su duración va desde 0.5 ciclo hasta 1 minuto, y dependiendo de estas se pueden clasificar en instantáneo, momentánea o temporal, como lo muestra la Tabla 1. Estos al igual que los sag son normalmente asociados a fallas del sistema que pueden ser crecimientos momentáneos del nivel de voltaje, aunque estos son menos frecuentes que los sags.

Sobre voltajes.

Un sobrevoltaje es un crecimiento en el valor RMS de voltaje que va desde 1.1 hasta 1.2 pu pero son de larga duración, es decir, que duran más de 1 minutos estas son consecuencia de switcheos de cargas, variaciones en la compensación reactiva en el sistema eléctrico etc.

Sub voltaje.

Un sub-voltaje es un decremento en el valor RMS de la señal de voltaje menor que 0.8 hasta 0.9 pu pero son de larga duración, es decir, que duran más de 1 minuto estos son causados por un apagado del banco de capacitor o un switcheo.

Desbalance.

Un desbalance se presenta cuando en su sistema trifásico el valor de voltaje o corriente en las fases no tienen el mismo valor ya sea en magnitud o en ángulo y entre más sea la diferencia entre estos valores mayor será su desbalance, el caso ideal sería que no existiera desbalance entre las fases, lo cual nos permite evitar la presencia de frecuencias de componente armónicas, así como calentamiento de conductores o fallas de algunos equipos eléctricos.

Es por eso la importancia de tener un desbalance dentro de un rango, para evitar fallas en nuestro sistema eléctrico, además de que ya existe normativas que previene este efecto, por lo cual, ahora el código de red tiene un margen de desbalance para el cumplimiento y evitar que tanto la red como el sistema sea afectado. Estos rangos son evaluados en porcentaje por lo cual para el desbalance

de voltaje solo se permite que sea máximo del 3% y para desbalance de corriente solo se permite un valor máximo del 5%.

El método que ocuparemos para evaluar el desbalance de corriente y voltaje será el de las componentes simétricas, basándonos en el teorema de Fortescue el cual nos dice que cualquier sistema trifásico desequilibrado puede ser descrito como la suma de sus tres componentes simétricas (componente de secuencia positiva (+), negativa (-) y cero (0)). Lo cual puede ser representado de la siguiente forma.

$$V_1 = V_{1(+)} + V_{1(-)} + V_{1(0)}$$

$$V_2 = V_{2(+)} + V_{2(-)} + V_{2(0)}$$

$$V_3 = V_{3(+)} + V_{3(-)} + V_{3(0)}$$

O de forma matricial de la siguiente manera.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{1(0)} \\ V_{1(+)} \\ V_{1(-)} \end{bmatrix}$$

Donde.

$$a = 1 \angle 120^\circ$$

$$a^2 = 1 \angle 240^\circ$$

Pero como lo que necesitamos son las componentes simétricas para evaluar el desbalance, despejamos estas variables, teniendo:

$$\begin{bmatrix} V_{1(0)} \\ V_{1(+)} \\ V_{1(-)} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}$$

$$V_{1(0)} = \frac{V_1}{3} + \frac{V_2}{3} + \frac{V_3}{3}; \quad V_{1(+)} = \frac{V_1}{3} + \frac{aV_2}{3} + \frac{a^2V_3}{3}; \quad V_{1(-)} = \frac{V_1}{3} + \frac{a^2V_2}{3} + \frac{aV_3}{3}$$

Una vez teniendo las componentes simétricas se evalúa el porcentaje de desbalance conforme a lo establecido por el código de red, que en este caso debe de ser máximo del 3%.

$$DV = \frac{|V_{1(-)}|}{|V_{1(+)}|} \times 100$$

Y este mismo proceso se repite de la misma forma para evaluar la corriente, con sus respectivos valores, teniendo así los valores de las componentes simétricas para la corriente.

$$I_{1(0)} = \frac{I_1}{3} + \frac{I_2}{3} + \frac{I_3}{3}; \quad I_{1(+)} = \frac{I_1}{3} + \frac{aI_2}{3} + \frac{a^2I_3}{3}; \quad I_{1(-)} = \frac{I_1}{3} + \frac{a^2I_2}{3} + \frac{aI_3}{3}$$

Una vez teniendo el valor de las componentes simétricas podemos evaluar el porcentaje de desbalance para las corrientes en cada momento de la medición con el que el código de red nos establece que para corriente debe de ser de máximo de 5%.

$$DI = \frac{|I_{1(-)}|}{|I_{1(+)}|} \times 100$$

Factor de potencia.

El factor de potencia es un indicador que nos permite ver que tan eficiente se está aprovechando la potencia en el sistema, el cual se expresa como el cociente entre la potencia activa entre la potencia reactiva, esto quiere decir, que si toda la potencia suministrada al sistema es aprovechada y transformada en trabajo, solo existirá pura potencia activa, es decir, sin pérdidas, pero si la potencia suministrada no es aprovechada totalmente o transformada en trabajo aparecerá la potencia reactiva, lo cual nos indicaría pérdidas. Este es el caso de la mayoría de los equipos en donde el cociente va a variar entre 0 y 1, siendo 1 cuando toda la energía se ha convertido en trabajo sin pérdida y entre más cerca sea a 0 esta energía no está siendo bien aprovechada y es este el caso que normalmente se encuentra y es por eso la necesidad de poner controlarlos y poner límites a este valor ya que esto nos indica un uso ineficiente de la energía.

Para CFE y para el sistema nos conviene que este valor sea lo más cercano a uno ya que así no provoca afectaciones al sistema por medio de la generación de armónico los cuales provocan desbalances en el sistema y es por eso que el código de red está estableciendo valores con los cuales hay que cumplir en este rango, que son todos los grandes consumidores de energía tendrán que cumplir con un factor de potencia (f.p.) de 0.95 en sus primeros 10 años después de la publicación del código de red después de este tiempo tendrán que llegar a ser de 0.97 esto para evitar penalizaciones por un factor de potencia malo.

CFE que es el suministrador de energía cobra penalizaciones de hasta el 120% más del valor de su facturación por factores de potencia menores de 0.9, pero a su vez motiva a que tengan un factor de potencia bueno teniendo bonificaciones por dicho índice de hasta el 2.5% del valor de su facturación. Es por eso la gran importancia de este indicador, aunque el compensar para tener un mejor factor de potencia nunca se va a tomar como una medida de ahorro y uso eficiente de la energía.

Frecuencia.

La frecuencia en un sistema eléctrico es el número de ciclos por segundo de una onda sinusoidal a la cual se transmite la energía, esto es de suma importancia debido

a que todos los equipos que utilizamos están hechos para trabajar a un rango de voltaje y frecuencia establecidos, por lo cual la frecuencia a la que deben ser alimentados puede ser a 50 o 60 [Hz], en el caso de México y la energía se transmite a 60 [Hz], por lo cual todos los equipos están diseñados para trabajar bajo estas condiciones y tienen un rango de tolerancia el cual debe de ser garantizado por la compañía suministradora que no debe exceder el rango de 59.0 [Hz] a 61 [Hz], en régimen permanente o de 58 [Hz] a 62.1 [Hz] en variaciones de 30 minutos, esto para garantizar la calidad de la energía debido a que una caída de esta puede provocar sobretensiones o caídas de tensiones según sea el caso lo cual puede afectar a equipos demasiado sensibles como son los equipos de cómputo.

Cálculo de recibo eléctrico GDMTH (Gran Demanda Media Tensión Horaria).

Para el cálculo de la tarifa eléctrica GDMTH, se maneja un cargo fijo, uno por energía en los periodos de tiempo correspondiente a energía en base, en intermedia y en punta, además de un cargo por distribución, capacidad y factor de potencia. Este último puede ser una bonificación o penalización según sea el caso del valor de factor de potencia obtenido.

Los cargos por energía se calculan conforme a tres periodos de tiempo durante la semana (base, intermedio y punta) los cuales tienen horarios distintos dependiendo de la región en la que se encuentra el inmueble y el mes correspondiente; esto le sirve al suministrador de energía en este caso CFE, para ver que el sistema no se vea sobrepasado y asegurar que se tendrá la cantidad de energía suficiente para suministrar a los usuarios y también un impacto ecológico que son la emisión de CO₂. Es por estas razones que CFE divide y pone estos periodos de tiempo para que así el sistema tenga un control teniendo en cuenta que en un periodo base sale más barato el consumir energía, mientras en el periodo en punta sale más caro, poniendo horarios para que en los periodos de base se ocupen la mayoría de las industrias ya que durante estos periodos los usuarios domésticos no tienen un consumo significativo.

Para nuestro caso de estudio se trata de la región central y dentro de esta nos encontramos en la subregión de Valle de México Sur de CFE, como nuestro periodo de medición fue durante el mes de enero, los horarios correspondientes serán los mostrados en la Tabla 2. En donde nos indica cual es el cargo por energía que se le va a asignar a cada uno de los periodos de tiempo, teniendo así que toda la energía ocupada en cada uno de los periodos de tiempo se multiplicara por el respectivo valor y se sumaran todos para tener el costo de energía.

$$\text{Costo de energía} = (kWh_{Base} \times \$_{Base}) + (kWh_{Intermedia} \times \$_{Intermedia}) + (kWh_{Punta} \times \$_{Punta})$$

TABLA 2. HORARIOS PARA FACTURACIÓN.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
<i>Lunes a viernes</i>	00:00 - 06:00	06:00 – 18:00 22:00 – 24:00	18:00 – 22:00
<i>Sábado</i>	00:00 - 08:00	08:00 – 19:00 21:00 – 24:00	19:00 – 21:00
<i>Domingo y festivos</i>	00:00 – 18:00	18:00 – 24:00	

Una vez teniendo el valor del costo de energía se le sumaran el cargo fijo, los cargos por la distribución, transmisión, capacidad, por la operación que realiza el CENACE y la operación de mercado eléctrico mayorista (MEM), los cuales se pueden consultar en la página de CFE y los acuerdos modificatorios de la tarifa según sea el caso en mes, año y división en la que se encuentren, que son datos que se encuentran en el recibo eléctrico.

Cada uno de estos cargos se calculan por medio de los parámetros obtenidos del sitio web de CFE o de los acuerdos.

$$C_{Distribución} = \frac{((kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{Distribucion}))}{(horas \times dias \text{ del mes} \times \text{factor de carga})}$$

$$C_{Capacidad} = \frac{((kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{Capacidad}))}{(horas \times dias \text{ del mes} \times \text{factor de carga})}$$

$$C_{Transmisión} = (kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{Transmisión})$$

$$MEM = (kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{MEM})$$

$$CENACE = (kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{CENACE})$$

Y una vez teniendo el valor de cada uno de estos se suman para obtener el cargo total por energía

$$C_{\text{Cargo total por energía}} = C_{Fijo} + \text{Costo de energía} + C_{Distribución} + C_{Transmisión} + C_{capacidad} + CENACE + MEM$$

Una vez teniendo el cargo total por energía, si es el caso se le aplica un cargo más que es el cargo por medición en baja tensión ($C_{BT\ 2\%}$) que este es un cargo que aplica CFE de 2% del valor del cargo total por energía, por la medición en el lado de baja tensión si es que aplica.

$$C_{BT\ 2\%} = \text{Cargo total por energía} \times 0.02$$

Al cargo total por energía y al cargo por medición en baja tensión se suman para obtener el cargo antes de factor de potencia ($C_{\text{antes de FP}}$) que es antes de aplicar la bonificación o penalización por el factor de potencia

$$C_{\text{antes de FP}} = \text{Carga total por energía} + C_{BT\ 2\%}$$

Por último, se evalúa y aplica según lo amerite el caso la bonificación o penalización de factor de potencia. Una bonificación por factor de potencia se obtiene cuando se tiene un factor de potencia mayor al que CFE exige. CFE exige un factor de potencia de mínimo de 0.9 o 90% esto para garantizar el buen funcionamiento del sistema eléctrico nacional, es por eso que CFE le da una bonificación a aquellos usuarios que tiene un factor de potencia mayor de 0.9 o 90% y esta puede ser de hasta el 2.5 % de carga antes de factor de potencia, o en caso contrario se aplica una penalización la cual puede ser de hasta 20% más del cargo antes de factor de potencia y estos se calcula por medio de las siguientes formulas.

$$\text{Penalización [\%]} = \frac{3}{5} \left(\frac{90}{FP} - 1 \right) \times 100 ; fp < 90\%$$

$$\text{Bonificación [\%]} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{90}{FP} \right) \times 100 ; fp > 90\%$$

$$C_{BOP} = C_{\text{antes de FP}} \times \text{Penalización o Bonificación}$$

Si es una bonificación este valor se resta al cargo antes de factor de potencia o en el caso contrario (penalización) se suma este, teniendo el cargo total con factor de potencia (C_{FP}).

$$C_{FP} = C_{\text{antes de FP}} \pm C_{BOP}$$

Una vez teniendo estos valores solo faltaría un cargo más que es el IVA que este se aplica por ley y representa el 16% del cargo total con factor de potencia y así nos daría el valor total que se tendría que pagar del recibo eléctrico.

$$\text{Total recibo} = C_{FP} + IVA$$

Código de red

El **código de red** fue emitido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en el cual se establecen criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional, esto conforme a la ley de la industria eléctrica (LIE).

La CRE es la encargada de verificar y supervisar el cumplimiento de lo establecido en el código de red, siendo esta la única autoridad responsable de vigilar el cumplimiento del código de red y en su caso emitir sanciones. El código de red fue publicado una primera versión el 8 de abril de 2016, en esto momentos se encuentra en modificación y revisión para la publicación de una nueva versión de este el cual ya tendrá un carácter de obligatoriedad.

Es por eso que durante el desarrollo del trabajo y en la parte donde se analiza la acometida general se menciona continuamente el código de red, ya que son las

normas que se deben cumplir para evitar sanciones por incumplimiento; y así garantizar el buen funcionamiento del sistema eléctrico nacional. Este es aplicable tanto para el suministrador como para el consumidor en su punto de interconexión que en este caso es en los transformadores de baja tensión y es ahí donde se instaló el sensor para evaluar dicho código de red.

Además de este código tomaremos en cuenta normas establecidas por la Comisión Federal de Electricidad, la cual hasta el 2013 era la única capaz de vender electricidad, pero tras las reformas energéticas este mercado se abrió a la creación de nuevas empresas capaces de generar electricidad y venderla, pero para esto se tiene que utilizar la infraestructura de la CFE y es por eso que tenemos que tomar en cuenta sus normas y regulaciones para la interconexión al sistema eléctrico nacional.

1.7 Contenido de la tesina.

En el **capítulo I** se abarcan los conceptos básicos que se manejan durante el desarrollo de la tesina, así mismo se da un panorama general de lo que se pretende lograr con el presente; llevando una misma línea de investigación que ayude a complementar trabajos antecedentes integrando un aporte más completo y preciso de estos.

Presentando un panorama detallado del sistema de estudio en el **capítulo II**, reconociendo algunas de las cargas implicadas para así lograr una correcta selección de los equipos de medición en el proceso del diseño, armado y acondicionamiento del sistema de medición, así como los retos que se afrontan durante el desarrollo, pruebas para concluir con la instalación del sistema en las instalaciones de la DGTIC

Los desafíos para el manejo y gestión de datos se abordan en el **capítulo III**, así como sus respectivos análisis, comenzando con la acometida principal en donde se identifican los perfiles de carga diario promedio y totales tanto en voltaje como en potencia, de la misma manera se identifican los patrones de carga promedio y máximo de cada circuito medido, como del circuito alimentador.

El desarrollo del estudio de calidad de la energía se desglosa en el **capítulo IV**, en donde con los datos obtenidos del sistema de adquisición de datos y las mediciones en servicios generales, se evalúa la calidad de la energía en la acometida, donde se debería estar midiendo el cobro de energía, teniendo los valores que le afectarían o que habría que mejorar.

Finalmente, los resultados obtenidos del análisis y el estudio de calidad de la energía se plasman en el **capítulo V** en conjunto con el costo del consumo energético de la dependencia. Para así recomendar y dar propuestas de buenas prácticas que permitan obtener un sistema más eficiente con los datos obtenidos.

Capítulo II. Descripción del sistema de estudio.

2.1 Descripción del sistema eléctrico a analizar.

La Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicación (DGTIC), es la dependencia encargada de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en toda la red de la UNAM, por lo cual cuenta con una gran cantidad de equipos destinados a diferentes funciones dentro de la red y cuentan con un sistema robusto de energía eléctrica. Cuenta con dos alimentadores proporcionados por la subestación general de la UNAM la cual a su vez es alimentada por una subestación perteneciente a CFE.

La DGTIC es alimentada por el anillo de media tensión de la red eléctrica de Ciudad Universitaria, del cual llegan dos alimentadores a una tensión de 23 kV, cada uno llega a una acometida dentro de la dependencia y se dirigen a un transformador de 1 MVA / 220/127 V, después pasan a una transferencia en la cual se encuentra una planta de emergencia Cummins de 1 MW como respaldo. Una vez saliendo de la transferencia salen dos derivaciones una al área de servicios de misión crítica, llegando primero a los UPS de 30 kVA los cuales son 2 por alimentador general y contienen toda la carga de las salas de telecomunicaciones y computo, mientras que la otra derivación proveniente de la transferencia se dirige a nuestro caso de estudio que son los servicios generales, donde se encuentra toda la carga eléctrica de la dependencia exceptuando los servicios de misión crítica. Siendo esta la configuración del alimentador preferente la cual se repite para el alimentador emergente con el objetivo de garantizar la continuidad eléctrica en el sistema y de los sistemas de misión crítica, ante alguna falla del sistema.

Los sistemas de misión crítica están conformados por el 97 % de los equipos de las salas de telecomunicaciones y computo, los cuales son energizados por ambos alimentadores generales para garantizar el servicio eléctrico, y así evitar pérdidas durante alguna falla eléctrica o alguna contingencia asegurando la continuidad de los servicios prestados por esta dependencia. Mientras que los servicios generales representan la carga eléctrica de la dependencia y sus servicios propios, así como los aires de precisión, los sistemas de iluminación, fuerza, motores, compresores, hidroneumáticos, etc.; es por eso la gran importancia y del por qué nuestro trabajo se enfocará en estas cargas, esto debido a su fácil acceso y que se puede encontrar una mayor área de oportunidad de ahorro y uso eficiente de la energía.

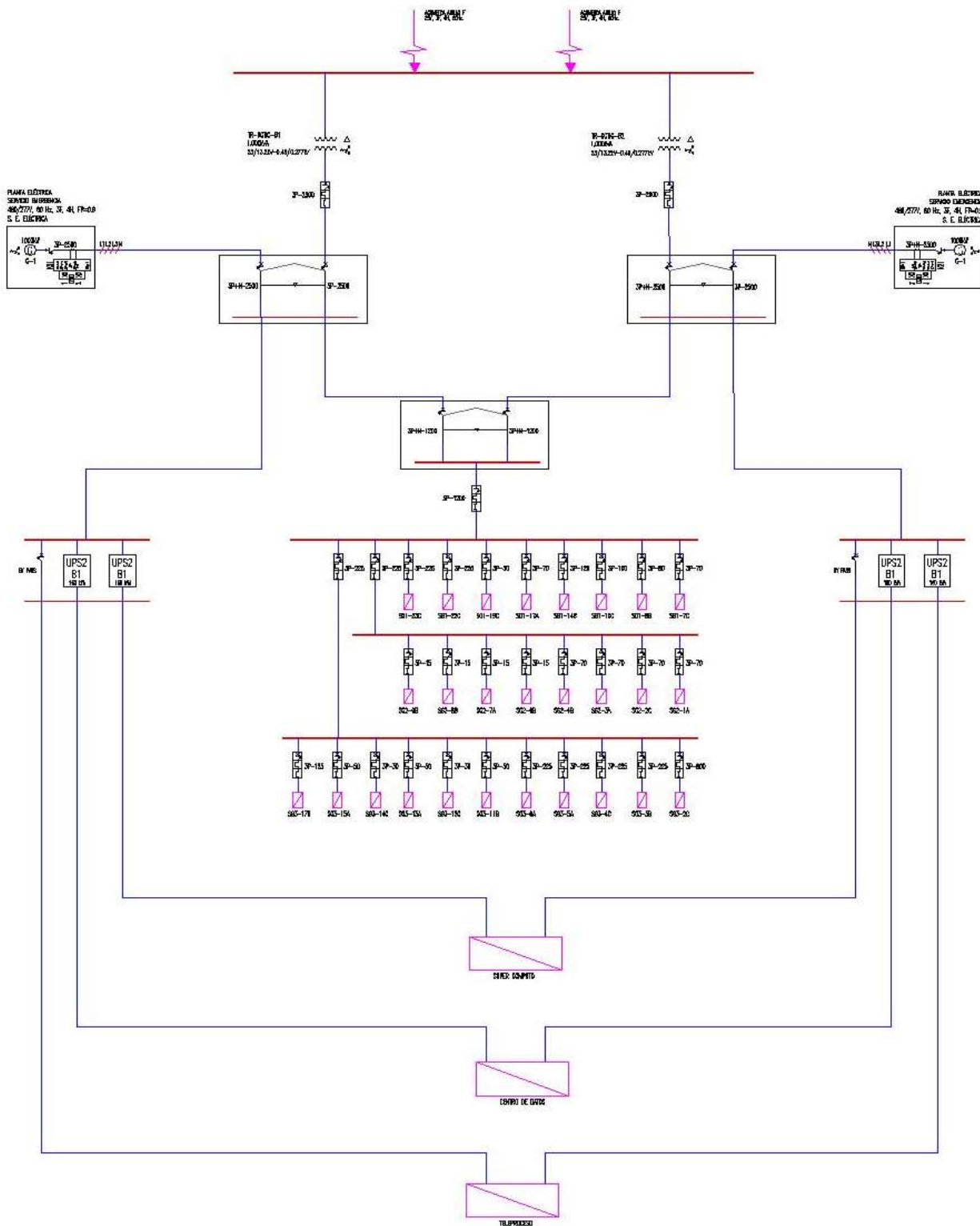


ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA UNIFILAR DGTC – UNAM.

2.1.1 Levantamiento de los circuitos eléctricos.

Siendo que el área de servicios generales representa la carga de la dependencia y debido a su importancia en el sistema, además de que es aún la única zona en la cual no se cuenta con un sistema de monitoreo, así como la gran probabilidad de que las recomendaciones o propuestas sean atendidas a diferencia de los sistemas de misión crítica, en los cuales el acceso es más restringido y el proponer un cambio es más difícil que se lleve a cabo; por estas razones nos enfocaremos en el área de servicios generales.

El área de servicios generales está concentrada principalmente en 3 tableros, los cuales se alimentan de un primer tablero de servicios generales (TSG-01) del cual se derivan otros 2 tableros correspondientes al tablero de servicios generales 2 (TSG-02) y al tablero de servicios generales 3 (TSG-03), de dichos tableros se derivaban las demás ramificaciones que salen a las diferentes áreas dentro de la dependencia y tableros más pequeños donde se tiene una segmentación más exhaustiva de a que se destina la energía, por lo cual se procedió a hacer un levantamiento de estos tableros a nivel circuito.

Una vez hecho el levantamiento se hizo una priorización de los circuitos esto principalmente para reducir la cantidad de circuitos a analizar tomando en cuenta los intereses propios y de la dependencia por circuitos en específicos, así mismo tomando en cuenta que la dependencia no cuenta con una actividad normal por lo cual se descartaron aquellos circuitos donde no había consumo mediante una primera toma de lecturas puntuales de los circuitos, así mismo, se tomó en cuenta cuales de los circuitos representaban un mayor consumo y cuales podrían representar un mayor oportunidad de ahorro, teniendo como resultado la siguiente tabla.

TABLA 3. LEVANTAMIENTO DE CIRCUITOS SERVICIOS GENERALES.

Descripción	Ampacidad [A]	Medición [A]
Ixtli 1 y 2 Alumbrado	3 X 70 [A]	5.5 [A]
Infraestructura electromecánica Taller	3 X 80 [A]	1.2 [A]
Tablero UPS	3 X 100[A]	11.6 [A]
TDN.2, Vestíbulo	3 X 125 [A]	5.5 [A]
Auditorio Tablero 1	3 X 70 [A]	0 [A]
Auditorio Tablero 2	3 X30 [A]	0.3 [A]
C-22	3 X 225 [A]	30 [A]
UNIDI	3 X 225 [A]	14.3 [A]
Aire 1	3 X 70 [A]	27.8 [A]
Aire 2	3 X 70 [A]	0.4 [A]
Aire 3	3 X 70 [A]	28.2 [A]

TABLA 4. LEVANTAMIENTO DE CIRCUITOS SERVICIOS GENERALES. (CONTINUACIÓN).

