

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERÍA ELÉCTRICA

REPORTE DE RESIDENCIA/TESIS

REINGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA APLICADA A LA INDUSTRIA DEL CAFÉ (F.I.E.CH.)

DESARROLLADO POR

MAURICIO RAMOS COUTIÑO

10270617

ASESORES

ING. LUIS ALBERTO PEREZ LOZANO

ING. MARIO NURICUMBO MUNDO



Agosto - Diciembre 2014

Índice

	Pág.
1.- Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Estado del Arte	1
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	3
1.5 Metodología	4
2. Fundamento Teórico	5
2.1 F.I.E.CH.	5
2.2 Beneficio de Café	7
2.3 Sistemas Eléctricos de Distribución	11
2.4 Instalaciones Eléctricas Industriales	14
2.5 Centros de Control de Motores	22
2.6 Normatividades	24
3.- Desarrollo	26
3.1 Levantamiento en Instalaciones	26
3.2 Reingeniería del Sistema Eléctrico	41
3.3 Reingeniería del Proceso de Selección	52
3.4 Presupuesto	60
3.5 Propuestas y Visión a Futuro	61
4.- Resultados y Conclusiones	69
Referencias Bibliográficas	102
Anexos	104

1.- Introducción

1.1 Antecedentes

La reingeniería tiene diversos enfoques, principalmente en la reinención de procesos empresariales e industriales. En ingeniería se utiliza para llevar a cabo proyectos de remodelación y reestructuración en instalaciones, equipos y procesos existentes. El fin de estos es dotar de nuevas tecnologías para procesos de alta calidad y así mantener actualizada y competente a la industria o empresa donde se aplique.

Los equipos de control e instalaciones eléctricas y mecánicas sufren desgastes debido al constante uso diario, con más frecuencia en plantas industriales que trabajan largas jornadas con poco tiempo muerto. El mantenimiento es importante en dichas instalaciones ya que puede prevenir, predecir y corregir cualquier falla que se presente y ahorrar tiempo en su reparación o repuesto, ya que en la industria el tiempo se refleja en dinero.

Todos los componentes de una instalación electromecánica tienen un tiempo de vida útil, después de este se presentarán problemas que repercuten directamente en los procesos de producción. Al contar con un rezago de tecnología, la industria se vuelve incompetente en el mercado nacional e internacional. Por eso es necesario modernizar y actualizar los equipos e instalaciones creando planes emergentes a mediano y largo plazo.

Las instalaciones y equipos de control existentes en F.I.E.CH., se encuentran en mal estado debido al paso del tiempo y la falta de mantenimiento. Por lo tanto se carece de tecnología para tener una producción de manera eficiente y rápida. Realizar una inversión en la remodelación de instalaciones y nuevos equipos de control aumentara la eficiencia y calidad en los procesos de la industria, teniendo esta un nivel competitivo en el mercado.

1.2 Estado del Arte

Reingeniería de la Instalación Eléctrica en la Escuela Superior de Ingeniería (UANL, Nuevo León, México 2003).

Valentín Zavala Bernal, analizó de manera detallada el comportamiento de las instalaciones eléctricas de la escuela de ingeniería, presentando bases teóricas de circuitos de corriente alterna y de instalaciones y equipo eléctrico. Propuso áreas de ahorro energético y alternativas de modernización en dichas instalaciones, concluyendo con el costo – beneficio con posibilidad de recuperar la inversión en 3.4 años.

Reingeniería del Proceso de Producción de Tubo Flexible en la Empresa Cooper Crouse-Hinds para Reducir Costos de Producción (IPN, México D.F. 2007).

Benjamín Vázquez Méndez, desarrollo la metodología para la automatización del proceso de producción de tubos flexibles mediante sistemas electrónicos de medición, regulación y control con un costo de recuperación a corto plazo. Teniendo estos la habilidad de arrancar, regular y parar el proceso en respuesta a las mediciones de variables monitoreadas, obteniendo valores óptimos, aumentando la eficiencia y calidad del proceso.

Reingeniería para la Rehabilitación de la Industria Manabita de Cocoa “Manacoa S.A.” (ULEAM, Manabí, Ecuador 2010).

Andrés Medranda Paredes y Ricardo Mera Chavarría, plantearon mecanismos para rehabilitar la planta de producción y el diseño de un sistema óptimo, que maximice los beneficios de transformación de cacao. Estudiaron las necesidades básicas para reactivar la industria “Manacoa S.A.”, presentaron un estudio de mercado, detallando el material y equipo para adquisición también los beneficios que estos traen a la planta.

Reingeniería del Sistema Eléctrico del Hospital León Becerra en Guayaquil (UPSSG, Guayaquil, Ecuador 2011).

Héctor Macías Solórzano y David Mora Bocca, realizaron un levantamiento de todas las áreas del hospital con la finalidad de reconocer las carencias y fallas que este tiene. Desarrollaron un plan de reingeniería para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión cumpliendo con las normas requeridas para el diseño en hospitales considerando la carga instalada y la ampliación de esta a futuro.

Reingeniería para la Actualización de Instalaciones Eléctricas del Estadio Azteca (IPN, México D.F 2013).

Jorge León Gutiérrez, realizo un levantamiento en las instalaciones eléctricas del Estadio Azteca para conocer los equipos, canalizaciones y cableado a sustituir. En el proyecto de reingeniería desarrollo diseños y obras para subestaciones compactas, sistemas de tierras, instalaciones en oficinas generales, iluminación cancha del estadio, “spider - cam” y sistema de pararrayos.

En este proyecto se propone unificar dos líneas de producción para tener un proceso de selección más eficiente con la modernización de instalaciones eléctricas en media tensión y la creación de circuitos alimentadores óptimos en baja tensión para oficinas y el control del proceso de selección de café mediante un CCM ayudando esto a aumentar la productividad, calidad y eficiencia en esta etapa de la industria F.I.E.CH.

1.3 Justificación

Este proyecto se realizará en la Federación Indígena Ecológica de Chiapas, tiene como objetivo dotar de nueva tecnología y equipos para el control del proceso de selección de café en grano (beneficio seco) que actualmente esta industria exporta a U.S.A., Europa y Japón. Con la unificación de dos líneas de producción se tendrá tres tipos de selección: por tamaño, peso y color siendo esta más rápida, eficaz y con mayor calidad.

Para lograr modernizar la etapa de control de esta industria antes debemos realizar obras eléctricas en media y baja tensión las cuales se van a diseñar de acuerdo a la normatividad vigente tanto por la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (Utilización), Normas de Comisión Federal de Electricidad, especificaciones internacionales, las del país de origen (equipos) o las que cumple el fabricante.

El proceso de selección (beneficio de café) es totalmente seco, por lo que no causa residuos que contaminen al agua ni al medio ambiente, al tratarse de una industria totalmente ecológica se crearan propuestas para su estudio e implementación a futuro con aplicaciones en áreas específicas dentro de esta, por ejemplo: una planta de tostado y mólido, un nuevo sistema de iluminación y contar con una planta generadora de uso emergente.

Con la tecnología implementada esta industria estará a nivel de competir y cumplir con exigencias del mercado nacional e internacional. Chiapas es el estado con el primer lugar a nivel nacional en producción y exportación de café orgánico (34.8% de la producción total). Es por eso que económicamente se beneficia tanto México, el estado de Chiapas y todos los que intervienen en los diferentes métodos para producir la materia prima.

1.4 Objetivos

General

Desarrollar un plan de reingeniería aplicado a las instalaciones eléctricas, mecánicas y de control en FIECH, con el fin de dotar de tecnología avanzada a la planta y mejorar la selección de café oro en grano en la nave de este proceso, utilizando y cumpliendo las normas vigentes.

Particulares

- Ejecutar un levantamiento físico de las instalaciones existentes y digitalizar los planos arquitectónicos de las instalaciones actuales de F.I.E.CH.
- Realizar el diseño y cálculos para la modernización de instalaciones eléctricas de media y baja tensión.
- Diseñar la unificación de la línea 1 y 2 de selección de café pergamino e implementar nuevos equipos para esta nave de procesos.

- Modernizar el sistema de control del proceso en la nave de selección de café oro con el diseño e instalación de un nuevo CCM, circuitos de alimentación de motores y banco de capacitores.
- Diseñar y proponer un sistema de alumbrado e iluminación para la nave de procesos y áreas exteriores de FIECH.

1.5 Metodología

Par el desarrollo de este proyecto se considera los siguientes puntos como metodología, mencionando el uso de normas que tienen referencia a los diseños y a las aplicaciones en campo.

Tipo de construcción: considerando las dimensiones generales del predio y la nave donde se realizaran las instalaciones principales (M.T.), los niveles (planta baja y alta) en donde se realizaran obras en B.T., altura de oficinas, accesibilidad, flexibilidad y áreas peligrosas.

Evaluación eléctrica general: determinación y estudio del tamaño y naturaleza de las cargas por alimentar aproximando está en watts/m², número y tamaño de los motores (capacidad en H.P.), determinación de la capacidad de otras cargas y su localización por áreas dentro de la construcción para analizar el diseño del mejor sistema de distribución posible.

Selección del equipo: tener un máximo de normalización en los equipos cumpliendo con normas oficiales mexicanas, normas mexicanas y si no cuentan con estas cumpliendo con especificaciones internacionales, las del país de origen o en su caso las que cumple el fabricante.

Suministro de la energía: los equipos a instalar también deben de cumplir con las características de la energía suministrada por C.F.E., esto es frecuencia y niveles de voltaje, para la distribución en este caso se utilizan subestaciones de tipo poste.

Todo esto cumpliendo con lo establecido en la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (Utilización), desde los principios fundamentales (titulo 4), artículos 4.2.2 al 4.2.5 información para planeación de instalaciones eléctricas, artículos 4.2.6 al 4.2.12 requisitos que deben cumplir, posteriormente en el reporte se cumple el artículo 4.2.13 proyecto eléctrico (planos y memorias técnicas descriptivas), también se cumplirá con el artículo 4.4 construcción, prueba inicial y verificación de las instalaciones eléctricas.

Para el diseño de la línea de media tensión desde el punto de conexión (entronque) hasta las subestaciones se utilizaron las Normas de Distribución, Construcción, Instalaciones Eléctricas Aéreas en Media y Baja Tensión y Normas de Distribución, Construcción de Sistemas Subterráneos de Comisión Federal de Electricidad.

2. Fundamento Teórico

2.1 F.I.E.CH.

El trabajo que se documenta en esta memoria de residencia profesional se llevó a cabo en las instalaciones de la Federación Indígena Ecológica de Chiapas S.S.S. (F.I.E.CH.), esta cuenta con certificaciones nacionales e internacionales en sus plantaciones orgánicas, y realizan exportación de café oro en grano a Estados Unidos, Alemania, Holanda, Austria, Canadá y Japón.

Misión y Visión de F.I.E.CH.

Misión:

Ser una organización indígena y campesina; incluyente y tolerante, que busca el desarrollo de hombres y mujeres, mediante el trabajo común y organizado; basado en la solidaridad y el respeto al medio ambiente; generando productos y servicios alternativos con calidad y calidez.

Visión:

Ser una Federación de Organizaciones Sociales, fortalecidas por su identidad, que buscan el equilibrio entre el desarrollo de empresas sociales y las comunidades rurales, comprometidas con la conservación del medio ambiente y el impulso al sostenimiento de nuestras familias.

