



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Migración de alimentación eléctrica de
servidores e instalación de sistema de
aire acondicionado de precisión**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico-Electrónico

P R E S E N T A

Pedro Luis Paniagua Echeagaray

ASESOR DE INFORME

Dr. Gerardo René Espinosa Pérez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018



Índice

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción..... | 4 |
| 2. Justificación..... | 8 |
| 2.1 Perfil obtenido..... | 9 |
| 3. Migración de la alimentación eléctrica de servidores a sistema de distribución por electroducto..... | 11 |
| 3.1 Marco teórico..... | 11 |
| 3.2 Antecedentes..... | 15 |
| 3.3 Definición del problema..... | 18 |
| 3.4 Análisis y metodología empleada..... | 19 |
| 3.5 Participación profesional..... | 30 |
| 3.6 Resultados y aportaciones..... | 32 |
| 4. Renovación y mejoramiento de sistema de aire acondicionado de precisión de 140TR | 34 |
| 4.1 Marco teórico..... | 34 |
| 4.2 Antecedentes..... | 39 |
| 4.3 Definición del problema..... | 42 |
| 4.4 Análisis y metodología empleada..... | 43 |
| 4.5 Participación profesional..... | 47 |
| 4.6 Resultados y aportaciones..... | 48 |
| 5. Conclusiones..... | 50 |
| 6. Bibliografía..... | 53 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Organigrama de subgerencia de centros de cómputo, Banco de México..... | 5 |
| Figura 3.1.2.1 Configuración de alimentación eléctrica estándar para centros de cómputo..... | 12 |



| | |
|---|----|
| Figura 3.1.2.2 Configuración de alimentación eléctrica redundante en UPS para centros de cómputo..... | 13 |
| Figura 3.1.3.1 Electroducto PowerWave..... | 14 |
| Figura 3.2.1.1. Infraestructura de centro de cómputo 5 de mayo 18 en el año 2013..... | 16 |
| Figura 3.2.1.2. Infraestructura de centro de cómputo 5 de mayo 18 en el año 2014..... | 17 |
| Figura 3.4.1.1 Infraestructura eléctrica de centro de cómputo 5 de mayo 18.. | 20 |
| Figura 3.4.4.1 Diagrama trifilar de conexiones internas de caja Boxplug..... | 27 |
| Figura 3.4.4.2 Planos de fabricación de cajas Boxplug..... | 27 |
| Figura 4.1.1.1. Ciclo de refrigeración por expansión directa..... | 35 |
| Figura 4.1.3.1 diagrama de circuito de refrigeración de equipo Liebert DSE... | 38 |
| Figura 4.2.3.1 diagrama de circuito de refrigeración de equipo Liebert DSE | 41 |
| Figura 4.4.1.1 Etapas de instalación de cuatro sistemas de aire acondicionado de precisión Liebert DSE..... | 44 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 3.1.4.1. Características de PDU marca Eaton de centro de cómputo 5 de mayo 18..... | 15 |
| Tabla 3.4.1.1. Circuitos de cada sistema eléctrico a intervenir durante migración y retiro de PDU..... | 21 |
| Tabla 3.4.2.1 Análisis de carga total por sistema..... | 25 |
| Tabla 3.4.3.1. Ajuste de interruptores secundarios en PDUs..... | 26 |
| Tabla 3.4.5.1. Calendario de migración de circuitos..... | 29 |



1. Introducción

Banco de México es la institución bancaria central de los Estados Unidos Mexicanos que por mandato constitucional es autónomo en sus funciones y administración. Fundado en el año de 1925 por el presidente de la República Plutarco Elías Calles, cumple cabalmente con las funciones principales de proveer a la economía del país de moneda nacional procurando la estabilidad del poder adquisitivo de dicha moneda y promueve el sano desarrollo del sistema financiero nacional y los sistemas de pagos.

Banco de México actualmente es reconocido como una de las instituciones gubernamentales más prestigiosas a nivel nacional, brindando un servicio de excelencia y cumpliendo con sus funciones como banco central en todo momento, aún cuando el país atraviese situaciones de crisis económica.

El reconocimiento de la institución rompe fronteras y se extiende al resto del mundo, siendo respetada por instituciones como el Banco Mundial y los demás bancos centrales de las naciones del mundo.

La función del Banco de México tiene una clara implicación social ya que un mejor desempeño económico significa mayores oportunidades de empleo y una mejor distribución de la riqueza, impactando directamente en el bolsillo de cada uno de los mexicanos.

La institución rige las políticas monetarias del país con lo cual se logra la estabilidad de precios y del valor de la moneda mexicana, el manejo de la inflación, las tasas de interés, bonos públicos y privados y la regulación de flujo de dinero de las demás instituciones bancarias que ofrecen sus servicios en el país. De igual forma, Banco de México es el encargado de ejecutar proyectos de desarrollo económico, regularizados por el Banco Mundial, en el país.

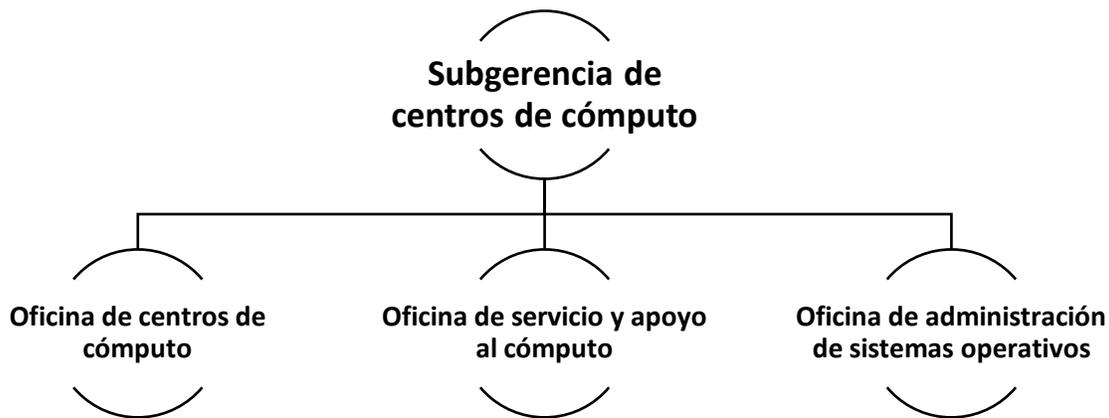
Para llevar a cabo todas estas funciones, Banco de México cuenta con una gran infraestructura de tecnologías de la información sin la cual no sería posible realizar todos los procesos necesarios para mantener en pie la economía del país de manera eficiente, competitiva y adecuada para las necesidades actuales del sistema. Debido a esta necesidad tecnológica y a la alta seguridad nacional que representan los procesos y transacciones digitales de Banco de México, la institución, a través de la Dirección General de Tecnologías de la Información de la Dirección de Sistemas, decide ser propietario y manejar la operación sus servidores en el año de 1997, concentrándolos en centros de cómputo, con el respaldo necesario en cuestión de seguridad, para evitar perjuicios o atentados contra la información que en estos corren.



Debido al trabajo que representa mantener los servidores de Banco de México operando durante las 24 horas del día, los 365 días del año, la institución cuenta con la Subgerencia de Centros de Cómputo, la cual lleva a cabo las tareas del manejo y administración de hardware, software e infraestructura electromecánica para la operación de los centros de cómputo, donde se lleva a cabo todo el procesamiento de información necesario para el manejo de la economía del país.

Las tareas mencionadas están distribuidas en 3 oficinas, con tareas específicas, para poder solventar las actividades que representan el manejo de los ya mencionados centros de cómputo, respetando el organigrama de la Figura 1.1.

Figura 1.1 Organigrama de subgerencia de centros de cómputo, Banco de México



Entre las tareas que se llevan a cabo en las oficinas mencionadas se destacan:

Oficina de centros de cómputo

- Instalación, organización, operación y renovación de servidores en gabinetes
- La administración del uso de espacios y optimización de sistemas de redes para comunicación entre servidores de almacenamiento, comunicación y procesamiento de datos.
- Administración y resguardo de cintas de información alojadas en servidores.



Oficina de servicio y apoyo al cómputo

- Mantener y asegurar la continuidad operativa de la infraestructura electromecánica de centros de cómputo.
- Investigación, optimización, instalación y operación de sistemas de redundancia de servicios electromecánicos en infraestructura de centros de cómputo.
- Manejo de sistemas electromecánicos de precisión para brindar las condiciones adecuadas de operación a servidores de centro de cómputo.
- Desarrollo e implementación de tecnología de punta en infraestructura electromecánica de centros de cómputo.
- Monitoreo del total de los servicios eléctricos que Banco de México administra en sus instalaciones.

Oficina de administración de sistemas operativos

- Asegurar la continuidad y seguridad de los servicios de almacenamiento y procesamiento de datos localizados en los servidores de los centros de cómputo.
- Optimización y monitoreo continuo de bases de datos.

Experiencia Laboral

Dentro de esta organización laboré durante un periodo de 13 meses para la oficina de servicio y apoyo al cómputo donde apliqué los valores y conocimientos adquiridos en mi formación académica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Me integré al equipo de ingenieros encargados de mantener la continuidad operativa de los centros de cómputo de una forma eficiente, óptima, segura y apegada en todo momento a las normatividades aplicables; con conocimientos sólidos en temas de ingeniería se logró que la subgerencia brinde los servicios necesarios para que, en conjunto, la organización realice las actividades de alto impacto nacional sin interrupción alguna.

En el tiempo que laboré en la oficina de servicio y apoyo al cómputo de Banco de México contribuí en diferentes funciones con las que desarrollé mi perfil como ingeniero a través de la práctica. Algunas de ellas son la ejecución del proyecto de migración de alimentación eléctrica de gabinetes para servidores de un centro de cómputo, apoyo en la ejecución del proyecto de instalación de un sistema de aire acondicionado de precisión de 140 TR para centro de cómputo; la coordinación, ejecución y supervisión de mantenimientos generales a plantas de emergencia, subestaciones con transformador seco y cuchillas en SF6, tableros de sincronía y



transferencia cerrada, sistemas de fuerza ininterrumpida (UPS), sistemas de protección contra incendios, sistemas de aire acondicionado de precisión, filtros de distorsión armónica y sistemas de monitoreo de la calidad de la energía; manejo personal técnico en instalación de circuitos eléctricos en baja tensión, pruebas a equipos de transferencia de alimentación eléctrica en baja tensión y colocación de sistemas de puesta a tierra, ejecución de planes de contingencia y llevé a cabo el seguimiento de contratos relacionados a la infraestructura electromecánica de los centros de cómputo.

Dentro de la institución colaboré durante la renovación, instalación y mantenimiento de los servicios con diferentes empresas con reconocimiento en su campo como son: Eaton Technologies S. de R.L. de C.V., Maquinas Diesel S.A. de C.V. (MADISA), IGSA S.A. de C.V., Grupo Alcione S.A. de C.V., entre otros.

De igual forma, dando continuación a mi formación como ingeniero durante el periodo laborado en la institución, tomé cursos de capacitación para el diseño y operación de centro de cómputo y en el manejo de la NOM-001-SEDE-2012 para aplicaciones en baja tensión.



2. Justificación

El presente informe de actividades muestra la experiencia que adquirí durante mi desarrollo profesional en Banco de México, dentro de la gerencia de cómputo, donde desempeñé el puesto de analista de sistemas para la oficina de servicio y apoyo al cómputo, En este, llevé a la práctica, durante un periodo de 13 meses, mis conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Eléctrica – Electrónica que imparte la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Durante este periodo colaboré en diversas tareas tanto técnicas como administrativas para llevar a cabo la operación y mantenimiento de la infraestructura electromecánica de los centros de cómputo de Banco de México, así como implementé dos proyectos: la migración de tecnología de alimentación eléctrica de un centro de cómputo y la renovación del sistema de aire acondicionado de precisión de otro centro de cómputo, ambos administrados por Banco de México.

En mi paso por la institución llevé a cabo el seguimiento de los contratos que Banco de México tiene con diferentes empresas con la finalidad de asegurar la continuidad operativa de los centros de cómputo. Dicho esto, una parte importante de mi participación en mi equipo de trabajo fue coordinar, supervisar, ejecutar y llevar a cabo el pago de los mantenimientos preventivos y correctivos a diversos elementos de la infraestructura electromecánica de los tres centros de cómputo con los que cuenta el banco como lo son: plantas de emergencia, subestaciones eléctricas, tableros de sincronía y transición cerrada, sistemas de fuerza ininterrumpida, sistemas de aire acondicionado de precisión, sistemas de protección contra incendios y sistemas de monitoreo de la calidad de la energía.

De igual forma coordiné y ejecuté planes de contingencia, la instalación de diversos circuitos eléctricos en baja tensión, canalización y sistemas de puesta a tierra apegados a la NOM-001-SEDE-2012, sin afectar en ningún momento la operación de los servicios más críticos que maneja la subgerencia de cómputo de Banco de México.



Lo reportado en el presente informe de actividades describe principalmente mi participación en los dos proyectos mencionados con anterioridad, de los cuales fui participe durante este periodo de tiempo laborado en la institución:

1. **“Migración de la alimentación eléctrica de servidores a sistema de distribución por electroducto”.**

En el cual participé como líder de proyecto y realicé levantamientos, planes de ejecución, coordinación con usuarios y proveedores, cotizaciones y compra de materiales, pruebas, migración de servidores y desinstalación de dos unidades de distribución de energía (PDU).