Descripción	Ampacidad [A]	Medición [A]
Aire 4	3 X 70 [A]	2.3 [A]
Condensadora 1	3X 15 [A]	4.4 [A]
Condensadora 4	3X 15 [A]	1.3 [A]
Condensadora 2	3X 15 [A]	1.3 [A]
Condensadora 3	3X 15 [A]	0 [A]
UPS PW9315	3 X 800[A]	95.3 [A]
UMA 4 (SC)	3 X 225 [A]	120 [A]
UMA 3 (SC)	3 X 225 [A]	0 [A]
UMA 2 (SC)	3 X 225 [A]	97.7 [A]
UMA 1 (SC)	3 X 225 [A]	121 [A]
UC 4 (SC)	3 X 30 [A]	11.9 [A]
UC 3 (SC)	3 X 30 [A]	0 [A]
UC 1 (SC)	3 X 30 [A]	0 [A]
UC 2 (SC)	3 X 30 [A]	10.6 [A]
Rectificador PBX	3 X 50 [A]	3.4 [A]
Closet Unidad Admin.	3 X 125 [A]	36.5 [A]

2.2 Descripción del Sistema de adquisición de datos.

Para la parte de mediciones se utilizaron tres instrumentos de mediciones, dos analizadores de redes de la marca Circutor serie CVM-C10, los cuales se conectaron en los alimentadores general de la dependencia con el fin de monitorear las condiciones de entrada de la energía a la dependencia y un equipo de medición multi-circuitos, diseñado por el estudiante de doctorado MI. José Guadalupe Fuentes Velázquez con asesoramiento por el Dr. César Ángeles Camacho, ambos pertenecientes al Instituto de Ingeniería de la UNAM, esto para poder cubrir todos los circuitos a analizar lo cual sería difícil con un analizador de calidad de la energía, por lo cual se recurrió a este equipo de manufacturación propia y diseñado por el Instituto de Ingeniera, el cual se detalla su funcionamiento a continuación.

Dicho sistema está compuesto por un gabinete el cual se acondicionó de manera que albergue toda la infraestructura para la recopilación de la información y monitoreo. Este gabinete alberga un sistema de adquisición de datos, el cual es el encargado de acondicionar las señales entregadas por los medidores PZEM-016, los cuales a su vez entregan valores de potencia activa, factor de potencia, voltaje, corriente y frecuencia; esta información es recolectada y por medio de un protocolo de comunicación (RS-45 modbus) se le hace llegar al sistema de adquisición de datos (datalogger), el cual por medio de su programación interna almacena esta información en archivos CSV, haciendo la conversión de los valores lógicos de tal manera que permita el manejo de esta información.

La señal de voltaje la obtenemos por medio de una conexión de caimanes a la fuente de alimentación y de ser necesario se acondicionan por medio de transformadores reductores, la señal de corriente de cada circuito se obtiene por medio de los TC conectados en cada circuito, los cuales cada uno de ellos tienen su respectiva relación de transformación y estos datos se le hacen llegar al medidor PZEM-016, el cual es el encargado de acondicionar las señales y sacar el valor de las variables restantes.

2.2.1 Arquitectura de sistema de adquisición de datos.

Una vez analizado el sistema eléctrico de estudio se procedió a realizar la arquitectura que contendría al sistema de adquisición de datos, el acondicionamiento de cada una de las partes involucradas para su buen funcionamiento individual y en conjunto, de tal manera que al maniobrar con los equipos durante la instalación y en el proceso de conexión sea práctico, por lo cual sabiendo el gran número de circuitos a analizar se procedió a crear un gabinete el cual albergara dicho equipo.

Este gabinete se diseñó de tal manera que los TC fueran fáciles de conectar y que este tuviera la capacidad para almacenar todo el equipo de medición, así como los múltiples medidores y sin quitar espacio a la maniobra, teniendo el espacio suficiente para el manejo de los equipos, por lo cual se decidió la siguiente arquitectura de armado.

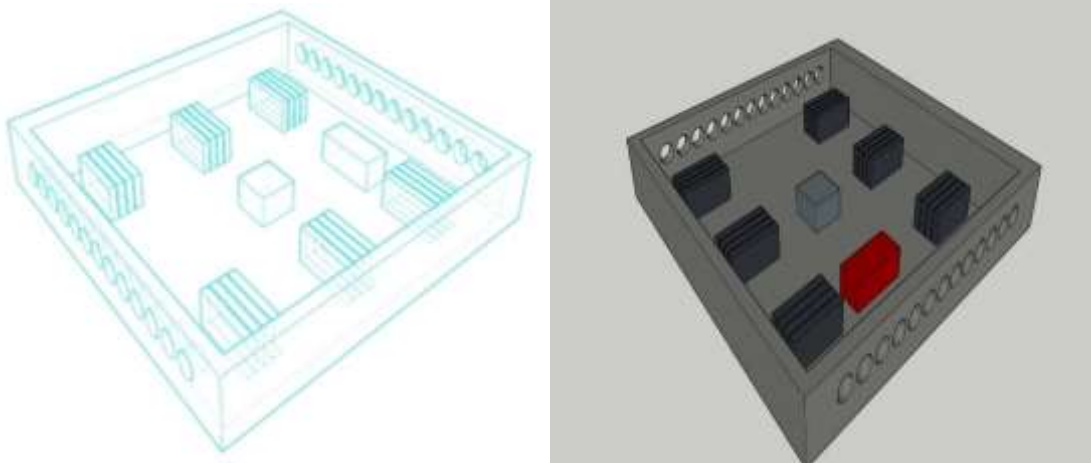


ILUSTRACIÓN 2. DISEÑO GABINETE.

2.2.2 Descripción de equipos.

2.2.2.1 Transformadores de corriente (TC).

Los transformadores de corriente (TC) son equipos que se encargan de reducir o aumentar según sea el caso la corriente que pasa por el devanado primario induciendo un campo magnético en el devanado secundario y convirtiéndola en una corriente proporcional. Estos equipos nos permitieron obtener una corriente de menor magnitud la cual sabiendo su relación de transformación, se pudo acondicionarla para nuestro sistema de adquisición de datos.

Los transformadores de corriente se especifican por su relación de corrientes entre devanado primario y secundario, es decir, que si tenemos una relación de corrientes de $N_p:N_s [A]$, cuando en el devanado primario pasen $N_p [A]$ en el devanado secundario tendremos una corriente inducida de $N_s [A]$. Esta relación depende del número de vueltas que se tienen en cada devanado. Para el armado de los TC se decidió rebobinar algunos TC ya existentes, sabiendo su relación de transformación.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{220}{5} = 40$$

Sabiendo esto se procedió a calcular la relación de vueltas que deberían de tener cada uno de nuestros transformadores dependiendo de la carga y de lo que se quería medir, por medio de la relación del número de vueltas y la corriente que necesitábamos en el secundario (5 [A]) para nuestro sistema de adquisición de datos.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

2.2.2.2 Medidor PZEM-016.

Los medidores PZEM-016 son los encargados de reunir las mediciones de voltaje, corriente, factor de potencia, potencia, frecuencia y energía; las cuales una vez acondicionadas se mandan por medio de un interfaz RS485 al sistema de adquisición de datos.



ILUSTRACIÓN 3. MEDIDOR PZEM-016.

Este medidor es de fabricación china y tiene características internas las cuales se acondicionaron para el sistema de adquisición de datos y las variables medidas en el sistema eléctrico.

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PZEM-016.

Valor medido	Rango de medición	Resolución	Precisión
Voltaje	80 ~ 260 [V]	0.1 [V]	0.5%
Corriente	0 ~ 100 [a]	0.001 [A]	0.5 %
Potencia Activa	0 ~ 23 [kW]	0.1 [W]	0.5%
Factor de Potencia	0.00 ~ 1.00	0.01	0.5%
Frecuencia	45 ~ 65 [Hz]	0.1 [Hz]	0.5%

2.2.2.3 Sistema de adquisición de datos.

El sistema de adquisición de datos está conformado por un equipo computacional el cual a través de programación Python y protocolos de comunicación recibe y recopila los datos de todos los puntos de medición que son enviados por los medidores PZEM-016, después de recibir esta información el sistema de adquisición de datos por medio de su lenguaje de programación y de programas precargado hace la conversión y manejo de información para presentarla en un archivo CSV el cual se pueda descargar o manejar sin necesidad de algún software.

Este sistema tiene la capacidad de que por medio de un punto de acceso a la red se pueda controlar y monitorear de manera remota, a través de una interfaz gráfica amigable y de fácil manejo para el usuario la cual le permita monitorear el estado del sistema, ver los valores en tiempo real, descargar o manejar los archivos que se generan por cada uno de los puntos medidos, los cuales se actualizan cada 5 minutos, teniendo mediciones de cada 5 segundo de los diversos puntos medidos.

De la misma manera se tiene la opción de descargar la información de manera física por medio de una unidad de almacenamiento externa la cual se puede retirar y bajar la información, además el sistema cuenta con un respaldo de información lo cual lo

hace ideal y da redundancia a la información, ya que si se prefiere también cuenta con la opción de hacerlo de forma remota por medio de la plataforma FileZilla esto siempre y cuando se tenga acceso al punto de red y los credenciales para ingresar a este, esto sin ingresar a la interfaz gráfica (VNC).



ILUSTRACIÓN 4. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

2.2.3 Acondicionamiento del equipo.

Una vez armado el sistema de adquisición de datos se procedió a hacer pruebas de calidad, instalación y puesta en funcionamiento; esto se realizó en tableros prueba y cargas de prueba, en los cuales se mejoró la manera de hacer la instalación, volviéndola más práctica y que los valores medidos fueran los correctos, corroborándolo con mediciones de analizadores de energía PowerPad marca AEMC modelo 8336, que es un analizador de calidad de la energía clase B, además de que también se verifico con un multímetro de la marca Fluke y se compararon con los datos que nos arrojaba el sistema de medición, dando un resultado positivo comparándolo con los equipos certificados.

Las pruebas que se realizaron fueron conectando a nuestro sistema diversas cargas como fueron luminaria, motores, aspiradoras, resistencias, etc., para comprobar los datos obtenidos por el sistema de medición certificado, además de que estos equipos ya habían sido conectados en diferente proyectos y el sistema de adquisición de datos después de varias pruebas nos ha arrojado un error promedio con respecto a equipos certificados del 2% con lo cual nuestro sistema es apto para realizar las mediciones y dichas tengan validez debido a su puesta en prueba.

Durante las pruebas se hicieron modificaciones al sistema para hacer eficiente la instalación y reducir los tiempos, así como el acomodo y distribución de los equipos de tal manera que tuviéramos el espacio suficiente para trabajar. De las modificaciones que se hicieron y que se desarrollaron fueron las siguientes:

- Mejoramiento de la distribución de los equipos. Éste se modificó ya que durante las pruebas y calibraciones se vio que en algunas partes de nuestro acomodo inicial el espacio era angosto o costaba trabajo para instalar, lo cual se modificó de manera que a la hora de instalar fuera más sencillo.
- Calibración y pruebas de equipos de medición. Esto se realizó comprobando los valores arrojados por el sistema con los equipos certificados con diversos tipos de carga y a través del sistema de adquisición de datos y su logaritmo, en el cual se calibran el cómo se procesan los datos y como se presentan. Además, que en este paso se le procedió a asignar un código de identificación a cada puerto que sería conectado para así tener una idea de la carga que se estaba leyendo y saber que puerto y que circuito era.
- Mejora estética. En esta parte se vio durante las pruebas el mejorar la presentación del sistema de tal manera que se viera más estético, con el fin de hacerlo más atractivo a la vista y ser más estético mejorando el tendido del cableado haciendo lo más ordenado y de mejor manera de tal manera que este no se viera, así como la disposición de los equipos el etiquetado y el acomodo de estos.

2.3 Instalación del equipo.

Una vez ya hecho el levantamiento en sitio, medido, acondicionado y hechas las pruebas de calibración y verificación al equipo de adquisición de datos, se procedió a la instalación en sitio y debido a que es un sistema no invasivo no se tuvo que desconectar ninguna carga ni interrumpir o cortar la energía, lo cual permitió que la dependencia continuara con sus actividades diarias. El proceso de instalación fue el siguiente.

1. Búsqueda de lugar de colocación del gabinete. Se buscó el lugar y espacio suficiente para albergar el equipo dentro de las instalaciones de tal manera que no estorbara o impidiera la realización de las tareas en los tableros y áreas aledañas.
2. Apertura de los tableros. Se procedió a abrir con cuidado los diferentes tableros del área de servicio generales de tal manera que nos permitiera trabajar en la colocación de nuestro sistema de medición.
3. Colocación de TC y tendido de cables de comunicación. Una vez encontrado el lugar de colocación del gabinete se procedió a la instalación de los TC en los circuitos a analizar y su tendido de cables de comunicación al gabinete, esto sin que estos estorbaran en el cierre de puertas de los tableros o en el manejo de las pastillas.

Para el tendido de cableado se hizo de manera que estos cables no infirieran en ninguna actividad y que se vieran de forma estética, es decir, que no se viera el montón de cables ahí si no que los tableros siguieran conservando su estética y que no afectaran o pudieran causar un accidente eléctrico.

4. Conexión de TC al sistema de adquisición de datos. Una vez puestos todos los TC y tendido todo el cable tendido se procedió a interconectar el sistema de medición con los TC esto conservando la lógica y el conectado de cada uno de ellos para que no se tuviera problemas en los cálculos.
5. Conexión de la alimentación. Se procedió conectando la alimentación y medición del voltaje a nuestro sistema de medición esto tomando como referencia el voltaje de entrada del sistema de servicios generales.
6. Tendido de cable Ethernet. Una vez que se tuvo todo el sistema de medición se procedió con el cableado del puerto de comunicación para la parte de la interfaz gráfica y monitoreo del sistema remotamente, el cual se conectó de un punto de red de la dependencia con puerto y direcciones establecidas por la misma para su monitoreo.
7. Energización y puesta en marcha. Una vez teniendo todos los equipos conectados y listos para su medición se procedió a energizar el sistema, el cual se conectó primeramente directamente a una maquina portátil para asignar los datos de configuración de IP y credenciales de acceso para la comunicación remota, así mismo se procedió a hacer un barrido de todos los datos que se estaban recolectando y dar el visto bueno, que no hubiera algún problema de comunicación o que algún punto no estuviera midiendo, el cual se validó con la medición puntual con un amperímetro de gancho de marca Fluke con el cual los circuitos que nos marcaran consumo bajo o cero se corroboraban estos valores y así descartar algún problema en el sistema de adquisición de datos. Una vez validado esto y comprobado se procedió a conectar el sistema directo al puerto de comunicaciones ya con todos los datos configurados y a cerrar el gabinete para dejarlo midiendo.
8. Validación del sistema remoto. Una vez ya terminado e instalado todo el sistema de mediciones se procedió a esperar 5 minutos, ya que este es el tiempo que el sistema se tarda en actualizar cada CSV de cada circuito. para verificar que los archivos se estuvieran generando de manera correcta y que estos se pudieran descargar. De la misma manera se comprobó el buen funcionamiento de todas las demás aplicaciones y comunicaciones.



ILUSTRACIÓN 5. INSTALACIÓN.

Capítulo III Descripción y análisis de datos.

3.1 Adquisición de datos.

La adquisición de los datos en el sistema se hace cada 5 segundos, es decir, cada 5 segundos está tomando y recolectando lecturas tanto de voltaje, corriente, potencia, etc., y las almacena en su respectivo CSV del día en cuestión ya que cada punto de medición tiene un archivo por día, el cual se va actualizando cada 5 minutos con los valores de medición lo cual nos permite tener toda la información actualizada hasta ese periodo de tiempo, esto no significa que estemos tomando mediciones cada 5 minutos sino que cada archivo CSV se actualiza cada 5 minutos con toda la información recolectada de cada 5 segundos, luego pasando otro periodo de 5 minutos se tiene el mismo archivo pero con la información de todo el periodo anterior más los de este último rango de medición, hasta generar un archivo en el cual se tengan todas las mediciones del día desde las 00:00:00 hrs hasta las 23:59:59 hrs, generando después un nuevo archivo del día siguiente. Esto se hace internamente al sistema de adquisición de datos es su sistema de operación y análisis.

Además de que este sistema cuenta con una memoria interna en la cual va almacenando los datos recopilados, también cuenta con una memoria externa la cual sirve como respaldo y nos permite sin tener que interactuar con el sistema obtener la información actualizada, de la misma manera se tiene la opción de poder descargar la información a través de la interfaz gráfica (VNCViewer) o a través de la plataforma de control remoto para descargar los datos (File Zilla) de manera remota, esto siempre y cuando se tenga un punto de acceso de red y se tengan las credenciales para poder acceder al sistema de adquisición de datos para poder lograr la descarga de la información.

3.2 Monitoreo de datos.

El monitoreo de los datos se hizo a través de una interfaz gráfica y plataforma remota configurando los datos y nuestros equipos, se utilizaron principalmente dos plataformas de software libre las cuales nos permitieron observar el cómo está funcionando y en qué condiciones se encontraba nuestro sistema. Las plataformas y las funciones de cada una de ellas en nuestro sistema son:

- VNCViewer. Es una plataforma de software libre la cual por medio de la dirección IP y las credenciales de acceso nos permite acceder a un control remoto del sistema de adquisición de datos en el cual podemos observar y monitorear el estado del sistema, ¿A qué potencia está trabajando?, si realmente está trabajando, así como ver los archivos dentro de esta interfaz gráfica. Es de gran utilidad cuando hay alguna anomalía ya que podemos

revisar y solucionar sin necesidad de estar en sitio por medio de la consola, lo cual nos da la ventaja de que si en algún momento se llegara a tener una emergencia o se requiera de una revisión de algún altercado se puede hacer inmediatamente sin tener que asistir a sitio.

- FileZilla. Esta segunda plataforma de la misma manera que la primera es de software libre. FileZilla nos permitía descargar desde uno hasta varios archivos CSV de los circuitos analizados sin tener que asistir presencialmente a sitio o interactuar con la plataforma gráfica, solo conociendo las credenciales y el lugar de almacenamiento de los datos se pueden descargar a una computadora externa sin necesidad de ir a retirar la memoria externa del sistema de adquisición de datos para descargar la información y poder trabajar en ella, lo único que realmente se requiere son las credenciales y los puntos de acceso, ya con estos datos la descarga se hace de manera muy eficiente y rápida, esto siempre y cuando el sistema se encuentre en operación y se tenga conectado el punto de red.



ILUSTRACIÓN 6. PLATAFORMAS DE MONITOREO DEL DATALOGGER.

3.3 Descripción de datos.

Como ya se mencionó se tienen diversas formas de acceder a la información del sistema de adquisición de datos para su manejo y análisis, se puede hacer por medio de la memoria interna y estableciendo una conexión física con el sistema de adquisición de datos, por medio de la memoria externa que sirve como respaldo de la memoria interna la cual nos presenta una alternativa más sencilla y eficiente para la recopilación de datos pero aún se requiere de la interacción física con el sistema, es decir, aun se requiere acceder a sitio para obtener la información y descárgala, además de que esa memoria externa se tiene que volver a colocar en el equipo por

seguridad ya que es un medio de respaldo de la información y aunque no requiere la puesta fuera de servicio del sistema aún sigue requiriendo la interacción con este. Por último, se tiene el monitoreo y adquisición de datos remoto que junto con la memoria externa fueron los que se utilizaron para la obtención de la información, esto debido a la situación epidemiológica y que no se tenía un fácil acceso a las áreas, cabe mencionar que este último solo se puede si se tiene un punto de acceso a la red el cual la dependencia en este caso proporciono con credenciales predeterminadas.

El sistema de monitoreo y adquisición de datos remoto consiste que por medio del punto de acceso de red y una vez descargadas las aplicaciones de software libre y teniendo las credenciales de acceso al sistema de adquisición de datos, se pueden entrar de manera remota al sistema por medio de VNC a la interfaz gráfica para su monitoreo de forma remota y por medio de FileZilla se pueda descargar los datos de los diversos puntos de medición de manera remota, esta aplicación nos permite ver los datos actualizados de cada 5 minutos y descargar la versión más actualizada o el día completo de medición de los puntos medidos.

Una vez teniendo todas las formas de llegar a la información tenemos la organización y el cómo se manejará la información para trabajar en ella la cual se va a ir agrupado por carpeta dependiendo del circuito y estos a su vez se trabajarán por medio de Excel y programas Python, los cuales nos permitirán hacer el análisis de los datos aún más eficientemente.

3.4 Perfiles de datos.

Para el análisis se extrajo la información del sistema de adquisición de datos (datalogger) vía remota a través de FileZilla y VNC, estos datos se extrajeron en formato CSV los cuales se podían manejar de forma libre en Excel o a través de un programa que se creó en Python, el cual lee los archivos de tal forma que nos permita graficar desde un día hasta varios días en conjunto y así poder analizarlos, teniendo la facilidad de hacer zoom en diferentes áreas durante el periodo de muestreo y analizar de forma más detallada estos datos. De la misma manera poder graficar 2 o más variables en la misma grafica para correlacionarlas o para ver su comportamiento entre estas variables.

Ayudándonos de la herramienta grafica (Python) y de la herramienta analítica (Excel) es que fue posible hacer este análisis de información desde la medición de consumo de estos circuitos y analizar el comportamiento tanto grafico como la correlación de las variables. Además, que se creó una plantilla para sacar el costo de la energía utilizada en conjunto como por circuito y se acondicionó la información para lograr el graficado de las diversas variables.

3.5 Identificación de patrones de carga.

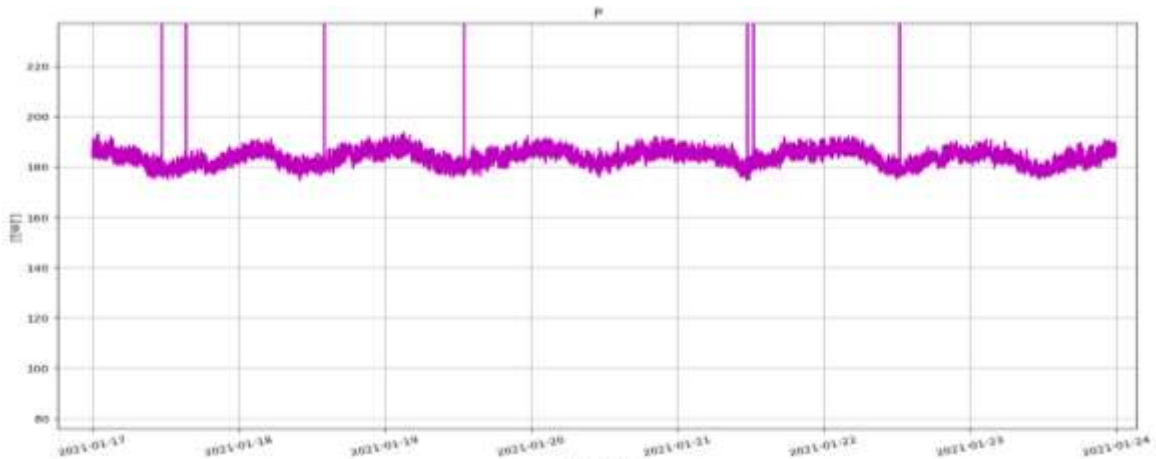
En este rubro se analizaron los patrones de carga de cada circuito medido para poder identificar los equipos que se encuentran consumiendo en cada uno de éstos, por medio del análisis de las señales y el cómo se comportan durante el periodo de medición, sus ciclos de trabajo, su comportamiento en esta situación anormal de actividades. Esto debido a la situación que se vive actualmente a nivel mundial que es la epidemia mundial y que esto provocó el que no se pudiera acceder a las diversas áreas de la dependencia, debido a que las áreas se encuentran resguardadas por el sindicato, lo cual nos afectó ya que no se pudo realizar un recorrido correcto, ni levantamiento de las instalaciones.

Para la identificación de patrones y tomando que todos son circuitos de los tableros de servicio generales y que son tres tableros y son distintos circuitos tomaremos en cuenta la siguiente nomenclatura SG# - # refiriéndonos con SG al tablero de servicios generales seguido del número de tablero (1, 2 o 3) y separado por un guion el número del circuito del tablero para identificarlo. Y así poder analizar cada circuito y ver que equipos se encuentran identificando los patrones de cada uno.

3.5.1 Ixtli 1 y 2 Alumbrado.

En este circuito se identificó que siempre se tiene un consumo variante con algunos picos aleatorios durante el periodo de muestra, además de que se mantiene siempre consumiendo energía el cual no tiene ciclos de apagado durante la señal, lo cual nos podría indicar que no se está haciendo un uso eficiente de la energía, pero al no saber con exactitud del equipo del que se trata no podríamos afirmarlo.

El consumo varía entre los 174.5 [W] y los 195 [W], los cuales son picos en los cuales la carga aumenta o disminuye dependiendo como el sistema lo demande, también presenta picos que durante la medición de 2000 [W] los cuales en el momento del estudio no se identificó y de ahí baja por pequeños lapsos de minutos y luego cae abruptamente hasta el valor del perfil de carga. Sin embargo, el comportamiento del resto de la señal es similar a equipos de cómputo las cuales tienen muchas variaciones pequeñas, esto dependiendo a la actividad que se esté realizando en ese momento, además que existe iluminación del área de servicios críticos, la cual forma parte del consumo continuo ya que esta siempre se encuentra encendida, debido a la importancia de esta área dentro de la dependencia.