Productos

Café “Biomaya” Orgánico es la empresa que se dedica a la comercialización del café F.I.E.CH., en diferentes presentaciones: grano entero, molido exprés, americano, mezcla orgánica, estos artesanales y altura, gourmet, sustentable en presentaciones metálicas.

Distribuidora Vida y Esperanza S.C. se encarga de realizar la exportación de café orgánico en grano hacia Norte América, Europa y Asia.

Localización

Esta se encuentra en la carretera Tuxtla Gutiérrez a Chiapa de Corzo Km. 11 + 400, Ribera Nandanbua municipio de Chiapa de Corzo contando esta agro industria con alrededor de 17 organizaciones dedicadas al cultivo y cosecha del café en diversas regiones de Chiapas ya que trabajan en conjunto con la federación.

Actualmente en el predio de F.I.E.CH., se tiene una construcción de 584.64 m², contando esta industria con naves de procesos existentes y planeaciones a futuro.



Fig. 2.1 Presentaciones de Café Biomaya Orgánico: artesanal, gourmet y sustentable.



Fig. 2.2 Café Biomaya Orgánico en presentaciones artesanales: mezcla orgánica, molido americano, molido exprés y grano entero.

Plano Arquitectónico de Distribución General ([PADG-01](#))

2.2 Beneficio de Café

Existen diversos métodos para la selección (beneficio) de café orgánico, estos consisten en la serie de etapas de procesamiento a las que se somete el café para quitar y eliminar todas sus cubiertas de la forma más eficiente sin afectar su calidad y su rendimiento, es una transformación primaria del grano.

Los principales procesos se definen a continuación, realizando un enfoque en el proceso con el que se trabaja en F.I.E.CH.

Beneficio Húmedo

Se define como la transformación del fruto de café maduro a café pergamino seco de punto comercial, a través de las siguientes etapas:

Recolección del fruto, recibo y clasificación, despulpado del fruto, clasificación del café despulpado, lavado del café fermentado, clasificación del café lavado, secamiento del café lavado, almacenamiento del café seco y manejo de los subproductos.

Beneficio Seco

Posterior a la transformación al que es sometido el café lavado, el beneficio seco es el segundo proceso para la transformación del café. En esta fase, la materia prima lo constituye el café pergamino obtenido del beneficio húmedo para obtener el café oro que será utilizado en los tostadores como materia prima.

En este beneficio es eliminado el pergamino (endocarpio), el cual constituye aproximadamente un 20% en peso del café pergamino seco procedente del beneficio húmedo. La cascarilla (pergamino) es utilizada principalmente como combustible sólido en el secado mecánico del café en beneficios húmedos, además de otros usos aplicados a la producción de café.

La función del beneficio seco no es únicamente la eliminación de la cascarilla; en este se necesita eliminar la mayoría de granos defectuosos mediante procesos mecánicos y si la preparación lo exige, con la intervención de elemento humano para un escogido manual (bandas de escogido). Esto último ya no es tan usual, ya que la mayoría de los beneficios han optado por incrementar la capacidad de escogido electrónico, reduciendo cada vez más esta práctica. El principio de la calidad del café rige aún en este proceso y se necesitan cuidados intensos en la manipulación del producto en el beneficio seco, desde el recibo hasta el envío del producto al exterior.

El beneficio seco para preparaciones del café conlleva muchas responsabilidades y riesgos al igual que los demás procesos a los que el café es sometido. Cada lote de café que se trabaja está sujeto a una preparación exigida por el comprador. Si bien es cierto, la actividad del beneficio seco no solo se limita a la eliminación de la cascarilla o "trillado", sino también a satisfacer las exigencias de los compradores en lo que a preparaciones se refiere.

Manejo del Café en el Beneficio Seco

Es indiscutible que en el beneficio seco no se pueda incrementar la calidad. De hecho, el café resultante del beneficio seco depende mucho del tratamiento húmedo. Por ejemplo, si un café ha sido sobre secado, que es consecuencia de un mal proceso húmedo, no se podría exigir un café con todos sus atributos de calidad en el proceso seco. Esto supone un rendimiento bajo al momento de trillarlo, una mala presentación y malas cualidades de taza, defectos que de ninguna manera pueden ser corregidos en dicha fase.

Es por ello que en un beneficio seco podrían ingresar tanto cafés de buena calidad como defectuosos que han sido mal trabajados en los procesos anteriores, agregando a ello una gran variedad de tipos producidos en México, lo que implica un buen manejo del producto. Si dividimos todos los cafés que en un beneficio seco se pueden llegar a manejar, se consideran muchos sistemas de clasificación, por ejemplo: por tipos, regiones, características de taza, compradores, entre otros. Lo anterior requiere la utilización de un sistema de inventario adecuado a las necesidades del exportador, pero que cumpla con los principios de confiabilidad, control y costos.

Debido a lo anteriormente mencionado, no se puede definir un sistema de inventario específico por utilizar en un beneficio seco. La cartera de clientes de un exportador es muy amplia, por lo tanto la materia prima puede ser también muy variada en características. Aun así, la logística utilizada en el beneficio seco debe ser adecuada y que no implique costos excesivos por movimiento y traslado dentro del mismo beneficio al momento de procesar el café.

Aunque el café pergamino seco se encuentra en condiciones más estables que el café maduro, aún sigue siendo un producto muy delicado y perecedero. El área que se utiliza para almacenar el café debe brindar condiciones tolerables para la calidad del café, temperaturas apropiadas, una buena ventilación e impermeabilidad.

Maquinaria de Beneficio Seco

En el beneficio seco, encontramos una diversidad de máquinas que son vitales para la transformación del café pergamino a café oro de exportación. En este subtema únicamente se describe de manera general cada una de estas, haciendo énfasis en el uso primordial que las mismas tienen.

Báscula Industrial

Al momento de ingresar el café al beneficio seco, el grano debe ser pesado. El dato que aquí se tome es el que se utiliza en la comercialización y en el proceso de beneficiado para efectos de rendimiento.

La dimensión de la balanza depende del tamaño del beneficio. Las hay desde 20 quintales para pesar los sacos en grupos, hasta con capacidad de pesar el café en los camiones o contenedores en el que es transportado.

"Chuzos" o Sacador de Muestras

En cada movimiento que se hace en el beneficio, en el ingreso o egreso de café, se toma una muestra para su respectivo análisis. Esta debe ser representativa, tomada de la mayor cantidad de sacos posible. Para ello, se utilizan los muestreadores o "chuzos" para no abrir todos los sacos al momento de hacer un muestreo. Estos son instrumentos de metal en forma cónica, abiertos por el centro hacia la punta, lo que permite sacar granos de los sacos sin dañarlos.

Equipo Transportador

El proceso del café en el beneficio seco implica trasladar el café de un lugar a otro, en donde se utiliza el equipo necesario como montacargas o bandas transportadoras. Estas últimas no solo permiten trasladar el café de un lugar a otro, sino también elevarlo a diferentes alturas dependiendo de las necesidades de las instalaciones.

Tolva o Recibidor

El proceso de transformación del café pergamino empieza aquí, en la tolva de recibo. Esta generalmente posee un enrejado con el fin de eliminar objetos grandes ajenos al café que podrían dañar la maquinaria durante el proceso. Todo el café que se deposite aquí abastecerá la maquinaria durante el proceso de trillado y clasificación.

Pre-limpiadoras

Es una máquina en forma de zaranda que trabaja mediante vibraciones, reteniendo los materiales grandes ajenos al café, como piedras, palos, etc.

Trilladora

Las trilladoras son las máquinas que se encargan de remover el pergamino del café, convirtiéndolo a café oro mediante fricción. En el momento que el café sale de la trilladora es pasado por un succionador que remueve todo el pergamino eliminado.

El proceso de trilla afectará en gran manera el grado de secamiento que se le haya dado al café en el beneficio húmedo. Si un café es demasiado seco, la trilladora quebrará un mayor porcentaje de grano que será succionado junto con el pergamino, o bien, eliminado posteriormente por las zarandas de clasificación por tamaño. Esto afectará en forma negativa el rendimiento o la conversión pergamino - oro. Por otro lado, si el café contiene más del 12% de humedad, los granos serán aplastados y blanqueados por la combinación de fricción y la temperatura.

Trilladora Pulidora

Es la trilladora de repaso que tiene una graduación más ajustada y se utiliza cuando el grano no desprende totalmente la película adherida. Debido a la fricción a la que es sometido el grano, es muy probable que el aspecto del grano sea alterado, produciendo un color opaco por lo que no es muy utilizada para la preparación de cafés especiales que exigen una buena coloración.

Elevadores

El beneficio seco es un proceso de paso continuo, es decir, el producto de una máquina constituye la materia prima de la siguiente. Sucesivamente las máquinas son abastecidas utilizando elevadores que llevan el café a cada una de las máquinas. Estos consisten en fajas rotativas con pequeños recipientes remachados o “cangilones”, los que a su vez elevan el café a la altura necesaria para abastecer a la maquinaria sin detener el proceso.

Catadoras

La selección y limpieza que exige la preparación inicia en el momento que ingresa a las catadoras. Estas efectúan una clasificación por densidad, eliminando granos que no tienen el peso adecuado, tales como los quebrados, verdes, vanos y argeños. La estructura de estas máquinas es de forma vertical y poseen un ventilador en la parte inferior que genera una corriente de aire ascendente. Estas son alimentadas en la parte superior, dejando caer el café sobre la fuente de aire que es impulsada hacia arriba. De manera que son eliminados los granos menos densos, arrastrados por la corriente del aire a la que son sometidos.

Clasificadoras de tamaños (zarandas vibratorias porto y cilindros rotativos de cribas)

En las preparaciones siempre se exige un determinado tamaño de grano homogéneo o un porcentaje mínimo de grano pequeño. Las máquinas más utilizadas son las zarandas vibratorias, las cuales efectúan una clasificación por tamaño. El tamaño puede variar desde 12 hasta 20/64 de pulgada, dependiendo de la exigencia de preparación del comprador.

Clasificadora gravimétrica

Esta es una máquina clasificadora por peso, neumática y gravitacional, precisamente porque funcionan con la combinación correcta de aire, gravedad y vibración. En la parte superior tiene ondulaciones con 4 salidas. En la primera, elimina granos grandes y deformes; en la segunda, grano de primera; en la tercera y cuarta, café pequeño y el poco denso que las clasificadoras anteriores no pudieron eliminar.

Clasificadoras electrónicas

Existen algunos granos defectuosos que poseen la forma y peso de un grano normal, y son identificados únicamente por su coloración, por lo que no pueden ser separados con las máquinas anteriormente descritas. Para ello se necesitan máquinas de selección electrónica, que se encargan de eliminar todo aquel grano que no encaje dentro del patrón de color (verde normal) previamente configurado en las máquinas. Los granos de café que ingresan son pasados por un conducto donde están ubicados los analizadores electrónicos, siendo apartados por un impulso de aire si los mismos fueran reconocidos por la máquina como defectuosos.

Bandas de Escogido

Como en todas las máquinas, encontraremos que las anteriores no efectúan una selección 100% perfecta, lo que a veces supone emplear mano de obra directa para

el escogido de café. Esto se hace en las bandas de escogido, donde se distribuye el café en capas delgadas a medida que la banda corre para que puedan ser escogidos manualmente los granos defectuosos. La carga que se le ponga a dichas bandas y la velocidad con que estas funcionen dependerá de cuán exigente sea la preparación.