2. **“Renovación y mejoramiento de sistema de aire acondicionado de precisión de 140TR”**

En el cual participé como apoyo revisando la ingeniería correspondiente a la instalación eléctrica de los sistemas de aire acondicionado, supervisé la instalación, arranque de equipos, ajuste de parámetros y programación de la lógica de operación de los sistemas.

Dichos proyectos los realicé con la finalidad de cubrir las necesidades de confiabilidad, aumento en redundancia, optimización y mejoras tecnológicas de dos de los pilares principales para asegurar la continuidad operativa en centros de cómputo: el suministro eléctrico y la refrigeración para las salas de servidores.

2.1 Perfil obtenido

Al realizar las actividades antes descritas durante un periodo de 13 meses en Banco de México considero haber obtenido ciertas habilidades, actitudes, aptitudes y conocimientos que serán fundamentales para mi desarrollo profesional, intelectual y personal como ingeniero eléctrico-electrónico, así como consolidé y llevé a la práctica otras tantas obtenidas durante mis estudios universitarios en la Facultad de Ingeniería.

En este punto de mi desarrollo como ingeniero eléctrico – electrónico podría decir que cuento con una base de conocimiento sólido en áreas afines a mi carrera con la cual puedo comprender y aplicar los diversos fundamentos físicos y matemáticos obtenidos en la facultad de ingeniería de la UNAM para diseñar, desarrollar, innovar, analizar y operar diversas tecnologías para la distribución eléctrica de diversas instalaciones, entre ellas, instalaciones con cargas críticas,



apegándome en todo momento a las normatividades aplicables en México. Por otro lado, cuento con los conocimientos necesarios para monitorear, controlar y automatizar diversas redes eléctricas utilizando diversos métodos computacionales.

Cuento con las habilidades, actitudes y aptitudes requeridas para organizar y liderar proyectos que impliquen la evaluación, diseño, construcción y operación de una infraestructura funcional en situaciones de alto estrés, utilizando los recursos de manera óptima e integrando al equipo a mi cargo, asegurando llevar a cabo las mejores prácticas para obtener resultados exitosos, salvaguardando en todo momento las vidas de los integrantes del equipo y cualquier otra persona involucrada, así como la integridad de los equipos.



3. Migración de la alimentación eléctrica de servidores a sistema de distribución por electroducto

3.1 Marco teórico

3.1.1 Alimentación eléctrica de servidores

Un servidor es un equipo de cómputo que cuenta con la capacidad de administrar diversos procesos de diversos clientes. En la actualidad, gracias a las telecomunicaciones y a la tecnología de los equipos de cómputo, existen lugares destinados a concentrar servidores de gran relevancia y con características que les permite ejecutar grandes cantidades de procesos. A estos sitios se les conoce con el nombre de **Centros de cómputo o Data Center**.

Debido a la relevancia de estos sitios, el suministro eléctrico ininterrumpido para cargas críticas es uno de los requisitos más importantes por parte de los administradores de dichos servicios de información y procesamiento de datos. Para lograr este objetivo, los fabricantes de los equipos se ven obligados a colocar por lo menos una redundancia de $2N$ en las fuentes de sus equipos, donde N es el número de fuentes necesarias para una operación normal, por lo cual en el dado caso que las N fuentes fallaran existe otro número igual de fuentes de respaldo con la cual se alimentaría de energía eléctrica el servidor.

Otro requerimiento que los fabricantes de estos equipos de cómputo deben cumplir es que se realice transferencia de carga entre sus fuentes sin afectar a los procesos que se están ejecutando en ellos. Para esto es necesario que la transferencia entre sus fuentes conectadas a dos sistemas eléctricos independientes se realice en un tiempo menor a los 40ms.

Dentro del campo, las cargas críticas se les llama carga de TI y representan a todos los dispositivos o servidores encargados de ejecutar algún proceso, almacenar información y transmitir la información por medio de las telecomunicaciones.



3.1.2 Infraestructura eléctrica de centros de cómputo

Los centros de cómputo, por la importancia de los procesos que llevan a cabo y la información que manejan, deben de contar con una alta disponibilidad, para lo cual requieren el suministro de energía eléctrica las 24 horas del día los 365 días del año, los elementos básicos de la infraestructura eléctrica con los que es posible lograr este cometido de prestar un servicio de alta disponibilidad son: un alimentador del sistema eléctrico nacional, una fuente propia de energía (planta eléctrica) y un sistema de fuerza ininterrumpida(UPS).

Para la infraestructura eléctrica que respalda la alimentación del total de los servidores (carga de TI), la configuración que se considera más confiable es la compuesta por dos sistemas eléctricos independientes con un único interruptor de enlace automático, como el que se muestra en la Figura 3.1.2.1, y cualquier equipo que se integre a dicha infraestructura únicamente se debe considerar para aumentar la redundancia del sistema o, en otras palabras, estos equipos deben de tener la función de operar si otro elemento del sistema se daña, como se describe en la Figura 3.1.2.2.

Figura 3.1.2.1 Configuración de alimentación eléctrica estándar para centros de cómputo.

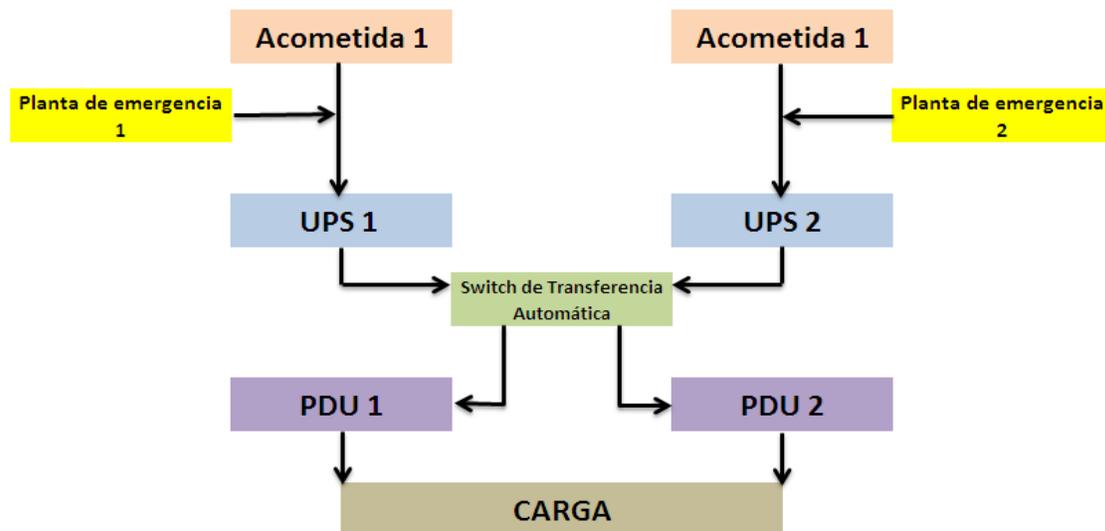
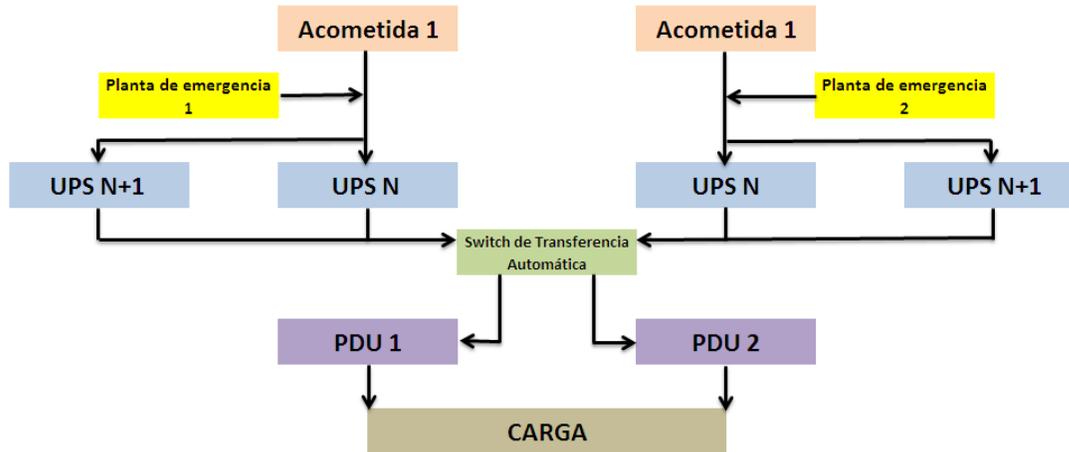




Figura 3.1.2.2 Configuración de alimentación eléctrica redundante en UPS para centros de cómputo.



La infraestructura eléctrica se diseña para minimizar los puntos de falla y el aumento de redundancia se debe considerar para mejorar la tolerancia a fallas y facilitar los servicios de mantenimientos sin poner en riesgo considerable la carga o servicios de TI.

3.1.3 Electroducto PowerWave

El sistema de alimentación eléctrica por electroducto PowerWave es un sistema especialmente diseñado para servicios de misión crítica, construido para ser una estructura confiable y segura para la distribución de energía que ~~de la mano~~ simplifica la instalación de nuevos circuitos y flexibiliza el crecimiento de carga del sistema.

Un sistema de electroducto se compone básicamente de ductos metálicos con conductores desnudos desplegados en forma de barras que realizan la función de cableado eléctrico, el cual se conecta al resto del sistema eléctrico por medio de una caja de conexiones especiales.

Las mayores ventajas al instalar este tipo de tecnología son:

- La menor caída de potencial de la industria debido a su baja resistencia de conductores.
- Representa una estructura muy rígida y compacta con las facilidades de conectar nuevos circuitos de manera simple.



- Mayor capacidad de corto circuito.
- Hecho de 99% de materiales reciclados y componentes amigables con el medio ambiente.
- Incluye un casco que funciona como tierra física y envuelve a los conductores.

Figura 3.1.3.1 Electroducto PowerWave



3.1.4 Unidad de distribución de energía (PDU)

Las unidades de distribución de energía para centros de cómputo básicamente se componen de:

- Un transformador con la finalidad de aislar magnéticamente las cargas de TI y otro tipo de cargas críticas del resto de los circuitos dentro del recinto y brindar el voltaje de alimentación que necesitan las carga de TI.
- Un tablero de distribución a la salida del transformador con la finalidad de separar las diferentes cargas críticas y disminuir, por medio de interruptores, la posibilidad que un corto circuito o sobre carga afecte al resto de los circuitos críticos.

Una de las características necesarias para instalar los PDU dentro de los centros de cómputo es que cada PDU instalado debe de ser capaz de transferir cargas entre PDUs sin afectar en ningún momento la alimentación de estas. Por ende,



también cada uno de ellos debe de soportar la carga total del sistema sin afectar el factor de potencia ni presentar caídas de potencial considerables.

Debido a que las cargas de TI pueden generar grandes corrientes armónicas, un factor importante para la elección del PDU a instalar en los centros de cómputo es el factor K, el cual básicamente es una constante que indica la capacidad de los transformadores para alimentar cargas no lineales sin presentar sobrecalentamiento o distorsión de la forma de onda de voltaje a la salida, problemas que se presentan frecuentemente cuando el transformador trabaja cerca de su capacidad nominal. Para centros de cómputo, usualmente se utilizan transformadores con factor K-9 y pueden manejar factores tan altos como un factor K-20, el cual implica claramente una mayor inversión económica.

Dentro del centro de cómputo “5 de mayo 18” la carga se encuentra alimentada por dos PDUs diseñados especialmente para este centro de cómputo con las características descritas en la tabla 3.1.4.1.

Tabla 3.1.4.1. Características del PDU marca Eaton del centro de cómputo “5 de mayo 18”.

| | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Potencia | 260 KVA |
| Entrada | 220 VAC, 3 ϕ , 3W+G, 60 Hz |
| Salida | 208 VAC, 3 ϕ , 3W+N+G, 60 Hz |
| Impedancia | 5% |
| Factor K | 20 |
| Interruptores de salida | 5 |
| Aislamiento | Tipo seco |
| Configuración | $\Delta - Y$ |

3.2 Antecedentes

3.2.1 Crecimiento del centro de cómputo “5 de mayo 18”

Debido a la globalización y con el fin de integrarse al mundo tecnológico, Banco de México, en 1998, se vio en la necesidad de concentrar en un recinto sus recursos informáticos, los cuales iban a la alza día a día. Con esto y debido a la alta importancia para la economía nacional que representan los procesos de información de Banco de México, la institución decide realizar la inversión para instalar un centro de cómputo administrado y operado por personal interno. Es así como nace el centro de cómputo Legaria. En 2004, con el fin de aumentar la seguridad y minimizar los riesgos, Banco de México invierte en un

nuevo centro de cómputo, nombrado 5 de mayo 18, con el objetivo principal de funcionar como centro de cómputo redundante para que los procesos más importantes del banco no se detuvieran aun si ocurriera una falla total del sistema en el centro de cómputo “Legaría”.