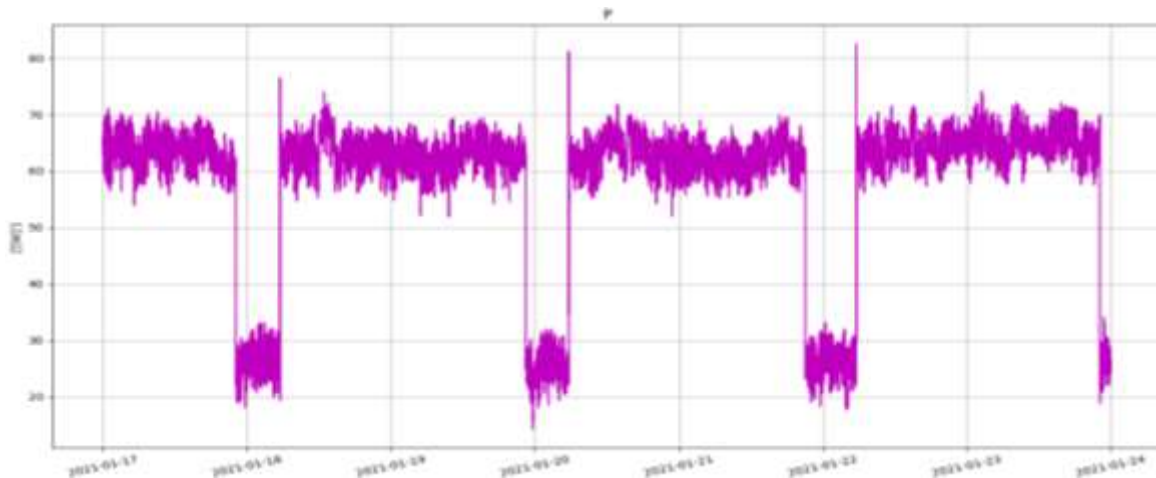


GRÁFICA 1. IXTLI 1 Y 2, ALUMBRADO (SG1-7).

Como no se tuvo el acceso al inmueble y ayudándonos del personal de mantenimiento nos dijeron que son equipos de cómputo que forman parte de los servicios de misión crítica por lo cual no se puede proponer alguna alternativa de apagado, solo se tendría que evaluar a las condiciones a las que están trabajando, temperatura, porcentaje de capacidad al que se están ocupando, si la circulación de aire es correcta, entre otras, para lo cual se tendría que ver qué tipo de equipo es y revisar en sitio estas variables, para así poder proponer de manera más puntual una mejor recomendación sobre el uso y manejo de estos equipos, de la misma manera la iluminación de esta área pasó de ser tecnología fluorescente a led, por lo cual, lo único que quedaría por mejorar sería la posibilidad de analizar estos valores para ver si se puede hacer un mejor uso de la energía suministrada a estos equipos y/o apagar por algunos momentos la iluminación aunque el área cuenta con nula aportación de iluminación natural y debido al tránsito de personas y al importancia de la zona esto hace difícil el apagado de esta iluminación .

3.5.2 Infraestructura electromecánica. Taller.

Este circuito muestra un comportamiento cíclico en el cual se ve claro los ciclos de carga alta y carga baja, pero nunca llega a un consumo nulo, ya que el 82.08% del periodo de la medición se encontró en un estado de carga alta , mientras que solo el 17.92 % del tiempo estuvo en una carga baja, lo cual hace pensar que no solo se trata de un solo equipo si no que hay unos que no se apagan por completo o los dejen en stand by, esto nos podría hablar de una ineficiencia en el uso de la energía y una de las mejores alternativas sería el mitigar estos gastos de energía pero tendríamos que observar de que tipos de equipos se tratan.



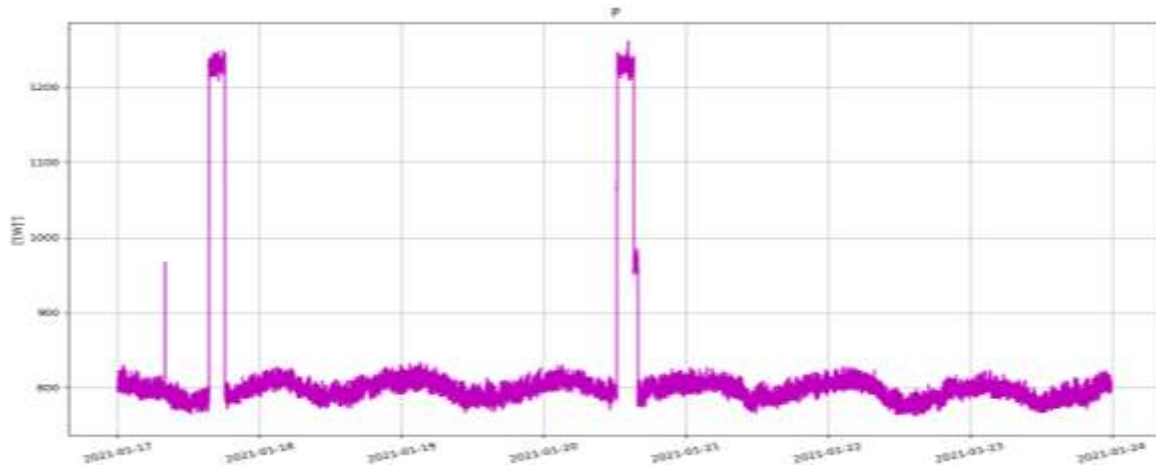
GRÁFICA 2. INFRAESTRUCTURA ELECTROMECÁNICA. TALLER (SG1-8).

Este comportamiento de carga alta y carga baja hace sentido al área a la cual pertenece el circuito que es el departamento de infraestructura electromecánica, en el cual hay gente que hace guardias y a consecuencia de la situación epidemiológica, se estaban alternando un día se hacía guardia y un día no por lo que el periodo de 36 horas con un consumo de aproximadamente 60 [W] representa las luces y equipos de cómputo encendidos durante todo el día, noche y día siguiente, luego se apagan estas luces por 12 horas lo cual hace el consumo de aproximadamente 28 [W] y la razón de que esto no llegue a cero es que hay luces que aún se encuentran encendidas así como algunos equipos que no se apagan por completo y mantienen un consumo en stand by.

3.5.3 Tablero UPS.

Es circuito como el nombre lo dice energiza un UPS de 2 kVA el cual es un equipo que proporciona energía cuando hay alguna contingencia a través de unas baterías que contiene y le permiten soportar una cierta carga por un periodo de tiempo, este equipo se mantiene siempre consumiendo energía, el cual ronda aproximadamente 800[W], el cual empieza el día con un consumo alto, después empieza a bajar alrededor del mediodía y finalmente nuevamente por la tarde empieza a aumentar su consumo. Además de que durante el periodo de medición se observan dos eventos aleatorios por la tarde del día 17 y 21 de enero el cual solo pasa durante esos días y no se repite el horario ni la duración, en la que se presenta cada uno respectivamente, el día 17 solo se presenta esta carga en alto el 9% del tiempo, es decir, 2 horas del día, mientras que el día 21 se presenta 14% del tiempo, es decir, 3 horas y media, lo cual analizando las gráficas se refiere a un aumento en la carga ya que hay un aumento en la corriente cuando estos se presentan y el voltaje se mantiene estable, es decir, que no hay una caída de voltaje o algo que nos haga pensar que es un problema externo a la dependencia, lo cual nos da pie a que se

trata de un equipo no identificado por el poco acceso a sitio, que es soportados por este UPS.



GRÁFICA 3. TABLERO UPS (SG1-10).

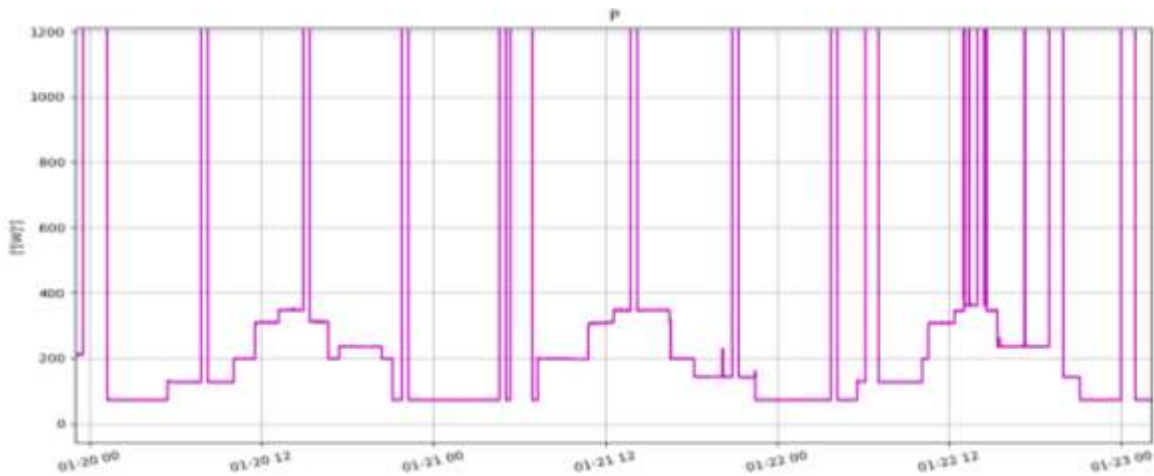
Este equipo debido a que se trata de un UPS no hay mucha oportunidad de ahorro ya que este equipo es respaldo de otros, por lo cual se tendría que analizar la carga de este equipo y que pudo ser esos dos picos que se presentaron durante la semana los días 17 y 21 de enero de aproximadamente 430 [W] lo cual hace que el consumo llega a rondar los 1230 [W], este equipo no se logró identificar en el periodo que se llevó el estudio, pero con base a las gráficas se puede pensar que el UPS está sobredimensionado ya que normalmente trabaja a 56% de su capacidad ya que el UPS trabaja con un factor de potencia de 0.8, pero cuando se tienen los picos de aumento de carga alcanza el 77% de su capacidad lo cual ya nos diría que no está sobredimensionado pero esto se tendría que validar en condiciones normales de trabajo debido a que el estudio se realizó durante la pandemia.

3.5.4 Vestíbulo.

Este circuito tiene un consumo base de 70 [W] y saltos variados de 40 [W] hasta 110 [W] sin ningún patrón de comportamiento específico, estos saltos se presentan a cualquier hora del día no tienen un patrón de uso, pero presentan picos recurrentes de energía de hasta 1650 [W] lo cuales ocurren de 2 a 4 veces al día. El área que alimenta este circuito es toda el área del vestíbulo de la dependencia donde se encuentra vigilancia y áreas de oficina.

Estos pequeños saltos de energía pueden deberse a la actividad que tienen los equipos de vigilancia, ya que en esta área se cuenta con un sistema de videovigilancia que, puede ser parte de este comportamiento, además de que en

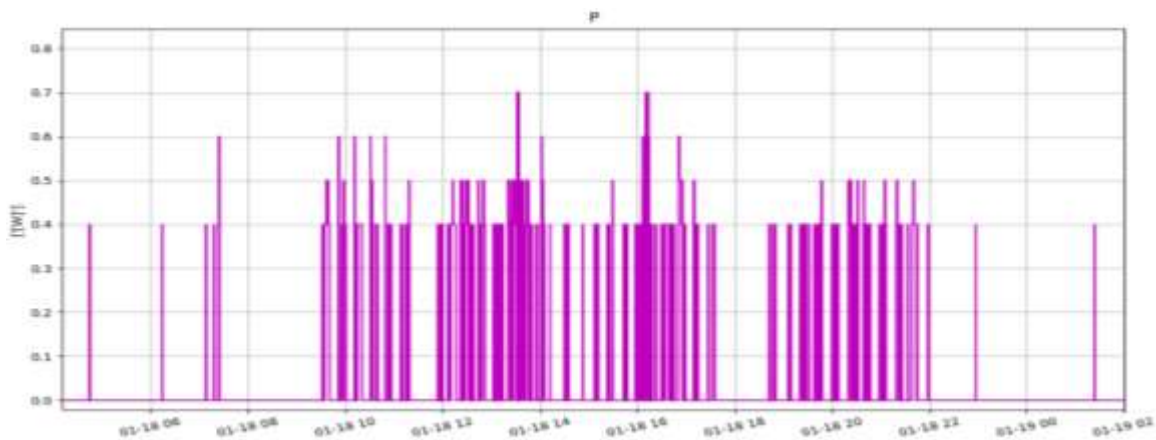
algunas ocasiones se conectan equipos como son cargadores de celular, computadoras, etc., además de las luces correspondientes a esta zona de la dependencia. Los picos que se presentan durante el día tienen un comportamiento muy parecido de un equipo de calefacción o aire acondicionado, pero en el momento del estudio no se pudo corroborar el uso de estos equipos.



GRÁFICA 4. VESTÍBULO (SG1-14).

3.5.5 Auditorio 1.

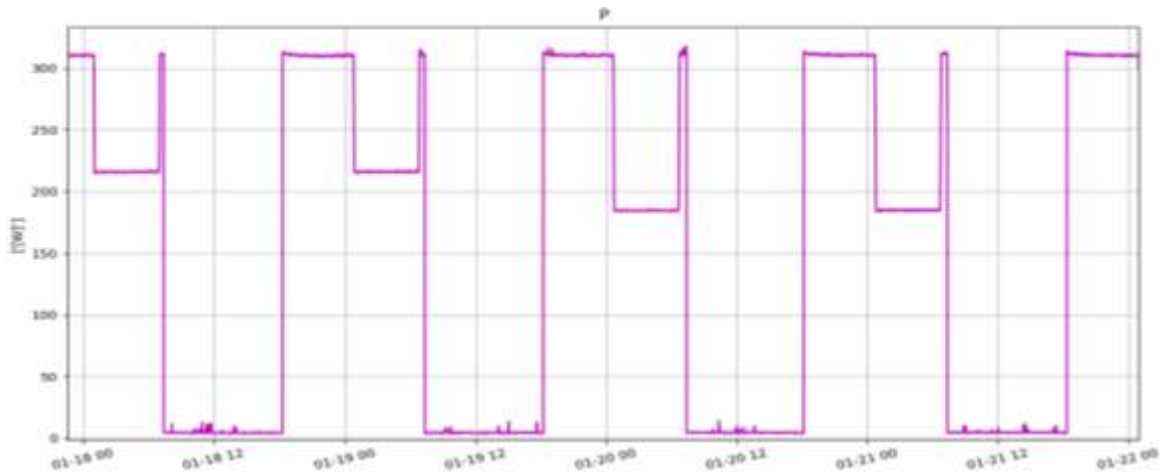
Este circuito no sigue ningún patrón de carga ni mucho menos sólo se presentan pequeños pulsos pequeños de corta duración que varían durante el día. Sabiendo que el área que alimentaba dicho circuito es el auditorio se pudo observar que eran pequeños periodos “en espera” de los diversos equipos que se quedaron conectados y como no se tenía un uso de éstos era el consumo que se presentaba en este circuito los cuales no alcanzan el 1 [W] de consumo, pero por la frecuencia de éstos, representan un consumo y el cual se puede mitigar desconectando o apagando la pastilla directamente para así evita esto tipo de consumo en “espera”.



GRÁFICA 5. AUDITORIO 1 (SG1-17).

3.5.6 Auditorio 2.

Aquí si se tiene un patrón de carga definido y repetitivo todos los días por la noche a partir de las 18:00 hrs, donde enciende este equipo a una potencia manteniéndola hasta la 1:00 hrs del día siguiente, luego su consumo baja y se mantiene hasta las 6:00 hrs, donde de nueva cuenta vuelve al consumo inicial y ahí se mantiene hasta las 7:00 hrs y se apaga por completo, de esa manera se mantiene hasta que dan las 18:00 hrs y se repite este patrón de comportamiento.



GRÁFICA 6. AUDITORIO 2 (SG1-19).

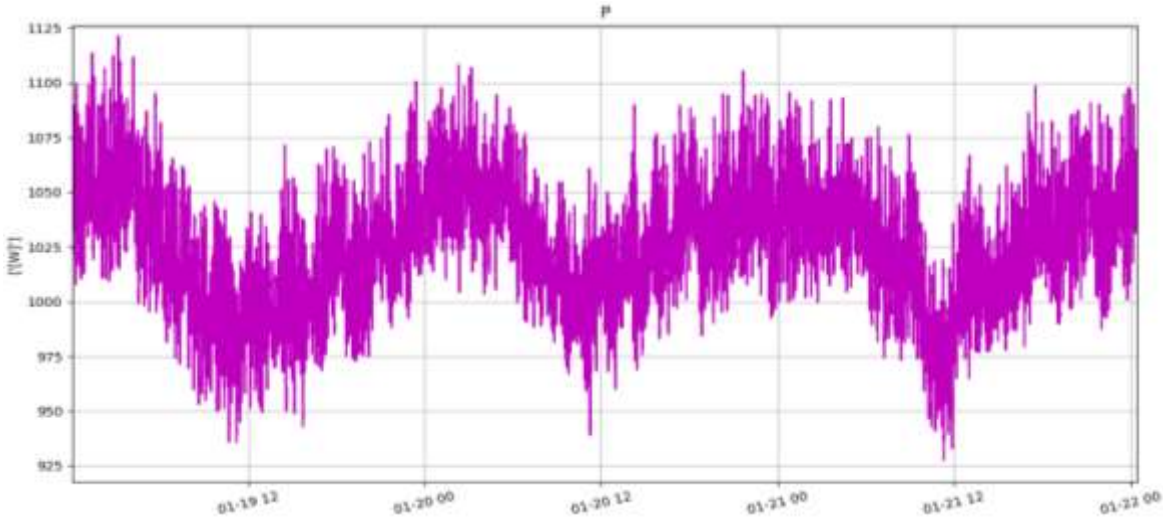
Este comportamiento analizando a fondo nos dimos cuenta que trabajaba con un factor de potencia muy cercano a uno y por los horarios de encendido y apagado concluimos que se trataba de iluminación de la dependencia las cuales son controladas por medio de fotoceldas, las cuales hacen que prendan con la ausencia de aportación lumínica natural, el cual en el periodo de medición se presentó a las 18:00 hrs y se tenía un consumo inicial de aproximadamente 310 [W], el cual después bajaba hasta aproximadamente 216 [W] y esto se repetía todos los días. En esta zona se tenía una mezcla de diferentes tecnologías, pero la gran mayoría ya era led, esto debido a que se encuentra en un proceso de migración de iluminación a tecnología led.

3.5.7 C-22.

En este circuito se encontró un comportamiento marcado, por las noches baja su consumo, mientras que por las mañanas y tardes aumenta, pero no se trataba de un solo equipo ya que el factor de potencia también era variante con el tiempo lo cual nos indicaba que era el trabajo de varios equipos conectados durante el lapso de medición.

Este circuito alimenta equipos de cómputo los cuales se encuentra en una de las salas de equipos de misión crítica y los cuales no se pueden manipular debido a al

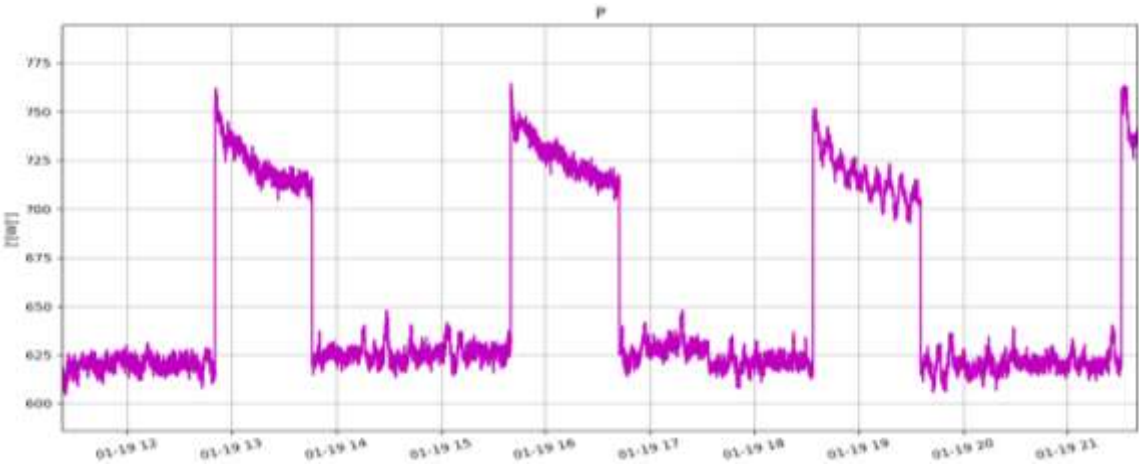
importancia de esta zona y en este caso trabajan según lo demanden los servicios de misión crítica por lo cual el comportamiento de la señal, el cual parece un perfil de carga de una zona de trabajo en un día laboral el cual cuando entra el personal aumenta drásticamente la carga después va disminuyendo y al final del día vuelve a aumentar.



GRÁFICA 7. C-22 (SG1-22).

3.5.8 UNIDI.

En esta área se encontró un comportamiento repetitivo y periódico el cual tiene arranques con un pico alto y de ahí empieza a bajar su potencia poco a poco y este proceso dura de 1 hasta 2 horas y de ahí cae el consumo a un consumo base el cual representa el equipo en espera de entrar de nueva cuenta y los demás equipos que se encuentran en esta área.

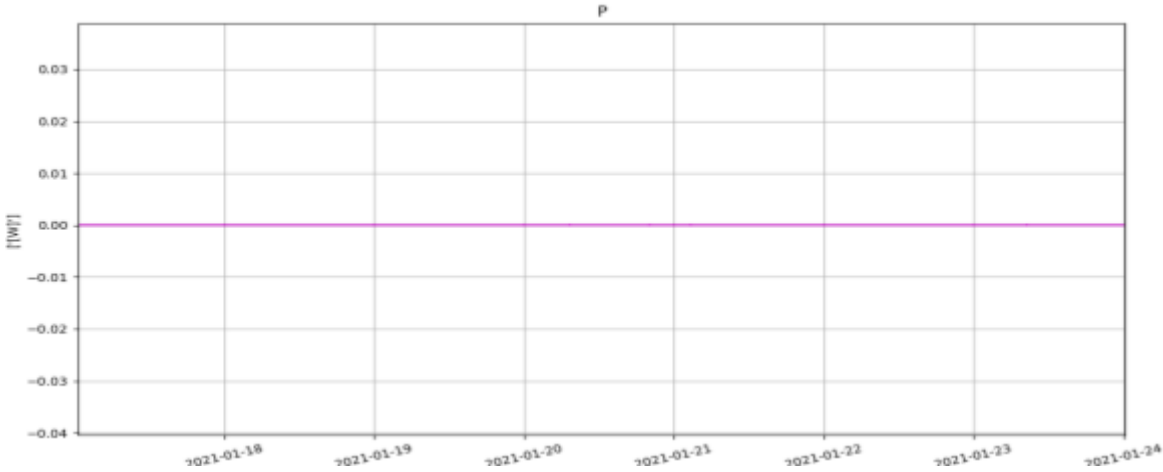


GRÁFICA 8. UNIDI (SG1-23).

El patrón de consumo de este circuito es de un equipo de aire acondicionado el cual es un mini Split, el cual tienen arranques altos de aproximadamente 750 [W] pero después reducen su consumo poco a poco hasta alcanzar la temperatura deseada en el lugar y de ahí se van a “espera” esperando a que vuelvan entrar y este patrón se repite durante todo el proceso de medición tomado. Este aire acondicionado su ciclo de trabajo es bueno ya que sus periodos en espera o apagado son mayores a los ciclos de trabajo siendo que aproximadamente el 67% del tiempo del ciclo de refrigeración es en espera y solo el 33% es cuando el compresor trabaja por lo cual habla de que este equipo tiene un buen funcionamiento. Estos equipos tienen el objetivo de mantener un lugar a una temperatura dada o establecida por el usuario.

3.5.9 Aire 1 CD.

Este circuito no presentó consumo alguno durante el periodo de medición, por lo cual con ayuda de la identificación nos dimos cuenta de que se trataba del aire de precisión 1 de una de las salas de misión crítica 1, el cual se encuentra apagado debido a que estos equipos trabajan en “Team Work”, es decir, que entre todos los equipos se reparten la carga para trabajar a la misma potencia y generar un desgaste igual en todos los equipos y cada semana descansa un equipo y se van rotando, esto con la finalidad de darle descanso y de que sirva como respaldo de alguno de los equipos en funcionamiento ya sea por falla o por servicios de mantenimiento. Además de que el proyecto de confinamiento de la sala aún no estaba terminado por lo cual no se había habilitado este aire para trabajar aún.