Máquina de Coser Sacos

Con esta máquina se cierran y se cosen los sacos llenos de café, listos para ser exportados. Este trabajo debe ser garantizado para que los sacos no se abran durante el embarque.

Cargador Neumático

El llenado a granel es un sistema que puede ser utilizado en la industria del café, particularmente en los lotes de exportación, evitando utilizar los sacos como en el sistema de empaque tradicional, aunque es necesario mencionar que no es práctica común. Este proceso de llenado a granel se realiza con una máquina que funciona a altas revoluciones produciendo un flujo de aire para impulsar el café hacia el contenedor previamente cubierto con una gigantesca bolsa o protector, que es en donde se deposita el café.

Preparaciones y sus Exigencias

Las funciones básicas de un beneficio seco son: la remoción de la cascarilla para convenir el café pergamino a café oro y la clasificación del café oro por densidad, tamaño y color que un comprador exige, a lo que llamaremos “preparación”.

En cuanto al criterio de preparación del café, depende mucho del comprador y su posición en la industria. Sin embargo y debido a la especialización creciente del mercado del café, han surgido algunos estándares de preparación de café verde, aunque todavía son usuales las preparaciones tradicionales americana y europea.

2.3 Sistemas Eléctricos de Distribución

Un sistema de distribución de energía eléctrica es el conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y fiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados en diferentes lugares.

Dependiendo de las características de las cargas, los volúmenes de energía involucrados, y las condiciones de fiabilidad y seguridad con que deban operar, los sistemas de distribución se clasifican en: industriales, comerciales, urbanos, y rurales.

Los sistemas de distribución industrial comprenden a los grandes consumidores de energía eléctrica, que generalmente reciben el suministro eléctrico en alta tensión. Es frecuente que la industria genere parte de su demanda de energía eléctrica mediante procesos a vapor, gas o diésel.

Los sistemas de distribución comerciales son un término colectivo para sistemas de energía existentes dentro de grandes complejos comerciales y municipales. Este tipo de sistemas tiene sus propias características como consecuencia de las

exigencias especiales en cuanto a seguridad de las personas y de los bienes, por lo que generalmente requieren de importantes fuentes de respaldo en casos de emergencia.

Los sistemas de distribución urbanos alimentan la distribución de energía eléctrica a poblaciones y centros urbanos de gran consumo, pero con una densidad de cargas pequeña.

Los sistemas de distribución rural se encargan del suministro eléctrico a zonas de menor densidad de cargas, por lo cual requiere de soluciones especiales en cuanto a equipos y a tipos de red.

Clasificación de los Sistemas de Distribución de Acuerdo a su Construcción

Redes de Distribución Aéreas

En esta modalidad, el conductor usualmente es de tipo desnudo, va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en posters de madera o concreto.

Al compararse con el sistema subterráneo tiene las siguientes ventajas:

- Costo inicial más bajo.
- Son más comunes y con materiales fáciles de conseguir.
- Fácil localización de fallas y mantenimiento.
- Tiempos de construcción más bajos.

Desventajas:

- Mal aspecto estético.
- Menor confiabilidad.
- Menor seguridad (Ofrece mayor peligro a los transeúntes).
- Son susceptibles de fallas y cortes de energía ya que están expuestas a descargas atmosféricas, lluvia, granizo, polvo, temblores, gases contaminantes, brisa salina, vientos, contactos con cuerpos extraños, choques vehiculares y vandalismo.

Partes principales de un sistema aéreo:

Postes

Pueden ser de madera, concreto o metálicos y sus características de peso, longitud y resistencia a la ruptura son determinadas por el tipo de construcción de los circuitos. Son utilizados para sistemas urbanos y rurales postes de concreto de 14, 12 y 10 metros con resistencia de ruptura de 1050, 750 y 510 kg, respectivamente.

Conductores

Son utilizados para circuitos primarios el Aluminio y el ACSR (Aluminio con alma de Acero) desnudos en calibres 4/0 al 1/0 y 2 AWG y para circuitos secundarios en cables desnudos y aislados y en los mismos calibres. Estos circuitos son de 3 y 4

hilos con neutro puesto a tierra. Paralelo a estos circuitos van los conductores de alumbrado público.

Crucetas

Son utilizadas crucetas de madera inmunizada o de ángulo de hierro galvanizado de dos metros para 13.2 KV con diagonales en varilla o de ángulo de hierro.

Aisladores

Son de tipo ANSI 55. 5 para media tensión (tipo alfiler y disco) y ANSI 53.3 para baja tensión (tipo carrete).

Herrajes

Todos los herrajes utilizados en redes aéreas de media y baja tensión son de acero galvanizado (grapasa, varillas de anclaje, tornillos de máquina, collarines entre otros).

Equipos de Seccionamiento

El seccionamiento se efectúa con cortacircuitos y seccionadores monopolares para operar sin carga (100 – 200 Amperes).

Transformadores y Protecciones

Se emplean transformadores monofásicos con los siguientes valores de potencia o nominales: 25, 37.5 y 75 KVA y para transformadores trifásicos de 30, 45, 75, 112.5 y 150 KVA protegidos con cortacircuitos fusible y pararrayos a 12 KV o tensiones superiores.

Redes de Distribución Subterránea

Son empleadas en zonas donde por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable el sistema aéreo. Actualmente el sistema subterráneo es competitivo frente al sistema aéreo en zonas urbanas céntricas.

Tiene las siguientes ventajas:

- Mucho más confiable ya que la mayoría de las contingencias mencionadas en las redes aéreas no afectan a las redes subterráneas.
- Sin más estéticas, pues no están a la vista.
- Son mucho más seguras.
- No están expuestas a vandalismo.

Tienen las siguientes desventajas:

- Alto costo de inversión inicial.
- Se dificulta la localización de fallas.
- El mantenimiento es más complicado y reparaciones demoradas.
- Están expuestas a la humedad y a la acción de roedores.

Los conductores utilizados son aislados de acuerdo al voltaje de operación y conformados por varias capas aislantes y cubiertas protectoras. Estos cables están

directamente enterrados o instalados en bancos de ductos (dentro de las excavaciones), con cajas de inspección en intervalos regulares.

Un sistema subterráneo cuenta con los siguientes componentes:

Ductos

Pueden ser de cemento, de PVC o conduit metálicos con diámetro mínimo de 4 pulgadas.

Cables

Pueden ser monoplares o tripolares aislado en polietileno de cadena cruzada XLPE, de polietileno reticulado EPR, en caucho sintético y en papel impregnado en aceite APLA o aislamiento sexo elastómero en calibres de 500, 400, 350, 250 MCM, 4/0 – 1/0 AWG en sistemas de 13.2 KV.

A pesar de que existen equipos adecuados, resulta difícil y dispendioso localizar las fallas en un cable subterráneo y su reparación puede tomar mucho tiempo, se recomienda construir estos sistemas en anillo abierto con el fin de garantizar la continuidad del servicio en caso de falla y en seccionadores entrada – salida.

Los cables a instalar en baja tensión son aislados a 600 Volts con polietileno termoplástico PE-THW y recubierto con tubos de PVC y en calibres de 400 – 250 MCM, 4/0 – 1/0 AWG generalmente.

Registros

Son de varios tipos siendo los más comunes los de inspección y de empalme que sirve para hacer conexiones, pruebas y reparaciones. Deben poder alojar a 2 operarios para realizar los trabajos. Llegan uno o más circuitos y pueden contener equipos de maniobra, son usados también para el tendido de conductores. La distancia entre registros varía así como su forma y tamaño.

Empalmes, Uniones y Terminales

Permiten dar continuidad adecuada, realizar conexiones perfectas entre cables y equipos.

2.4 Instalaciones Eléctricas Industriales

El objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, proporcionar servicios con el fin de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformaran según sean las necesidades.

Dentro del concepto general de instalación eléctrica se puede catalogar a todo tipo de instalaciones, desde la generación hasta la utilización de la energía eléctrica, pasando por las etapas de: transformación, transmisión y distribución. Se clasifican en instalaciones eléctricas:

- Extra alta tensión (más de 400 KV).
- Alta tensión (115, 230 y 400 KV).

- Media tensión (35, 13.8 KV)
- Baja tensión (440, 220 0 127 V)

Esta clasificación está de acuerdo con las tensiones empleadas en los sistemas eléctricos, ya que las normas técnicas de instalaciones eléctricas establecen otros rangos para un tipo específico de instalación.

Concepto de instalación eléctrica

Una instalación eléctrica se define como el conjunto de elementos necesarios para conducir y transformar la energía eléctrica, para que sea empleada en máquinas y aparatos receptores para su utilización final. Cumpliendo los siguientes requisitos:

- Ser segura contra accidentes e incendios.
- Eficiente
- Accesible (con facilidad para mantenimientos).
- Cumplir con los requisitos técnicos que demandan las normas vigentes.

Elementos de las Instalaciones Eléctricas

Los elementos principales para conducir, proteger y controlar la energía en instalaciones eléctricas residenciales e industriales se mencionan a continuación:

- Conductores eléctricos.
- Canalizaciones eléctricas.
- Dispositivos de protección.

Considerando que las instalaciones eléctricas pueden ser visibles, ocultas, parcialmente ocultas y a prueba de explosión, según sean las necesidades que se requieren en el servicio prestado.

Conductores Eléctricos

En cualquier instalación eléctrica se requiere que los elementos de conducción tengan una buena conductividad y cumplan con otros requisitos en cuanto a sus propiedades eléctricas, mecánicas y económicas, por eso la mayor parte de los conductores empleados en instalaciones eléctricas están contruidos de cobre (Cu) o aluminio (Al), son comercialmente los materiales con mayor conductividad y con un costo lo suficientemente bajo para que resulten económicos.

Los conductores se han identificado por un número que corresponde a lo que comúnmente se denomina como "calibre", y se sigue el sistema americano AWG (American Wire Gage), siendo el más grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 que es el más delgado utilizado en instalaciones eléctricas.

Para conductores con un área mayor a 4/0, se hace una designación que está en función de su área en pulgadas, se emplea una unidad Circular Mil, siendo así como un conductor de 250 corresponderá a aquel cuya sección sea de 250,000 CM y así sucesivamente entendiéndose como:

Circular mil: Es la sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0.001 pulgadas).

A excepción de los conductores eléctricos usados en líneas aéreas y redes de distribución, los empleados en instalaciones eléctricas están aislados. Actualmente se fabrican con aislantes de tipo termoplástico con distintas denominaciones comerciales según el tipo de fabricante, siendo los más conocidos por ser aprueba de agua, entre otras propiedades, los siguientes: tipo TW, Vinamel 900, Vinamel Nylon, Vulcanel E.P. y Vulcanel XLP.

Cada tipo de conductor tiene propiedades específicas que los diferencian de otros, pero en general en la selección de un conductor deben considerarse agentes que afectan durante la operación y se agrupan como:

Agentes Mecánicos

La mayor parte de los efectos mecánicos que sufren los conductores se deben a agentes externos, como: el desempaque y el manejo e instalación, pueden afectar las características del conductor y producir fallas de operación, los más comunes son: presión mecánica, abrasión, elongación y dobleces a 180°. Por lo que es necesario prevenir el deterioro por agentes externos usando las técnicas adecuadas de manejo de materiales e inserción de conductores en tubos, barras y canalizaciones.