Comenzando con un total de 18 gabinetes para servidores en 2004, en el centro de cómputo “5 de mayo 18” se alojaban equipos redundantes a los instalados en el centro de cómputo “Legaría”, con la entrada en operación de este centro se observó que aumentaba en gran medida la continuidad de los procesos y disminuía las probabilidades de errores o fallas en el sistema. Debido a esto, el centro de cómputo 5 de mayo 18 continuó creciendo hasta llegar a un total de 31 gabinetes para servidores en el año 2013 manteniendo una infraestructura como la que se muestra en la figura 3.2.1.1.

Como bien se sabía, la infraestructura necesitaba continuar en crecimiento debido a la gran demanda nacional de ejecutar las transacciones económicas del país por medios digitales como son transferencias interbancarias, cetes, inversiones nacionales e internacionales, entre otras. Debido a esto, en 2014 Banco de México decide invertir en una mayor infraestructura integrando 18 nuevos gabinetes y modernizando la infraestructura eléctrica que respalda el consumo eléctrico de dichos servicios, con lo que la infraestructura del centro de cómputo 5 de mayo 18 para finales del año 2014 era como la que se muestra en la figura 3.2.1.2.

Figura 3.2.1.1. Infraestructura de centro de cómputo 5 de mayo 18 en el año 2013

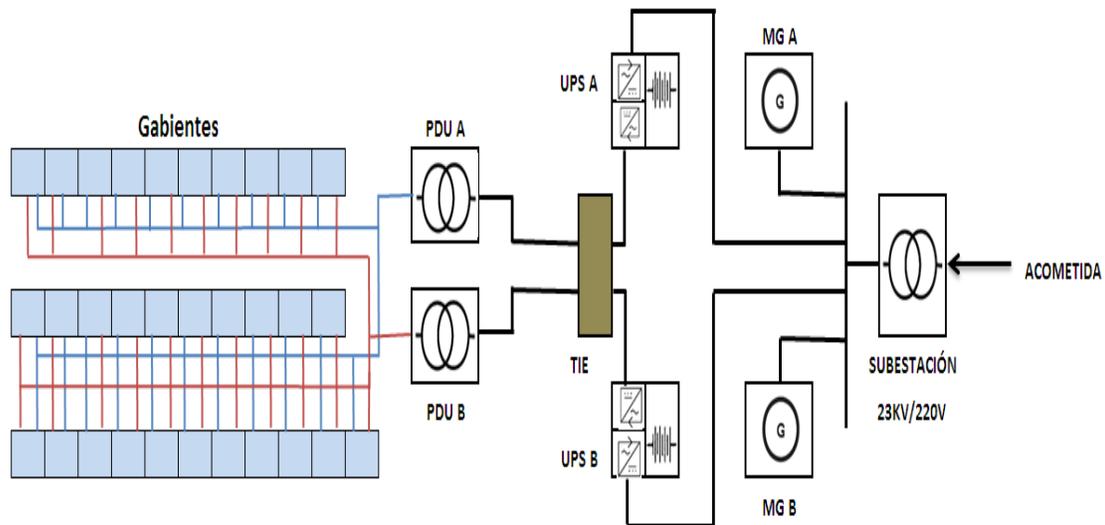
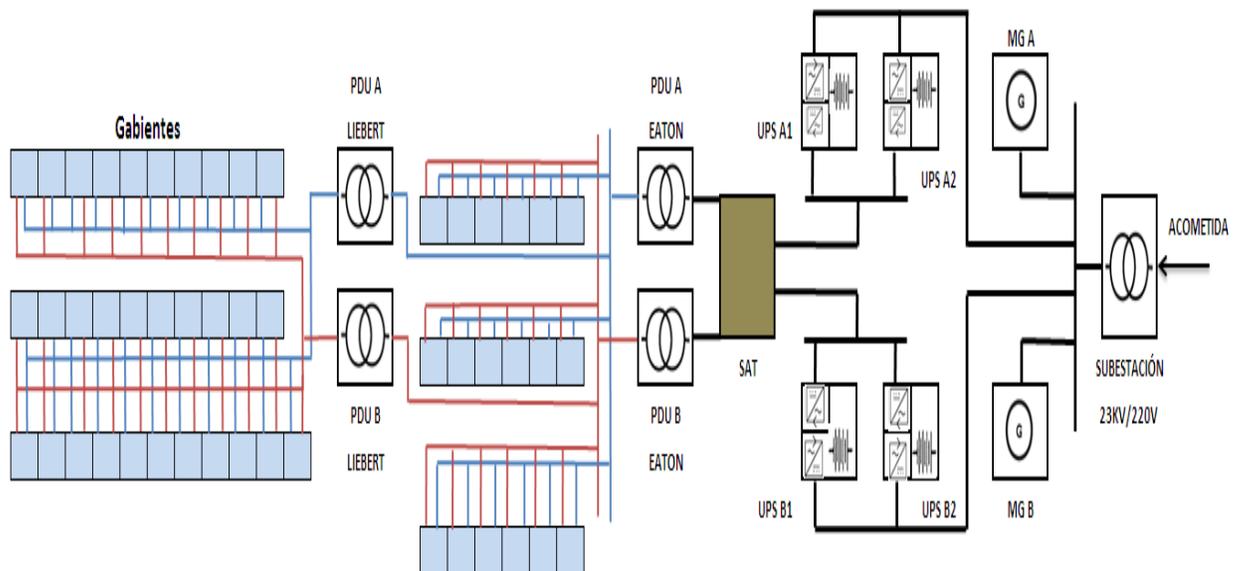


Figura 3.2.1.2. Infraestructura de centro de cómputo 5 de mayo 18 en el año 2014



3.2.2 Nueva Infraestructura eléctrica

Con los cambios ejecutados en el año 2014, el centro de cómputo 5 de mayo 18 se actualizó con tecnologías que hacían más eficiente el uso de la energía y una infraestructura que brindaba un mayor tiempo de respaldo, mas tolerancia a fallas y sobre todo que entregaba una mayor calidad de la energía a los servidores.

Para todo esto se tuvo que realizar la instalación de los siguientes equipos brindando las ventajas que se describen en cada uno:

- Cuatro módulos UPS de 120 [kVA]: cada uno con la capacidad de sostener independientemente la carga por un lapso de 15 min, logrando una redundancia de $2(N+1)$ en tiempo de respaldo en energía regulada.
- Un Interruptor de Transferencia Automática (SAT): con el cual se podía controlar de mejor manera la transferencia de cargas entre sistemas de una forma eficiente y segura.
- Dos PDU con transformador de 260 [kVA] con factor K-20: aumentando la capacidad del sistema de alimentar cargas lineales y no lineales.



- Seis sistemas de distribución eléctrica por electroducto (3 para sistema A y 3 para sistema B) con una capacidad de conducción de 400 [A_{MAX}] y capacidad de corto circuito de 22 [kA] y capacidad de conducción por neutro del 150%.

Ahora la nueva tarea consistía en migrar los circuitos conectados a la infraestructura antigua para poder aprovechar al máximo las ventajas que brindaba los nuevos equipos del sistema eléctrico del centro de cómputo 5 de mayo 18.

3.3 Definición del problema

Debido a lo crítico de las operaciones que se llevan a cabo en los servidores de Banco de México, la institución continuamente invierte en renovación de tecnología para los centros de cómputo, donde se alojan dichos equipos, con la finalidad de asegurar la continuidad operativa de sus procesos.

Dicho esto, en la Institución se llevan a cabo rigurosos procedimientos para realizar cualquier tipo de intervención que pudiera implicar un riesgo para la operación de sus servicios informáticos.

En 2014, la Oficina de Servicio y Apoyo al Cómputo detectó que la alimentación de los servidores por medio de un tablero eléctrico regulado era obsoleto, con referencia a las tecnologías del momento. Debido a esto se llevó a cabo la instalación de un sistema de distribución eléctrica por electroducto de gabinetes para servidores. Sin embargo, tras dos años que este nuevo sistema fue instalado, las operaciones de los equipos de cómputo no permitían llevar a cabo la migración de los servicios para hacer el uso de esta tecnología.

Al percatarme de esta situación, planteé a la Subgerencia de Centros de Cómputo, en septiembre de 2016, la posibilidad de la migración de la alimentación de los equipos de cómputo, dada la importancia de este trabajo, me dieron la autorización para empezar a coordinar la migración de los servicios a la nueva infraestructura eléctrica alimentada por electroducto.

El alcance del proyecto implicó:

- Realizar un levantamiento completo de las cargas procedente de los equipos de cómputo e interruptores que alimentaban a dichos servicios,



esto debido que no existía la información actualizada y necesaria para llevar a cabo la migración de los equipos en el menor tiempo posible y con el menor tiempo de pérdida de redundancia posible.

- Realizar la coordinación de protecciones de los sistemas eléctricos considerando las nuevas cargas para los interruptores aguas arriba.
- Llevar a cabo la migración de los dos sistemas de alimentación eléctrica de 31 gabinetes con servidores de operación crítica desde dos tableros eléctricos a dos sistemas de electroducto procedente de dos PDUs marca Eaton sin afectar en ningún momento la operación de dichos servidores.
- Retiro de los POD, tableros y PDUS marca Liebert que alimentaban anteriormente a los gabinetes para servidores, de una forma precisa, segura y ecológica.

Al mismo tiempo, dichas actividades permitieron que desalojara un espacio importante de la sala de servidores, con lo cual la Oficina de Centro de Cómputo pudo llevar a cabo el acomodo de los gabinetes con la finalidad de optimizar espacio y mejorar la administración del flujo térmico. De igual forma, este proyecto me permitió despejar gran volumen bajo el piso técnico para mayor eficiencia del sistema de aire acondicionado e instalación del sistema de tierras para piso falso y casco de gabinetes, actividad que realicé, de igual forma, con ayuda del personal técnico de la oficina de servicio de apoyo al cómputo, posterior a la culminación del proyecto de migración de gabinetes a alimentación eléctrica por electroducto.

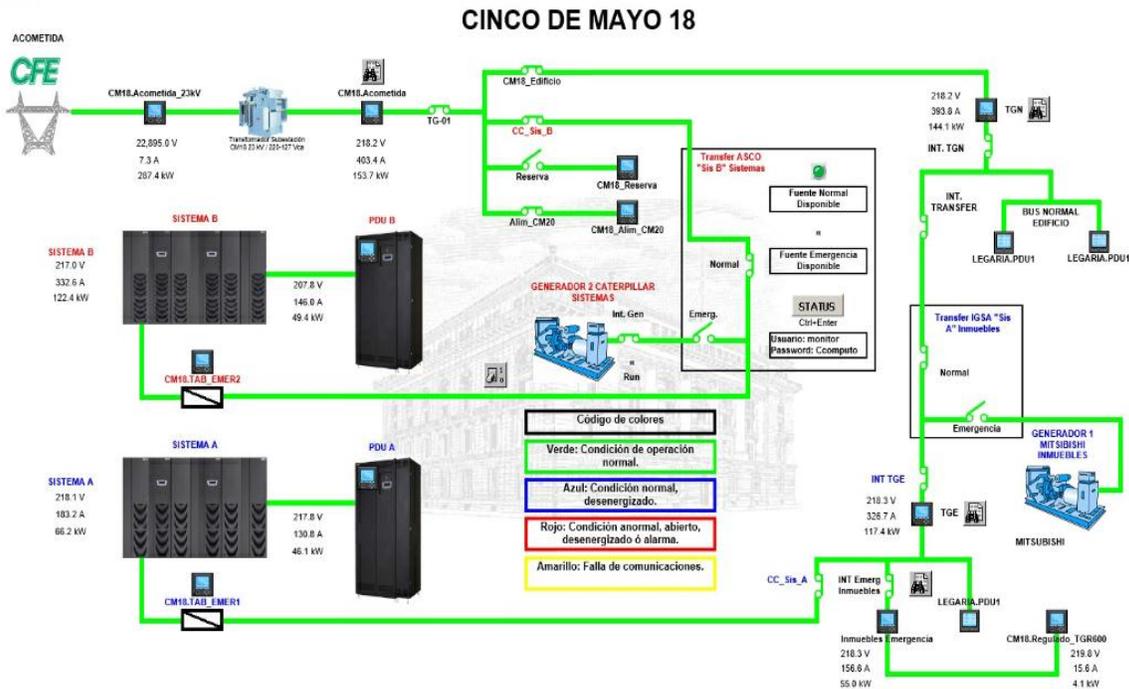
3.4 Análisis y metodología empleada

3.4.1 Levantamiento de cargas

El centro de cómputo “5 de Mayo 18” se encuentra alimentado por una acometida de CFE en 23 [kV], dos plantas de emergencia marcas Caterpillar y Mitsubishi, 4 sistemas UPS, con un gabinete de enlace entre subsistemas marca Eaton y 2 sistemas PDU marca Eaton con un voltaje de salida de 208 [V_{LL}], para alimentar una carga total de 105 [kVA]; la arquitectura del sistema eléctrico se muestra en la Figura 3.4.1.1.



Figura 3.4.1.1 Infraestructura eléctrica de centro de cómputo 5 de mayo 18.



Esto a su vez alimentaba a los dos equipos PDU marca Liebert que retiré del centro de cómputo como alcance del proyecto que llevé a cabo.