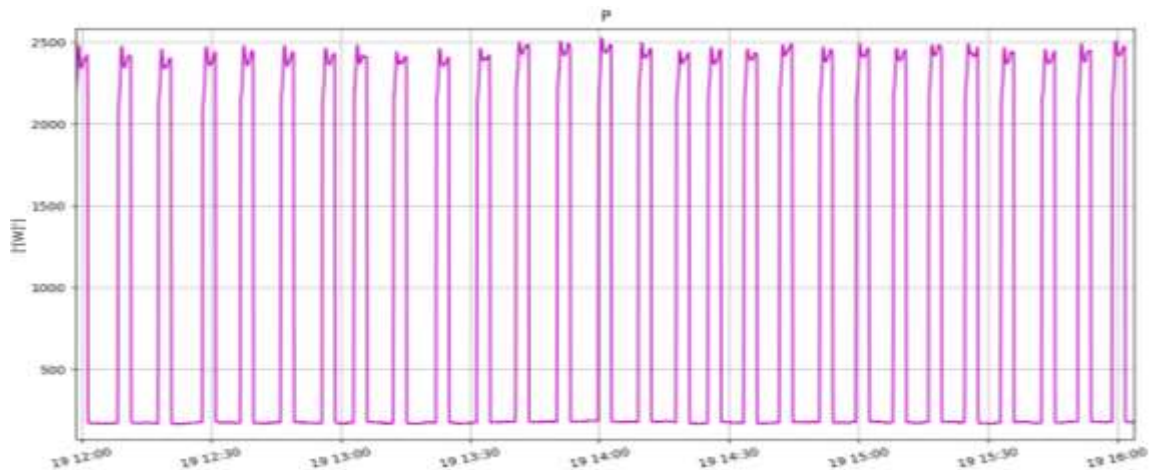


GRÁFICA 9. AIRE 1 CD (SG2-1).

3.5.10 Aire 2 CD.

Aquí se tiene un patrón de carga periódico durante todo el tiempo de medición el cual tiene ciclos de encendido que van de 3 hasta 10 minutos y periodos de apagado variantes desde 6 hasta 20 minutos esto entre semana, es decir, que el 66% del tiempo del ciclo de trabajo se mantiene encendido pero en los fines de semana en los que no se tiene tanto flujo de trabajo estos periodos y rango llegan a ser de hasta el 80% del ciclo de trabajo en estado de espera llegando a ser estos periodos de hasta 40 minutos.

Este comportamiento es claramente de un aire de precisión, el cual en este caso es el aire 2 de la sala de misión crítica 1 este tiene un ciclo de encendido en el cual alcanza valores de aproximadamente 2500 [W] por ciclos de apagado donde baja hasta aproximadamente 170 [W]. Estos equipos tienen una temperatura objetivo a la cual deben mantener el sitio y debido a la gran cantidad de servidores y equipos de cómputo, así como el uso, la distribución de estos y la capacidad a la que se ocupan los servidores es que el equipo tiene encendidos tan repetitivos para controlar la temperatura del site, lo cual nos haría pensar que el equipo presentaba fallas por los ciclos de trabajo que presenta entre semana pero comparándolos con los ciclos de trabajo que se tienen en los fines de semana se descarta esto ya que en el fin de semana cumple con que el tiempo en estado de espera sea menor al tiempo en encendido. Al ser equipos de misión crítica lo que se pretende es que los servidores alcancen grandes temperaturas y se apaguen, por lo cual es de vital importancia el enfriamiento de precisión y la correcta distribución de las cargas.

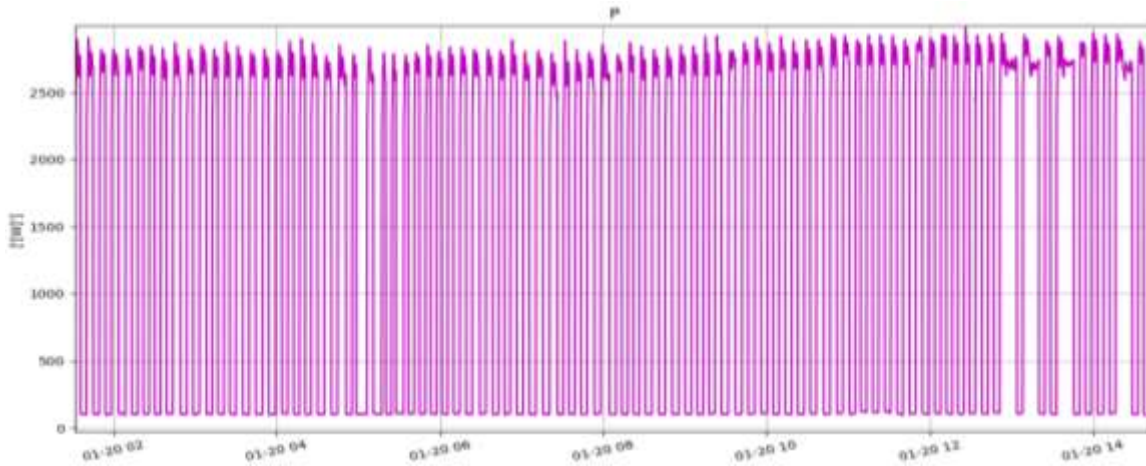


GRÁFICA 10. AIRE 2 CD (SG2-2).

3.5.11 Aire 3 CD.

Este circuito al igual que el anterior tiene un patrón de carga muy similar al anterior y con ayuda de la identificación se observó de que se trataba del aire acondicionado de precisión de 3 de la sala de misión crítica 1, el cual cuenta con ciclos de

encendido que van desde 3 hasta 30 minutos en el periodo de la medición por ciclos de apagado que van desde 6 hasta 40 minutos, los cuales en los fines de semana llegan a ser de hasta 60 minutos.



GRÁFICA 11. AIRE 3 CD (SG2-3).

Este circuito es un aire de precisión que alcanza aproximadamente 2900 [W] en su periodo de encendido, el cual es el 30% del ciclo de trabajo y en sus periodos de apagado se queda consumiendo 100 [W] que representa el 70% del ciclo de trabajo, que es cuando el sitio ha alcanzado la temperatura objetivo y se mantiene en esta potencia trata de solo mantener la temperatura, la cual depende directamente de la carga y a qué porcentaje se encuentran trabajando los servidores la cual no es predecible y aumenta según en el proceso que se encuentra, es por eso los encendidos repetitivos y constantes, pero evaluando los valores y los ciclos de trabajo podemos decir que el equipo se encuentra funcionando dentro de lo esperado por lo cual descartaríamos la idea de que pueda tener alguna falla.

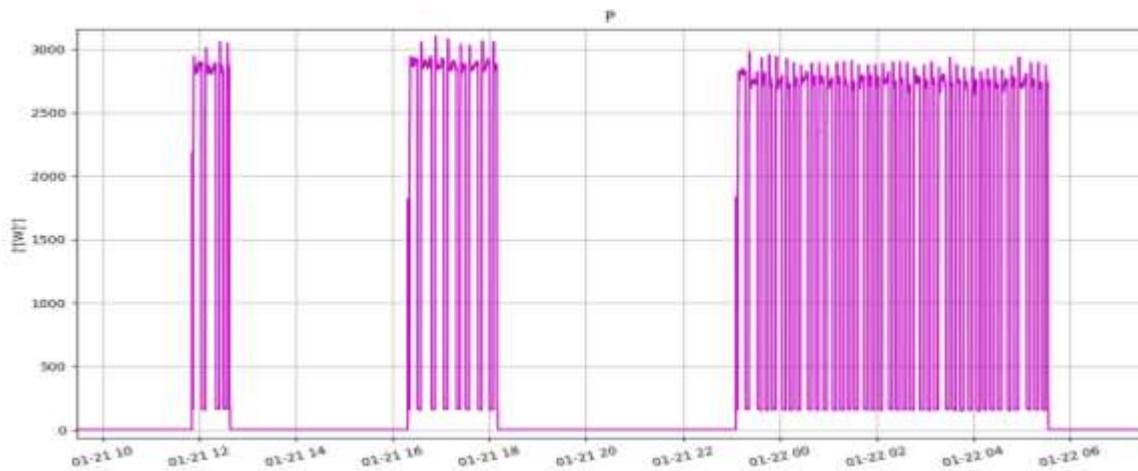
3.5.12 Aire 4 CD

Con este circuito se pudo comprobar el trabajo en “team work” de los aires de precisión de la sala de misión crítica 1 ya que presenta el mismo patrón de comportamiento de los aires anteriores, con la diferencia de que este si llega a cero, es decir si se apaga y solo entra en ocasiones por el día, dependiendo de la exigencia del sitio. El aire de precisión 4 tiene pulsos de encendido de 3 hasta 25 minutos y de encendido en bajo que van de 5 hasta 30 minutos, teniendo en cuenta que tiene momentos que se apaga y éstos pueden ser horas o días durante el periodo de medición.

Este circuito tiene arranques grandes correspondientes al arranque de los compresores de este aire acondicionado los cuales llegan hasta aproximadamente 3100 [W], pero de ahí baja a un consumo en el cual se mantiene que es de aproximadamente 2900 [W] y cuando es solicitado por el sistema tiene un ciclo de

trabajo en bajo aproximadamente 165 [W],teniendo así un ciclo de trabajo de 62% del tiempo en espera por 38% del tiempo en encendido pero la mayor parte de la medición se mantuvo “en espera” para entrar solamente de ser necesario para abatir la carga térmica del sitio ayudando a los otros aires de precisión y que estos no tengan un desgaste mayor.

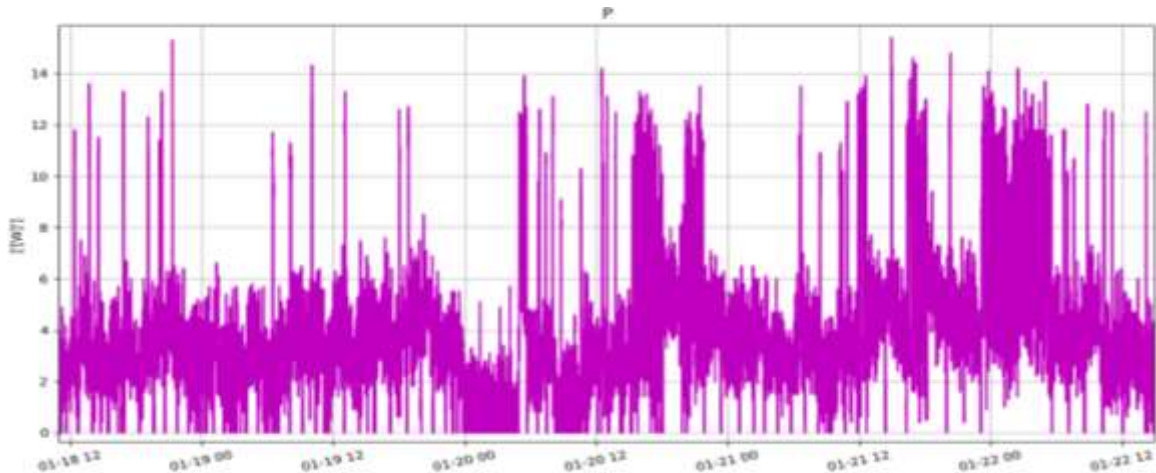
Esta modalidad de “Team Work” lo que hace es repartir la carga a abatir entre todos los aires de precisión que se tienen, es por eso que cuando la carga aumenta en lugar de aumentar la potencia de los equipos que están como preferentes en ese momento, es decir, funcionando, la abaten entre todos con la puesta en servicio de un aire más para así no dañar la maquina o que alguna presente un mayor desgaste, además de que cada semana descansa uno de los aires de precisión, rotándose este descanso y esto también para poder hacer los servicios preventivos y de mantenimiento sin afectar las operaciones o tener alguna repercusión en los servidores.



GRÁFICA 12. AIRE 4 CD (SG2-4).

3.5.13 Condensadora 1 CD.

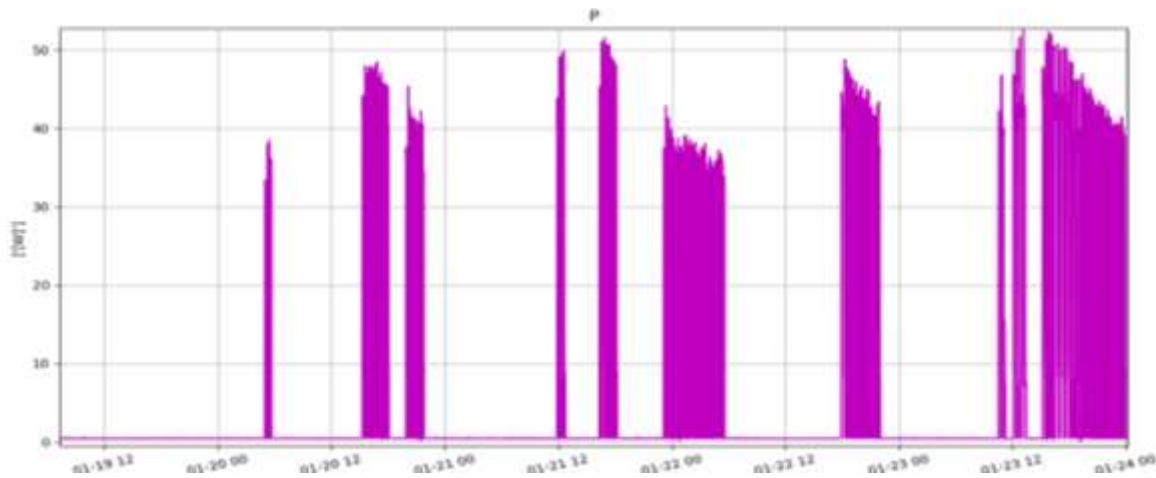
Este circuito no tiene un patrón definido ya que es muy variante y pareciera ruido en la señal, por lo cual con ayuda con la identificación de los circuitos se observó que se trata de la unidad condensadora 1 de la sala de misión crítica 1, la cual se encuentra apagada esto debido a la modalidad de “team work” en el sistema y como se puede observar este consumo corresponde al modo espera de la unidad condensadora 1 la cual su aire de precisión correspondiente se encuentra en su semana de descanso.



GRÁFICA 13. CONDENSADORA 1 CD (SG2-6).

3.5.14 Condensadora 4 CD.

En este circuito se observó un comportamiento ya visto pero con valores distintos de potencia, después de analizarlos a fondo se concluyó que este comportamiento era el mismo que se vio en el aire de precisión 4 por lo cual se sabe que éste circuito corresponde a la unidad condensadora 4 de la sala de misión crítica 1, la cual se encuentra en “stand by” en este periodo del sistema “team work”.



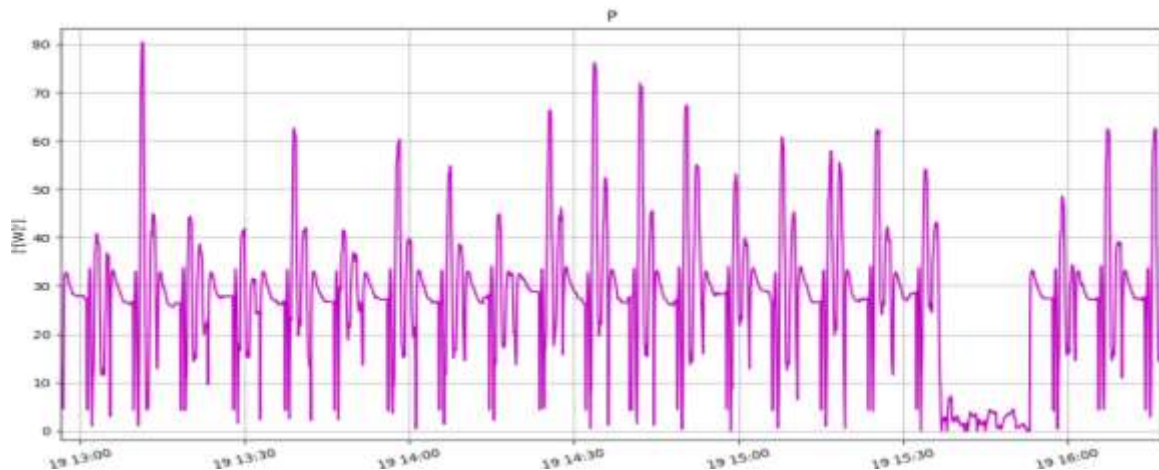
GRÁFICA 14. CONDENSADORA 4 CD (SG2-2).

En este caso sus arranques del ventilador llegan a alcanzar aproximadamente 53 [W], los cuales disminuyen según lo demande el sistema, su punto de apagado no tiene un valor fijo, si no que oscila y a diferencia del aire de precisión este no tiene un ciclo de trabajo en bajo si no que una vez que le da circulación al aire baja a ceros y estos periodos de trabajo duran desde 10 hasta 26 minutos por tiempos en

apagado de hasta días, debido al comportamiento antes explicado que es el sistema bajo el cual se encuentran trabajando “team work”.

3.5.15 Condensadora 2 CD.

Este circuito presenta arranques los cuales son picos altos y de ahí baja estabilizando el valor de trabajo, pero este de la misma manera varia, también se pudo observar que durante todo el periodo de medición este equipo siempre se mantuvo encendido, aunque por periodos tenía consumos bajos pero la mayor parte del tiempo tiene un consumo el cual corresponde a su ciclo de trabajo.



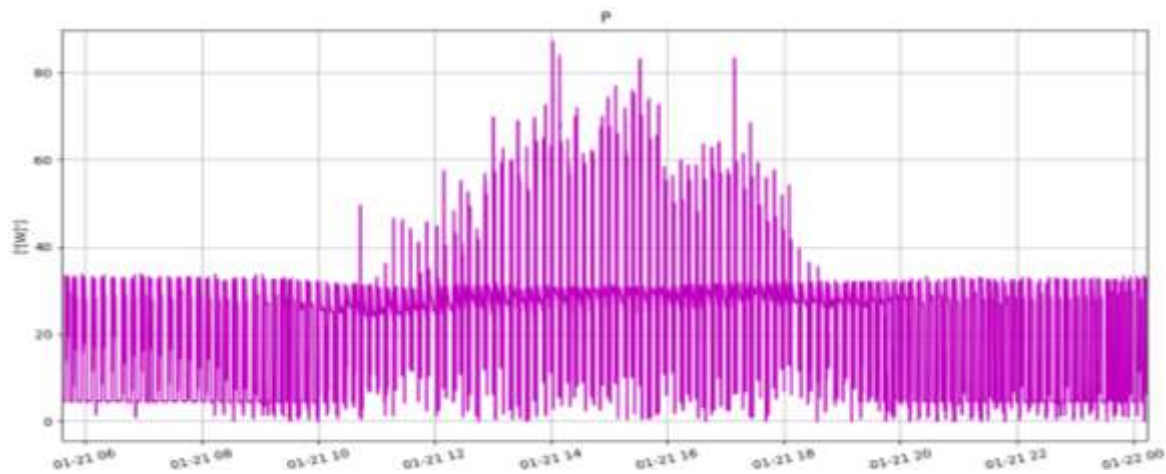
GRÁFICA 15. CONDENSADORA 2 CD (SG2-8).

Analizando con más detenimiento su comportamiento durante el tiempo y comparado con las señales de los aires de precisión se observó que se trataba de la unidad condensadora 2 de la sala de misión crítica 1, donde los arranques de los ventiladores llegan a alcanzar aproximadamente 82 [W], esto dependiendo de la potencia demandada y la temperatura a la que se encuentre, teniendo periodos de encendido de 15 hasta 34 minutos por periodos de apagado que van desde segundos hasta pocos minutos ya que esta unidad corresponde a uno de los aires acondicionados que más se usan, lo cual provoca los periodos tan continuos de encendido.

3.5.16 Condensadora 3 CD.

En éste, como en circuitos anteriores, se observaron los arranques de motores los cuales se presentan continuamente para variar la potencia de trabajo del equipo el cual tiene ciclos continuos de encendido, estos se mantienen por más de hasta 13 minutos o más dependiendo, los cuales después de esto bajan o aumentan su potencia y cuando se apaga se apaga por pequeños lapsos de tiempo. Y analizando

y comparando las señales antes y debido a que este comportamiento ya ha sido visto, se determinó que este circuito pertenecía a la unidad condensadora 3 de la sala de misión crítica 1.

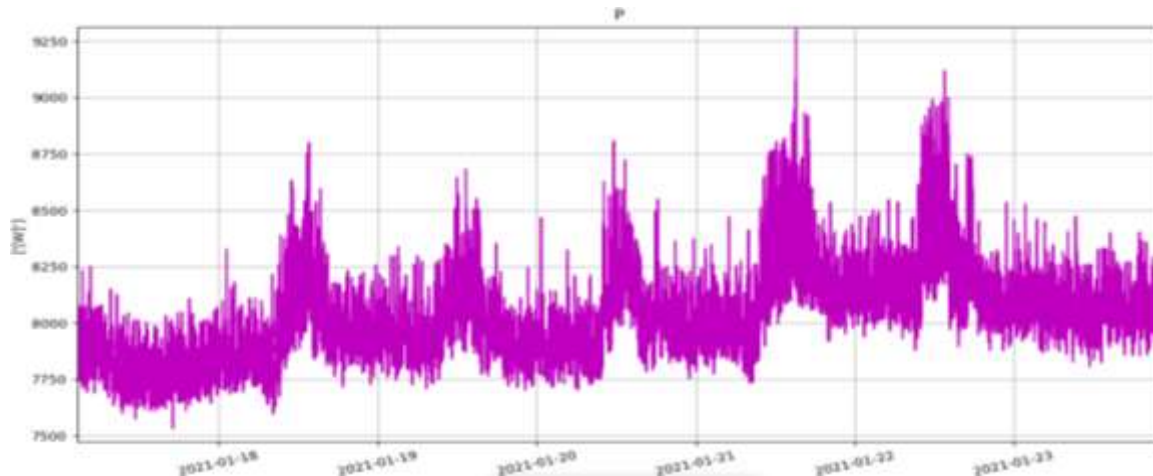


GRÁFICA 16. CONDENSADOR 3 CD (SG2-9).

Al hacer el análisis de ésta y de los demás aires de precisión como de las unidades condensadoras nos encontramos que esta trabajaba a una potencia muy similar a el conjunto de equipos 2, aunque esta unidad condensadora alcanza valores en el arranque de aproximadamente 87 [W], cuando los ventiladores entran o cuando el sistema le demanda darle mayor circulación al aire para extraer la carga térmica del sitio, estos periodos de encendido se presentan durante todo el periodo de medición teniendo periodos muy cortos de descanso en los cuales solo bajan la potencia pero rara vez llegan a un consumo de 0 [W]. Además, que en conjunto con los equipos de aire de precisión y unidad condensadora 2 son los que en este periodo de la semana se encontraban trabajando por lo que a la siguiente semana lo más seguro es que descansen uno de estos equipos y así hacer que el desgaste en los equipos fuera el mismo e ir alternando cada uno de los equipos.

3.5.17 UPS PW9315.

El circuito aquí presentado se observa un patrón de carga de un día a día el cual varía según el día, pero todas las mañanas empieza con un consumo bajo y de ahí va subiendo poco a poco hasta que llega a un punto de máxima carga en todos los días el cual se da entre las 12:00 y 13:00 hrs, después de este punto de máxima carga empieza a bajar hasta llegar hasta el punto de consumo con el cual inicio el día el cual llega ser aproximadamente a las 20:00 hrs aproximadamente

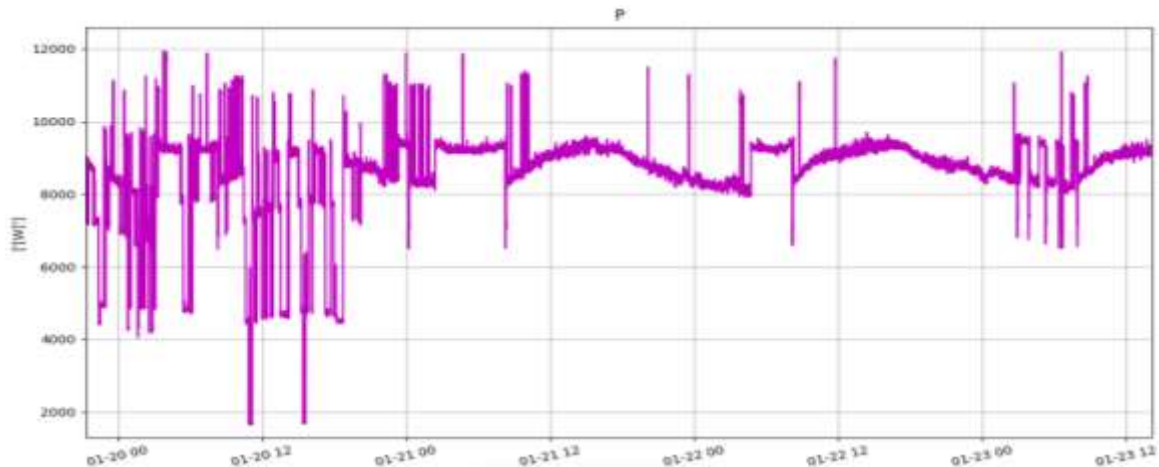


GRÁFICA 17. UPS PW 9315 (SG3-2).

Este circuito tiene un comportamiento repetitivo durante la semana laboral ya que se repite el mismo comportamiento, pero con variación de carga, es decir, que algunos días tiene más carga que otros, por lo cual este circuito tiene diversas cargas diferentes y ayudándonos de la identificación de los circuitos nos dimos cuenta de que es un UPS de 50 kVA con un factor de potencia de 0.8 según datos de placa que respalda los contactos y algunas cargas dentro de la dependencia. Este circuito durante la semana de medición alcanzó valores hasta aproximadamente 9300 [W], mientras que el promedio de carga que se observó en la semana de medición es de 7900 [W], lo cual nos diría que el UPS está sobredimensionado para la carga conectada pero hay que recordar que el estudio se realizó durante la pandemia por Covid y lo cual provocó que los trabajadores no estuvieran asistiendo a la oficina presencialmente por lo cual esto se tendría que evaluar cuando se tengan actividades normales para poder hacer un análisis real en condiciones normales de trabajo.