Agentes Químicos

Un conductor se ve sujeto a efectos por agentes químicos que pueden ser diversos y que dependen de los contaminantes que se encuentran en el lugar de la instalación. Estos son los agentes se pueden identificar en cuatro tipos generales que son:

- Agua o humedad.
- Hidrocarburos.
- Ácidos.
- Alcalis

No es posible eliminar en su totalidad los contaminantes de una instalación eléctrica, lo que hace necesario el uso de conductores eléctricos que resistan los contaminantes.

Las fallas por agentes químicos en los conductores se manifiestan como una disminución en el espesor del aislamiento, como grietas con trazos de sulfatación o por oxidación en el aislamiento, caso típico que se manifiesta como un desprendimiento de escamas.

Agentes Eléctricos

Desde el punto de vista eléctrico, la habilidad de los conductores de baja tensión se mide por la rigidez dieléctrica del aislamiento, que es la que determina las condiciones de operación, manteniendo la diferencia de potencial requerida dentro

de los límites de seguridad y permite soportar cargas transitorias a impulsos provocados por cortocircuito.

Normalmente se expresa la rigidez dieléctrica en KV/mm y dependiendo si en la prueba se emplea elevación rápida de tensión o impulso, varía su valor. Por lo general la habilidad eléctrica de los aislamientos para conductores de baja tensión es mucho mayor que la que necesita para trabajar a niveles de tensión del orden de 600 Volts, que es la tensión máxima a que están especificados. Por esta razón, los conductores empleados en instalaciones eléctricas de baja tensión difícilmente fallan por causas eléctricas; en la mayoría de los casos las fallas se deben a fenómenos térmicos provocados por sobrecargas sostenidas o deficiencias en los sistemas de protección en caso de cortocircuito.

Cálculo de Conductores

En el proyecto de instalaciones eléctricas la selección adecuada de un conductor que llevara corriente a un dispositivo específico se hace tomando en consideración dos factores:

- Capacidad de conducción de corriente (Ampacidad).
- Caída de tensión (%).

Cálculo de Conductores por Capacidad de Conducción de Corriente

El principal elemento que debe de considerarse para definir el cable que ha de ser seleccionado, es la corriente que va a circular por el conductor, y para ello hay que considerar las siguientes expresiones, la potencia de un sistema está definida por:

$$S = V * I$$

Donde:

S = Potencia del sistema (KVA).

V = Voltaje del sistema (Volts).

I = Corriente del sistema (Amperes).

Por lo que para saber la corriente que va a circular por un sistema trifásico se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$I_n = (KVA \times 1000) / (\sqrt{3} \times E)$$

Donde:

I_n = Corriente nominal del transformador en el lado primario (A).

KVA = Capacidad del transformador.

E = Voltaje en el lado primario (Volts).

De ésta manera, el valor de la corriente I determinará el calibre del cable a utilizar, si únicamente se va a tomar en cuenta éste parámetro para la selección del tipo de conductor y cable.

Cálculo de Conductores por Caída de Tensión

No basta con calcular los conductores por intensidad de corriente (Amperaje) únicamente sino también es necesario que la caída de tensión en el conductor no exceda los valores establecidos por las normas para Instalaciones Eléctricas (2% en instalaciones residenciales y 3 o 4% en instalaciones industriales).

Para estar seguros de que las caídas de tensión no excedan esos valores, es necesario calcularlas en los circuitos derivados y en los alimentadores.

Este cálculo relaciona la corriente nominal, la distancia del conductor hasta el medio de desconexión principal, el voltaje y la caída de tensión máxima permisible.

$$S = 2 \sqrt{3} L \times I / E \times e\%$$

Donde:

S = Sección transversal del conductor en mm²

L = Longitud del alimentador

I = Corriente nominal

E = Voltaje a neutro

e% = Caída de tensión permisible

Utilización de los Sistemas de Distribución

Canalizaciones Eléctricas

Son los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores, de manera que estos queden protegidos en lo posible contra deterioro mecánico, contaminación, y a su vez protejan a la instalación contra incendios por los arcos que se pueden presentar durante un cortocircuito.

Los medios de canalización utilizados con más frecuencia son los siguientes:

Tubos Conduit

Actualmente en el mercado existe una gran variedad de tubería tipo conduit para emplearla en diversas situaciones a tratar. En tramos de 3.05 metros de largo con cuerda en los extremos, a excepción de plástico y pared delgada, se mencionan los siguientes:

- Tubo de acero galvanizado de pared gruesa / pared delgada.
- Tubo de acero esmaltado de pared gruesa.
- Tubo de aluminio.
- Tubo flexible.
- Tubo de plástico flexible.

Ductos

Los ductos consisten en canales de lámina de acero de sección cuadrada o rectangular con tapa, se usan solo en instalaciones visibles, ya que no se pueden

montar incrustados en pared o dentro de lozas de concreto, razón por la que su aplicación se encuentra en industrias y laboratorios.

Los conductores se llevan dentro de los ductos como si se tratara de tubo conduit y se pueden catalogar, de acuerdo a su aplicación, como ductos alimentadores, se llevan los conductores o barras de la subestación a los tableros de distribución y los llamados ductos de conexión que parten de los diferentes tableros a la carga.

Los llamados electroductos son usados normalmente con barras conductoras ya integrados de fábrica para su armado en la obra.

Es de uso común el ducto cuadrado que aventaja al tubo conduit cuando se trata de sistemas menores de distribución, en especial cuando se emplean múltiples circuitos ofreciendo ventajas de facilidad en el alambrado, teniéndose un mejor aprovechamiento de la capacidad conductiva de los conductores al tener mejor disipación del calor.

El empleo de ductos en las instalaciones industriales ofrece ventajas las cuales son:

- Facilitan la aplicación en las instalaciones eléctricas.
- Se surten en tramos de diferentes medidas, lo que hace más versátil si instalación.
- Facilidad y versatilidad para instalación de conductores dentro del ducto, teniendo la posibilidad de agregar más circuitos a las instalaciones existentes.
- Ductos 100% recuperables cuando se modifican las instalaciones y se vuelven a usar.
- Son fáciles de abrir y conectar derivados para alumbrado o fuerza.
- Se tiene ahorro en herramienta, ya que no es necesario usar tarrajas (roscadoras) y dobladores de tubo.

Charolas

En el uso de charolas se tienen aplicaciones parecidas a las de los ductos, con algunas limitantes propias de los lugares en que se realiza la instalación.

En cuanto a la utilización de charolas se dan las siguientes recomendaciones

1.- Procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola, especialmente los de grueso calibre.

2.- En el caso de muchos conductores delgados es conveniente hacer amarres a intervalos de 1.5 a 2 metros aproximadamente, procurando colocar etiquetas de identificación cuando se traten de conductores de calibre grueso los amarres se pueden hacer cada 2 o 3 metros.

3.- En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas, es recomendable que los amarres se hagan con abrazaderas especiales.

Dispositivos de Protección

Entre los dispositivos de protección y control en las instalaciones, se tienen aquellos que deben satisfacer las normas e instrucciones dadas para su instalación y diseño de los circuitos, de manera general son las siguientes:

- Se debe proveer de circuitos separados para alumbrado general, para contactos y aplicaciones especiales.
- Las ramas de los circuitos con más de una salida no deben tener una carga que exceda al 50% de la capacidad de conducción.
- De acuerdo con la capacidad de carga de cada circuito se deben instalar tableros de distribución con tantos circuitos como sea necesario.

Para esto es necesario contar con los siguientes dispositivos:

Interruptores en Caja de Lámina

También conocidos como de seguridad, son interruptores de navaja con puerta y palanca exterior para la operación del interruptor.

Tableros de Distribución

Son conocidos también como centros de carga, consisten en dos o más interruptores de navaja, con palanca o con interruptores automáticos termomagnéticos. Se instalan cerca de los centros de carga generales, en lugares accesibles.

Fusibles

Son elementos de protección que constan de un alambre o cinta de una aleación de plomo y estaño con un bajo punto de fusión que se funde cuando se excede el límite para el cual fue diseñado, interrumpiendo la alimentación del circuito. Se fabrican para operación en dos tipos:

- Fusibles de tapón: usados en casas habitación con capacidades de 10, 15, 20 y 30 Amperes.
- Tipo cartucho: a su vez pueden ser de tipo casquillo para capacidades de 3 a 60 Amperes y tipo navaja para capacidades de 75 a 600 Amperes. Estos fusibles son renovables ya que el fusible es reemplazable.

De acuerdo con sus características eléctricas, los elementos fusibles pueden ser de: tipo normal y de acción retardada. El tipo normal está construido por cinta o alambre y el de acción retardada tiene formas diversas para realizar el retardo.

Interruptores Termomagnéticos

Están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga, accionado por una combinación de un elemento térmico y uno magnético.

El elemento térmico consta esencialmente de la unión de dos elementos metálicos de diferente coeficiente de dilatación, conocido también como par térmico, el cual al paso de la corriente se calienta, y por lo tanto se deforma, habiendo un cambio de posición que es aprovechado para accionar el mecanismo de disparo del interruptor. Operan, desde el punto de vista de tiempo de apertura, con curvas características de tiempo-corriente.

Utilización de los Sistemas de Distribución

Sistema Monofásico a Dos Hilos

Este sistema se emplea para alimentar cargas de alumbrado que no exceden a 3750 Watts por circuito. También se emplean para alimentar circuitos derivados que no excedan de 20,30 y 40 Amperes.

Sistema trifásico a tres hilos

Este sistema es utilizado generalmente para alimentar cargas trifásicas que operan con voltajes de 440 o 220 Volts, como es el caso de motores trifásicos de 440 Volts, que en operación resultan más económicos que los motores de 220 Volts, ya que demandan menos corriente:

$$P = \sqrt{3} V I \text{Cos } \Phi n$$

Donde:

P = Potencia (HP).

V = Voltaje.

I = Corriente.

Cos Φ = Factor de potencia (%).

n = Eficiencia (%).

Suponiendo P = 10 HP, Cos Φ = 0.85, n = 0.85, V = 220

$$I = P / \sqrt{3} V \text{Cos } \Phi n$$

I = 7460 / 1.7320 x 220 x 0.85 x 0.85

I = **27 Amperes.**

Si tenemos V= 440 Volts,

I = 7460 / 1.7320 x 440 x 0.85 x 0.85

I = **13.5 Amperes.**

Sistema Trifásico a Cuatro Hilos

El sistema trifásico a cuatro hilos presenta una operación flexible de cargas trifásicas y monofásicas. Es posible alimentar cargas trifásicas en tres hilos (tensión entre líneas), por ejemplo 220 V y alimentar cargas monofásicas (alumbrado) a una tensión entre línea y neutro ($220/\sqrt{3} = 127$ Volts).

Debido a esta ventaja este sistema es el más empleado para alimentación de cargas industriales.

2.5 Centros de Control de Motores

Un centro de control de motores (CCM), es esencialmente un tablero, que se utiliza en primer término para montar los componentes del alimentador de los motores y sus circuitos derivados; desde luego que no necesariamente todos los componentes se deben incluir en el CCM, por ejemplo la protección del alimentador se instala en el tablero principal, la estación de botones puede estar localizada en un lugar más específico.

El número de secciones en un centro de control de motores depende del espacio que tome cada uno de sus componentes, de manera que si el diseñador sabe que, componentes se incluirán, el diseño estará basado en eso.