Para llevar a cabo el proyecto, el primer paso que realicé, fue identificar la totalidad de los circuitos de TI que se iban a migrar al sistema de distribución por electroducto y los circuitos críticos de servicios conectados a los PDU marca Liebert a retirar. Esta actividad la realicé, con apoyo del personal técnico, en un tiempo de 3 semanas, en el periodo del 3 al 24 de septiembre de 2016. Esta tarea fue importante para minimizar los riesgos de afectación a los servidores durante las tareas consecuentes.

Debido a que no existía un diagrama o plano de la ubicación física de los circuitos a migrar, ni una relación o inventario de los mismos, para el caso de los gabinetes para servidores tuve que identificar las trayectorias desde las cargas hasta su respectiva fuente de alimentación, con lo que encontré que cada uno de gabinetes se encontraba conectado a través de un promedio de 2 a 3 circuitos a cajas de interruptores marca Liebert localizadas por debajo del piso falso del centro de cómputo, mismas que procedían en su totalidad de los sistemas PDU Liebert a retirar.



Por otra parte, para el retiro de los PDU Liebert, me encontré con el problema que gran parte de los interruptores en el tablero eléctrico estaban identificados con diferentes nombres a la carga que realmente alimentaban, por lo que personal técnico, con mi supervisión, realizó la identificación de cada uno de los interruptores del tablero interno de los PDU Liebert. En resumen, identifiqué en conjunto del personal técnico la ubicación, procedencia y características de los circuitos que alimentaban a cargas críticas, como se describe en la Tabla 3.4.1.1.

Tabla 3.4.1.1. Circuitos de cada sistema eléctrico a intervenir durante migración y retiro de PDU

| Circuitos a intervenir para la migración de gabinetes a sistema eléctrico por electroducto | | | |
|---|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Nombre de Circuito | Ctos. 1Ø, 20[A] | Ctos.2Ø, 30[A]-32[A] | Ctos.3Ø, 32[A]-50[A] |
| A1 | 2 | 1 | 1 |
| A2 | 2 | 1 | 1 |
| A3 | 2 | 0 | 1 |
| A4 | 2 | 2 | 1 |
| A5 | 0 | 2 | 1 |
| A6 | 1 | 2 | 1 |
| A7 | 0 | 3 | 0 |
| A8 | 1 | 1 | 0 |
| A9 | 0 | 1 | 0 |
| A10 | 2 | 2 | 0 |
| B1 | 2 | 2 | 0 |
| B2 | 2 | 2 | 0 |
| B3 | 0 | 1 | 0 |
| B4 | 1 | 2 | 0 |
| B5 | 0 | 3 | 0 |
| B6 | 2 | 2 | 0 |
| B7 | 2 | 2 | 0 |
| B8 | 0 | 2 | 0 |
| B9 | 1 | 2 | 0 |
| B10 | 2 | 2 | 0 |
| C1 | 2 | 1 | 0 |
| C2 | 1 | 2 | 0 |
| C3 | 2 | 1 | 0 |
| C4 | 0 | 3 | 0 |
| C5 | 1 | 0 | 1 |
| C6 | 1 | 1 | 1 |
| C7 | 2 | 1 | 1 |



| Circuitos a intervenir para la migración de gabinetes a sistema eléctrico por electroducto | | | |
|---|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Nombre de Circuito | Ctos. 1 ϕ , 20[A] | Ctos.2 ϕ , 30[A]-32[A] | Ctos.3 ϕ , 32[A]-50[A] |
| C8 | 1 | 1 | 1 |
| C9 | 2 | 0 | 1 |
| C10 | 0 | 1 | 1 |
| C11 | 0 | 1 | 1 |
| Circuitos a intervenir para retirar los sistemas PDU Liebert | | | |
| *Cámaras de seguridad | 1 | 0 | 0 |
| *Sistemas de protección contra incendio | 0 | 2 | 0 |
| *Tablero de contactos eléctricos | 0 | 0 | 1 |
| *Esclusa de ingreso | 1 | 0 | 0 |
| *Sistema de monitoreo de aire acondicionado | 1 | 0 | 0 |
| TOTAL | 39 | 49 | 14 |

Notas: Los circuitos referentes a la migración de gabinetes a sistema eléctrico por electroducto se encontraban conectados en su totalidad a los PDU Liebert por lo cual fue necesario realizar la migración de estos para poder retirar los PDU Liebert del centro de cómputo. Debido a que los servicios de TI conectados a los PDU son equipos con redundancia eléctrica, el total de circuitos descritos en la tabla se debe considerar para cada uno de los sistemas eléctricos excepto aquellos que cuenten con un asterisco al inicio del nombre del circuito (servicios de apoyo).

Con base en estos resultados realicé el cálculo de la potencia máxima que consumen los servidores que se migraron al sistema eléctrico por electroducto, los materiales necesarios para cada uno de los circuitos y gabinetes, el tiempo necesario para llevar a cabo la migración y los costos de materiales y mano de obra, así como el material necesario para migrar los circuitos de servicio de apoyo conectados a los PDU marca Liebert que se retiraron (como tableros de sistema contra incendios, cámaras de seguridad y sistemas de monitoreo).

Para el cálculo de los calibres de conductores por corriente para cada uno de los circuitos, tomamos los siguientes cálculos:

$$I_{N1} = 16 \text{ [A]}; \text{ corriente nominal 1}$$



$I_{N2} = 24$ [A]; corriente nominal 2

$I_{N3} = 40$ [A]; corriente nominal 3

$f.p. = 0.9$; factor de potencia

$f.a. = 1.0$; factor de ajuste para más de 3 conductores (Ver tabla 310-15(b)(3)(a) de la NOM-001-SEDE-2012)

$f.t. = 1.0$; factor de ajuste por temperatura (para una temperatura ambiente de 30°C)

F.S.C. = 1.25; factor de sobre carga

Determinamos la Corriente Corregida (I_C) considerando los factores de ajuste indicados en el artículo 310-15 de la NOM-001-SEDE-2012 de la siguiente manera:

$$I_{C1} = \frac{I_{N1} \times F.S.C.}{f.a. \times f.t.} = 20 \text{ [A]}$$

$$I_{C2} = \frac{I_{N2} \times F.S.C.}{f.a. \times f.t.} = 30 \text{ [A]}$$

$$I_{C3} = \frac{I_{N3} \times F.S.C.}{f.a. \times f.t.} = 50 \text{ [A]}$$

De la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012, para los circuitos con I_{N1} se selecciona un cable cal. 12 AWG, con I_{N2} se selecciona un cable cal. 10 AWG y con I_{N3} se selecciona un cable cal. 8 AWG, todos estos del tipo THHW con temperatura nominal de 75°C, el cual conduce 30 Amperes.

Para el cálculo de los calibres de conductores por caída de tensión para cada uno de los circuitos para verificar que no sobrepase la caída de tensión la NOM-001-SEDE-2012 en la NOTA 2 de la sección 215- 2(a)(4). Tomé los siguientes cálculos:

$L = 1.5$ [m]; longitud del conductor

$V_{LL} = 208$ [V]; voltaje línea – línea

$V_{LN} = 120$ [V]; voltaje línea – neutro



$R_1 = 6.6 \text{ } [\Omega]$; Resistencia al neutro de circuitos 1

$R_2 = 3.9 \text{ } [\Omega]$; Resistencia al neutro de circuitos 2

$R_3 = 2.56 \text{ } [\Omega]$; Resistencia al neutro de circuitos 3

$X_{L1} = 0.223 \text{ } [\Omega]$; Reactancia al neutro de circuitos 1

$X_{L2} = 0.207 \text{ } [\Omega]$; Reactancia al neutro de circuitos 2

$X_{L3} = 0.213 \text{ } [\Omega]$; Reactancia al neutro de circuitos 3

$\text{Cos } \theta = 0.9$; factor de potencia

- Caída de tensión (e%) para circuitos con alimentación de 120 $[V_{LN}]$ y calibre 12 AWG:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times L \times 100 \times [(R_1 \cos \theta) + (X_{L1} \sin \theta)]}{V_{LN} \times 1000} = 0.013\%$$

- Caída de tensión (e%) para circuitos con alimentación de 208 $[V_{LL}]$ y calibre 10 AWG:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times L \times 100 \times [(R_2 \cos \theta) + (X_{L2} \sin \theta)]}{V_{LL} \times 1000} = 0.0045\%$$

- Circuitos con alimentación de 208 $[V_{LL}]$ y calibre 8 AWG:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times L \times 100 \times [(R_3 \cos \theta) + (X_{L3} \sin \theta)]}{V_{LL} \times 1000} = 0.0029\%$$

Por lo cual se respeta el 5% que se menciona en la NOM-001-SEDE-2012.

3.4.2 Análisis de capacidad eléctrica

Con base en el análisis del consumo eléctrico de los circuitos que migré al sistema de distribución por electroducto y diversos tableros eléctricos de energía regulada procedente de los PDU marca Eaton, obtuve los datos que se muestran en la Tabla 3.4.1, con los cuales determiné que sí era viable y seguro continuar con el proyecto, analizando que este resultado no sobrepasara la capacidad eléctrica de los interruptores aguas arriba o la capacidad de conducción del electroducto.



Tabla 3.4.2.1 Análisis de carga total por sistema

| Circuitos | I_A [A] | I_B [A] | I_C [A] | V_{LLprom} [V] | V_{LNprom} [V] | kVA_{prom} [kVA] |
|---|--------------|---------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|
| Servidores | 171.10 | 168.15 | 173.5 | 208 | 120 | 59.728 |
| Sistema de protección contra incendios | 6 | 0 | 0 | NA | 120 | 2.095 |
| PCs de operadores | 0 | 5.5 | 0 | NA | 120 | 1.920 |
| Cámaras de seguridad | 0 | 0 | 1 | NA | 120 | 0.349 |
| Total | 177.1 | 173.65 | 174.5 | | | 64.092 |

| Circuitos | I_A [A] | I_B [A] | I_C [A] | V_{LLprom} [V] | V_{LNprom} [V] | kVA_{prom} [kVA] |
|---|--------------|---------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|
| Servidores | 171.10 | 168.15 | 173.5 | 208 | 120 | 59.728 |
| Esclusa de ingreso | 5 | 5 | 0 | 208 | 120 | 1.801 |
| Sistema de monitoreo de aire acondicionado | 0 | 0 | 6 | NA | 120 | 2.160 |
| | 176.1 | 173.15 | 179.5 | | | 63.689 |

3.4.3 Coordinación de protecciones

La migración de los circuitos de alimentación requirió revisar la coordinación de protecciones correspondiente de lo cual resultó que a los únicos interruptores electrónicos a los cuales se tenía que realizar dicho ajuste eran los interruptores derivados de los PDU Eaton, esto debido a que se trataba de los interruptores más cercanos a los cambios en carga realizados durante la migración de los circuitos al sistema de distribución por electroducto.

Los buses de alimentación por electroducto (aguas debajo de los interruptores secundarios de los PDU) no cuentan con interruptor propio y debido a que la migración fue invisible para el sistema de alimentación eléctrica, a partir del interruptor del lado primario del transformador interno de los PDU hasta la acometida, no fue necesario realizar el análisis de coordinación de protecciones a partir de este nodo hasta la acometida.

Los interruptores secundarios de los PDUs que alimentan a cada barra del sistema por electroducto son interruptores electrónicos de 400[A] ajustable a 160[A] con protección de disparo por sobrecarga y corto circuito (tiempo largo y tiempo instantáneo).



Dicho esto, con base al análisis realizado, ajusté los parámetros de cada uno de los interruptores con base en la Tabla 3.4.3.1

Tabla 3.4.3.1. Ajuste de interruptores secundarios en PDUs

| Interruptor | Ajuste de interruptores | | |
|----------------|-------------------------|---------|-------------------------|
| | $I_r=n \times I_n$ | t_r | $I_i=n \times I_n$ |
| PDU A | | | |
| Electroducto A | $I_r=.6 \times 400=240$ | $t_r=3$ | $I_i=3 \times 400=1200$ |
| Electroducto B | $I_r=.6 \times 400=240$ | $t_r=3$ | $I_i=3 \times 400=1200$ |
| Electroducto C | $I_r=.6 \times 400=240$ | $t_r=3$ | $I_i=3 \times 400=1200$ |
| PDU B | | | |
| Electroducto A | $I_r=.6 \times 400=240$ | $t_r=3$ | $I_i=3 \times 400=1200$ |
| Electroducto B | $I_r=.6 \times 400=240$ | $t_r=3$ | $I_i=3 \times 400=1200$ |
| Electroducto C | $I_r=.6 \times 400=240$ | $t_r=3$ | $I_i=3 \times 400=1200$ |

3.4.4 Pruebas de cajas *boxplug*

Una vez hechos los cálculos necesarios para determinar que el sistema eléctrico era capaz de sostener el total de la carga de TI a través del sistema de distribución por electroducto, procedí a solicitar el material necesario para fabricar las cajas *boxplug* que cumplen con la función de caja de interruptores adaptable al sistema de distribución por electroducto y salida de los conectores de media vuelta para energizar los servicios de los gabinetes para servidores.

Estas cajas de interruptores las diseñamos específicamente para los interruptores y conectores para cada gabinete con base en la Tabla 3.4.1.1 y mandé a realizar su fabricación con la empresa AHyG Electrotecnia y automatización S.A. de C.V. con los que el entregable se ejemplifica en los diagramas trifilares y planos de cajas *boxplug* de las Figuras 3.4.4.1 y 3.4.4.2, respectivamente.