3.5.18 UMA 4 SC.

En este circuito se encontró siempre consumo con patrones de cargar repetitivos, ciclos de trabajo en alto que al iniciar estos tiene picos de arranque, el ciclo de trabajo en bajo, es constante y variante de potencia no siempre trabaja a la misma potencia y estos pueden durar desde minutos hasta días enteros. Durante el fin de semana tiene pequeños ciclos de encendido en alto por cortos ciclos de encendido en bajo, pero durante la semana se presenta trabajando la mayor parte a un solo ciclo de trabajo el cual mantiene aumentando o disminuyendo y teniendo periodos pequeños en los que aumenta la potencia que duran horas, pero los periodos de trabajo en bajo con potencia variante llegan a durar hasta días.



GRÁFICA 18. UMA 4 (SG3-3).

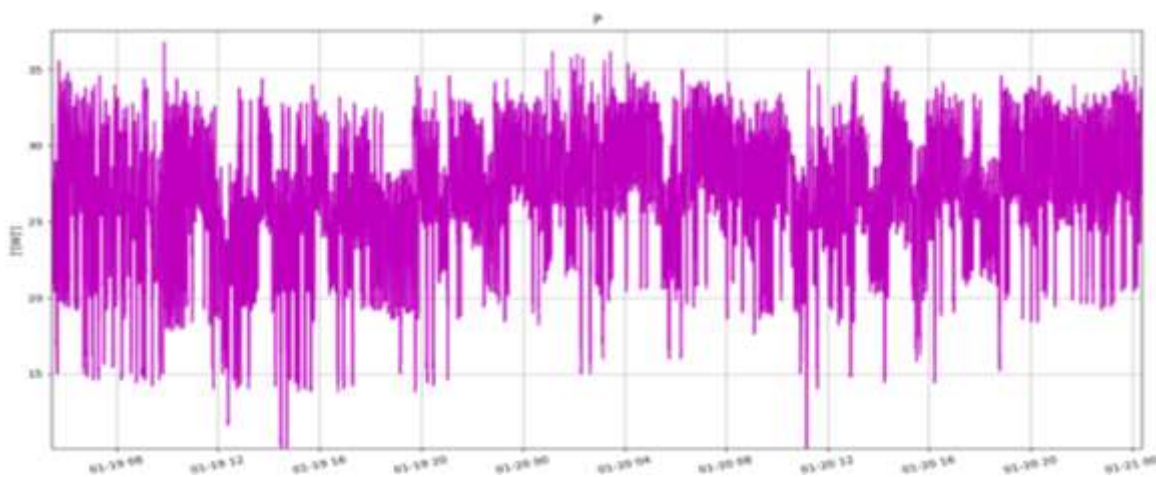
Este comportamiento de ciclos de trabajo en alto y en bajo y analizando los datos y las gráficas lo identificamos como un sistema de refrigeración y como ya ha sido identificado antes esta es una unidad manejadora de aire en este caso la número 4, la cual corresponde a la sala de misión crítica 2, la cual siempre se encuentra trabajando durante el periodo de medición y sus arranques iniciales alcanzan aproximadamente 12400 [W], mientras que sus ciclos de trabajo en bajo ronda los aproximadamente 1750 [W], aunque durante el periodo de medición se observó que su valor promedio al que normalmente trabaja y al que se mantuvo trabajando durante hasta días en la semana es de aproximadamente 9000 [W], lo cual sería aproximadamente al 10% de su capacidad teniendo momentos en los que alcanzaba hasta el 15% de su capacidad, ya que se trata de una unidad manejadora de aire de 30 toneladas de refrigeración la cual trabaja con un factor de potencia de 0.8 lo cual hace su valor nominal de 84 [kW] pero la dependencia no estaba cerca de una operación normal de trabajo, muchos de los servicios estaba detenidos debido al inicio de la situación epidemiológica, agregando que nos encontrábamos en los principios de esta y era obligatorio el quedarse en casa.

Hay que recordar que las unidades manejadoras de aire de la sala de misión crítica 2 son 4 UMA de 30 toneladas de refrigeración, es decir 84 [kW], las cuales se encuentran trabajando en modo "Team Work", es decir, que estas se reparten la carga para que el desgaste en los equipos sea igual según se lo demande el sitio para mantener un nivel de temperatura dentro de este y que los equipos trabajen en las mejores condiciones de desempeño, además que una de ellas se encuentra en "modo en espera" por una semana, al menos de que el sistema requiera de que esta entre en función para abatir la demanda térmica del sitio y esta función se va alternando en cada una de las unidades para hacer que estas tengan un desgaste igual y así evitar que alguna de estas se deteriore más que la otra.

3.5.19 UMA 3 SC.

En este circuito no se observó un patrón de carga definido lo cual al inicio se consideró como ruido en la señal o que este circuito tenía un equipo en “espera”, por lo cual por medio de la identificación del circuito y ayudándonos de personal de la dependencia se encontró que se trataba de la unidad manejadora de aire 3 de la sala de misión crítica 2, la cual se encontraba en “espera” durante esa semana de medición y es por eso el comportamiento de este circuito el cual solo parecía ruido aunque realmente era consumo en “espera” del equipo y esto debido a la configuración del sistema que se encuentra en modo “Team Work” y durante esta semana le había tocado esta unidad manejadora descansar y esto sirve para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos a los demás equipos como ya se ha explicado.

Su consumo en “stand by” varía de los aproximadamente 9 [W] hasta los aproximadamente 36 [W] y a pesar de que no se encuentra funcionando nunca reporta un consumo nulo esto debido a la electrónica del equipo que requiere para estar lista para entrar y abatir la carga térmica del sitio si le es requerida.

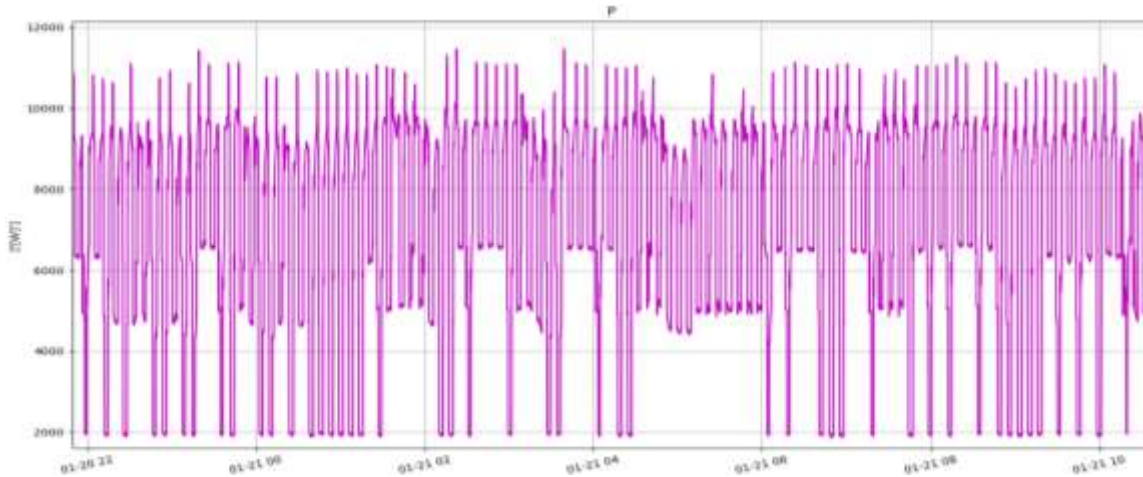


GRÁFICA 19. UMA 3 (SG3-4).

3.5.20 UMA 2 SC.

En este circuito se observa un equipo que entra variando la potencia durante todo el periodo de medición, tiene arranques altos y presenta ciclos de trabajo en alto y en bajo los cuales son variantes no siempre mantienen un valor de trabajo en estos ciclos. También se pudo observar que durante todo el periodo de la medición este circuito siempre tuvo consumo correspondiente a los ciclos de trabajo, nunca llegó a tener un consumo nulo y estos ciclos tiene duraciones desde 10 minutos hasta 40

minutos o horas dependiendo del día, aunque no tienen un patrón en el tiempo solo se presentan aleatoriamente.



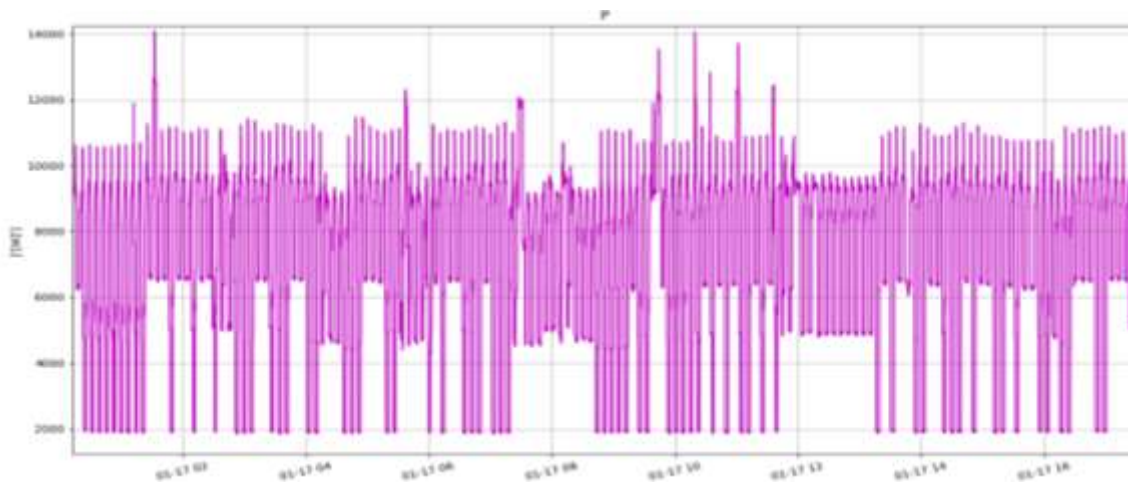
GRÁFICA 20. UMA 2 (SG3-5).

El comportamiento de este circuito con sus ciclos de encendido en alto y en bajo son los mismos que se han visto en los circuitos de refrigeración por lo cual ésta es la unidad manejadora de aire 2 del sistema de misión cítrica 2, la cual presenta arranques de motor de aproximadamente 14000 [W], mientras que sus ciclos de trabajo variaban desde aproximadamente 9500 [W] hasta aproximadamente 6200 [W] y en los ciclos de trabajo en bajo llegan a alcanzar valores de aproximadamente 2000 [W], pero como antes ya lo mencionamos nunca llegó a un consumo nulo. Esta es una de las unidades manejadoras que se encontraba trabajando durante esta semana, la cual se encontraba trabajando a un aproximado de 16% de su capacidad nominal teniendo momentos en los cuales se ve trabajando a 11% de su capacidad, además que al estar trabajando en la modalidad de “TeamWork”, toda la carga térmica que se tenía durante este periodo de medición que no era la de un día normal de trabajo se repartía entre las unidades manejadoras que se encontraban funcionando.

De la misma manera la carga térmica no se encontraba bien distribuida en el área de trabajo, y no se cuenta con canalización para el aire lo cual luego llega a provocar que algunas de las manejadoras tengan que abatir mayor carga térmica, debido a que la mayoría de la carga térmica se encuentra en la parte de atrás del sitio en donde se encuentran ubicadas las manejadoras 2 y 1.

3.5.21 UMA 1 SC.

Al igual que en otros circuitos, éste tiene ciclos de trabajo en alto y en bajo durante todo el periodo de medición. Sus periodos de trabajo en alto iban desde 3 minutos hasta 15 minutos mientras que los periodos de trabajo en bajo van en el mismo rango de tiempo, aunque normalmente los ciclos de trabajo en alto son de mayor duración que los ciclos en bajo a diferencia de otros circuitos con comportamiento similares este no presenta un consumo en bajo que dure días, sólo presenta ciclos de trabajo aleatorios y repetitivos durante el periodo de medición.

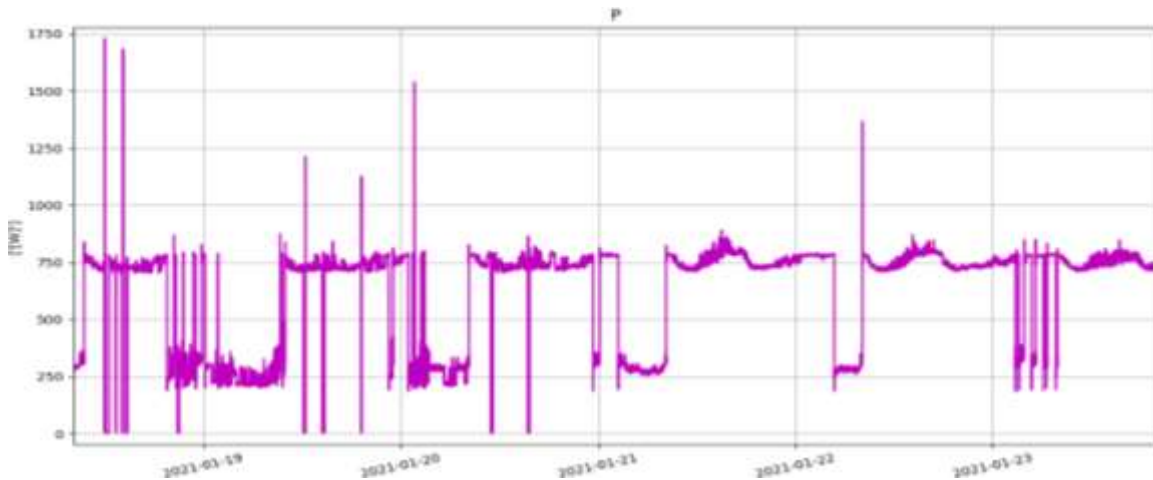


GRÁFICA 21. UMA 1 (SG3-6).

Su comportamiento fue identificado como la unidad manejadora de aire 1 de la sala de misión crítica 2, la cual presenta arranques de motor de aproximadamente 14100 [W], el cual sólo se observó durante el periodo de medición que fue el miércoles en donde alcanzo el 17% de su capacidad nominal, mientras que sus ciclos de trabajo variaban desde aproximadamente 11000 [W] hasta aproximadamente 8000 [W], lo cual nos indica que esta trabaja aproximadamente a 12% de su capacidad nominal y en los ciclos de trabajo en bajo llegan a alcanzar valores de aproximadamente 2000 [W], pero nunca llegó a un consumo nulo. Esta es una de las unidades manejadoras que se encontraba trabajando y presenta un comportamiento muy similar al de la manejadora 1, siendo estas dos las que tiene la mayor carga térmica esto debido a distribución de los racks y servidores dentro de esta sala de misión crítica lo cual a pesar de que se encuentran en la modalidad de “TeamWork”, que no se tiene presente actividades normales de trabajo, estas se distribuyen la carga y el que estén trabajando así nos habla de una mala distribución de la carga térmica.

3.5.22 UC4 SC.

En este como en la gran mayoría de los circuitos se observó consumo durante todo el periodo de medición y que muy pocas veces alcanza un consumo nulo, además de que presenta picos grandes, después empieza a disminuir hasta un punto en el cual baja de nuevo su potencia y se mantiene, estos ciclos de trabajo no tienen un rango de tiempo fijo, es variante y aleatorio puede durar desde algunos minutos hasta horas enteras.



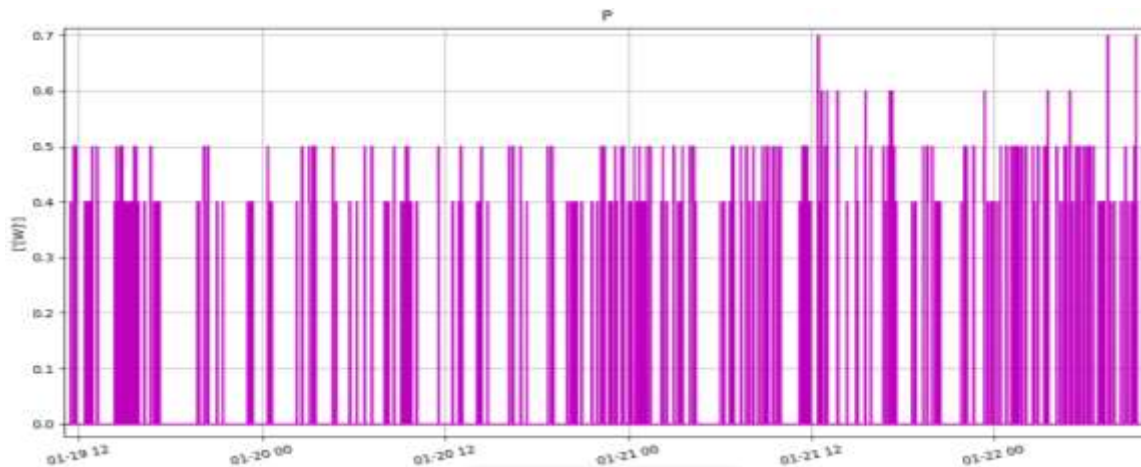
GRÁFICA 22. UC 4 SC (SG3-11).

Este comportamiento de la gráfica es muy similar en los ciclos y su comportamiento, aunque no en su consumo a la unidad manejadora 4, por lo cual con ayuda del personal de la dependencia y al análisis de las gráficas se pudo corroborar que se trata de la unidad condensadora 4 de la sala de misión crítica 2. La cual tiene valores de arranque que llegan hasta aproximadamente 1700 [W], aunque normalmente se encuentra trabajando en rangos de potencia de aproximadamente 750 [W] hasta aproximadamente 250 [W] y aunque nunca llega a un consumo nulo hay momentos en el periodo de medición que alcanzo un consumo de aproximadamente 5 [W]. Sus periodos de consumo en alto son muy variados desde 5 min hasta 16 horas por algunos periodos en bajo muy pequeños de 2 hasta 10 min.

3.5.23 UC 3 SC.

Este circuito tiene un comportamiento muy parecido a ruido o a un equipo en “stand by” ya que no se tiene un comportamiento en específico, presenta pequeños pulsos de corta duración durante todo el periodo de medición. Por lo cual se tuvo que recurrir a la identificación de circuitos en la cual se observó de que se trataba de la unidad condensadora 3 de la sala de misión crítica 2.

Esta unidad es la que en esta semana le tocaba descansar debido a su configuración en “Team Work” en la cual uno de los equipos descansa una semana para así de alguna forma crear el mismo desgaste en los equipos además que eso ayuda a que si se requiere hacer un servicio o mantenimiento en alguno de estos puede entrar esta unidad mientras se hacen los mantenimientos preventivos o correctivos según sea el caso. Esta unidad presenta un consumo en “stand by” menor de 1 [W] y que a pesar de que se encuentra en este estado de espera no siempre tiene un consumo nulo, debido a la electrónica que requiere para estar lista para entrar y extraer la carga térmica del sitio.



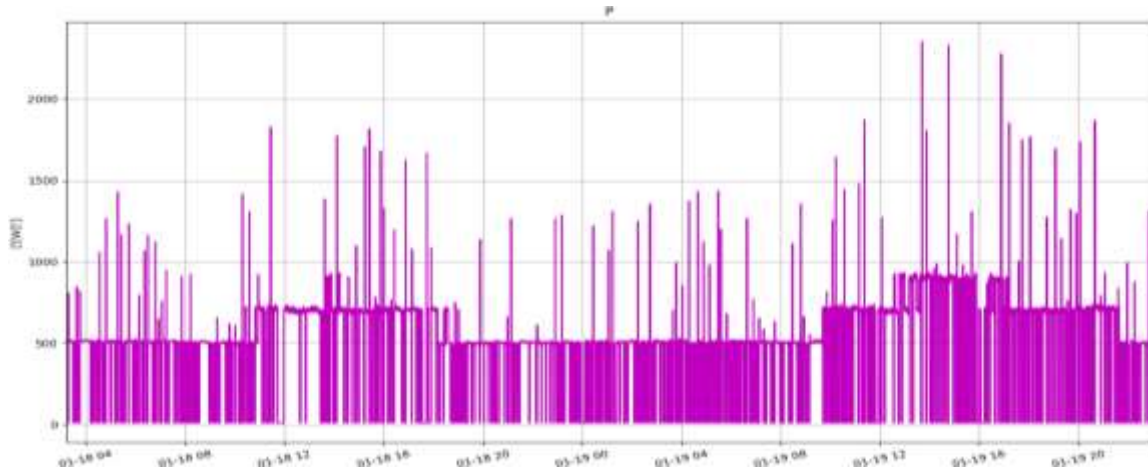
GRÁFICA 23. UC3 SC (SG3-12).

3.5.24 UC 1 SC.

En este circuito se observaron picos de arranques de motor durante la señal y periodos de trabajo en los cuales llega a tener valores cercanos a cero por periodos cortos de duración, es por eso por lo que la gran mayoría del tiempo se tiene consumo en este circuito. Los valores de potencia que tiene este circuito son variantes, no tienen un valor fijo durante todo el periodo de la medición, tiene periodos de trabajo en alto que van desde pequeños minutos hasta los 41 minutos y los periodos en bajo son de apenas 2 min hasta 13 minutos.

El comportamiento de este circuito y con esos periodos cortos de apagado y los periodos de encendido grandes ya habían sido vistos y con la ayuda de la gente de mantenimiento y de la identificación se observó que se trataba de la unidad manejadora de aire 1 de la sala de misión crítica 2, ya que esos encendidos de motor y los periodos tan cortos de trabajo y repetitivo ya se habían visto en otras unidades condensadoras. Los arranques que se observan alcanzan hasta aproximadamente 2300 [W], pero normalmente se encuentra trabajando a una potencia de aproximadamente 500 a aproximadamente 700 [W] aunque llega a trabajar a potencias de aproximadamente 1000 [W] y tiene periodos que llegan a

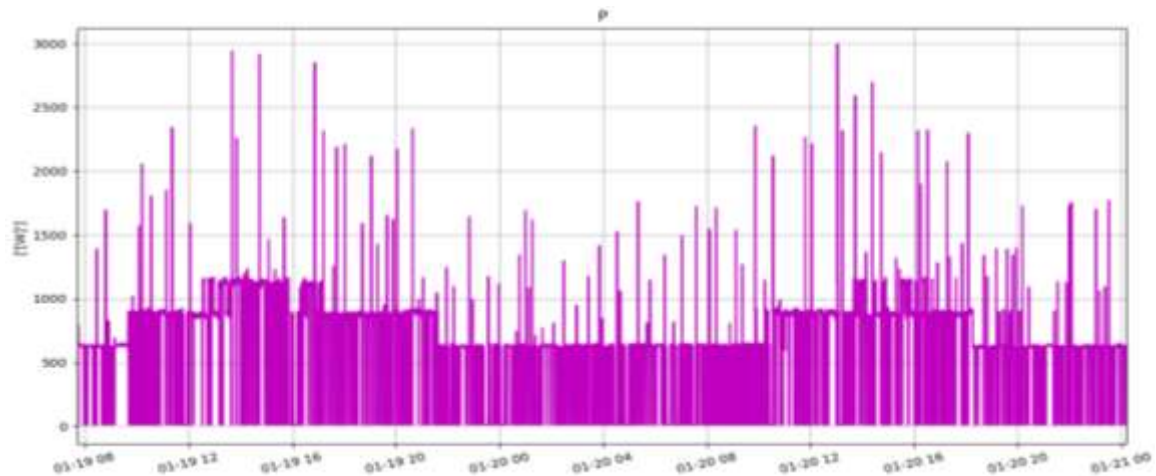
alcanzar hasta aproximadamente 10 [W], sus periodos en alto son muy variados desde 2 min hasta 41 min y periodos en bajo muy pequeños de 2 hasta 13 min.



GRÁFICA 24. UC 1 SC (SG3-13).

3.5.25 UC 2 SC.

Este circuito presenta siempre consumo durante todo el periodo de medición, en el cual se observó que tiene ciclos de trabajo muy parecidos a los que ya se identificaron como condensadoras, las cuales tienen arranques de motor y periodos de trabajo que son grandes en alto y de corta duración en periodo de trabajo en bajo y debido a que no llegan a ceros siempre se tiene consumo, con la ayuda de la identificación de los circuitos se observó que se trataba de la unidad manejadora de aire 2 de la sala de misión crítica 2.