Un centro de control de motores ofrece las siguientes ventajas:

- Permite que los aparatos de control estén lejos de lugares peligrosos.
- Permite centralizar al equipo en el lugar más apropiado.
- Facilita el mantenimiento y el costo de la instalación es menor.

Para diseñar un centro de control de motores, se debe de tomar en consideración la siguiente información:

1.- Elaborar una lista de los motores que estarán contenidos en el CCM, indicando para cada motor:

- Potencia en HP o KW.
- Voltaje de operación.
- Corriente nominal a plena carga.
- Forma de arranque (tensión plena o tensión reducida)
- Si tienen movimiento reversible.
- Lámparas de control e indicadores.

2.- Elaborar un diagrama unifilar simplificado de las conexiones de los motores, indicando la información principal referente a cada uno.

3.- Tomando como referencia los tamaños normalizados para CCMs, se puede hacer un arreglo preliminar de la disposición de sus componentes, de acuerdo con el diagrama unifilar, y considerando ampliaciones futuras.

4.- Las especificaciones para un centro de control de motores (CCM), son las siguientes:

Características del gabinete y dimensiones principales

Generalmente son del tipo auto-soportado de frente muerto para montaje en piso, con puertas al frente para permitir el acceso al equipo.

Arrancadores

Normalmente son del tipo magnético, con control remoto y/o local, por medio de botones y elementos térmicos para protección de los motores.

Interruptores

Por lo general, son del tipo termomagnético en caja moldeada de plástico, con operación manual y disparo automático y que pueden ser accionados exteriormente por medio de palancas.

Frecuentemente se instala para cada motor una combinación de interruptor y arrancador.

Barras y Conexiones

Cada centro de control de motores tiene sus barras alimentadoras que son normalmente de cobre electrolítico. Estas barras se encuentran en la parte superior y las conexiones se hacen en la parte inferior.

Funcionamiento de los Centros de Control de Motores

La forma en la que trabajan los centros de control de motores es la siguiente:

- Cada cubículo está conectado directamente con un motor.
- Los cubículos cuentan con paneles de control con botones de arranque y paro del funcionamiento.
- Según se requiera, los motores serán arrancados o detenidos directamente desde el cubículo que le corresponde.
- Dentro de los cubículos hay sistemas de corte de energía que permiten desactivar los motores en casos de emergencia.
- Dependiendo de las máquinas que se necesite utilizar, los motores se accionan independientemente facilitando su control.

Clasificación de Centros de Control de Motores

Actualmente la mayor parte de los centros de control de motores convencionales funcionan con de la manera descrita anteriormente, los avances tecnológicos e innovaciones también han llegado a estos equipos y se presentan a continuación:

Centros de Control de Motores Inteligentes (Smart Control Motor Center)

La simplificación de las tareas de monitorear y controlar las aplicaciones de arranque del motor, la posibilidad de determinar en dónde se puede ahorrar energía, hacer más eficiente un proceso, aumentar la seguridad del personal, ya que las fallas se pueden diagnosticar de manera remota sin necesidad de tener contacto

directo con el equipo energizado, ahorro en recursos en instalación, canalización, espacio, mantenimiento, son algunos de los beneficios que el CCM puede brindar.

Ventajas de la utilización del CCM Inteligente

- Mayor confiabilidad en el sistema de protección.
- Eliminación de varios componentes de la gaveta como, por ejemplo, contadores de hora y de maniobra, relé térmico de sobrecarga convencional, transformadores de corriente, etc.
- Reducción de la hilandería del comando.
- Reducción en el cableado de monitoreo, supervisión y control, pues utiliza par tranzado.
- Monitoreo, supervisión y control remotamente vía IHM, CLP o PC.
- Montaje del Relé Inteligente en trillo DIN o tarjeta de montaje.
- Rearme del relé hacia distancia reduciendo tiempo de mantenimiento.
- Rapidez y precisión en la identificación de fallas.
- Automación de los registros y estadísticas de fallas por gaveta.
- Red ProfiBus-DP normalizado mundialmente (no es red propietaria) o DeviceNet.
- Comunicación con otros PLC's en red de protocolo abierto.

2.6 Normatividades

Las normas que se describen a continuación serán cumplidas por constructores (proyectistas), fabricantes y distribuidores hablando en materia eléctrica (materiales, equipos y manufactura).

Nacionales

NOM-001-SEDE-2012 - Instalaciones eléctricas. (Utilización).

NOM-025-STPS-2008 - Condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.

NOM-008-SCFI - Sistema general de unidades de medida.

NMX-J-116-ANCE - Productos eléctricos – Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación – Especificaciones.

NMX-J-118/1-ANCE - Productos eléctricos – Tableros de alumbrado y distribución en baja tensión – especificaciones y métodos de prueba

NMX-J-118/2-ANCE - Productos eléctricos – Tableros de Distribución de Fuerza en baja tensión – especificaciones y métodos de prueba.

NMX-J-266-ANCE - Productos Eléctricos – Interruptores – Interruptores automáticos en Caja Moldeada – Especificaciones y Métodos de prueba.

NMX-J-353-ANCE - Centro de control de motores.

NMX-J-511-ANCE - Sistema de soportes metálicos tipo charola para conductores.

NMX-J-203-ANCE - Capacitores de potencia en conexión paralelo-especificaciones y métodos de prueba.

Comisión Federal de Electricidad

LAPEM – Laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales.

Normas de Distribución, Construcción, Instalaciones Aéreas en Media y Baja Tensión.

Normas de Distribución, Construcción, Instalaciones Subterráneas en Media y Baja Tensión.

Internacionales

ANSI – American National Standards Institute.

NEC - National Electric Code.

NEMA - National Electrical Manufacturers Association.

IEC – International Electrotechnical Commission.

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers.

3.- Desarrollo

3.1 Levantamiento en Instalaciones

El levantamiento se define como un servicio que está orientado a conocer el estado físico de las instalaciones generales y equipos existentes en una industria, para posterior a este tomar decisiones y de acuerdo a las necesidades requeridas realizar el diseño del proyecto.

Realizamos un recorrido de las instalaciones generales de la Federación Indígena Ecológica de Chiapas con el fin de detectar las carencias que tienen las instalaciones eléctricas, mecánicas y de control, éstas fueron documentadas y se presentan a continuación.

Red de Distribución en Media Tensión

El circuito de distribución eléctrica que alimenta a F.I.E.CH., es el GIA 4020, este procede del banco 42010 de la subestación Grijalva y esta es alimentada por el circuito 73970 de Angostura. El punto de conexión esta tomado del circuito GIA 4020, durante el levantamiento llevado a cabo se realizó las siguientes observaciones:

Los postes se encuentran en malas condiciones (mal empotrados) y con una ubicación errónea de acuerdo a la posición de las dos subestaciones como se observan en la figura 3.2 y 3.3, se tiene una vista de las líneas en ambas direcciones.



Fig. 3.2 Vista de los postes y estructuras de M.T., desde el predio hacia el punto de conexión.



Fig. 3.3 Vista de los postes y estructuras de M.T., desde el punto de conexión hacia las subestaciones.

Las estructuras no tienen un orden en cuanto a su diseño y la tensión mecánica a la que están sujetas las líneas de media tensión con el paso del tiempo y ningún tipo de mantenimiento, han perdido firmeza, se observan grandes catenarias a lo largo de estas.



Fig. 3.4 Tensión mecánica débil entre líneas aéreas de media tensión.

Subestaciones

Las instalaciones de F.I.E.CH., cuenta con dos subestaciones tipo poste, para el proceso de selección de café (S.E.2) y para la alimentación de circuitos de oficinas (S.E.1), a futuro se planea alimentar también un proceso de tostado y molido de café.

En la subestación número se detectó falta de limpieza y mantenimiento, además de que esta cuenta con equipos de medición (TC's y TP's), lo que crea una saturación de elementos en la estructura.



Fig. 3.5 S.E.1, transformador trifásico de 75 KVA con equipos de medición.



Fig. 3.5 S.E.1, vista frontal y trasera de los equipos de medición (TC's y TP's), se observa la saturación de equipos y falta de limpieza.

La subestación dos (S.E.2), se encuentra posterior a la número uno, y cuenta con un transformador trifásico de 150 KVA, se encarga de alimentar los circuitos de las líneas de producción existentes dentro de la nave principal de procesos, esta subestación carece de una acometida adecuada, las estructuras tienen aisladores y retenidas en mal estado.

La conexión esta directa del transformador hacia los equipos de control, pasando por un poste para hacer la deflexión y después una transición con una mufa para entrar por un registro hacia el ducto donde se tiene el gabinete del interruptor principal.

En las siguientes imágenes se presenta el estado y condiciones de las instalaciones de esta subestación y el circuito alimentador para el proceso.



Fig. 3.6 S.E.2, aisladores diferentes, retenida en mal estado, falta de acometida.



Fig. 3.7 Circuito hacía nave principal de procesos deflexión en poste hacia registro.



Fig. 3.8 Mufa y registro del circuito alimentador que procede de la S.E.2



Fig. 3.9 Registro del circuito alimentador, entrada a la nave de procesos.

Centros de Carga y Tableros de Control

La acometida que tienen el medidor de consumo de energía y los gabinetes con interruptores principales provienen de la subestación número 1, este circuito alimenta a las oficinas generales de F.I.E.CH., cocina, dormitorios, sala de juntas, sistema de iluminación de la nave de procesos y del predio. No se ha tenido problemas en cuanto a sobrecarga en dichos circuitos, se considera que las capacidades de los interruptores son correctas y la ubicación es óptima de acuerdo a la posición de la subestación.



Fig. 3.9 Medidor y gabinetes con interruptores principales de los circuitos que alimenta la S.E.1.

La acometida de la subestación dos, llega a un gabinete con un interruptor principal en donde se hacen las diferentes derivaciones para alimentar a los tableros de control dentro de la nave de procesos, se encuentran en mal estado y se han presentado disparos por tener un interruptor de menor amperaje al que demanda el sistema, cuando las dos líneas de producción se encuentran en operación.



Fig. 3.10 Interruptor general de 3 polos y 225 Amperes, que protege al circuito para los tableros de control, equipos y motores en la nave de procesos.

Los tableros de control están en mal estado debido al paso del tiempo, cuentan con tecnología muy atrasada, esto origina un proceso lento e ineficiente en la selección de café en grano, los motores y equipos al ser de grandes potencias generan reactivos y estos originan una descompensación entre la potencia real y la aparente creando un bajo factor de potencia, al carecer con un banco de capacitores F.I.E.CH., recibe un cobro por parte de C.F.E, por tener el factor de potencia atrasado.



Fig. 3.11 Tablero de control de línea 1, se observan equipos en mal estado debido al rezago de tecnología.

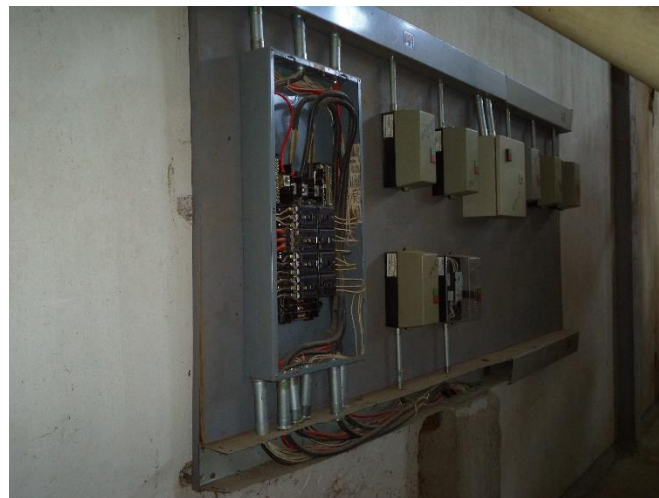


Fig. 3.12 Tablero de distribución de energía y arrancadores de equipos y motores de la línea 2 de proceso, se carece de tecnología óptima para su buen funcionamiento.