Figura 3.4.4.1 Diagrama trifilar de conexiones internas de caja Boxplug

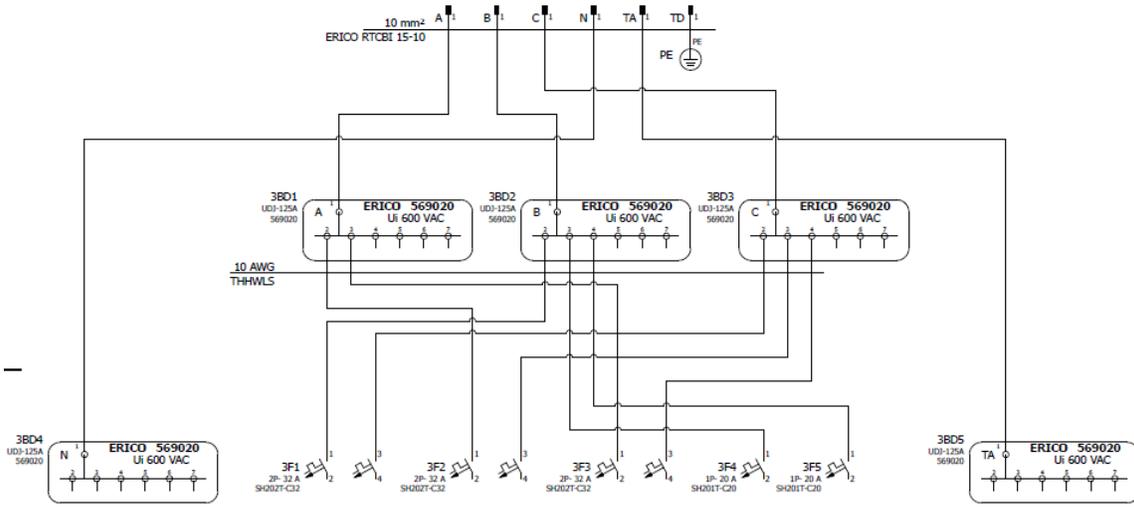
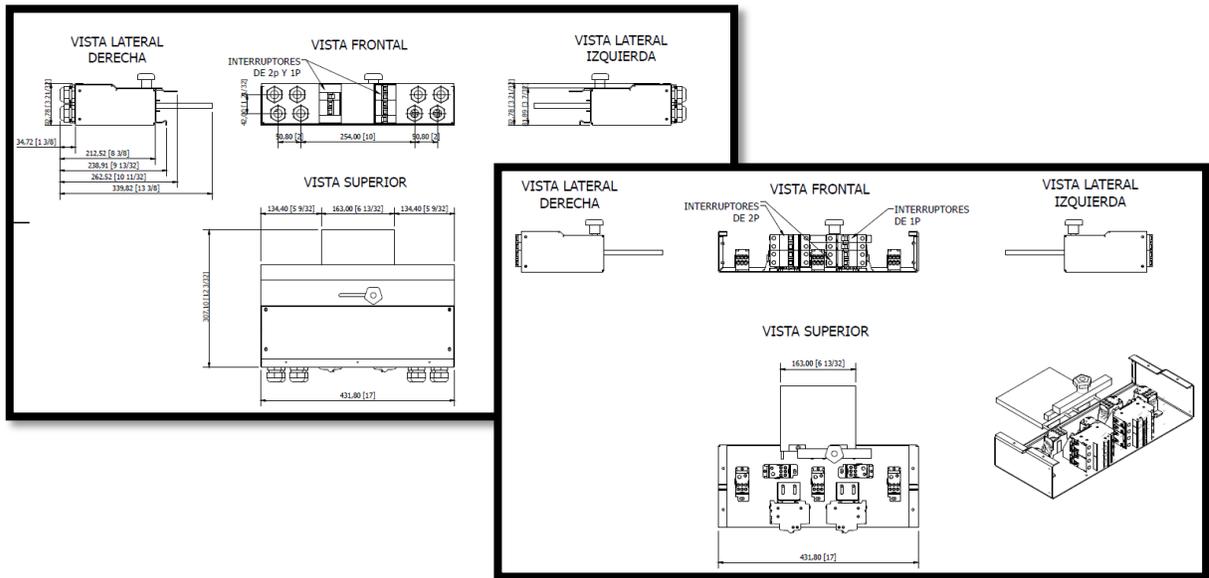


Figura 3.4.4.2 Planos de fabricación de cajas Boxplug



Una vez que las cajas realizadas se encontraban en las instalaciones del Banco, realicé, junto al personal técnico, las pruebas de sobrecarga en interruptores con bancos de resistencias y revisé la continuidad en conexiones, así como el apego a las respectivas NEMAS en conectores.



3.4.5 Procedimiento para migrar cada gabinete y circuitos alternos.

Con los diferentes análisis realizados con anterioridad, con el material necesario, las pruebas a los elementos a integrar a la infraestructura y el personal adecuado para llevar a cabo la migración, lo único que hacía falta con base en las normatividades internas de Banco de México era informar a los administradores de los servicios y aplicaciones del centro de cómputo 5 de mayo 18, por lo cual en coordinación con la oficina de centro de cómputo llevé a cabo la tarea de informar durante el periodo del 19 al 23 de diciembre de 2016 por diversos medios escritos de las acciones a realizar y las posibles repercusiones en sus procesos.

Se notificó y se dio el visto bueno por parte de todas las áreas involucradas para realizar las actividades durante los 4 fines de semana del periodo de viernes 13 de enero del 2017 al 5 de febrero del 2017.

Con las fechas programadas, el procedimiento que llevamos a cabo para la migración de los gabinetes al sistema eléctrico por electroducto fue el siguiente:

1. Con ayuda del personal técnico instalé las cajas *boxplug* de cada gabinete en su posición final y comprobé el correcto funcionamiento de estas sin cargas conectadas.
2. Verifiqué que ningún equipo alojado dentro del gabinete se encontrara alarmado o con falla en cualquiera de sus fuentes.
3. Bajé el interruptor de cada circuito perteneciente al gabinete a intervenir en solo un sistema de alimentación eléctrica.
4. Verifiqué que los equipos alojados en los gabinetes únicamente presentaran alarmas por redundancia y no perdieron su alimentación eléctrica por completo (el cual no fue el caso en ninguno de los equipos que se intervinieron).
5. Desconectamos la clavija de cada circuito eléctrico que desenergicé cuidando el no intervenir de ninguna manera la caja Liebert que alimentaba por medio del sistema eléctrico de respaldo al gabinete en cuestión.
6. Supervisé que los interruptores de las cajas *boxplug* conectadas al electroducto, a las cuales se conectó cada servicio, se encontraran desenergizadas a la salida.
7. Conectamos las clavijas a los conectores de media vuelta correspondientes y aseguramos que estos no se fueran a desconectar en ningún momento.



8. Energizamos los servicios al subir los interruptores correspondientes de las cajas *boxplug*.
9. Revisamos que los equipos alojados en el gabinete regresaran a su operación normal, no presentarán ningún tipo de alarma y retomaran la redundancia eléctrica.

Al terminar con la migración de alimentación eléctrica de la totalidad de los gabinetes procedí a realizar la migración del resto de circuitos de carga critica conectados a los PDU Liebert, un sistema a la vez, revisé alarmas e historiales en los equipos y observé que no existió ninguna interrupción en la continuidad de los servicios. Todo esto se llevó a cabo con base en calendario de actividades de la Tabla 3.4.5.1.

Tabla 3.4.5.1. Calendario de migración de circuitos.

| Fecha | Circuitos a intervenir | Sistema eléctrico |
|----------------------|---|-------------------|
| 14 de enero de 2017 | Circuitos de los gabinetes A1, A2, A8, A9, A10, B1, B2, B3, B4, C9 y C10 | Sistema A |
| 15 de enero de 2017 | Circuitos de los gabinetes A3, A4, A5, B5, B6, B7, B9, B10, C1, C2 y C3 | Sistema A |
| 21 de enero de 2017 | Circuitos de los gabinetes A6, A7, B8, C4, C5, C6, C7 y C8 | Sistema A |
| 22 de enero de 2017 | Circuitos de los gabinetes A1, A2, A8, A9, B1, B2, B3, B4, C9, C10 y C11 | Sistema B |
| 28 de enero de 2017 | Circuitos de los gabinetes A3, A4, A5, B5, B6, B7, B9, C1, C2 y C3 | Sistema B |
| 29 de enero de 2017 | Circuitos de los gabinetes A6, A7, B8, C4, C5, C6, C7 y C8 | Sistema B |
| 4 de febrero de 2017 | Cámaras de seguridad Sistemas de protección contra incendio Tablero de contactos eléctricos Esclusa de ingreso | Sistema A y B |
| 4 de febrero de 2017 | Sistema de monitoreo de aire acondicionado | Sistema A y B |

3.4.6 Procedimiento para desinstalación de PDU

Una vez migrados los circuitos eléctricos conectados a los equipos PDUs Liebert, para completar el alcance del proyecto, llevamos a cabo la desinstalación de equipos. Todo esto se realizó en el periodo del 6 al 28 de febrero de 2017.



Durante la primera actividad de esta etapa, con el apoyo del personal técnico, se desinstalaron las cajas de interruptores marca Liebert y las tuberías tipo liquid tight de $\frac{3}{4}$ " que conectaban dichas cajas con el tablero eléctrico de los PDU Liebert.

Como resultado, se dio de baja, como desperdicio, 58 cajas POD y un aproximado de 300 [m] de tubería flexible tipo liquid tight y almacenamos para futuro uso aproximadamente 1500 [m] de cable de cobre 10 AWG marca Condumex con forro THHW, 250[m] de tubería flexible tipo liquid tight de $\frac{3}{4}$ ", 5 tramos de 3 [m] de charola tipo malla de 50[cm] marca Charofil y 80 interruptores enchufables de diferentes características marca Square-D.

Una vez retirados todos los circuitos conectados a los PDU Liebert procedí, con ayuda del personal técnico, a realizar la desinstalación y desmantelación de los mismos, siguiendo los siguientes pasos:

- Desenergicé los devanados primarios de los transformadores.
- Desmantelé casco y puertas de los gabinetes que alojaban a los equipos.
- Retiré tableros eléctricos.
- Aterricé terminales de transformador para desenergizar totalmente el equipo y evitar algún perjuicio por las corrientes parásitas.
- Retiré accesorios como supresores de voltaje, transformadores de control para monitoreo, tarjetas de control, entre otros.
- Retiré transformador y pedestal.
- Desmantelé casco estructural y base de acero.
- Coloqué placas de piso falso para evitar fugas de aire por el espacio desalojado.
- Entregué transformador y casco de los equipos PDU Liebert a la oficina de almacén para que con su apoyo se hiciera el debido manejo del desperdicio y reciclado de los componentes.

3.5 Participación profesional

Para la migración de la alimentación eléctrica de servidores al sistema de distribución por electroducto y desinstalación de PDUs Liebert desarrollé la figura de líder de proyecto en el cual mis labores consistieron principalmente en planear, diseñar, cotizar, coordinar, supervisar la ejecución, realizar las pruebas



correspondientes, realizar el cierre de proyecto, pago de los recursos empleados durante la ejecución del proyecto y reportar resultados a mis superiores.

En resumen, mi colaboración en el proyecto me permitió desarrollar mis habilidades de negociación con proveedores, coordinación de personal y materiales, manejo del tiempo, análisis de diagramas de conexiones eléctricas y, sobre todo, el análisis de la confiabilidad de los sistemas eléctricos de una infraestructura de operación crítica.

3.5.1. Análisis y planeación de actividades

Para poder llevar a cabo el proyecto realicé los procedimientos y desarrollé un plan de trabajo para realizar la migración de los circuitos y el retiro de los equipos PDU marca Liebert de la manera más segura, eficiente, ecológica y económicamente posible con los recursos destinados a esta actividad.

De igual forma, como ingeniero encargado de ejecutar el proyecto, realicé los cálculos, estudio de cargas, análisis de diagramas unifilares, trifilares y coordinación de protecciones debidos para asegurar la continuidad operativa y al mismo tiempo que el proyecto culminara en tiempo y forma.

Realicé el inventario de materiales a utilizar, con apego a la NOM-001-SEDE-2012 y con ello aseguré que los materiales y equipos necesarios para la estructura eléctrica de centro de cómputo no representen un punto de falla crítico para la operación del sistema.

3.5.2. Coordinación con proveedores

Debido a que Banco de México únicamente contrata directamente como empleado a ingenieros, la oficina de servicio y apoyo al cómputo a la cual pertenezco cuenta con un contrato para mano de obra de personal técnico como subempleados y diversos contratos para el suministro de piezas y refacciones para la infraestructura electromecánica. Dicho esto, otra de mis tareas principales durante la ejecución del proyecto fue la de cotizar, negociar y ejecutar el pago de



materiales y personal técnico con los cuales fue posible ejecutar el proyecto con éxito.

3.6 Resultados y aportaciones

Los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto considero que fueron exactamente los planteados en un inicio, esto debido a que se cubrió la totalidad del alcance en el tiempo estimado, con los recursos existentes, con el presupuesto asignado y, lo más importante, que dichas actividades se llevaron a cabo sin afectar en ningún momento la continuidad operativa de los servicios y aplicaciones de los equipos del centro de cómputo 5 de mayo 18.