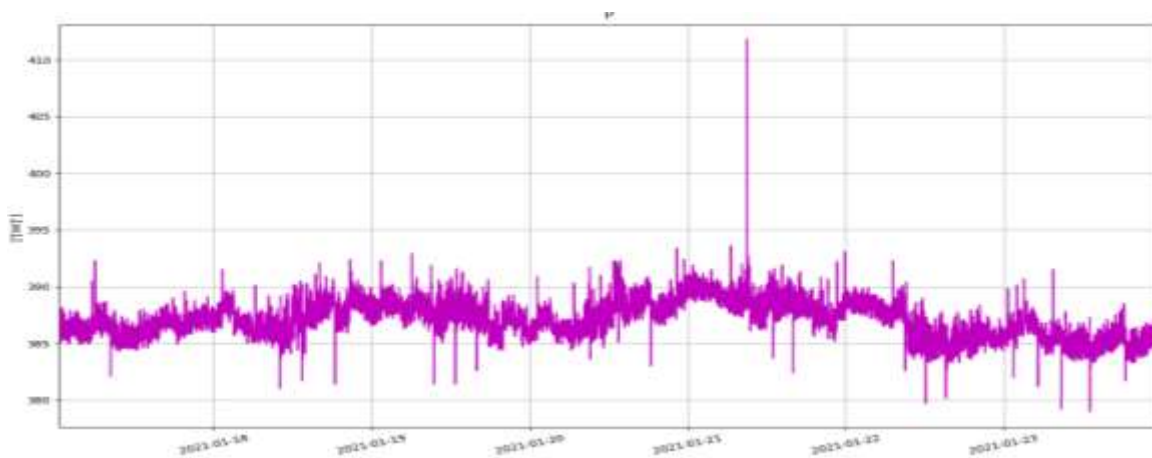
GRÁFICA 25. UC 2 SC (SG3-14).

Como ya se ha identificado antes, este circuito presenta varios encendidos de motor y muy repetitivos ya que siempre está trabajando a diferentes potencias esto según el sistema lo demande así mismo se pudo observar que el máximo valor que alcanzó en el arranque fue de aproximadamente 3000 [W], pero normalmente se encuentra trabajando a una potencia de aproximadamente 9500 [W] hasta aproximadamente 1100 [W], sus periodos en alto son muy variados desde 5 min hasta 30 min y periodos en bajo muy pequeños de 2 hasta 20 min.

Hay que recordar que estos equipos se encuentran trabajando en una configuración de “Team Work” la cual hace que no todos trabajen a la misma potencia si no que se reparten la carga entre ellos, para abatir la carga así mismo darle descanso a uno de estos equipos cada semana para así hacer que el desgaste de los equipos sea igual, además que esto nos permite hacer mantenimientos a los equipos sin afectar la operación de la dependencia.

3.5.26 Rectificador PBX.

Este circuito no tiene un comportamiento específico en el cual hay distintos equipos, los cuales tiene un comportamiento el cual no se puede identificar como una carga en específico. Este empieza con un consumo bajo y conforme van pasando las horas del día empieza a aumentar y de ahí empieza a variar y se puede quedar ahí hasta el día siguiente donde empieza a bajar un poco y después de nueva cuenta empieza a aumentar y a repetir un poco este patrón. Para la identificación de este circuito se recurrió a la identificación de circuitos, observando que se trataba de un rectificador el cual sirve para alimentar cargas en corriente directa de las salas de misión crítica, lo cual provoca variación en el comportamiento ya que se trata de cargas de cómputo las cuales son muy variantes.

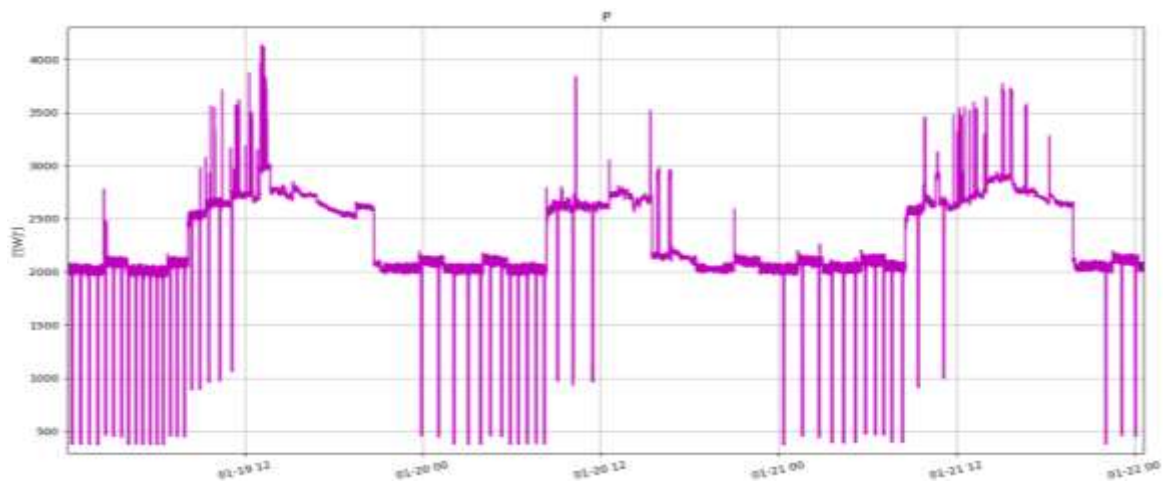


GRÁFICA 26. RECTIFICADOR PBX (SG3-15).

Este circuito siempre mantiene un consumo el cual depende de la utilización de los equipos y es por lo que varía durante el día, pero normalmente se encuentra trabajando en un rango de aproximadamente 387 [W] esto con variaciones cuando se conecta un nuevo equipo de cómputo o es utilizado a mayor potencia y teniendo un pico de hasta aproximadamente 427 [W], el cual fue provocado por una variación de voltaje de la red.

3.5.27 Closet Unidad Administrativa.

Este circuito se trata de un equipo que por la noche hasta las madrugadas tiene un ciclo de trabajo definido en el cual por 50 minutos se mantiene en un valor de trabajo en alto y por 10 minutos en un periodo de trabajo en bajo, que es la potencia mínima a la que trabaja y a partir de las 6 de la mañana este empieza a trabajar por más tiempo y en diferentes valor de potencia y normalmente se mantiene en operación variando su perfil de carga empezando a crecer hasta alcanzar el valor máximo alrededor de las 14:00 hrs y de ahí empieza a bajar hasta las 21:15 hrs y empieza de nuevo con el ciclo de trabajo de 50 minutos en alto por 10 minutos en un periodo de encendido mínimo.



GRÁFICA 27. CLOSET UNIDAD ADMINISTRATIVA (SG3-17).

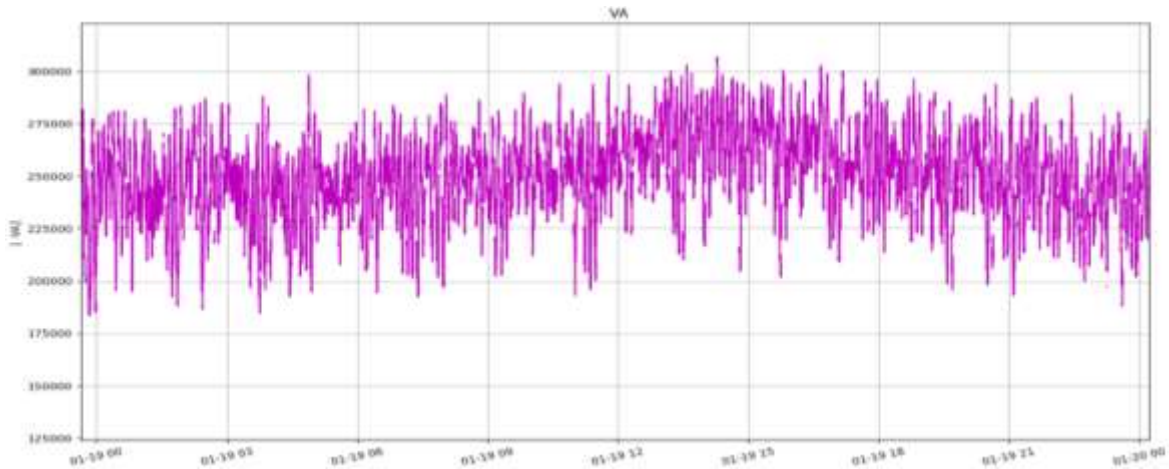
Como se puede ver es un equipo que durante el periodo de actividad laboral incrementa el valor y se comporta conformé a la demanda, donde alcanza un valor de hasta aproximadamente 43700 [W] pero una vez que se acaba el horario laboral baja a su valor mínimo de trabajo hasta llegar a aproximadamente 400 [W] y en fines de semana el valor de trabajo en alto es de aproximadamente 2000 [W]. Este circuito tiene perfectamente bien definido su ciclo de trabajo, por lo cual no se puede identificar a simple vista de que equipo se trata y con ayuda de la identificación esto dejaba muy amplio el rango de equipos.

3.6 Perfil de potencia.

Un perfil de carga es un gráfico en función del tiempo el cual permite observar el comportamiento de una variable en específico, en un periodo de muestreo, el cual represente un ciclo completo del proceso o de la actividad que se genera en el lugar de donde se toman las muestras.

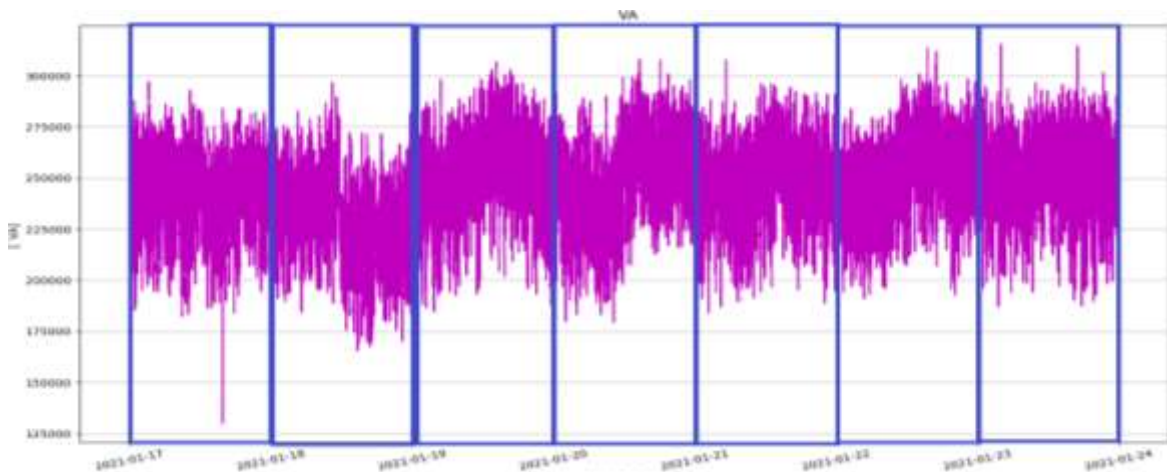
El perfil de carga permite observar el comportamiento de la variable en cuestión en un día normal, con lo cual se observa cómo se comporta la dependencia eléctricamente, de la misma manera que el saber los valores máximos del perfil de carga permite observar el valor de mayor demanda eléctrica que se tuvo en la semana o durante el periodo de medición. Este valor es de suma importancia ya que el sistema debe estar diseñado para soportar la demanda máxima, además de que el hacer este análisis es de mucha ayuda del cómo se comporta la carga y detectar oportunidades o brechas de mejora en el sistema.

Empezaremos analizando el perfil de carga diario que para nuestro caso de estudio se eligió un martes 19 de enero de 2021, el cual se escogió porque es el día que se considera que se tendría una mayor actividad en un día normal, pero hay que recordar que por la pandemia esto no ocurriría ya que la dependencia no tenía actividades normales y había ausencia de personal en la gran mayoría de esta. Como se puede observar en la gráfica este perfil varía entre aproximadamente 275 [kVA] y aproximadamente 200 [kVA] al inicio del día, lo cual sería aproximadamente el 30% de la capacidad y de ahí empieza a ver un incremento en la variaciones hasta llegar a tener variaciones entre 200 [kVA] y 287 [kVA] y de ahí baja y se estabiliza un poco en el margen de 221.6 [kVA] y 277.8 [kVA] en un rango desde las 8:00 hasta las 12:30 hrs y de ahí vuelve a aumentar el rango de las variaciones hasta alrededor de las 17:30 donde se ve un aumento en la capacidad de 307.9 [kVA] y 210.2 [kVA], el cual se alcanza y vuelve a tender a disminuir hasta llegar a las 00:00 hrs del día siguiente. Mientras que si analizamos los valores máximos durante el día nos encontramos que el valor máximo de potencia lo encontramos alrededor de las 17:30 en donde se ve alcanza un valor máximo aproximadamente 307.9 [kVA] alcanzando el 39% de la capacidad y siendo la situación epidemiológica, además que no se presentan variaciones que no tengan que ver con el aumento de la carga o la desconexión esta.



GRÁFICA 28. PERFIL DE POTENCIA 19 DE ENERO DE 2021.

Después de analizar el perfil de carga diario de los diversos días de la medición, nos dimos cuenta de que cada día tenía un perfil de carga distinto, se presentaban comportamientos similares en algunos días, pero se tendría que hablar de un patrón de carga por día y aunque se ve que los días empiezan con un consumo menor y van aumentando durante el paso del día y la mayoría de los días alcanzan su valor máximo entre las 14:00 hrs y las 17:00 hrs, tal como se vio en el análisis del día 19 de enero se tienen que analizar separadamente cada uno de los días debido a que el fin de semana se ve claro que el comportamiento es distinto y durante la semana se ven días que los perfiles son muy estables o que no presentan tantas variaciones.



GRÁFICA 29. PERFIL DE POTENCIA SEMANAL.

Con el perfil de carga también nos permitió ver que el punto de máxima demanda que se obtuvo durante el periodo de medición que no fue un comportamiento normal

de las instalaciones fue el día 23 de enero 16:00 hrs alcanzando hasta los 307.3 [kVA], siendo este el 40% de la carga nominal que aguanta este brazo, con lo cual analizando más a fondo este nos pudimos dar cuenta que este día aunque no representaba un día de trabajo normal y que esta había sido una de las consecuencias que había traído la situación epidemiológica debido a que las actividades durante los horarios laborales se habían mantenido por debajo de este margen pero el día sábado se presentaron el uso de varias de las plataformas y servicios de la UNAM para coordinar el cómo se iba a continuar atacando esta situación es por eso que este la demanda máxima se presenta este día y que a pesar de todo el sistema pareciera que estaba sobrado porque no había actividades normales de trabajo y de estudiantes.

Así mismo nos dimos cuenta de la situación que estaba presentando la dependencia que era una situación anormal de trabajo ya que si la dependencia se encontrara en carga normal el patrón de día a día que está delimitado por las líneas azules en la gráfica se tendrían que parecer más el uno con el otro y los fines de semana se tendrían que ser menores debido a que no se tienen la misma actividad y sin embargo los fines y la semana en nuestro periodo de muestra se encuentran dentro del mismo rango de potencia y esto nos sirve para ver aquellos equipos que se encuentran siempre consumiendo dentro de la dependencia e identificar áreas de oportunidad con las limitaciones de acceso y de la situación que se vivía.

Capítulo IV Caso de estudio. Calidad de la energía.

4.1 Introducción.

El término calidad de la energía hace referencia a una amplia variación de fenómenos electromagnéticos que caracterizan el voltaje y corriente en un momento dado en una ubicación determinada. (IEEE, IEEE Std 1159 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 2009). Los fenómenos pueden ser causados por el suministrador eléctrico (CFE), y algunos otros por el mismo usuario, es por eso de la gran importancia del monitoreo de la calidad de la energía para así poder encontrar o descartar la presencia de dichos fenómenos en nuestro sistema y los cuales pueden causar daños tanto a nivel usuario como a nivel suministrador.

En este caso tratándose de los servicios generales y sabiendo que éstos se encuentran preferentemente conectados al brazo 2 sólo se hizo el análisis de este alimentador a detalle, esto sin dejar de lado al brazo 1.

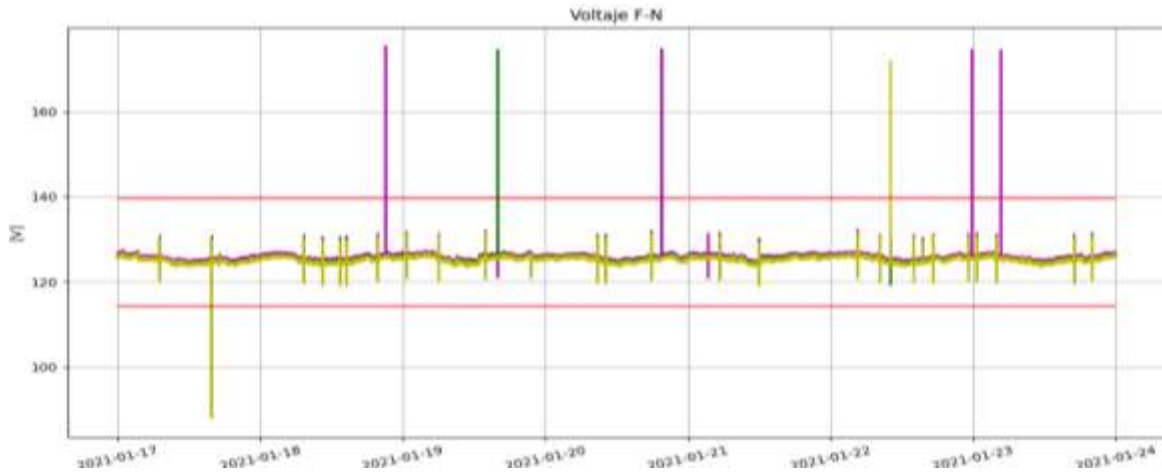
4.2 Voltaje (Flicker, Swell y Swag).

Para analizar el voltaje se evaluó varios rubros de éste que van desde que cumpla el voltaje suministrado con los rangos de tolerancia recomendados por el código de red hasta que se cumpla con los rangos de variaciones máximas de voltajes establecidos.

De acuerdo con lo establecido por el código de red este no aplica para niveles de baja tensión donde fue medida esta variable por el sistema de adquisición de datos, pero se evaluó de la misma manera para ejemplificar. El código de red recomienda que los niveles de tensión en media y alta tensión no debe de operar en un rango permanente de $\pm 10\%$ del valor nominal en este caso el voltaje de fase a neutro nominal es de 127 [V], por lo que el rango que debe cumplir esta entre 114.3 [V] y 139.7 [V].

TABLA 6. MÁXIMO, PROMEDIO, MÍNIMO DE VOLTAJE LÍNEA A NEUTRO.

	V1-N [V]	V2-N [V]	V3-N [V]
Mínimo	88.5	88.2	88
Promedio	125.87	125.43	125.21
Máximo	175.5	174.6	172

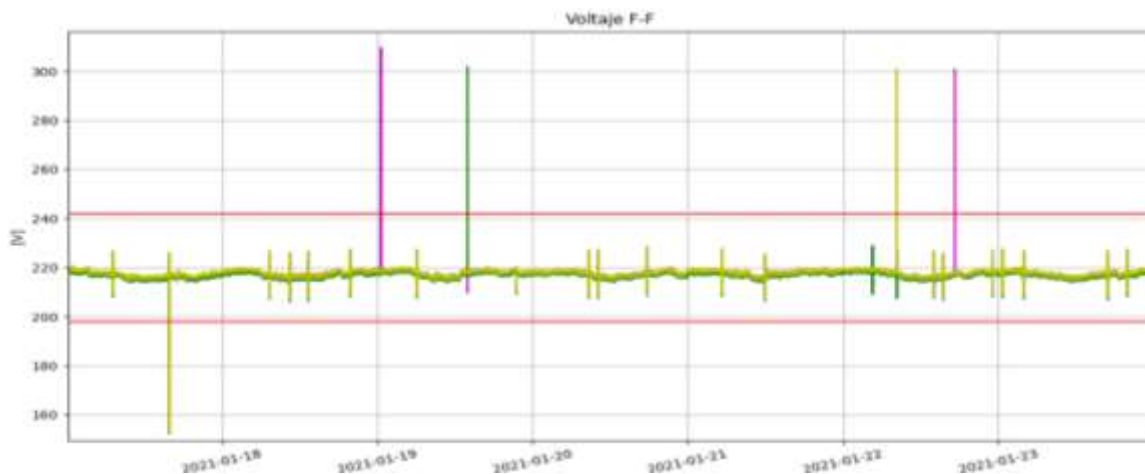


GRÁFICA 30. VOLTAJE DE FASE A NEUTRO Y SUS RANGOS DE FLUCTUACIÓN.

De la misma manera para el voltaje entre fases con una tolerancia de $\pm 10\%$ del valor nominal que es de 220 [V], el rango de voltaje queda entre 198 [V] y 242 [V].

TABLA 7. MÁXIMO, PROMEDIO, MÍNIMO DE VOLTAJE ENTRE FASES.

	V12 [V]	V23 [V]	V31 [V]
Mínimo	153.1	152.4	153.1
Promedio	217.68	216.82	217.71
Máximo	309.6	301.9	300.9



GRÁFICA 31. VOLTAJE ENTRE FASES Y SUS RANGOS DE FLUCTUACIÓN.

Como se observó en las gráficas la mayor parte del tiempo el voltaje se mantiene estable entre los rangos de tolerancia, pero se tiene la presencia de sag y swells diarios y algunos de mayor magnitud, lo que provoca el incumplimiento del nivel de voltaje. Por lo cual se analizó el nivel máximo de variaciones periódicas de amplitud que estén bajo lo recomendado en el código de red el cual nos dice que las variaciones rápidas de tensión (d_{max}) deben ser menor o igual al 4%.

Sabiendo que $d_{max} = \frac{\Delta V}{V_{max}}$; entonces se calculó este valor durante todo el tiempo de medición teniendo como resultado periodos de la medición en la que se supera este valor y por lo consiguiente no cumple.

La siguiente tabla muestra el promedio de los valores que se obtuvo de todos los valores de la medición y es por eso por lo que la d_{max} promedio se mantiene abajo, pero alcanzan valores de hasta 29.3% mayor, superando el 4% establecido por el código de red, por lo cual los valores sag y swell no cumplen con lo establecido por el código de red.

TABLA 8. VARIACIONES DE TENSIÓN (DMAX).

	dmax (VF-N)	dmax (VFF)
Promedio	0.0127%	0.0122%
Máximo	27.81%	29.30%
# Veces que se rebasa el 4%	71	50

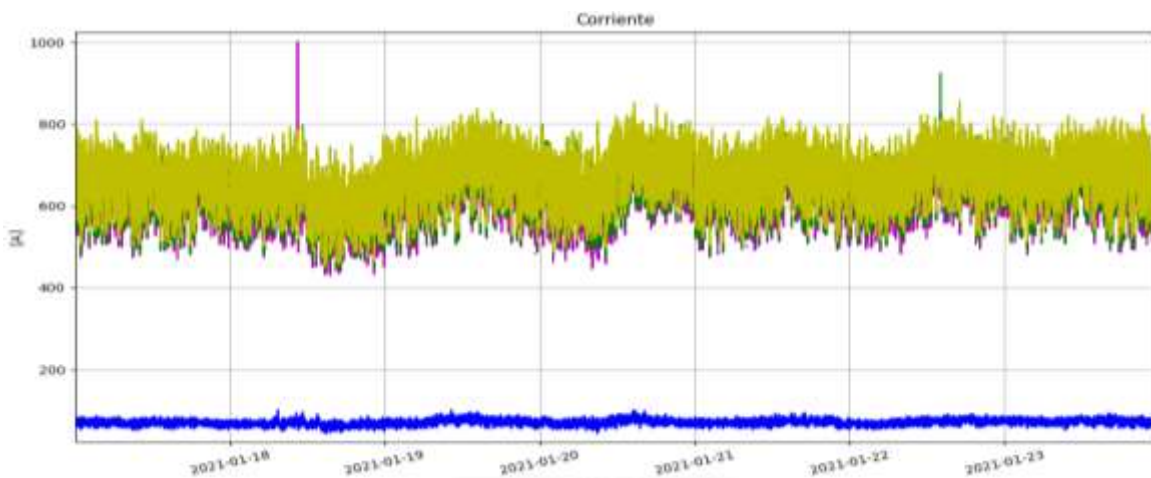
4.3 Corriente.

Para el análisis de la corriente se evalúa el comportamiento de la variable a través del periodo de medición el cual se mantiene con un comportamiento normal con un valor que ronda entre los 650 [A] y de ahí empieza a crecer hasta los 800 [A] llegando al valor máximo del día, después empieza a disminuir por la tarde noche hasta alcanzar de nueva cuenta 650 [A], volviendo a repetir el comportamiento descrito el día siguiente. Durante el análisis se observa dos eventos en los cuales se alcanza un valor de corriente de 1001.2 [A] el cual solo ocurrió en una de las fases (fase A) y coincide con el swell de voltaje y al no ser provocado esta caída de voltaje por la dependencia debido a que no se ve este comportamiento en algún equipo de los analizados es que se decreta que la caída es provocada por el sistema, lo cual es lógico ya que si disminuye el voltaje aumenta la corriente proporcionalmente.

De la misma manera, se observa en el neutro una corriente de retorno de 71 [A] la cual siempre se encuentra y nos afecta en las componentes armónicas, ya que dichas componentes se crean en secuencia cero la cual toma en cuenta el neutro y estas corrientes de retorno.

TABLA 9. MÁXIMO, PROMEDIO, MÍNIMO DE CORRIENTE.

	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	IN [A]
Mínimo	430.40	441.00	450.80	43.80
Promedio	631.55	653.78	667.73	71.11
Máximo	1001.20	923.80	856.40	101.20



GRÁFICA 32. PERFIL EN CORRIENTE.

4.4 Desbalances.

Un sistema trifásico ideal, es aquel en el que las tres fases tienen los mismos valores de voltaje y corriente, sin embargo, este es un caso ideal, el cual suele ser difícil de lograr ya que la gran mayoría de los sistemas que se encuentran conectados al sistema eléctrico nacional tienen un cierto grado de desbalance el cual tiene márgenes para su evaluación.