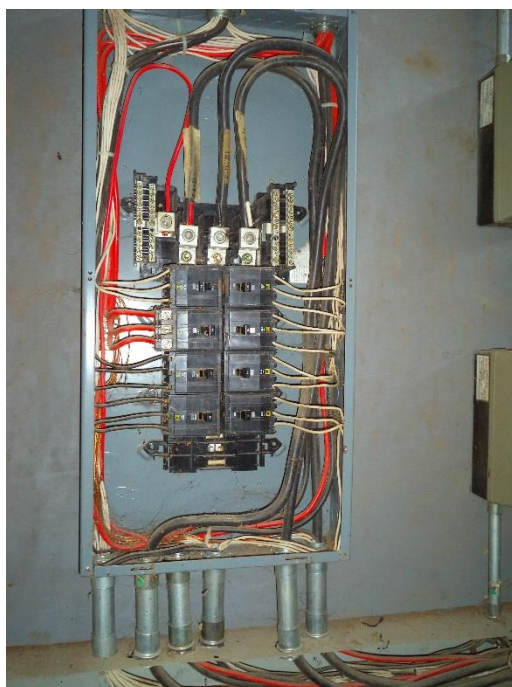


Fig. 3.13 Tablero de distribución principal en la línea 2, este alimenta al circuito de control de equipos y motores.



Fig. 3.15 Square D Clase 8536 LBO-2 Serie C Arrancador de 3HP, 600 VCA, 18 Amperes parte del tablero de control de línea 1.



Fig. 3.16 Siemens Sirius 3RT1054-6 Contactor con Módulo de Relé de sobre carga e interruptor automático, equipo de control para línea 1.

Sistemas de Iluminación

Exterior

Al realizar el recorrido en todo el predio de la industria F.I.E.CH., se analizó que cuenta con muy poca iluminación en áreas importantes para recibir materia prima en jornadas cuando no hay luz del día. Incluso que algunas áreas importantes para cuando se necesite realizar revisión a subestaciones o mantenimiento emergente a éstas no se encuentran iluminadas. Suponiendo anteriormente que se cuenta con una planta de emergencia que alimente el circuito de alumbrado además de los procesos.



Fig. 3.17 Luminaria instalada en el área de nave de procesos y oficina general.



Fig. 3.18 Ausencia de luminarias en toda el área lateral izquierda de bodegas y nave de procesos (vista desde la entrada).



Fig. 3.19 Luminarias en la entrada al predio.



Fig. 3.20 Luminaria instalada sobre la caseta de báscula.



Fig. 3.21 Única luminaria sobre la parte lateral derecha del almacén de producto terminado.

Interior

En las bodegas se cuenta con la iluminación suficiente para acomodar el producto de llegada y tener control de su proceso y salida, mientras que en el área de procesos, se tiene iluminación pobre, lo que ayuda a los operadores en sus jornadas de trabajo diurnas es la luz natural que entra por las ventanas, mientras que en horarios donde no hay sol la iluminación es deficiente y al operar maquinaria pesada se corren riesgos de seguridad.



Fig. 3.22 Luminarias en bodega de recepción de materia prima.



Fig. 3.23 Pocas lámparas en el área principal de procesos, línea 1.



Fig. 3.24 Lámparas en el área de pesado y costura de costales (producto terminado) línea 1.

Instalaciones Mecánicas

En la nave de procesos se realiza la transformación de café pergamino mediante selección a grano de calidad café oro de exportación, para todo este gran proceso se necesitan máquinas y equipos especiales, los cuales están divididos en dos líneas de producción, a continuación se describe este proceso.

El proceso comienza con la recepción del café en la bodega 1, donde este se almacena de acuerdo a su clasificación y previo muestreo, posteriormente se lleva a las líneas de producción para realizar la transformación.



Fig. 3.25 Nave de procesos, línea 1 con respectivas máquinas y equipos.



Fig. 3.26 Nave de procesos línea 2, el proceso es más corto.

Cada línea de producción maneja máquinas y equipos similares, ya que el proceso es el mismo, la diferencia es el número de selecciones que cada proceso tiene y la calidad del producto final, la línea 2 sólo cuenta con 2 tipos de selección, mientras que la línea 1 cuenta con 3, a continuación se describe cada una de las máquinas y equipos que hace posible la transformación del café pergamino en café de calidad oro.

Beneficio Seco de Café

Tolva de entrada (Recibidor)

Los granos de café pergamino son puestos en sacos ya previamente seleccionados, se llena la tolva de entrada que cuenta con una rejilla para filtrar cualquier objeto ajeno al café, los granos pasan a un primer elevador que los transporta hacia la etapa de “pre limpia”.



Fig. 3.27 Recibidor de café pergamino.

Elevadores

En el beneficio seco de café el proceso es continuo, por lo que el producto de una maquina pasa en seguida a otra y así sucesivamente hasta llegar al producto final. Los elevadores transportan el café por cada una de estas máquinas, consisten en fajas rotativas con recipientes pequeños o “cangilones”, que elevan a los granos a la altura necesaria para abastecer a la maquinaria sin detener el proceso.



Fig. 3.28 Elevadores para el desarrollo del proceso de café de calidad oro.

Prelimpia (Ciclón de Limpieza)

Esta máquina se encarga de quitar las impurezas de los granos (piedras y palos), después de este proceso el producto va hacia la trilladora.



Fig. 3.29 Elevador conectado al ciclón de limpieza para prelimpia.

Trilladora

Las trilladoras son máquinas encargadas de remover el pergamino del café, convirtiéndolo a café oro mediante fricción, al momento que el café sale de esta pasa por un succionador que remueve el pergamino eliminado. Posterior a este proceso los granos pasaran por diversos procesos de selección que a continuación.



Fig. 3.30 Equipo de trillado de grano pergamino a calidad oro.

Clasificación por Tamaño (Zaranda)

La primera etapa de clasificación se lleva a cabo mediante máquinas llamadas zarandas vibratorias, éstas efectúan una clasificación por tamaño, este varía dependiendo de la exigencia del comprador al que se exporta. Las máquinas de la línea 1 tienen capacidad de 40 quintales por hora (1840 kg/h) la de línea 2 es de 20 quintales por hora (920 kg/h).



Fig. 3.31 Zaranda equipo para selección de granos por tamaño.

Catadora por Peso (Densimetrica)

El siguiente tipo de clasificación se realiza con la máquina llamada densimetrica tipo Oliver, funciona usando una correcta combinación de aire, gravedad y vibración, realiza una selección por peso después de que el grano tiene el tamaño adecuado, para posteriormente pasar al siguiente tipo de selección.



Fig. 3.32 Densimetrica tipo Oliver para selección de granos por peso.

Clasificadora Electrónica

Esta es la última etapa con la que cuenta únicamente la línea 1, esta máquina llamada “electrónica”, clasifica los granos de acuerdo al patrón de color “verde” y desecha todos aquellos que no cumplan con este.



Fig. 3.33 Clasificadora electrónica de grano por color, línea 1.

Tolvas de Producto Terminado

En esta etapa el producto ya cumple con las características para exportación y está listo para ser embazado en sacos de 69 kg, y costurados para ser transportados y estibados oscilando entre 250 y 370 sacos.



Fig. 3.34 Tolvas de producto terminado, para traslado y estibación del café en almacén para exportación.

3.2 Reingeniería del Sistema Eléctrico

Posterior al levantamiento realizado se tomaron decisiones para el desarrollo del proyecto eléctrico, la memoria que se presenta a continuación tiene el objetivo de explicar de manera general los cálculos, diseño y selección de materiales y equipos empleados en las obras de media y baja tensión realizadas en la industria F.I.E.CH., mejorando las condiciones de seguridad, calidad y eficiencia para los usuarios del inmueble, cumpliendo con normas oficiales vigentes.

Diseño de Red Eléctrica de Media Tensión

La red de distribución primaria se llevara a cabo con un sistema trifásico (3F-4H), los conductores a utilizar son ACSR calibre 3/0 AWG para las fases de la red y ACSR calibre 1/0 AWG para el neutro corrido, esta tendrá una longitud de 265 metros aproximadamente y será instalada en forma aérea, con un suministro de 13.2 KV alimentado por el circuito existente GIA 4020 procedente de la subestación Grijalva de C.F.E.

Los postes a colocarse son de concreto reforzado especificación CFE PCR-12-750 (forma octagonal, 12 m de longitud y 750 Kg.), para todas las estructuras de paso de la línea primaria., bancos de transformación y estructuras de remate. La distancia de los postes por ser en área rural podrá rebasar los 50 metros de longitud.

Los aislamientos a utilizar para la sujeción de la línea primaria, serán del tipo alfiler especificación CFE 13 PC, para los conductores ACSR los amarres se hacen con alambre de aluminio suave N° 4 AWG y para estructuras de remate el aislador de suspensión 13SHL45C, el tipo de crucetas que se ocupan son C4V y CR4.

Las retenidas a utilizar serán las normalizadas por CFE, basadas en el tipo de estructura, conductor, velocidad del viento y ambiente, especificadas en las tablas de la sección 06 00 04 selección de retenidas para media tensión, en este caso son RS (retenida sencilla) y RDA (retenida doble ancla).

La medición de energía en F.I.E.CH., será de forma indirecta en media tensión mediante TC's y TP's 13-20 Amperes, ubicados en el poste # 3.

CUADRO DE DISPOSITIVOS					
NO. POSTE	ALTURA Y RESISTENCIA	ESTRUCTURA M.T.	PROTECCIÓN	RETENIDAS	EQUIPO
1	PCR-12-750	VD3N			
2	PCR-12-750	VS3N			
3	PCR-12-750	VA3N			TC'S/TP'S
4	PCR-12-750	RD3N/RD3N	3 CCF 3A / 3 ADOM 12 KV	2 RDA	1 TRF 75 KVA
5	PCR-12-750	RD3N/RD3N	3 CCF 3A / 3 ADOM 12 KV	2 RS	1TRF 150 KVA

Cada uno de estos aspectos de diseño se plasma en el plano IE-01, contiene el diseño de la línea aérea de media tensión, los equipos de transformación y los detalles en las acometidas.

El desarrollo del diseño y obras en media tensión llevados a cabo cumplen con las Normas de Construcción de Líneas Aéreas de Distribución de C.F.E y el capítulo 923 Líneas Aéreas de la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (Utilización).

Plano Eléctrico Red de Distribución en Medía Tensión ([IE-01](#))

Subestaciones Eléctricas

La capacidad de las subestaciones eléctricas es elegida en función de la densidad de carga por servir, considerando el aumento de estas a futuro, en el diagrama unifilar del plano (hipervínculo) se observan las cargas instaladas en cada tablero y se especifica la subestación alimentadora.

Actualmente se cuentan con dos transformadores trifásicos en subestaciones tipo poste con capacidad de 75 y 150 KVA, los tableros existentes y circuitos nuevos se muestran a continuación:

Transformador 1, Capacidad 75 KVA

Circuito	KW	V	FP
Existente	16.8	127/220	0.90
Alumbrado Exterior	3.5	127	0.90
Sala de juntas	21.2	220	0.90
Total	41.5		0.90

Nota: el circuito existente ocupa oficinas, tablero de tostadora y dormitorios.