Dentro de las ventajas que se obtuvieron al implementar este proyecto fueron las siguientes:

- La unificación de alimentación eléctrica para una mejor operación: con esto se logró que no existieran elementos intermedios entre los PDU Eaton y la carga, por lo cual se simplificó la infraestructura eléctrica sin sacrificar los sistemas respaldo, ni la calidad de la energía para cargas críticas.
- Eliminar puntos de fallas: con relación al punto anterior, al eliminar los PDU Liebert que alimentaban a 31 gabinetes para servidores se eliminaron dos puntos críticos de falla, los cuales, comparando con la nueva infraestructura instalada en 2014, no representaban ningún tipo de ventaja para el servicio e implicaban mayores pérdidas de energía y una complejidad no necesaria para el sistema eléctrico.
- Mejoras para la operación, servicios de mantenimiento y planes de contingencia: con la totalidad de los servicios con cargas críticas instalados en el sistema eléctrico por electroducto, se ganó un campo importante en la facilidad de operación para integrar o retirar cargas de TI en todos los gabinetes, se facilitó el servicio de mantenimiento a la infraestructura eléctrica, se aseguró una mayor protección del sistema contra corto circuitos o sobre cargas y facilitó la ejecución de los planes de contingencia o en su caso la atención de fallas críticas en el sistema.
- Optimización de espacio físico: con el retiro de los PDU Liebert, se logró eliminar los elementos que bloqueaban un sector considerable del área total de centro de cómputo y se permitió el acomodo de gabinetes, para un mejor manejo del flujo térmico dentro del centro de cómputo 5 de mayo 18.



- Retiro de tubería y cableado que bloqueaban el flujo de aire: al retirar el sistema de alimentación eléctrica previa, se logró retirar la mayor parte del cableado, tubería y charolas que bloqueaban el flujo de aire acondicionado por debajo del piso falso (pleno frío) permitiendo que los sistemas de aire acondicionado optimizaran su operación en un 24.5%.

Ventajas económicas del método de aplicación

Cuando personalmente planteé la idea para ejecutar el proyecto a la Subgerencia del Centro de Cómputo observaron la situación y las labores que implicaban, por lo cual consideraron que para la ejecución de este proyecto era necesario contratar a alguna empresa externa a Banco de México con el personal capacitado y los recursos necesarios para que ellos realizaran la actividad por medio de una licitación, en este caso mi labor consistiría en supervisar la totalidad de la maniobra. Sin embargo, al defender mi idea, propuse el realizar el proyecto con el personal técnico de planta y llevar a cabo la compra de los materiales y equipos especiales para un ahorro económico a la institución. Mi propuesta tuvo éxito y logré llevar a cabo las actividades descritas sin necesidad de subcontratar el servicio a alguna empresa externa, lo cual representó un ahorro de tiempo y dinero para la institución.



4 Renovación y mejoramiento de sistema de aire acondicionado de precisión de 140TR

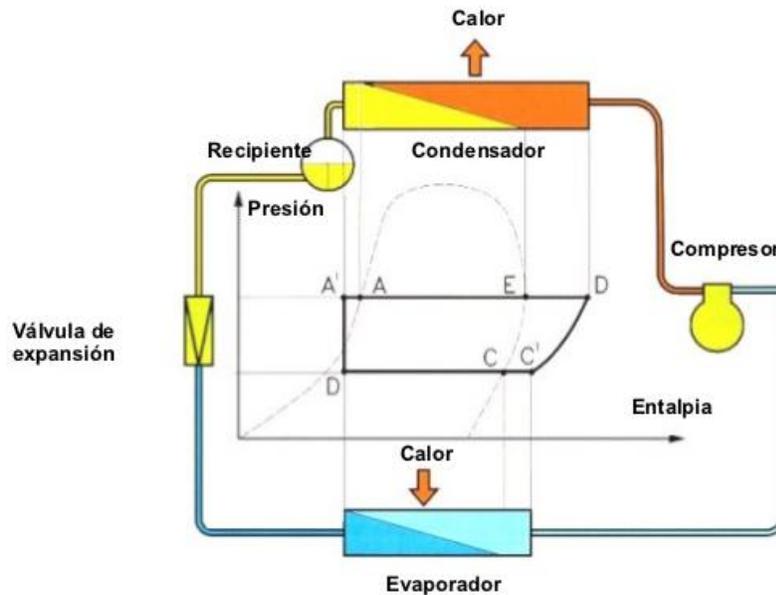
4.1 Marco teórico

4.1.1 Sistema de aire acondicionado por expansión directa

Un sistema de aire acondicionado por expansión directa es básicamente un ciclo termodinámico encargado de extraer el calor de un recinto para expulsarlo al exterior de este. Al tratarse de un ciclo de refrigeración este se compone básicamente de 4 elementos (Evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión) que permiten extraer el calor del recinto mediante el siguiente proceso:

- En el evaporador se transmite el calor del aire del recinto hacia el refrigerante que se encuentra en estado líquido dentro del serpentín. Al ocurrir esta transferencia de calor el refrigerante cambia de estado líquido a estado gaseoso a baja presión absorbiendo el calor del recinto, por lo cual disminuye la temperatura del aire que circula dentro del local.
- Posteriormente el gas refrigerante a baja presión pasa al compresor el cual eleva la presión del fluido aumentando al mismo tiempo su temperatura.
- El refrigerante a alta temperatura y alta presión es conducido a través de las tuberías al serpentín del condensador en el cual se cumple la función de transmitir el calor del gas refrigerante a la atmósfera, con lo cual el refrigerante pasa de estado gaseoso a estado líquido a una menor temperatura a alta presión.
- Continuando con el circuito de refrigeración, el líquido refrigerante a alta presión pasa por la válvula de expansión la cual disminuye la presión del líquido permitiendo que este ingrese nuevamente al evaporador en las condiciones necesarias que permita que nuevamente el fluido en estado líquido se convierta en gas.

Figura 4.1.1.1. Ciclo de refrigeración por expansión directa



Fuente: [I. es.slideshare.net/lafaraonadelfrio/elementos-bsicos-refrigeracin-383582](http://es.slideshare.net/lafaraonadelfrio/elementos-bsicos-refrigeracin-383582)

El resto de los componentes de los sistemas de aire acondicionado habituales cumplen con las funciones de optimizar el proceso y regular la temperatura a la cual se desea mantener el recinto como son termostatos y bombas de conducción.

Un sistema de aire acondicionado de expansión directa se diseña con base en el refrigerante que circula en el interior del circuito cerrado de refrigeración, ya que cada uno de los refrigerantes tiene diferentes propiedades termodinámicas. Las presiones en las cuales se produce el cambio de estado implementando la cantidad de energía óptima se definen con base al compuesto químico del que se trate y a sus características de calor latente y calor sensible.

Para el diseño de los sistemas de refrigeración se ha tratado de utilizar los refrigerantes más eficientes en la conducción de calor, ya que con esto se optimiza el uso de energía eléctrica en los componentes del circuito, sin embargo, hoy en día, otro factor importante a considerar es el aspecto ecológico, lo cual implica minimizar las consecuencias al medio ambiente si, accidentalmente, el refrigerante se escapa hacia la atmosfera. Al considerar ambos aspectos uno de los gases más usados hoy en día es el gas R-410A, el cual es una mezcla de gases hidrofouorocarbonados en la siguiente proporción 50% CH_2F_2 +50%



CHF_2CF_3 . Además, es un refrigerante de alta seguridad, ya que, no es tóxico ni inflamable y maneja presiones más alta que los refrigerantes usuales (alta presión: 350 [psi] y baja presión: 150 [psi]).

4.1.2 Sistemas de aire acondicionado de precisión

En el caso de cargas críticas, como lo son los centros de cómputo, la mayoría de los elementos dentro de estos recintos son elementos muy sensibles a los cambios de temperatura y humedad relativa, así como también se trata de equipos que generan una gran cantidad de calor debido a la gran cantidad de procesos que realizan. Para disipar este calor se requiere un equipo de alta precisión y eficiencia. Dicho esto, a un sistema de aire acondicionado comercial no le es posible mantener operativo un centro de cómputo.

Los sistemas de aire acondicionado de precisión deben tener las siguientes características:

- Un sistema de refrigeración continua: esto significa que el equipo de aire acondicionado debe operar al 100% de su capacidad, de manera continua, durante su tiempo de vida útil, el cual se estima entre los 15 y 20 años, dependiendo de los servicios de mantenimiento, las condiciones climáticas y las características de la instalación.
- Sistema de humidificación: los sistemas de aire acondicionado de precisión deben ser capaces de regular la humedad relativa dentro de un recinto por lo general entre un 15% y 85%, esto es importante en centros de cómputo debido a que los componentes electrónicos de los servidores son diseñados generalmente a una humedad relativa de 50%, por lo cual, en este punto de humedad relativa es donde los componentes electrónicos son más eficientes y precisos.
- Sistema de calefacción: Debido a que estos equipos son instalados en lugares donde la regulación de temperatura debe de ser lo más precisa y eficiente posible, este tipo de equipos cuenta con resistencias calefactoras, para el caso en que la temperatura del recinto disminuya espontáneamente, recuperar las condiciones precisas de temperatura que el usuario necesite, rápidamente.
- Bypass de compresor: cuando la diferencia de temperatura entre el medio ambiente y la deseada dentro del recinto es tan baja que el equipo de



refrigeración trabaja muy poco, los sistemas de aire acondicionado de precisión cuentan con un sistema de bombeo que prácticamente cumplen con la funcionalidad de hacer circular el refrigerante a través del circuito cerrado sin necesidad de utilizar el compresor, representando un ahorro de energía eléctrica al sistema.

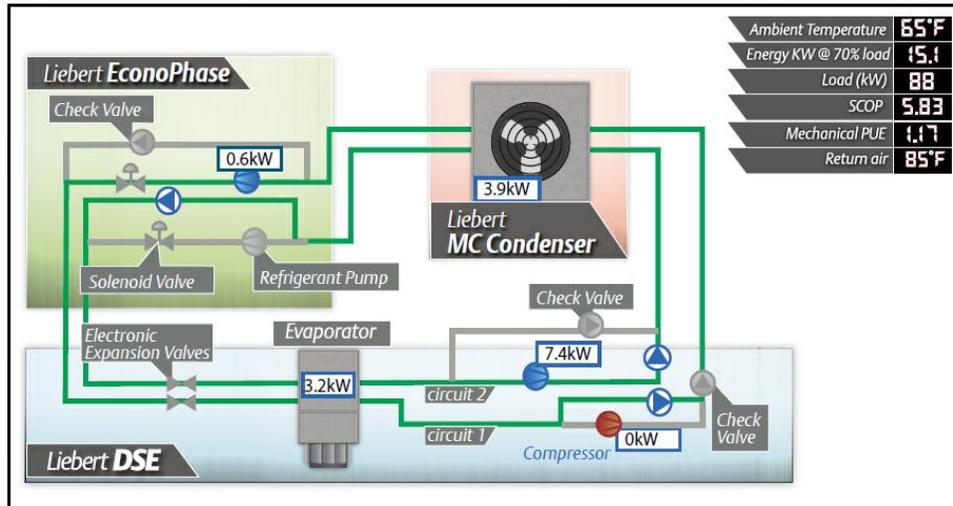
4.1.3 Sistema Liebert DSE

Para el centro de cómputo Legaria perteneciente a Banco de México, una de las opciones tecnológicas más viables para mantener la continuidad de los procesos de manera segura, en cuestión de refrigeración del recinto, fue el sistema de aire acondicionado de precisión modelo Liebert DSE de la marca Emerson de 35[TR], ya que cuenta con tecnología avanzada para los servicios críticos.

La tecnología presente en los sistemas Liebert DSE se considera como una propuesta que integra las respuesta a las diferentes necesidades que Banco de México necesita, como son: la seguridad de la continuidad del servicio, un ahorro en consumo eléctrico, una mejor administración de flujo térmico dentro del recinto de TI y una mayor posibilidad de monitoreo y control remoto. Todo esto debido a las siguientes implementaciones tecnológicas:

- Doble circuito de refrigeración: un sistema con dos circuitos de refrigeración resulta en un manejo más preciso de la temperatura debido a que la exactitud en el sistema se duplica por el aumento en el número de compresores independientes, al mismo tiempo minimiza los riesgos de fallas totales, ya que al no funcionar un elemento de un circuito, el sistema completo funciona al 50% de su capacidad total.