Aunque como bien sabemos entre más diferencia encontremos en los valores entre las fases el desbalanceo aumenta y tiene más posibilidad de incurrir en el incumplimiento de lo recomendado por el código de red, el cual nos dice que el desbalance de voltaje no debe ser mayor a 3% y el de corriente no debe de rebasar el 5%. Ya que el tener grandes rangos de desbalances puede provocar problemas como son: el calentamiento de equipos como motores trifásicos y el calentamiento del mismo conductor de neutro, lo cual nos indicaría corrientes circulando en el neutro y sabemos que los armónicos se presentan en las componentes de secuencia cero (0) la cual toma en cuenta las corrientes que pasan por el neutro y esto abre

las posibilidades a la aparición de frecuencias armónicas las cuales pueden afectar equipos sensibles. (Martínez, 2014)

Para evaluar el desbalance de voltaje y de corriente se hará por medio de sus componentes simétricas, esto basándose en el teorema de Fortescue, el cual dice que cualquier sistema trifásico desequilibrado puede ser descrito como la suma de sus tres componentes simétricas, las de secuencia positiva (+), negativa (-) y cero (0). (Fornieles, 2020)

Como el sistema de adquisición de datos y medición no proporciona el valor del ángulo con el cual se movían los voltajes, se tuvo que proponer los ángulos de tal manera que la magnitud del voltaje de la fase 1 quedó con un ángulo de 0° , la magnitud del voltaje de la fase 2 con un ángulo de -120° y la magnitud del voltaje de la fase 3 con un ángulo de -240° . Mientras que para obtener el ángulo de desfase de la corriente se sacó por medio del coseno inverso de la división entre la potencia activa y la multiplicación del voltaje por la corriente por la raíz cuadrada de 3, lo cual da como resultado el ángulo de desfase que tiene la corriente con respecto al voltaje.

4.4.1 Desbalance de voltaje.

Para evaluar el desbalance de voltaje del sistema como ya se mencionó se ocupará el método de las componentes simétricas en el cual ocupare la magnitud y el ángulo con la cual se presenta en este caso el voltaje. Debido a que el sistema de adquisición de datos y medición no media el ángulo con el cual se desplazaba el voltaje y solo nos daba el valor de la magnitud, se propuso que todos los voltajes de la fase 1 se encontrarían con un ángulo de 0° , mientras que los voltajes de la fase 2 y fase 3 estarían desplazados a -120° y -240° respectivamente.

Para ejemplificar el método se tomaron los datos del día 20 de enero del 2021 a las 00:00:00 hrs, los cuales se evaluaron mediante el método de las componentes simétricas, el cual se hizo con cada uno de los datos en las diferentes muestras. Para esto primero se obtuvo lo siguientes voltajes ya con los ángulos propuestos en su forma polar y angular.

$$V_1 = 125.9 \angle 0^\circ [V] = 125.9 [V]$$

$$V_2 = 125.6 \angle -120^\circ [V] = -62.8 - 108.772790715325i [V]$$

$$V_3 = 125.4 \angle -240^\circ [V] = -62.7000000000001 + 108.599585634569i [V]$$

Una vez teniendo los valores de voltaje y sabiendo que las componentes simétricas las obtenemos de la siguiente manera.

$$V_{1(0)} = \frac{V_1}{3} + \frac{V_2}{3} + \frac{V_3}{3}; \quad V_{1(+)} = \frac{V_1}{3} + \frac{aV_2}{3} + \frac{a^2V_3}{3}; \quad V_{1(-)} = \frac{V_1}{3} + \frac{a^2V_2}{3} + \frac{aV_3}{3}$$

Y sabiendo que la variable a es igual a.

$$a = 1\angle 120^\circ = 0.5 + 0.8660254038i$$

$$a^2 = 1\angle 240^\circ = -0.5 - 0.8660254038i$$

Una vez teniendo los valores se procedió a sacar cada una de las componentes simétricas.

Componente simétrica cero.

$$V_{1(0)} = \frac{V_1}{3} + \frac{V_2}{3} + \frac{V_3}{3}$$

$$V_{1(0)} = \frac{(125.9)}{3} + \frac{(-62.8-108.772790715325i)}{3} + \frac{(-62.7000000000001+108.599585634569i)}{3}$$

$$V_{1(0)} = 0.133333333333302 - 0.0577350269186687i$$

Componente simétrica positiva.

$$V_{1(+)} = \frac{V_1}{3} + \frac{aV_2}{3} + \frac{a^2V_3}{3}$$

$$V_{1(+)} = \frac{(125.9)}{3} + \frac{(-0.5 + 0.8660254038i) \times (-62.8 - 108.772790715325i)}{3} + \dots$$

$$\dots + \frac{((-0.5 - 0.8660254038i) \times (-62.7000000000001 + 108.599585634569i))}{3}$$

$$V_{1(+)} = 125.6333333334461 - 6.34751510612357 \times 10^{-13}i$$

Componente simétrica negativa.

$$V_{1(-)} = \frac{V_1}{3} + \frac{a^2V_2}{3} + \frac{aV_3}{3}$$

$$V_{1(-)} = \frac{(125.9)}{3} + \frac{(-0.5 - 0.8660254038i) \times (-62.8 - 108.772790715325i)}{3} + \dots$$

$$\dots + \frac{(-0.5 + 0.8660254038i) \times (-62.7000000000001 + 108.599585634569i)}{3}$$

$$V_{1(-)} = 0.13333333220587 + 0.057735026919i$$

Una vez teniendo las componentes simétricas se evalúa el porcentaje de desbalance conforme a lo recomendado por el código de red, que en este caso debe de ser máximo del 3%.

$$DV = \frac{|V_{1(-)}|}{|V_{1(+)}|} \times 100$$

$$DV = \frac{|V_{1(-)}|}{|V_{1(+)}|} \times 100 = \frac{|0.13333333220587 + 0.057735026919i|}{|125.6333333334461 - 6.34751510612357E-13i|} \times 100$$

$$DV = 0.1156513 \%$$

Como es menos del 3% que nos recomienda el código de red cumple y así fue como se evaluó cada uno de los valores obtenidos en nuestra medición.

4.4.2 Desbalance de corriente.

Para el desbalance en corrientes se ocupará el mismo método que se ocupa para sacar el desbalance de voltaje por medio de las componentes simétricas, además de que para sacar el ángulo de desfase que tiene la corriente con el voltaje se sacó por medio del coseno inverso de la división entre la potencia activa y la corriente, lo cual nos dio el ángulo y como el factor de potencia que tenemos es positivo y eso nos dice que la corriente se encuentra adelantada con respecto a nuestro voltaje.

Para ejemplificar el método se tomaron los datos del día 20 de enero del 2021 a las 00:00:00 hrs, los cuales se evaluaron mediante el método de las componentes simétricas, el cual se hizo con cada uno de los datos en las diferentes muestras. Para esto primero obtuvimos los siguientes valores de corriente, voltaje y potencia activa.

$$I_1 = 618.6[A], P_1 = 74600[W], V_1 = 125.9 [V], I_2 = 631.4[A], P_2 = 76600[W], V_2 = 125.6 [V]$$

$$I_3 = 644[A], P_3 = 76800[W], V_3 = 125.4 [V]$$

Una vez teniendo estos datos se procedió a sacar el ángulo de desfase de cada una de las corrientes.

$$\phi_1 = \cos^{-1} \left(\frac{P_1}{\sqrt{3}V_1I_1} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{74600}{(\sqrt{3})(125.9)(618.6)} \right) = 56.42540439^\circ$$

$$\phi_2 = \cos^{-1} \left(\frac{P_2}{\sqrt{3}V_2I_2} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{76600}{(\sqrt{3})(125.6)(631.4)} \right) = 56.10548215^\circ$$

$$\phi_3 = \cos^{-1} \left(\frac{P_3}{\sqrt{3}V_3I_3} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{76800}{(\sqrt{3})(125.4)(644)} \right) = 56.69767789^\circ$$

Como sabemos el factor de potencia es positivo por lo cual el ángulo de desfase es en adelante con respecto a los ángulos de voltaje por lo cual se tiene las siguientes corrientes, no sin antes recordar que los ángulos de los voltajes fueron propuestos de 0° , -120° y -240° respectivamente.

$$I_1 = 618.6 \angle 56.42540439[A] = 342.099524079 + 515.396813751232i [A]$$

$$I_2 = 631.4 \angle 56.10548215[A] = 277.831843402058 + 566.988030554274i [A]$$

$$I_3 = 644 \angle 56.69767789[A] = -642.930626930496 + 37.0972903964631i [A]$$

Una vez teniendo los valores de corriente y sabiendo que las componentes simétricas las podemos obtener de la siguiente manera.

$$I_{1(0)} = \frac{I_1}{3} + \frac{I_2}{3} + \frac{I_3}{3}; \quad I_{1(+)} = \frac{I_1}{3} + \frac{aI_2}{3} + \frac{a^2I_3}{3}; \quad I_{1(-)} = \frac{I_1}{3} + \frac{a^2I_2}{3} + \frac{aI_3}{3}$$

Y sabiendo que la variable a es igual a.

$$a = 1 \angle 120^\circ = -0.5 + 0.8660254038i$$

$$a^2 = 1 \angle 240^\circ = -0.5 - 0.8660254038i$$

Y así teniendo ya los valores se procedió a sacar cada una de las componentes simétricas.

Componente simétrica cero.

$$I_{1(0)} = \frac{I_1}{3} + \frac{I_2}{3} + \frac{I_3}{3}$$

$$I_{1(0)} = \frac{(342.099524079+515.396813751232i)}{3} + \frac{(277.831843402058+566.988030554274i)}{3} + \dots$$

$$\dots + \frac{(-642.930626930496+37.0972903964631i)}{3}$$

$$I_{1(0)} = -7.66641981647933 - 4.83130880219297i$$

Componente simétrica positiva.

$$I_{1(+)} = \frac{I_1}{3} + \frac{aI_2}{3} + \frac{a^2I_3}{3}$$

$$I_{1(+)} = \frac{(342.099524079+515.396813751232i)}{3} + \dots$$

$$\dots + \frac{(-0.5 + 0.8660254038i) \times (277.831843402058 + 566.988030554274i)}{3} + \dots$$

$$\dots + \frac{(-0.5 - 0.8660254038i) \times (-642.930626930496 + 37.0972903964631i)}{3}$$

$$I_{1(+)} = 349.267383283077 + 525.91529133459i$$

Componente simétrica negativa.

$$I_{1(-)} = \frac{I_1}{3} + \frac{a^2I_2}{3} + \frac{aI_3}{3}$$

$$I_{1(-)} = \frac{(342.099524079+515.396813751232i)}{3} + \dots$$

$$\dots + \frac{(-0.5 - 0.8660254038i) \times (277.831843402058 + 566.988030554274i)}{3} + \dots$$

$$\dots + \frac{(-0.5 + 0.8660254038i) \times (-642.930626930496 + 37.0972903964631i)}{3}$$

$$I_{1(-)} = 0.49856061240134 - 5.68716878116587i$$

Una vez teniendo las componentes simétricas se evalúa el porcentaje de desbalance conforme a lo recomendado por el código de red, que en este caso debe de ser máximo del 5%.

$$DI = \frac{|I_{1(-)}|}{|I_{1(+)}|} \times 100$$

$$DI = \frac{|I_{1(-)}|}{|I_{1(+)}|} \times 100 = \frac{|0.49856061240134 - 5.68716878116587i|}{|349.267383283077 + 525.91529133459i|} \times 100$$

$$DI = 0.9042816 \%$$

Como es menos del 5% que nos recomienda el código de red cumple y así fue como se evaluó cada uno de los valores obtenidos en nuestra medición.

TABLA 10. DESBALANCE DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

	Desbalance Corriente	Desbalance Voltaje
Mínimo	0.0035%	0.0466%
Promedio	1.3753%	0.1575%
Máximo	14.9316%	12.7894%
Valor Código de Red	5	3
# Veces que se repite	4	12

4.5 Factor de potencia.

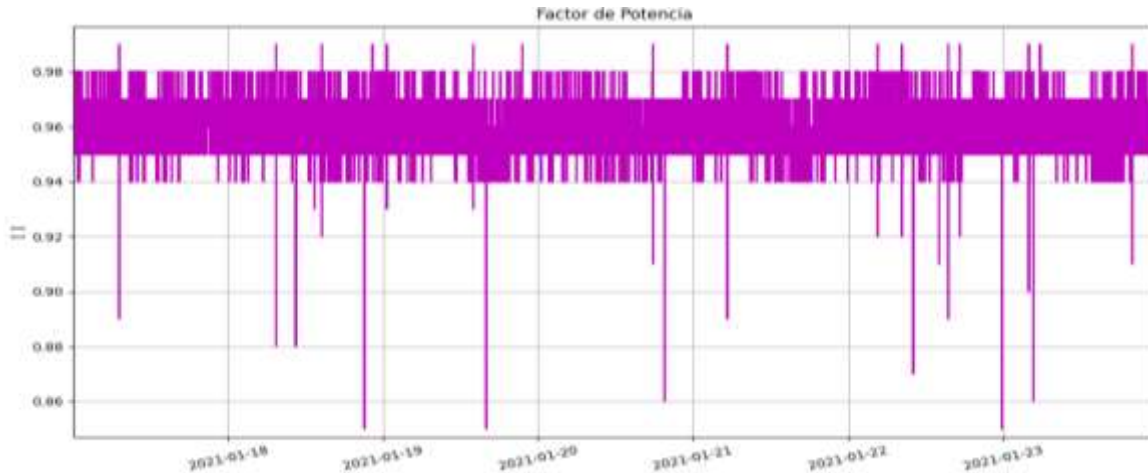
El que un factor de potencia sea uno, significa que el voltaje y la corriente están completamente en fase y por lo tanto toda la energía suministrada es aprovechada, pero entre más cargas inductivas o capacitivas tengamos en el sistema este tiende a desfazar las señales haciendo que el factor de potencia se aleje más de la unidad.

El código de red nos dice que el factor de potencia debe de ser de 0.95 en atraso con medición cinco-minutal, lo cual será válido por un periodo de tiempo inicial pero luego saltará a ser de 0.97 en atraso.

En el análisis se tomó los valores por cada segundo por lo cual tenemos la siguiente

TABLA 11. MÁXIMO, PROMEDIO, MÍNIMO DE FACTOR DE POTENCIA.

	Factor de Potencia
Mínimo	0.85
Promedio	0.96
Máximo	0.99



GRÁFICA 33. FACTOR DE POTENCIA.

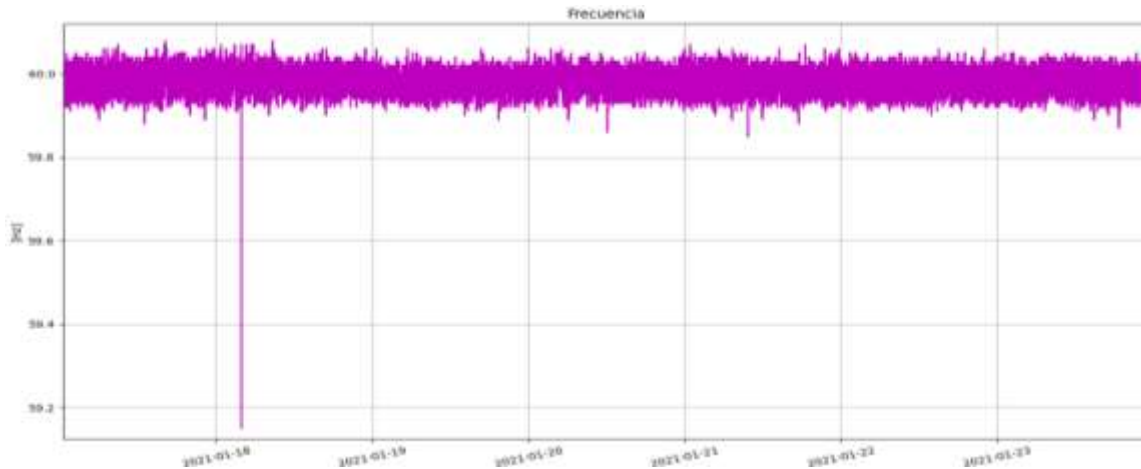
4.6 Frecuencia.

Para el análisis de la frecuencia en un sistema de 23 [kV] como es el caso de la dependencia, el código de red establece que los centros de carga deben de ser capaces de soportar variaciones de frecuencia y permanecer conectados de acuerdo a si las variaciones son permanentes en el rango de frecuencia máxima de 61.0 [Hz] y frecuencia mínima de 59.0 [Hz], o si las variaciones son por 30 minutos el rango de frecuencia máxima de 62.1 [Hz] y frecuencia mínima de 58.0 [Hz].

TABLA 12. MÁXIMO, PROMEDIO, MÍNIMO DE FRECUENCIA.

	Frecuencia [Hz]
Mínimo	59.15
Promedio	59.98
Máximo	60.08

Como se observa la frecuencia cumple perfectamente con los rangos establecidos por el código de red sin excederlos en las dos condiciones establecidas por dicho código. Solo se presenta una caída de hasta 59.15 [Hz] la cual fue provocada por el aumento de la carga en la red de media tensión lo cual afecto la frecuencia en los dos alimentadores de la dependencia, ya que analizando los datos no se tuvo un aumento de carga dentro de la dependencia que pudiera provocar esta variación de frecuencia, si no que la variación fue de en el servicio suministrador.



GRÁFICA 34. FRECUENCIA [Hz].

4.7 Tablas resumen

A continuación, se realiza una tabla resumen de los dos alimentadores de la dependencia DGTIC, tomando en cuenta de que el sistema de adquisición de datos toma muestras cada segundo 5s por lo cual estos valores están referenciados a este tiempo de muestreo además de que el alimentador de nuestro interés es el brazo 2 en el cual se encuentra preferentemente los servicios generales.

Las tablas resúmenes presentan los resultados del análisis de calidad de la energía que se hizo en ambos alimentadores teniendo en cuenta que nuestro sistema no se midieron las componentes armónicas por lo cual no se analiza este rubro, pero se analizó los datos que se tenían y se vio el cumplimiento de cada uno con respecto a lo que recomienda el código de red siendo estos valores los que se tienen que cumplir para crear un sistema eléctrico confiable, seguro y de calidad.

TABLA 13. TABLA RESUMEN DEL BRAZO 2 CON MEDICIONES CADA 5 SEGUNDOS.

Tabla Resumen Brazo 2 DGTIC - UNAM					
	Valores mínimos	Valores promedio	Valores máximos	Valores Código Red	Cumplimiento Código Red
Factor de potencia	0.85	0.96	0.99	0.9 en atraso	✓
dmax - variación máx. de voltaje %	-	0.012%	27.81%	menor al 4	✗
Desbalance de corriente %	0.0035%	1.3753%	14.9316%	5	✓
Desbalance de voltaje %	0.0466%	0.1575%	12.7894%	3	✓
Frecuencia	59.15	59.98	60.08	59-61 [Hz]	✓

TABLA 14 TABLA RESUMEN DEL BRAZO 2 CON MEDICIONES CADA 5 SEGUNDOS. (CONTINUACIÓN)










Tabla Resumen Brazo 2 DGTIC - UNAM					
	Valores mínimos	Valores promedio	Valores máximos	Valores Código Red	Cumplimiento Código Red
Voltaje F-N	88	125.4	175.5	114.3 - 139.7 [V]	
Voltaje F-F	152.4	217.68	309.6	198 - 242 [V]	

TABLA 15. TABLA RESUMEN DEL BRAZO 1 CON MEDICIONES CADA 5 SEGUNDOS.

Tabla Resumen Brazo 1 DGTIC - UNAM					
	Valores mínimos	Valores promedio	Valores máximos	Valores Código Red	Cumplimiento Código Red
Factor de potencia	-0.83	-0.94	-0.98	0.9 en atraso	
dmax - variación máx. de voltaje %	-	0.012%	72.9%	menor al 4	
Desbalance de corriente %	0.0024%	2.8175%	19.9821%	5	
Desbalance de voltaje %	0.0692%	0.1931%	12.8740%	3	
Frecuencia	59.69	59.96	60.06	59-61 [Hz]	
Voltaje F-N	120	126.39	177.1	114.3 - 139.7 [V]	
Voltaje F-F	247.4	291.73	421.4	198 - 242 [V]	

Capítulo V Propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía.

5.1 Análisis de consumo de energía.

Para analizar el consumo de energía de la dependencia, tenemos que tomar en cuenta la situación epidemiológica que se vive mundialmente por lo que, la dependencia no presenta una carga normal de trabajo, añadiendo las complicaciones que se tuvo para hacer un recorrido en las instalaciones debido a que varias áreas se encuentran cerradas y protegidas por el sindicato, por lo cual tuvimos que ayudarnos de la identificación de patrones que se observaba, la experiencia que se tenía del conocer esta dependencia y apoyándonos de los miembros de mantenimientos de la dependencia.

Además, hay que tener en cuenta que al ser una dependencia de la UNAM no cuenta con un recibo de facturación eléctrica y que en este caso solo se calculara el costo de la energía para la acometida del alimentador 2 en el cual se albergan los servicios generales preferentemente, por lo cual solo se hará el análisis de consumo en este alimentador.

Para sacar el consumo generado tomaremos en cuenta la tarifa gran demanda media tensión horaria (GDMTH), que es en la cual se encuentra la UNAM y por su ubicación nos corresponde la división Valle de México Sur, tomando en cuenta el periodo de medición que es el mes de enero del 2021 se obtuvieron los siguientes cargos y tarifas del sitio web de CFE. (Electricidad, Tarifas CRENegocio, 2021).

Valle de México Sur

Tarifa	Descripción	Int. Horario	Cargo	Unidades	ENE-21
GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria	-	Fijo	\$/mes	717.91
		Base	Variable (Energía)	\$/kWh	0.9427
		Intermedia	Variable (Energía)	\$/kWh	1.5360
		Punta	Variable (Energía)	\$/kWh	1.7913
		-	Distribución	\$/kW	70.19
		-	Capacidad	\$/kW	328.81

Los cargos de las tarifas finales del suministro básico descritos en este apartado, corresponden a la integración de los cargos por Transmisión, Distribución, Operación del CENACE, Operación del Suministrador Básico, Servicios Conexos No MEM, Energía y Capacidad.

Para mayor información sobre las cuotas aplicables favor de consultar el apartado de [Acuerdos que autorizan o modifican tarifas.](#)

ILUSTRACIÓN 7. TARIFAS GDMTH CORRESPONDIENTE AL MES DE ENERO 2021.

Se recopilaron los datos adquiridos durante la semana de medición en los diferentes periodos de cobro de energía, base, intermedia y punta, con lo cual se realizó la proyección de consumo al mes, obteniendo los siguientes consumos y potencia reactiva. Además, al ser una dependencia y encontrarse en la ciudad de México se consideró que no se le cobraba el derecho de alumbrado público ya que este se cobra solamente en algunas partes de los estados de la república.

Solo modificar los campos en verde:

Tipo de consumo:	Mensual	kWh Base:	94088
Tipo de Tarifa:	GDMTH	kWh Intermedia:	154643
División Tarifaria:	Valle de México Sur	kWh Punta:	37457
		kVArh:	79494
Mes de Facturación:	Enero		
Año de Facturación:	2021	DAP:	No

ILUSTRACIÓN 8. CONSUMOS PROYECTADOS AL MES.

Una vez teniendo los datos recopilados y con ayuda de las proyecciones que se hizo mensualmente se procedió a calcular el factor de potencia para evaluar si es acreedor a una bonificación o penalización por dicho valor, el cual se calculó de la siguiente manera.

$$fp = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{kVArh}{kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}}\right)\right)$$

$$fp = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{79494}{94088 + 154643 + 37457}\right)\right) = 0.9635$$

Como el valor es mayor a 0.9 este tendrá una bonificación en este mes por su buen factor de potencia, aunque este se haya calculado de los valores totales de la proyección y no cinco-minutal como lo hace la CFE.