- El valor para el factor de potencia se toma de 0.90 para efectos de cálculo.

La capacidad del transformador se determina con la siguiente formula:

$$KVA = KW / \cos \phi$$

Donde:

KVA = Potencia aparente (VA).

KW = Potencia activa (Watts).

Cos ϕ = Factor de potencia (%).

$$KVA = 41.5 / 0.9 = \underline{\underline{46.11 \text{ KVA}}}$$

Transformador 2, Capacidad 150 KVA

Circuito	KW	V	FP
Existente	17.5	127/220	0.90
CCM-01	65.28	220	0.90
CCM-02	7.09	220	0.90
Total	89.87		0.90

Nota: el circuito existente corresponde al tablero de iluminación y contactos.

$$\text{KVA} = 89.87/0.90 = \underline{\underline{99.85 \text{ KVA}}}$$

Por lo tanto tenemos en reserva un 38% de la capacidad del transformador 1 y un 33% del transformador 2, mientras el factor de demanda sea unitario, el factor de crecimiento no rebase el 25% y que el factor de potencia se mantenga en un rango de .90 a .99%, ambos transformadores seguirán operando en condiciones estables.

Protección en el Lado Primario

Las protecciones son necesarias en todo tipo de subestaciones ya que éstas evitan fallas de corto circuito y sobrecargas a todo el sistema que los transformadores soportan por eso son necesarias para la seguridad del personal y la confiabilidad del sistema.

Por ende se realizan los siguientes cálculos para determinar los dispositivos de seguridad de cada subestación.

Protección Contra Sobrecorriente en Media Tensión

Transformador 1, 75 KVA (SE1)

$$I_n = (\text{KVA} \times 1000) / (\sqrt{3} \times E)$$

Donde:

I_n = Corriente nominal del transformador en el lado primario (A).

KVA = Capacidad del transformador.

E = Voltaje en el lado primario (Volts).

$$I_n = (75 \times 1000) / (1.7320 \times 13,200)$$

$$I_n = 3.28 \text{ Amperes}$$

$$I_c = I_n \times 300\% \text{ Amperes}$$

$$I_c = 9.84 \text{ Amperes}$$

$$I_c = \underline{\underline{10 \text{ Amperes.}}}$$

Esto cumpliendo con la sección 450-3 a) NOM-001-SEDE-2012, valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600 volts (como porcentaje de la corriente nominal del transformador) para protección con fusibles para el primario con ajuste del 300%. como máximo de la corriente nominal.

Por lo tanto el tamaño del fusible que se recomienda es de 10 Amperes.

Transformador 2, 150 KVA (SE2)

$$I_n = (150 \times 1000) / (1.7320 \times 13,200)$$

$$I_n = 6.56 \text{ Amperes}$$

$$I_c = I_n \times 300\% \text{ Amperes}$$

$$I_c = 19.28 \text{ Amperes}$$

$$I_c = \underline{\underline{20 \text{ Amperes.}}}$$

Para este transformador se propone un fusible de 20 Amperes, cumpliendo con la norma antes mencionada.

Protección Contra Sobrevoltaje

Esta se hará con el uso de apartar rayos tipo ADOM 12 KV (óxido metálico), que deberán ser conectados sólidamente a tierra mediante un conductor de cobre desnudo cal. 4 AWF.

Cálculo de cortocircuito

El objetivo de este cálculo es obtener la magnitud de corriente de cortocircuito que se puede generar o presentar en el momento de una falla del sistema o red interna.

Conocer esta magnitud y el tiempo que permanece en el sistema es de suma importancia porque nos ayuda a seleccionar el equipo correcto y capaz de soportar dicha corriente de falla sin afectar la funcionalidad de los equipos y estos pueden operar en condiciones deseables.

Existen diversos métodos para este análisis, a continuación se ocupa el método del bus infinito considerándolo más práctico y con resultados aproximados.

Método del Bus Infinito

Datos:

Transformador 75 KVA (SE 1)

1.- Cálculo de la intensidad de corriente nominal en baja tensión del transformador.

$$I_{sec} = (KVA \times 1000) / (\sqrt{3} \times E)$$

Donde:

I_{sec} = Corriente nominal del transformador en el lado secundario.

KVA = Potencia aparente del transformador.

E = Voltaje nominal del transformador en el lado secundario (220 V).

$$I_{sec} = (75 \times 1000) / 1.7320 \times 220$$

$I_n = \underline{196.82 \text{ Amperes.}}$

2.- Calculando las corrientes de corto circuito simétrico y asimétrico con las siguientes condiciones: transformador sin carga. (No existe contribución de corriente al corto circuito). La única impedancia que limita la corriente de falla es la del transformador, sistema 3F-4H, con neutro corrido.

Capacidad = 75 KVA

$Z_t = 3.5\%$

a) Corriente de cortocircuito simétrica I_{ccsim}

$$I_{ccsim} = 100 (I_{sec}) / Z_t$$

$$I_{ccsim} = 100 (196.82) / 3.5$$

Iccsim = **5623.42 Amperes.**

b) Corriente de cortocircuito asimétrica Iccasim

$$Iccasim = Iccsim (1.25)$$

$$Iccasim = 5623.42 (1.25)$$

Iccasim = **7029.28 Amperes**

3.- Cálculo de las corrientes simétrica y asimétrica bajo las siguientes condiciones: Transformador con carga. Las impedancias que limitan las corrientes de falla son las del transformador y de las cargas.

Si tomamos en consideración 80% de la capacidad del transformador como carga

$$KVA = (KVA) (.80)$$

$$KVA = 60 KVA$$

a) Corriente de corto circuito simétrico, Iccsim

$$Z_m = (KVA) (Z_c) / KVAc$$

Donde

$$Z_m = (75) (10) / 46.11 = 16.11$$

$$Z_m = **16.26**$$

$$Z_r = (Z_t) (Z_m) / (Z_t + Z_m)$$

$$= (3.5 \times 16.26) / (3.5 + 16.26)$$

$$Z_r = **2.88**$$

$$Iccsim = 100 (I_{sec}) / Z_r$$

$$= 100 (7029.28) / 2.88$$

Iccsim = **6834.02 Amperes**

b) Corriente de cortocircuito asimétrica, Iccasim

$$Iccasim = Iccsim \times 1.25$$

$$= 6834.02 \times 1.25$$

Iccasim = **8542.53 Amperes**

Con este valor de corriente de cortocircuito podemos seleccionar la capacidad del interruptor general, el cual no debe de ser menor a la corriente de cortocircuito obtenido, comprobando que el interruptor seleccionado ITM Square D tipo KAL 3x225 Amperes a 600 Vca, 60 Hertz es de 225 KA de capacidad interruptiva de cortocircuito supera el valor máximo de corto circuito que pudiera presentarse.

Datos:

Transformador de 150 KVA (SE 2)

$$I_{sec} = (150 \times 1000) / 1.7320 \times 220$$

$$I_n = \underline{\underline{393.65 \text{ Amperes.}}}$$

2.- Calculando las corrientes de corto circuito simétrico y asimétrico con las siguientes condiciones: transformador sin carga. (No existe contribución de corriente al corto circuito). La única impedancia que limita la corriente de falla es la del transformador, sistema 3F-4H, con neutro corrido.

Capacidad = 150 KVA

$$Z_t = 4\%$$

c) Corriente de cortocircuito simétrica I_{ccsim}

$$I_{ccsim} = 100 (I_{sec}) / Z_t$$

$$I_{ccsim} = 100 (393.65) / 4$$

$$I_{ccsim} = \underline{\underline{9841.25 \text{ Amperes.}}}$$

d) Corriente de cortocircuito asimétrica I_{ccasim}

$$I_{ccasim} = I_{ccsim} (1.25)$$

$$I_{ccasim} = 9841.25 (1.25)$$

$$I_{ccasim} = \underline{\underline{12301.56 \text{ Amperes}}}$$

3.- Cálculo de las corrientes simétrica y asimétrica bajo las siguientes condiciones: Transformador con carga. Las impedancias que limitan las corrientes de falla son las del transformador y de las cargas.

Si tomamos en consideración 80% de la capacidad del transformador como carga

$$KVA = (KVA) (.80)$$

$$KVA = 120 \text{ KVA}$$

c) Corriente de corto circuito simétrico, I_{ccsim}

$$Z_m = (KVA) (Z_c) / KVA_c$$

Donde

$$Z_m = (150) (10) / 99.85 = 15.02$$

$$Z_m = \underline{\underline{15.02}}$$

$$Z_r = (Z_t) (Z_m) / (Z_t + Z_m)$$

$$= (4 \times 15.02) / (4 + 15.02)$$

$$Z_r = \underline{\underline{3.15}}$$

$$I_{ccsim} = 100 \text{ (Isec)} / Z_r$$

$$= 100 (393.95) / 3.15$$

$$I_{ccsim} = \underline{\underline{12,492.06 \text{ Amperes}}}$$

d) Corriente de cortocircuito asimétrica, I_{ccasim}

$$I_{ccasim} = I_{ccsim} \times 1.25$$

$$= 12,492.06 \times 1.25$$

$$I_{ccasim} = \underline{\underline{15,615.07 \text{ Amperes}}}$$

Con este valor de corriente de cortocircuito podemos seleccionar la capacidad del interruptor general, el cual no debe de ser menor a la corriente de cortocircuito obtenido, comprobando que el interruptor seleccionado ITM Arteche tipo 3x400 Amperes a 600 Vca, 60 Hertz es de 100 KA de capacidad interruptiva de cortocircuito supera al valor máximo de corto circuito que pudiera presentarse.

Protección en Baja Tensión

Cumpliendo con la sección 450-3 a) de la NOM-001-SEDE-2012, cada transformador de más de 600 Volts nominales deben de contar con dispositivos de protección para el secundario para su apertura a no más de los valores citados en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 450-3(a) Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600 volts (como porcentaje de la corriente nominal del transformador).

Limitaciones sobre el lugar	Impedancia nominal del transformador	Protección del secundario (ver la Nota 2)				
		Protección del primario, más de 600 volts		Protección del secundario		
		Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	Más de 600 volts	600 volts o menos	Valor nominal del interruptor automático o fusible
Cualquier lugar	No más del 6%	600% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
	Más del 6%, pero máximo el 10%	400% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	225% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
Lugares supervisados únicamente (ver Nota 3).	Cualquiera	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	No se exige	No se exige	No se exige
	No más del 6%	600%	300%	300% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)
	Más del 6% pero máximo el 10%	400%	300%	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)

NOTAS:

1. Cuando el valor nominal del fusible o el ajuste del interruptor automático exigido no correspondan a un valor nominal o ajuste estándares, se permitirá tomar el valor nominal o ajuste estándar inmediatamente superior.

Para transformadores con valores de impedancia de hasta el 6%, el ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible no deberá superar el 125% de la corriente nominal en el lado secundario.

Por lo tanto:

$$I_n = (KVA \times 1000) / (\sqrt{3} \times E)$$

Donde:

I_n = Corriente nominal del transformador en el lado secundario.

KVA = Potencia aparente del transformador expresada en KVA.