Figura 4.1.3.1 diagrama de circuito de refrigeración de equipo Liebert DSE.



fuelle: 2 Manual Liebert DSE with EconoPhase

- Ventiladores tipo EC Fan: este tipo de ventiladores, con motores controlados por corriente directa, tienen una mayor eficiencia que los motores de corriente alterna, especialmente a velocidades reducidas y, debido a que son motores con imanes permanentes, no es necesario inducir un campo magnético en el rotor.
- Control de temperatura y humedad: cuenta con tres tipos de control de temperatura y humedad, de los cuales dos son normales en cualquier tipo de aire acondicionado de precisión (control de temperatura y humedad en salida y en el retorno), adicionalmente, los equipos Liebert DSE cuentan con 10 sensores que se colocan en diversos puntos del recinto permitiendo que la temperatura en todo el local sea lo más consistente posible.
- Bomba Econ-O-phase: este tipo de equipo opera cuando el sistema trabaja en condiciones ambientales de baja temperatura ambiental, evitando el uso del compresor, maximizando la eficiencia del sistema de refrigeración como se muestra en la Figura 4.1.3.1.
- Válvula de expansión electrónica: este tipo de válvulas de expansión representa una mayor eficiencia que el uso de válvulas de expansión mecánicas durante la operación del sistema con temperaturas ambientales relativamente bajas.
- Compresores de pasos y digitales: Un compresor de pasos es aquel que es controlado en pocos pasos (por lo general 4 pasos) y un compresor digital tiene la ventaja de controlar su uso en un mayor número de pasos, para el caso de los equipos Liebert DSE, estos cuentan con 2 circuitos y cada uno



con dos compresores; 1 compresor de pasos con 4 pasos que se regula en pasos de 25% de la capacidad y 1 compresor digital con regulación de pasos de 1% de la capacidad.

- Comunicación Modbus; el equipo cuenta con una tarjeta de red para comunicaciones por protocolo ModBus, permitiendo interconectar el equipo con gran cantidad de tecnologías de monitoreo y control.
- Teamwork: Los equipos Liebert DSE incorporan una tecnología propia de Emerson, con la cual, por medio de intercomunicación web de los equipos de aire acondicionado, permite un trabajo en conjunto de 2 o más equipos de la marca, con la finalidad de hacer más eficiente el sistema, evitar que las fallas provoquen que el sistema no funcione correctamente y facilitar los servicios de mantenimiento a los equipos.

Los tres componentes principales del sistema de aire acondicionado de precisión Liebert DSE son la unidad manejadora de aire (UMA) donde se concentra el compresor, la válvula de expansión y el evaporador; el sistema Econ-O-Phase y la unidad condensadora de aire (UCA) donde se concentran el condensador y una trampa de aceite.

4.2 Antecedentes

4.2.1 Tecnología DH

Los centros de cómputo de Banco de México inician a operar desde 1998, el primero de ellos fue el centro de cómputo Legarúa, implementando la máxima tecnología con la que se podía contar para el momento, en cuestión de sistemas de aire acondicionado, uno de los sistemas más avanzados fue el fabricado por la marca Emerson, en lo particular, el modelo Liebert DH, el cual cubría básicamente las necesidades de cualquier sistema de aire acondicionado de precisión y brindaba una gran calidad en sus equipos y con la posibilidad de coordinar el trabajo en conjunto de hasta 3 equipos Liebert DH a la vez.

La infraestructura de centro de cómputo necesitaba 20 TR para operar de manera continua con las condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa, por lo que la institución decidió invertir en dos equipos Liebert DH de 20 TR con lo que



aseguraba una redundancia N+1. Para el año 2004, debido al crecimiento en número de servidores, los equipos de aire acondicionado instalados en 1998 no eran suficientes para mantener la operación y la redundancia mínima de N+1, por lo que se decidió por instalar otros 2 equipos más del mismo modelo.

Para el año 2015, cuando el tiempo de vida de los primeros equipos DH estaba por culminar, la institución decidió dar un paso muy grande en sistemas de aire acondicionado de precisión e invertir en la última tecnología de Emerson instalando 4 equipos que de manera autónoma podrían manejar la carga térmica del centro de cómputo Legaria hasta ese momento, por lo cual se decide por llevar a cabo la compra de 4 equipos Liebert DSE de 35 TR, aumentando la redundancia del centro de cómputo en sistemas de refrigeración a 4N.

4.2.2 Crecimiento en consumo térmico

Como se ha mencionado con anterioridad, los servicios informáticos que necesita Banco de México han aumentado a lo largo del tiempo debido a una tendencia de ejecutar gran parte de los procesos y transacciones económicas por vías digitales. Esto representó un crecimiento en el número de servidores dentro de los centros de cómputo, lo cual sin duda alguna implicó una mayor generación de calor de los componentes electrónicos encargados de realizar todo este tipo de procesos.

De igual forma, debido a los avances a pasos agigantados de la tecnología de la información, los componentes electrónicos se van haciendo cada vez más pequeños y potentes, los procesadores cada vez cuentan con mayor cantidad de transistores en el mismo volumen y la velocidad con la que se ejecutan los procesos dentro de estos ha aumentado en gran medida. Todo esto implica que cada vez los componentes consuman más energía eléctrica y generen mayor cantidad de calor, por lo cual un gabinete lleno de servidores cada vez genera más calor convirtiéndose en un factor importante para el crecimiento en carga térmica para los sistemas de aire acondicionados de los centros de cómputo.

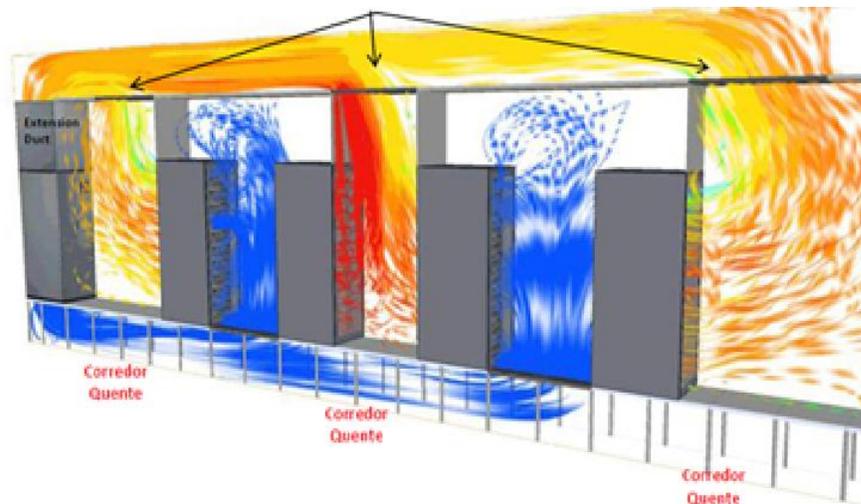
En el caso del centro de cómputo Legaria el crecimiento en carga térmica aumento de tal manera que en 1998 con un sistema de aire acondicionado de 20 TR se podía abatir la carga térmica y para el año 2015 era necesario instalar un sistema de aire acondicionado de 35 TR.

4.2.3 Administración de flujo térmico

Otro de los factores que permitió hacer más eficiente a los equipos de refrigeración del centro de cómputo “Legaria” fue el implementar una mejor administración del flujo térmico dentro de la sala de servidores tomando en cuenta que, al separar las zonas donde se concentra el calor y respetando los siguientes puntos, aumentó la eficiencia del sistema de refrigeración:

- Debido a que la mayor parte de la carga térmica de los centros de cómputo se genera a partir de los servidores, es necesario que estos reciban la mayor cantidad de “aire frío” por la entrada del flujo de aire en los ventiladores de los equipos. instalando los gabinetes de tal forma que existan “pasillos fríos” por donde se encuentre la entrada de flujo de aire de los servidores y otros “pasillos calientes” totalmente aislados de los primeros por donde los equipos expulsan el aire caliente una vez que estos le hayan transferido su calor al aire del recinto.
- Dividir en dos zonas el volumen total del recinto, donde la opción más flexible para llevar a cabo esta filosofía es la de colocar una cámara plena fría por debajo de un piso falso, mismo lugar donde los sistemas de refrigeración expulsan el aire a una menor temperatura y una cámara plena caliente donde se concentre la mayor cantidad de aire a alta temperatura y misma donde se encuentre la entrada de flujo de aire a los evaporadores de los sistemas de refrigeración como se muestra en la figura 4.2.3.1.

Figura 4.2.3.1 diagrama de circuito de refrigeración de equipo Liebert DSE.





4.3 Definición del problema

Para la instalación del nuevo sistema de aire acondicionado de precisión en el centro de cómputo “Legaria” la institución adjudica el proyecto en conjunto a las Oficinas de Centros de Cómputo y de Servicio y Apoyo al Cómputo, en 2015, mismas que lanzan al mercado un concurso para licitar la instalación y mantenimiento de la futura infraestructura de aire acondicionado, resultando ganadora la empresa IGSA S.A. de C.V. teniendo que cubrir el siguiente alcance, asegurando en todo momento la continuidad operativa de los servicios informáticos durante la ejecución del proyecto:

- Realizar las maniobras de desconexión y retiro de los cuatro sistemas de aire acondicionado de precisión de expansión directa de 20 TR modelo Liebert DH propiedad del Banco, incluyendo las tuberías eléctricas, de control, de gas e hidráulicas, soportes y cableado de control y alimentación eléctrica.
- Suministro, instalación y puesta en marcha de cuatro sistemas de aire acondicionado de precisión con Econ-O-Phase modelo Liebert DSE de 35 TR, así como la instalación, configuración y puesta en marcha de los sensores de temperatura de aire de inyección.
- Suministro e instalación de canalización hidráulica y eléctrica, cableado eléctrico, de comunicación y control, así como los soportes y correcta identificación de cada uno de los servicios asociados.
- Asegurar la operación más óptima de los sistemas de aire acondicionado de precisión Liebert DSE en Teamwork.

Por parte de Banco de México la responsabilidad fue:

- Revisar que la ingeniería presentada por parte del proveedor cumpliera con todas las especificaciones.
- Planear, coordinar, supervisar y verificar la correcta instalación y puesta en marcha de cada uno de los componentes.
- Ejecutar las pruebas necesarias para asegurar la correcta operación de todos los componentes en todo momento.
- Realizar el pago de cada servicio al licitante ganador conforme al contrato de los servicios.



4.4 Análisis y metodología empleada

Como primera etapa del proyecto de instalación de los sistemas de aire acondicionado de precisión, la responsabilidad de Banco de México fue revisar y analizar la propuesta presentada por el proveedor, específicamente la ingeniería presentada como cálculos térmicos, hidráulicos, eléctricos, de control y estructurales; planos de instalaciones térmicas, hidráulicas, eléctricas, de control y estructurales; plan de trabajo donde se plantearon los tiempos en los que se iba a ejecutar cada una de las etapas de la instalación, listado de materiales y parámetros de ajuste en los equipos DSE.

Por mi parte, al participar en la instalación eléctrica del sistema, fui responsable de la revisión, durante el periodo del 5 al 30 de septiembre de 2016, de los cálculos y planos eléctricos de cada uno de los componentes a instalar. Entre los documentos que analicé se encontraron:

- Cálculo de conductores de potencia y ajuste de interruptores para la coordinación de protecciones.
- Características eléctricas y apego a la NOM-001-SEDE-2012 de elementos a instalar como tableros, cableado, interruptores y canalización para cableado eléctrico en todo el sistema.
- Capacidad del sistema eléctrico para la alimentación de la carga que representan los cuatro sistemas de aire acondicionado de precisión.

4.4.1 Proceso de Instalación y arranque de equipos

Una vez concluida la revisión total de la ingeniería presentada por la empresa IGSA S.A. de C.V., determinamos que la instalación de los equipos se llevara a cabo en el periodo del 1 de octubre de 2016 al 18 de diciembre de 2016.

Para ejecutar el proceso de instalación de los equipos Liebert DSE, sin afectar la operación del centro de cómputo, era necesario que la carga térmica de 35 TR se mantuviera refrigerada durante el tiempo de la ejecución del proyecto, tomando el riesgo mínimo de falla durante las diferentes etapas del proyecto, por lo que coordinamos la instalación de los 4 sistemas en 6 etapas principales, las cuales se muestran en la Figura 4.4.2.1.

Figura 4.4.1.1 Etapas de instalación de cuatro sistemas de aire acondicionado de precisión Liebert DSE.



Para llevar a cabo el proceso de instalación y puesta en marcha de cada uno de los sistemas de aire acondicionado realizamos las siguientes actividades:



- Instalación de bases de metal para las unidades manejadoras de aire (UMA) en el centro de cómputo con soportes de movimiento antisísmico.
- Instalación de base de concreto para la unidad condensadora de aire (UCA) en azotea del edificio.
- Instalación de carpeta asfáltica para impermeabilizar sobre base de concreto para UCA.
- Instalación de soportes de tubería hidráulica de todo el sistema.
- Instalación y soldadura de tubería hidráulica de cobre con trampas de aceite cada 6 metros.
- Barrido de tubería hidráulica con nitrógeno para eliminar partículas de cobre u otro componente no deseado.
- Prueba de hermeticidad en tubería de cobre para refrigerante y agua de sistema de humidificación.
- Recubrimiento para protección anticorrosiva de tubería hidráulica con polietileno y lámina de aluminio.
- Instalación de soportes de tubería de control, comunicación y eléctrica de todo el sistema.
- Instalación de tubería de comunicación, control y eléctrica para UMA, UCA y Econ-o-phase.
- Instalación de tablero eléctrico con grado de protección 3R en azotea para interruptor a pie de equipo en UCA.
- Instalación de sistema Econ-O-Phase en azotea.
- Instalación de UCA en su base, fijada con pijas para concreto.
- Instalación de UMA en su base, fijada con tornillos y ajuste de altura de ventiladores EC Fan.
- Conexión de tuberías hidráulicas con UMA, UCA y Econ-O-Phase.
- Conexión eléctrica, de control y comunicación de UMA, UCA y Econ-O-Phase.
- Pruebas de conexiones eléctricas de los equipos.
- Instalación de sensores de temperatura dentro del centro de cómputo.
- Programación de tarjetas de control y direcciones IP de equipos para comunicación.
- Barrido con nitrógeno de tuberías hidráulicas completas.
- Generación de vacío en tuberías hidráulicas de sistema de refrigeración
- Carga de refrigerante en circuitos de refrigeración.
- Arranque de equipos.
- Ajuste de parámetros de temperatura y humedad.