Una vez teniendo las tarifas que se le aplicaran a los distintos periodos de consumo de la energía y la proyección del consumo al mes se procedió a calcular el costo de energía

$$\text{Costo de energía} = (kWh_{Base} \times \$_{Base}) + (kWh_{Intermedia} \times \$_{Intermedia}) + (kWh_{Punta} \times \$_{Punta})$$

$$\text{Costo de energía} = (94088 \times 0.9427) + (154643 \times 1.5360) + (37457 \times 1.7913) =$$

$$\text{Costo de energía} = \$ 393325.13$$

Ahora se procede a sacar el cargo total por energía sumando el cargo fijo, los cargos por la distribución, transmisión, capacidad, por la operación que realiza el CENACE y la operación de mercado eléctrico mayorista (MEM). El cargo por distribución y

capacidad se obtuvo con los valores obtenidos del portal de CFE así como los acuerdos modificatorios de la tarifa, con los cuales nos da el valor de factor de carga que es de 0.57, el cargo por transmisión que es de 0.173, por MEM de 0.0058 y CENACE de 0.0084. Los cuales se sustituyeron en las fórmulas obteniendo los siguientes valores.

$$C_{Distribución} = \frac{((kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{Distribucion}))}{(horas \times dias \ del \ mes \times factor \ de \ carga)}$$

$$C_{Distribución} = \frac{((94088 + 154643 + 37457) \times (70.19))}{(24 \times 31 \times 0.57)} = \mathbf{47367.33}$$

$$C_{Capacidad} = \frac{((kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{Capacidad}))}{(horas \times dias \ del \ mes \times factor \ de \ carga)}$$

$$C_{Capacidad} = \frac{((94088 + 154643 + 37457) \times (318.81))}{(24 \times 31 \times 0.57)} = \mathbf{221895.58}$$

$$C_{Transmisión} = (kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{Transmisión})$$

$$C_{Transmisión} = (94088 + 154643 + 37457) \times (0.1737) = \mathbf{49710.86}$$

$$MEM = (kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{MEM})$$

$$MEM = (94088 + 154643 + 37457) \times (0.0058) = \mathbf{1659.89}$$

$$CENACE = (kWh_{Base} + kWh_{Intermedia} + kWh_{Punta}) \times (\$_{CENACE})$$

$$CENACE = (94088 + 154643 + 37457) \times (0.0084) = \mathbf{2403.98}$$

Una vez tenido todos los cargos se hace la suma para obtener el cargo total por energía.

$$\begin{aligned} \text{Carga total por energía} \\ &= C_{Fijo} + \text{Costo de energía} + C_{Distribución} + C_{Transmisión} + C_{capacidad} \\ &+ CENACE + MEM \end{aligned}$$

$$\text{Carga total por energía} = 717.91 + 393325.13 + 47367.33 + 49710.86 + 221895.58 + 2403.98 + 1659.89$$

$$\text{Carga total por energía} = \mathbf{717080.67}$$

Ahora suponiendo que la medición de CFE se hiciera en el lado de baja tensión de nuestra dependencia se tendría que agregar el cargo por medición en baja tensión ($C_{BT} 2\%$) que representa el 2% del valor del cargo total por energía.

$$C_{BT} 2\% = \text{Carga total por energía} \times 0.02$$

$$C_{BT} 2\% = 717080.67 \times 0.02 = \mathbf{14341.61}$$

Al cargo total por energía se le suma y el cargo por medición en baja tensión, el cual nos da un cargo antes de factor de potencia ($C_{antes\ de\ FP}$) que es antes de aplicar la bonificación o penalización por el factor de potencia

$$C_{antes\ de\ FP} = \text{Cargo total por energía} + C_{BT\ 2\%}$$

$$C_{antes\ de\ FP} = 717080.67 + 14341.61 = \mathbf{731422.28}$$

Ahora procedemos a evaluar el factor de potencia obtenido durante las mediciones que es de 0.9635, el cual es mayor al que CFE exige para un buen funcionamiento del sistema eléctrico nacional por lo que tenemos una bonificación.

$$\text{Bonificación [\%]} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{90}{FP} \right) \times 100 ; fp > 0.9$$

$$\text{Bonificación [\%]} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{90}{96.35} \right) \times 100 = 1.65 \%$$

Se tiene una bonificación del 1.56% del costo antes de factor de potencia.

$$C_{B\ o\ P} = C_{antes\ de\ FP} \times \text{Penalización o Bonificación}$$

$$C_{B\ o\ P} = 731422.28 \times 0.0165 = \mathbf{12068.47}$$

Una vez teniendo el valor de la bonificación esta se le resta al costo antes de factor de potencia, debido a que es una bonificación

$$C_{FP} = C_{antes\ de\ FP} \pm C_{B\ o\ P}$$

$$C_{FP} = 731422.28 - 12068.47 = \mathbf{719353.81}$$

Teniendo por último el cargo del IVA que este se aplica por ley y representa el 16% del cargo total con factor de potencia y así nos da el valor total a pagar recibo eléctrico.

$$\text{Total recibo} = C_{FP} + IVA$$

$$\text{Total recibo} = 719353.81 + (719353.81 \times 0.16) = 719353.81 + 115096.61$$

$$\mathbf{\text{Total recibo} = \$834450.42}$$

TABLA 16. COSTO DE LA ENERGÍA SIN CONSIDERAR PENALIZACIONES O BONIFICACIONES.

COSTO DE LA ENERGÍA GDMTH				
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe
Suministro [\$/mes]	717.91			717.91
Distribución [\$/kW]		47,367.33		47,367.33
Transmisión [\$/kWh]			49,710.8556	49,710.86
CENACE [\$/kWh]			2,403.9792	2,403.98
Energía [\$/kWh] B			88,696.7576	88,696.76
Energía [\$/kWh] I			237,531.6480	237,531.65
Energía [\$/kWh] P			67,096.7241	67,096.72
Capacidad [\$/kW]		221,895.58		221,895.58
MEM [\$/kWh]			1,659.8904	1,659.89
Total	717.91	269,262.90	447,099.85	717,080.67

TABLA 17. COSTO TOTAL DEL RECIBO ELÉCTRICO.

RECIBO ACTUAL GDMTH	
Concepto	Importe
Cargo Fijo	717.91
Energía	716,362.76
2% BT	14,341.61
% FP	- 12,068.47
Subtotal	719,353.81
IVA 16%	115,096.61
Facturación del período	834,450.42
DAP	0.00
Total	\$ 834,450.42

Como se puede observar solo del alimentador 2 de la dependencia el cual albergan los servicios generales preferentemente en el mes de enero se tendría que hacer un pago **\$ 834450.42**.

Este es el mismo proceso que se repetirá para sacar el consumo por circuito de cada uno de los circuitos medidos para así poder obtener cuanto representa cada uno de ellos en el gasto del recibo eléctrico y así poder tener una ponderación de lo que cada circuito representa para el gasto general de energía y en el recibo. Siendo el gasto de energía el total antes de aplicar el cargo de medición en baja tensión, el factor de potencia y el IVA, mientras que en el otro se incluye todo esto.

5.2 Consumos de energía por circuito.

Una vez analizado el consumo total del alimentador 2, el cual es el encargado de alimentar la mayoría de la carga de la DGTIC de manera preferente, sin contar los equipos de misión crítica los cuales tienen energía de ambos alimentadores por si llega haber alguna falla, el sistema sea redundante y no se tenga pérdidas debido a la gran importancia de estas cargas.

Es por eso que los servicios generales son importantes y debido a la situación epidemiológica mundial no representan lo que se vería en un día normal de trabajo si no que mucho de este consumo son equipos esenciales para el funcionamiento. Debido a esto obtuvimos que del consumo total los circuitos analizados de servicios generales solo representaban el 12% del consumo total, esto debido a que la mayoría de la carga de los servicios generales no se encontraba en funcionamiento debido a la ausencia de personal en la dependencia lo que hizo que este no fuera un consumo normal y que la mayoría de luces y equipos se encontraran apagados, lo cual se puede observar en los consumos por circuitos detallados.

TABLA 18. COSTO DE ENERGÍA Y DE RECIBO DE LOS CIRCUITOS MEDIDOS.

Identificación	Base [kWh]	Intermedio [kWh]	Punta [kWh]	Costo energía [\$]	Costo recibo [\$]
Aire 1 CD	0	0	0	\$ -	\$ -
Aire 2 CD	251.789173	321.7487883	81.5379761	\$ 2,214.15	\$ 2,554.29
Aire 3 CD	469.778738	553.0838439	111.614924	\$ 3,278.89	\$ 3,782.59
Aire 4 CD	64.6642478	118.4021561	61.68453	\$ 1,302.00	\$ 1,502.02
Auditorio 1	0.00019611	0.017376111	0.00994333	\$ 788.44	\$ 909.56
Auditorio 2	64.7181833	33.15351	25.5166817	\$ 993.11	\$ 1,145.68
C-22	346.797892	372.8971033	90.6312811	\$ 2,544.00	\$ 2,934.81
Closet Unidad Admin	637.649041	854.6850167	189.417547	\$ 4,553.72	\$ 5,253.26
Condensadora 1	1.27490222	1.479588889	0.47946389	\$ 725.44	\$ 836.88
Condensadora 4	8.95440889	18.99336222	8.92395167	\$ 806.51	\$ 930.41
Condensadora 2	5.44680889	6.769285	1.49684111	\$ 752.01	\$ 867.54
Condensadora 3	4.29066889	7.754763889	1.64035833	\$ 752.61	\$ 868.22
Infraestructura electromecánica. Taller.	17.2030972	22.40347389	5.43683056	\$ 823.29	\$ 949.77
Ixtli 1 y 2 Alumbrado	62.1290972	68.08867722	16.2895933	\$ 1,046.83	\$ 1,207.65
Rectificador PBX	129.451784	142.8736428	34.0352817	\$ 1,409.86	\$ 1,626.40
Tablero UPS	273.18615	298.4421361	70.2290178	\$ 2,161.48	\$ 2,493.52
Vestíbulo	145.042973	135.0843533	29.46253	\$ 1,404.64	\$ 1,602.42
UC 1 SC	90.7854561	113.1681578	24.9903528	\$ 1,237.50	\$ 1,427.61
UC 2 SC	151.896567	218.7237133	47.212575	\$ 1,675.06	\$ 1,932.38
UC 3 SC	0.01424722	0.012781667	0.00222444	\$ 717.97	\$ 828.27
UC 4 SC	175.009046	227.0557922	60.5560894	\$ 1,776.44	\$ 2,049.34
UMA 1	265.488253	313.1289889	81.1227567	\$ 2,213.62	\$ 2,553.67
UMA 2	2345.86541	2632.724756	634.327503	\$ 13,390.50	\$ 15,447.50
UMA 3	9.37007889	10.06453444	2.38088222	\$ 765.09	\$ 882.63
UMA 4	2883.31228	3059.310439	672.487526	\$ 15,560.94	\$ 17,951.41
UNIDI	218.270936	239.9589889	58.7753667	\$ 1,884.17	\$ 2,173.62
UPS PW9315	2652.63038	2971.181539	706.080722	\$ 15,002.65	\$ 17,307.36
Total				\$ 79,780.92	\$ 92,018.81

5.3 Propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía.

Las propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía se tuvieron que hacer empíricamente debido a que no se pudieron hacer unas propuestas puntuales esto debido a la situación epidemiológica que se vive actualmente a nivel mundial, la protección y difícil accesibilidad a las diversas áreas de la dependencia debido a que estas se encontraban resguardadas por sellos del sindicato.

Con lo cual tuvimos que recurrir a la experiencia de haber trabajado antes en la dependencia y a un recorrido muy superficial de las diferentes áreas de trabajo, a las que se pudo observar que fueron muy pocas, para tratar de observar que tipo de equipos, iluminación, aires o equipos especiales se observaban para así poder dar algunas recomendaciones generales de los diversos circuitos de acuerdo con lo observado por las señales.

Iluminación.

En cuestión de iluminación durante nuestro recorrido se pudo observar que aun la mayoría de luminarias de la dependencia son fluorescente o de tecnología antigua por lo cual es recomendable que se empiece a cambiar estas luminarias por tecnología led la cual es más eficiente y de menor consumo lo cual nos ayudara a reducir el consumo, para lo cual se tiene que hacer un estudio de iluminación, ver el equivalente de cada uno de las lámparas ya que hay luminarias que van desde tipo “U” de 32 [W], tubos fluorescente de 18 [W] hasta 36 [W] y reflectores viejos.

De la misma manera se recomienda el apagado de las luces cuando no se ocupen esto debido a que había áreas que se encontraban iluminadas sin haber gente, además que tenía aportación natural, por lo cual una buena forma de aprovechar la luz natural es abriendo cortinas y dejando entrar esta aportación para reducir los tiempos de uso de la luz artificial y así poder reducir estos gastos, por lo cual nos ayudaría el estudio de iluminación para el cumplimiento de iluminación en las áreas de trabajo y aprovechar de mejor manera las aportaciones de luz natural.

Lo ideal es que toda la dependencia contara con iluminación más eficiente tipo led y lo recomendable es hacer un estudio de iluminación para ver si se está cumpliendo con los lúmenes requeridos para las distintas áreas de trabajo y así podríamos reducir los costos de los circuitos en los cuales detectamos iluminación que son los siguientes.

- SG1-7 Ixtli 1 y2 Alumbrado.
- SG1-8 Infraestructura electromecánica. Taller.
- SG1-14 TDN. 2, vestíbulo.
- SG1-19 Auditorio Tablero 2.
- SG3-2 UPS PW9315.
- SG3-17 Closet Unidad Administrativa.

Equipo de cómputo.

Con los equipos de cómputo nos referimos a las computadoras de escritorio las cuales se dejan en “espera” o en modo suspendido después de las actividades diarias o durante las horas de la comida ya que no se apagan y siguen consumiendo y en esta época de epidemia muchas de estas se dejaron conectadas o en modo espera y no se apagaron por completo, lo cual nos provoca consumos constantes, así mismo las computadoras y monitores que se ocupan para la vigilancia y el monitoreo de algunos equipos afectan esto y si no se apagan esto aumenta más estos consumos.

Para mitigar este consumo se propone desconectar los equipos de cómputo después de las horas de trabajo o cuando no se ocupen apagarlas por completo y no dejarlas en estado suspendido, ya que esto nos genera fugas de energía. Por otro lado, las cámaras de vigilancia que son necesarias pues no se pueden realmente apagar, sin embargo, podemos evaluar su consumo y ver la manera de mejorar el consumo con distintas tecnologías o el uso responsable de estas.

Los circuitos en los cuales pudimos apreciar equipos de este tipo son los siguientes, aunque en toda la dependencia se encuentran este tipo de equipos.

- SG1-8 Infraestructura electromecánica. Taller.
- SG1-10 Tablero UPS.
- SG1-14 TDN.2, vestíbulo.
- SG1-22 C-22.
- SG1-23 UNIDI.
- SG3-2 UPS PW9315
- SG3-17 Closet Unidad Administrativa.

Aires Acondicionados Centro de datos.

Los aires acondicionados de centro de datos son infraestructura nueva que se está manipulando con el fin de pasar toda la carga a crear un confinamiento y así aprovechar de mejor manera estos equipos y reducir el costo de energía que se tenía por los equipos anteriores que eran dos equipos Libert de 15 toneladas y ahora se encuentran 4 centros de distribución de e aire confinado de la marca Epson, los cuales sería bueno hacer un estudio comparativo una vez que se haga el cambio completo ya que aún no se acaba de confinar todos los equipos y los equipos de cómputo tampoco se encuentran trabajando a una carga normal.

Los circuitos de estos aires son conformados por unidades condensadora y aires de precisión y se tendría que analizar el consumo ya teniendo el sistema de monitoreo

y ver si se puede aun reducir el consumo aumentando un poco el set point de temperatura a la que trabajen, estos circuitos son:

- SG2-1 Aire 1.
- SG2-2 Aire 2.
- SG2-3 Aire 3.
- SG2-4 Aire 4.
- SG2-6 Condensadora 1.
- SG2-6 Condensadora 2.
- SG2-6 Condensadora 3.
- SG2-6 Condensadora 4.

Aires Acondicionados Supercomputo.

Estos aires acondicionados están conformados por 4 unidades manejadoras de aire (UMA) de 30 toneladas de refrigeración Liebert DS, con sus respectiva unidad condensadora las cuales como vimos en las señales se encuentran trabajando en un modo de “Team Work”, el cual permite mejorar el aprovechamiento de las unidades manejadoras solo utilizando los equipos que sean necesarios a diferentes potencias con el fin de que no todas se encuentren trabajando a su máxima potencia y así poder mitigar el consumo las unidades manejadoras son empleadas según la carga se lo demande.

Además, que la unidad manejadora que falta se encuentra en “espera” por una semana, es decir, se le da descanso durante una semana a no ser que el sistema lo requiera para abatir la carga térmica, esta función se va rolando en las distintas UMA esto para hacer que el desgaste de estas sea el mismo y no desgastar alguna maquina más que otra y que los equipos mantengan su vida útil.

En esta área lo que se puede recomendar es poco debido a que esta área es de difícil acceso y a la carga que conforma esta área por lo cual se tendría que hacer un estudio más a fondo para ver si es conveniente el confinamiento de estos aires, el poder subir o bajar el set point y mejorar la distribución de los aires acondicionados.

- SG3-3 UMA 4 (SC).
- SG3-4 UMA 3 (SC).
- SG3-5 UMA 2 (SC).
- SG3-6 UMA 1 (SC).
- SG3-11 UC 4 (SC).
- SG3-12 UC 3 (SC).
- SG3-13 UC 1 (SC).
- SG3-14 UC 2 (SC).

Equipos en “espera”.

Durante este periodo de pandemia se pudieron observar equipos que se mantuvieron conectado o en modo “espera” lo cual represento un consumo constante de energía para la dependencia y el cual se pudo haber evitado con buenos hábitos ya que si se apagaran por completo esto reduciría su consumo además de que hay circuitos en los cuales se pudo evitar este consumo desactivando la pastilla pero hay unos que no, ya que había más de un equipo por lo cual lo recomendable es hacernos de buenos hábitos y apagar por completo y de forma correcta los equipos después de su jornada laboral.

Este no es el caso de los equipos de los aires de precisión y sus condensadoras ya que por su forma de trabajar o su modalidad, no es tan fácil hacer debido a que, si la carga térmica y los equipos que en el momento no tienen la capacidad de abatir esta carga, le pidan ayuda al equipo que se encuentra en “espera” para mitigar este consumo.

Es por eso que a equipos que no son de suma importancia como los equipos de vigilancia o los equipos que conforman la carga crítica, se apaguen por completo o desconecten en la medida de lo posible esto para crear buenos hábitos y reducir en gran medida estos consumos en “espera” de los circuitos como los siguientes.

- SG1-8 Infraestructura electromecánica.
- SG1-10 Tablero UPS.
- SG1-14 TDN. 2, Vestíbulo.
- SG1-19 Auditorio Tablero 1.
- SG1-19 Auditorio Tablero 2.
- SG1-23 UNIDI.
- SG3-2 UPS PW9315.
- SG3-17 Closet Unidad Admin.

Capítulo VI Conclusiones.

La DGTIC es una dependencia de suma importancia para la UNAM ya que es aquí donde se concentran todas las redes de telecomunicaciones y computo del campus central, además que es la interconexión de los Colegios de Ciencias y Humanidades, Escuelas Nacionales de Preparatorias, Facultades de Estudios Superiores, y demás sedes de la UNAM con el campus central y entre ellas mismas, por lo cual la mayoría de su carga son equipos de misión crítica lo cual representan el 88% de consumo medido durante nuestro periodo de análisis, que cabe mencionar que es una situación anormal de trabajo debido a la situación epidemiológica vivida mundialmente.

Es por eso que los servicios generales solo representó el 12% del consumo total, debido a que realmente estas áreas no tenían actividad pero a pesar de eso se puede tener acciones para reducir los consumos y lograr una eficiencia energética ya sea proponiendo buenos hábitos para evitar el consumo de energía que no se está aprovechando como son los equipos en “espera”, ya que se observó que muchos trabajadores no apagan por completos sus equipos de cómputo lo cual en este caso estuvo provocando consumos innecesarios de electricidad. Así mismo se observaron oportunidades al cambiar equipos a tecnologías más eficiente las cuales nos permita reducir costos, como es el caso de los reemplazos de luminarias por tecnología led, esto es más que redituable ya que la tecnología de iluminación en la dependencia la mayor parte es fluorescente y con el cambio a tecnología led estaríamos reduciendo su consumo en aproximadamente 50% sin afectar el flujo luminoso, esto se observó aun con condiciones anormales de trabajo, este tendría un mayor impacto en el momento que la dependencia regrese a sus actividades normales.

De la misma manera se propone el estudio y valoración más a fondo de los aires acondicionados de precisión para pasarlos a aires confinados o mejorar su diseño y acomodo de la carga térmica, ya que no se cuenta con un buen ordenamiento de esta, agregándole a esto que se observaron áreas no bien aisladas térmicamente aunque eran mínimas esto nos ayudaría a mejorar el funcionamiento y reducir el consumo eléctrico. También pensando en un crecimiento futuro se tendrían que evaluar bien los sistemas de aire acondicionado de precisión para lograr la mayor eficiencia en esto ya que son equipos de vital importancia para los servicios de misión crítica. Es con estas acciones como podemos reducir estas mermas de energía debido a los malos hábitos y tecnologías ineficientes en la dependencia, sin dejar de lado que no se encontraban en condiciones normales y fue lo que observo en el estudio. Y esto gracias a las diversas plantillas y formatos que se crearon para el manejo de los datos así como el cálculos de las diferentes variables que fueron desde el cálculo del recibo eléctrico hasta la evaluación de parámetros de la calidad de la energía.

También se pudo observar que durante el breve estudio de calidad de la energía con las limitantes que tuvieron y las observaciones mencionadas durante el desarrollo de esta, se cuenta con una buena calidad de la energía, ayudando a que el sistema sea estable y lo cual habla bien de la carga eléctrica y el aprovechamiento de la energía dentro de la dependencia, ya que no se tienen factores de potencia malos o datos de alarma en este estudio, esto también debido al robusto sistema que se tiene para los sistemas de misión crítica ya que son cargas de vital importancia y se tienen equipos que mejoran estos valores como son los UPS los cuales tiene la capacidad de mejorar el factor de potencia y reducen la presencia de armónico por medio de filtros lo cual ayudan mucho esto a los servicios de misión crítica y a proteger todos los equipos de cómputo y sensibles a estos fenómenos.

De manera conjunta se pudo observar que el uso de los equipos de mediación obtuvieron los resultados esperados y que representan una ventaja ante analizadores de calidad de la energía normales ya que tenemos la capacidad de monitorear y analizar un número mayor de circuitos. Así mismo tenemos la libertad de trabajar y gestionar nuestros datos sin depender de algún software de pago, si no que con software libre pudimos hacer un estudio con los valores necesarios para obtener un buen resultado en la tesina y que apesar de la situación pudimos seguir trabajando vía remota en la recolección de datos sin tener que ir a la dependencia y esto debido a las dificultades y restricciones que se estaban poniendo. No obstante hay cosas que seguir trabajando en nuestro sistema de adquisición de datos para seguirlo puliendo como es el que logremos más variables para poder hacer estudios más a fondo, así como agregarle nuevos ajustes en base a las observaciones vistas durante el proceso.

Capítulo VII Bibliografía.

- Comisión Federal de Electricidad. (17 de 07 de 2020). *Comisión Federal de Electricidad*. Obtenido de <https://www.cfe.mx/CFEAmbiental/Paginas/AhorroEnergía.aspx>
- Comunicación, D. G. (17 de 07 de 2020). *Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicación*. Obtenido de Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicación: <https://www.tic.unam.mx>
- DGTIC, D. d. (2020). *Reporte de calidad de energía DGTIC - LIREI PARTE 1-3*. CDMX.
- Econova, c. e. (21 de 01 de 2022). *Econova, competitividad energética*. Obtenido de <https://www.econova.com.gt/preguntas-frecuentes/item/118-cual-es-la-diferencia-entre-ahorro-y-eficiencia-energetica>
- eléctrica, F. p. (Mayo de 1993). *Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica*. Obtenido de Que es un diagnostico energetico : http://www.fide.org.mx/?page_id=39580
- Electricidad, C. F. (17 de 10 de 2020). *Comisión Federal de Electricidad*. Obtenido de <https://www.cfe.mx/CFEAmbiente/Paginas/Ahorro de energia>.
- Electricidad, C. F. (17 de 07 de 2020). *Comisión Federal de Electricidad* . Obtenido de <https://www.cfe.mx/CFEAmbiental/Paginas/AhorroEnergía.aspx>
- Electricidad, C. F. (17 de Abril de 2021). *Tarifas CRENegocio*. Obtenido de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRENegocio/Tarifas/GranDemandaMTH.aspx>
- Fornieles, F. (11 de 11 de 2020). *Francesc Fornieles*. Obtenido de <https://fornieles.es/electrotecnia/desequilibrio-tension-y-corriente-componentes-simetricas/>
- Harper, G. E. (2001). *El ABC de la calidad de la energía eléctrica*. México: Limusa
- Harper, G. E. (2006). *La calidad de la energía en los sistemas eléctricos*. México: Limusa.
- Hernández, M. Á. (2018). *Diseño de un sistema de monitoreo aplicable a microrredes*. Ciudad de Mexico : Universidad Nacional Autónoma de México,.

- IEEE, I. o. (1995). *Std C62.41*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- IEEE, I. o. (2009). *IEEE Std 1159 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Martínez, A. G. (2014). *Universidad Tecnológica Nacional* . Obtenido de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/electrica/3_anio/electrotecnica_2/Metodo_de_las_componentes_simetricas_-_Teoria.pdf
- Solar, Y. (17 de 11 de 2020). *Yuba Solar* . Obtenido de <http://www.yubasolar.net/2014/11/diferencias-entre-ahorro-energetico-y.html>
- Soto, J. A. (2017). *Análisis de calidad de la energía eléctrica en los anillos E y F de la Red Eléctrica Subterránea de distribución en 23 kv de Ciudad Universitaria, UNAM* . Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México,.
- Surajit Chattopadhyay, m. M. (2011). *Electric Power Quality*. West Bengal, India: Springer.