Gran parte de las actividades descritas en los puntos anteriores las realizamos de forma paralela para la optimización del tiempo del proyecto y para el ahorro en costos, como es el caso de la instalación de la tubería hidráulica, para lo cual lo más conveniente fue instalar las tuberías de los cuatro sistemas al mismo tiempo.

4.4.2 Pruebas de aceptación de equipos

Banco de México, al trabajar con proveedores, considera necesario llevar a cabo pruebas de aceptación, las cual consisten en simular todos los escenarios posibles de trabajo en las que podrían operar los equipos y ver si el desempeño es el óptimo y el descrito en el alcance del contrato, con ello asegurar la operación y contener las fallas antes de que estas puedan representar un daño mayor a la infraestructura. Para el caso de los sistemas de aire acondicionado de presión de centro de cómputo Legaría realicé las siguientes actividades como parte de las pruebas mencionadas:

- Operación de cada sistema en forma independiente: durante esta actividad aseguré que el sistema de refrigeración sea el adecuado para el centro de cómputo aun en el caso de que tres de los cuatro sistemas de refrigeración dejaran de operar por alguna falla.
- Apagado general de un sistema eléctrico: con esta prueba, al abrir el interruptor general de uno de los dos sistemas eléctrico para los aires acondicionados, aseguré que al apagarse los equipos de aire conectados a dicho sistema, los otros equipos que cuentan con energía abatieran la carga térmica del recinto.
- Fallas de agua bajo el piso, baja y alta presión, baja y alta temperatura, de válvula de expansión, compresor y ventiladores: con estas pruebas de fallas en la operación de los sistemas de aire acondicionado aseguré que, en el momento que algún equipo falle, salga de operación automáticamente y que el resto de los sistemas de aire acondicionado abatan la carga térmica del centro de cómputo.
- Prueba de disparo de tanques de sistema contra incendio: debido a que en los centros de cómputo, al tratarse de un recinto cerrado, el método más conveniente para sofocar un incendio es a través de la inundación del local con un agente limpio (gas extintor), en estas condiciones la totalidad de los sistemas de aire acondicionado deben apagarse para evitar perturbaciones en la inundación del recinto.



- Pruebas de operación con Econ-O-Phase: esta prueba consiste en forzar que el sistema de bombeo de líquido refrigerante opere de manera automática, con lo que se asegura que el ahorro en consumo eléctrico aumente dependiendo de las condiciones climáticas.

Con las actividades anteriores demostramos que los equipos instalados pueden operar de manera eficiente, autónoma y segura en cualquier momento o circunstancia climatológica y el centro de cómputo no ve afectaciones en sus operaciones aun cuando se presentará la situación de trabajar con solo 1 de los 4 sistemas de aire acondicionado de precisión disponibles.

4.5 Participación profesional

Para la ejecución del proyecto de instalación de los cuatro sistemas de aire acondicionado de precisión en el centro de cómputo “Legaria” mi participación, como parte de la oficina de servicio y apoyo al cómputo, consistió en 2 roles principales, en el primero, durante el periodo del 5 de septiembre al 30 de septiembre de 2016, analicé y comprobé los cálculos eléctricos de la ingeniería presentada por la empresa IGSA S.A. de C.V. a Banco de México, de igual forma analicé y verifiqué que los componentes eléctricos que se utilizaron se apegaran a las normas aplicables y cumplieran con las condiciones y características de durabilidad para operar un tiempo de vida estimado de 15 años.

En el segundo, Durante la instalación de los sistemas que se llevó a cabo del 1 de octubre al 18 de diciembre de 2016, mi participación, junto con otro ingeniero de la Oficina de Centros de Cómputo, fue la supervisión de todas las maniobras de instalación, puesta en marcha, programación y pruebas de aceptación de los cuatro sistemas de aire acondicionado de precisión. Entre ambos coordinamos nuestras actividades para supervisar las diversas etapas de la instalación que se realizaban en paralelo.

Actividades fuera del alcance de la empresa Igsa S.A. de C.V.

La infraestructura eléctrica de los centros de cómputo está a cargo de la Oficina de Servicio y Apoyo al Cómputo, la cual cuenta con el personal técnico capacitado



para mantenerla en condiciones adecuadas de servicio, por lo que, la subgerencia de cómputo tomó la decisión que la conexión de los equipos de aire acondicionado al sistema eléctrico lo llevara a cabo dicha oficina, para evitar riesgos y la afectación a cualquier otra parte del infraestructura, además de economizar costos de ejecución del proyecto; como parte de esta oficina, fui el encargado de coordinar, supervisar y ejecutar estas acciones, integrando los tres elementos principales (UMA, UCA y Econ-O-Phase) de los cuatro sistemas de aire acondicionado al sistema eléctrico que brinda el servicio al centro de cómputo de Banco de México.

4.6 Resultados y aportaciones

La realización del proyecto de instalación de cuatro sistemas de aire acondicionado de precisión modelo Liebert DSE, que se ejecutó durante cuatro meses en el centro de cómputo “Legaria”, se llevó a cabo tal como fue planteado en el contrato firmado por la empresa licitante y el banco; Cubrimos prácticamente con el orden de las actividades del plan de trabajo planteado al inicio del proyecto; los objetivos, en cuestión de tiempos de ejecución, se cumplieron sin mayor inconveniente y se mantuvo la continuidad operativa del centro de cómputo durante la ejecución del proyecto.

Con este proyecto, Banco de México asegura la operación del sistema de aire acondicionado de precisión para el centro de cómputo “Legaria” por un tiempo estimado de 15 a 20 años, según el servicio de mantenimiento que se les brinde a los equipos, y se obtienen las siguientes ventajas en tecnología y confiabilidad:

- Aumento en la confiabilidad al tener una mayor redundancia de los sistemas de aire acondicionado: con estos nuevos equipos al aumentar en capacidad de refrigeración, brindan una redundancia de 4N a los servicios de aire acondicionado del centro de cómputo, lo cual quiere decir que en el caso que 3 de los 4 sistemas presentaran algún tipo de falla que deje inoperable al equipo, el sistema restante mantendría la temperatura y humedad relativa necesaria para que los servidores funcionen sin problema alguno.
- Mayor eficiencia de consumo eléctrico: con el avance tecnológico de los sistemas Liebert DSE que se instalaron, el ahorro en el consumo eléctrico se convierte en un punto importante, debido a:



- El manejo de varios elementos del sistema de refrigeración que operan en momentos que las condiciones ambientales son adecuadas para una refrigeración sin uso de compresores.
- La mejora tecnológica de algunos de sus componentes como ventiladores y rejillas en evaporador y condensador.
- Mejoras en filosofía de operación: este tipo de mejoras permitieron que el centro de cómputo Legaria tenga una mejor administración del flujo de aire debido al uso de sensores de temperatura en todo el recinto, que permitieron conocer los puntos más calientes de centro de cómputo y optimizar recursos al manejar diferentes porcentajes de refrigeración en cada sistema con la tecnología Teamwork.

De igual forma, gracias a la operación de los sistemas de aire acondicionado con la tecnología Teamwork, disminuyó la probabilidad de una falla total de los sistemas de refrigeración, ya que, debido a la comunicación entre sistemas, al fallar alguno o algunos de los cuatro sistemas, el resto de ellos toma la carga térmica automáticamente manteniendo el uso más eficiente para refrigerar el recinto.



5. Conclusiones

Banco de México al ser una institución gubernamental con alto prestigio a nivel internacional, representa para mí un gran inicio en mi desarrollo profesional, permitiéndome aplicar mis conocimientos de electricidad y electrónica desde los primeros días laborando en la Oficina de Servicio y Apoyo al Cómputo.

Al llegar a la institución y conocer lo robusto de la infraestructura electromecánica, dedicada a permitir la operación continua de los centros de cómputo institucionales, me percaté que podría desarrollar mi carrera profesional muy rápidamente y aprender a diseñar, innovar, instalar, operar y mantener sistemas electromecánicos de la mejor calidad a nivel mundial aplicando los conocimientos de ingeniería que aprendí durante mi formación universitaria en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Durante mi labor realizada en este periodo, tuve la fortuna de percibir lo esencial que es la ingeniería en el desarrollo económico del país y la importancia de contar con los conocimientos sólidos para contribuir a la correcta implementación de una infraestructura electromecánica de manera segura, óptima y económicamente viable.

Haciendo mención de los proyectos desarrollados en mis labores puedo concluir que:

- Proyecto “Migración eléctrica de servidores a sistema de distribución por electroducto:”

Al ser el primer proyecto a mi cargo dentro de una institución, se convirtió en un reto importante para mi formación profesional, ya que fue la primera oportunidad en el campo laboral de aplicar mis conocimientos de ingeniería eléctrica y electrónica y, al mismo tiempo, conocer la complejidad administrativa implícita en todo proyecto de ingeniería.

Aprendí que es esencial el buen planteamiento y manejo de cada etapa dentro de la ejecución de un proyecto debido a que esto permite finalizar en los tiempos y con los costos estimados en un inicio. De igual forma, la importancia de contar con el personal, los procedimientos, las herramientas y el material adecuados para poder ejecutar cada etapa de un proyecto, lo cual es primordial para una implementación exitosa.



Dicho esto, se puede concluir que la ejecución del proyecto de migración eléctrica de servidores a un sistema de distribución eléctrica por electroducto bajo mi responsabilidad, se llevó a cabo en los tiempos y costos estimados, sin afectar a la operación y al manejo de información de los servicios migrados, resultando por todo lo anterior en un proyecto exitoso.

En lo que respecta a la infraestructura eléctrica que alimenta a los servicios de TI en el centro de cómputo 5 de mayo 18 de Banco de México, puedo asegurar que al finalizar la implementación de este proyecto, se convirtió en un servicio más confiable y accesible para cualquier cambio, incrementando sus ventajas en capacidad, redundancia, seguridad, regulación eléctrica, costos de operación y disminución de pérdidas de energía.

De igual forma facilitó y aumentó la posibilidad de implementar mejoras tecnológicas en otros ámbitos de la operación del centro de cómputo, como son manejo del flujo del aire y distribución física de los equipos de TI.

- Proyecto “Renovación y mejoramiento de sistema de aire acondicionado de precisión de 140TR”

Durante la ejecución del proyecto de renovación de un sistema de aire acondicionado de precisión en un centro de cómputo nuevamente el mayor reto para la instalación del sistema fue el mantener la operación de los sistemas de refrigeración continua durante todo el periodo del proyecto, ya que sin una correcta operación se hubiera afectado a los servidores en los cuales se corre información de gran relevancia para la economía nacional, tomando en cuenta lo anterior me pude percatar nuevamente que la buena implementación de un proyecto de ingeniería recae en la correcta administración y visión que los líderes del proyecto tengan referente a las etapas del proyecto, los planes de trabajo, los procedimientos a implementar, el personal, las herramienta y el material a utilizar.

Al tener todo esto contemplado y contar con los conocimientos del funcionamiento de los equipos a instalar, optimizar o mejorar, prácticamente los proyectos están encaminados al éxito.

Con referencia al proyecto de renovación y mejoramiento de un sistema de aire acondicionado de precisión de un centro de cómputo considero este proyecto como una exitosa implantación debido a que se logró culminar el alcance sin afectar en ningún momento la operación de los servicios de TI y culminando en los costos y tiempos estimados.



Al concluir el proyecto podemos decir que el sistema de aire acondicionado de precisión del centro de cómputo Legaría de Banco de México se encuentra operando continuamente con una redundancia de 4N, con equipos de la tecnología más avanzada al momento, asegurando que dicho sistema se volvió en gran medida un sistema más confiable, menos susceptible a fallas totales y que cuenta con un sistema de monitoreo y control más completo, menores costos de operación debido a una mayor eficiencia energética y un mayor tiempo de vida de los equipos debido a una operación inteligente optimizada por el sistema Teamwork.



6. Bibliografía

- [1]. American National Standard.(2014). ANSI/BICSI 002-2014- Data Center Design and Implementation best Practice. EUA: Bicsi.
- [2]. ANCE. (2012). NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas (Utilización). CDMX: ANCE.
- [3]. ANCE. (1999). NMX-J-098-ANCE-1999. Sistemas Eléctricos de Potencia – Suministro – Tensiones Eléctricas Normalizadas. CDMX: ANCE.
- [4]. ANCE. (2007). NMX-J-136-ANCE-2007. Abreviaturas y símbolos para diagramas, planos y equipos eléctricos. CDMX: ANCE.
- [5]. PDI. (2012). Powerwave structured busway system: Designed specifically for the critical power market. USA: Power distribution, Inc.
- [6]. Emerson Network Power. (2016).Manual Liebert DSE with Econ-o-phase. USA: Emerson Network Power.