E = Voltaje nominal del transformador en el lado secundario.

$$I_n = (75 \times 1000) / (\sqrt{3} \times 220)$$

$$I_n = \underline{\mathbf{196.82 \text{ Amperes.}}}$$

$$I_n = (150 \times 1000) / (\sqrt{3} \times 220)$$

$$I_n = \underline{\mathbf{393.94 \text{ Amperes.}}}$$

Con esto comprobamos que se cumple lo establecido en la norma ya que nuestras protecciones a instalar superan la cantidad de corriente calculada.

Cálculo de Alimentadores Principales en B.T.

Estos cálculos nos ayudan a obtener el calibre de los alimentadores principales en baja tensión que parten del lado secundario de cada transformador, y alimentan a los tableros generales de distribución, los resultados se obtienen con los métodos descritos a continuación, eligiendo el conductor que obtenga el mayor valor, tomando como referencia el artículo 225 de la NOM-001-SEDE-2012.

a) Cálculo por corriente

$$I = W / (\sqrt{3} \times E \times \text{Cos } \Phi)$$

Donde:

I = Corriente nominal

W = Potencia en Watts

E = Voltaje nominal

Cos Φ = Factor de potencia (%)

$$I = 41,499 / (1.7320 \times 220 \times 0.90) = \mathbf{121 \text{ Amperes}}$$

Aplicando el factor de corrección basado en la temperatura ambiente de Chiapa de Corzo, tomando esta entre 31 a 35 °C, con el rango de temperatura del conductor a 75 °C. Tabla 310-15 (b) (2) (a) artículo 310, conductores para alambrado en general, NOM-001-SEDE-2012.

Tabla 310-15(b)(2)(a).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	-	0.58	0.71
61-65	-	0.47	0.65
66-70	-	0.33	0.58
91-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29

Tomando el factor de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable de la tabla 310-15(b) (3) (a), artículo 310, conductores para alambrado en general, NOM-001-SEDE-2012.

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

¹Es el número total de conductores en la canalización o cable ajustado de acuerdo con 310-15(b)(5) y (6).

$$I_c = I_n / (F_c \times F_a)$$

Donde:

I_c = Corriente corregida

I_n = Corriente nominal

F_c = Factor de corrección

F_a = Factor de ajuste

$$I_c = 125 / (0.94 \times 0.80) = \mathbf{166.22 \text{ Amperes}}$$

Corresponde a 4 conductores 2/0 con una ampacidad de 175 Amperes a 75°C de operación citando la tabla 310-1-5 (b) (16) NOM-001-SEDE-2012.

b) Cálculo por caída de tensión

Este cálculo relaciona la corriente nominal, la distancia del conductor hasta el medio de desconexión principal, el voltaje y la caída de tensión máxima permisible.

$$S = 2 \sqrt{3} L x I / E x e\%$$

Donde:

S = Sección transversal del conductor en mm²

L = Longitud del alimentador

I = Corriente nominal

E = Voltaje a neutro

e% = Caída de tensión permisible

$$S = 2 (1.7320) (15 \text{ m}) (121 \text{ A}) / (127 \text{ V}) (1 \%)$$

$$S = \underline{\underline{49.50 \text{ mm}^2}}$$

Corresponde a un conductor 1/0 AWG que a 75°C, soporta una corriente de 150 Amperes. Estos cálculos son los ideales respecto a los datos tomados en el levantamiento sin embargo se tiene en existencia 4 conductores calibre 3/0 AWG tipo THW.

c) Conductor de puesta a tierra

Seleccionando el tamaño del conductor de puesta a tierra de la tabla 250-66 NOM-001-SEDE-2012 para un área de la sección transversal del conductor más grande de acometida o su equivalente para conductores en paralelo, tenemos un área de 253 mm² corresponde a un conductor de cobre desnudo calibre 1/0 AWG.

4 conductores calibre 3/0 AWG y 1 de cobre desnudo

S.E. 2 150 KVA

a) Cálculo por corriente

$$I = 89,870 / (1.7320 x 220 x 0.90) = \underline{\underline{262.06 \text{ Amperes}}}$$

El conductor adecuado de cuerdo a la tabla mencionada anteriormente es 4 de 300 KCM, que a 75°C soporta una corriente de 285 Amperes.

b) Cálculo por caída de tensión

$$S = 2 (1.7320) (15 \text{ m}) (262.06 \text{ A}) / (127 \text{ V}) (1 \%)$$

$$S = \underline{\underline{141.96 \text{ mm}^2}}$$

Comprobando con este segundo cálculo que el conductor ideal es 4 de 300 KCM tipo THW.

c) Conductor de puesta a tierra

Seleccionando el tamaño del conductor de puesta a tierra de la tabla 250-66 NOM-001-SEDE-2012 para un área de la sección transversal del conductor más grande de acometida o su equivalente para conductores en paralelo, tenemos un área de 253 mm² corresponde a un conductor de cobre THW calibre 1/0 AWG.

4 conductores calibre 300 KCM y 1 de cobre desnudo

Red de Distribución en Baja Tensión

Para abordar este tema, utilizaremos como referencia las normas de la comisión federal de electricidad para sistemas eléctricos subterráneos en baja tensión, además de la NOM-001-SEDE-2012, a continuación se enumeran los estándares a utilizar en el diseño y desarrollo del proyecto para obtener un sistema óptimo.

- 1.- Se utilizará un sistema en configuración radial, este se define como el que cuenta con una trayectoria entre la fuente y la carga, proporcionando el servicio de energía eléctrica.
- 2.- La caída de tensión del transformador al registro más lejano no debe exceder del 3% en sistemas monofásicos y en trifásicos del 5%.
- 3.- Los registros de baja tensión se deben colocar, según lo permitan las acometidas, lo más retirado uno del otro.
- 4.- La configuración de los cables debe ser triplex para sistemas monofásicos y cuádruplex para sistemas trifásicos, con el neutro de sección reducida.
- 5.- El neutro debe ponerse a tierra mediante el conector múltiple en el registro final del circuito secundario y en el transformador mediante la conexión al sistema de tierras.
- 6.- Debe usarse una sección transversal de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- 7.- Por regla general los circuitos de baja tensión no excederán una longitud de 200 m, permitiéndose en casos excepcionales longitudes mayores, siempre y cuando se satisfagan los límites de caída de tensión y pérdidas, las cuales no deben exceder el 2%.
- 8.- Entre registros no deben usarse empalmes en el conductor.
- 9.- Los circuitos de baja tensión deben instalarse en ductos de PADC o PAD.
- 10.- Debe instalarse un circuito de baja tensión por ducto.
- 11.- Todos los sistemas de tierras deben tener una resistencia máxima equivalente a 10 Ω en época de estiaje (nivel bajo de humedad) y 5 Ω en época de lluvias, debiendo ser todas las conexiones de tipo exotérmica o comprimible.

Plano Eléctrico Red de Distribución en Baja Tensión ([IE-02](#))

3.3 Reingeniería del Proceso de Selección

Con la finalidad de optimizar recursos tanto en tiempo como en operación de máquinas y equipos posterior al levantamiento se trabajó en conjunto con los ingenieros de proceso de F.I.E.CH., para crear el mejor sistema de distribución para el proceso, utilizando el mayor número de recursos existentes en las líneas de producción individuales.

Diseño de Distribución en Planta

Para realizar las obras mecánicas y de control en la nave de procesos se analizó cada línea de producción antes existente, el problema consistía en la etapa de selección de granos ya que sólo una línea contaba con tres tipos de selección (descritos en el levantamiento).

Se tomaron decisiones para realizar un reacomodo de equipos existentes y llevar a cabo el diseño de equipos nuevos con el fin de cumplir la secuencia del proceso ahora usando dos líneas de producción en el mismo lugar, logrando que este sea más económico, eficiente también seguro y satisfactorio para el personal que realiza las labores en la nave.

Se trasladaron equipos de la línea dos al área de la línea uno para llevar a cabo el nuevo proceso de acuerdo al diseño previo. A continuación se describe el diseño de distribución en planta aplicado al proceso de selección de café pergamino – oro de F.I.E.CH.

Equipos de Proceso

1. Tolva de recepción
2. Elevador 1
3. Tolva de pergamino
4. Morteadora
5. Elevador 2
6. Tolva de café trillado
7. Elevador 3
8. Elevador 9
9. Clasificadora 1
10. Elevador 4
11. Catadora 1
12. Elevador 5
13. Densimétrica Oliver 1
14. Elevador 7
15. Densimétrica Oliver 2
16. Elevador 6
17. Tolva de almacenamiento
18. Elevador 8
19. Clasificadora 2
20. Elevador 10

21. Densimétrica Oliver 3
22. Elevador 11
23. Tolva de almacenamiento
24. Elevador 12
25. Electrónica 2
26. Electrónica 1
27. Banda de salida “café oro”
28. Elevador 13
29. Tolva de producto terminado.

El proceso comienza con la tolva de recepción donde el café es almacenado y el grano se filtra al elevador 1, siguiendo la secuencia pasando por un ciclón de limpieza y posterior a este a la tolva de pergamino y después de esta a la morteadora y posteriormente al elevador 2.

Del elevador 2 el grano se transfiere a la tolva de café trillado para repartir los granos hacia los elevadores 3 y 9 comenzando aquí dos líneas de producción dependiendo de las cantidades el operario tiene la opción de elegir si usar las dos líneas o solo una.

Línea 1

En cuanto el grano está trillado esta parte del elevador 3 hacia la clasificadora 1, después de la etapa de clasificación y limpieza toma el elevador 4 hacia la catadora 1 y posterior a esta va a la densimétrica Oliver 1 o 2 dependiendo de las características del grano, los que cumplen con los requisitos necesarios para pasar a una última etapa de clasificación pasan de la densimétrica Oliver 1 hacia la selección por medio de electrónica 1, los demás granos se van por el elevador 6 a la tolva de almacenamiento.

Línea 2

Esta también maneja los granos recién trillados que pasan hacia la clasificadora 2 esta cuenta con un ciclón de limpieza, el grano que pasa esta etapa de selección, avanza a la siguiente que es la densimétrica Oliver 3 a través del elevador 10 y con el elevador 11 avanzan los granos que han superado ya dos tipos de selección a la última etapa que es por medio de la electrónica 2.

Banda de salida de Café Oro

En esta etapa del proceso el producto sale de las seleccionadoras electrónicas y está prácticamente listo pasando por último por el elevador 13 y la tolva de producto terminado para el empaque y almacenamiento.

Diagrama de Flujo del Proceso de Selección Café Pergamino – Oro ([DFP-01](#))

Diseño de CCM

Para el diseño del CCM se tomó en cuenta la información descrita en el marco teórico. Comenzando con la elaboración de una tabla con todos los motores a controlar incluyendo todos los datos de placa, cabe mencionar que la frecuencia es de 60 Hertz para todos los motores y son de tipo estándar con una elevación de temperatura no mayor a 40 °C.

Circuito	No.	Equipo	HP	KW	V	In (Amp)
<i>Elevador 1</i>	001	M1	0.75	0.560	220	3.20
<i>Ciclón</i>	002	M2	1	0.746	220	4.20
<i>Prelimpia</i>	003	M3	0.75	0.560	220	3.20
<i>Morteadora</i>	004	M4	40	29,840	220	104
<i>Elevador 2</i>	005	M5	0.75	0.560	220	3.20
<i>Clasificadora 1</i>	006	M6	5	3,730	220	15.20
<i>Elevador 3</i>	007	M19	0.75	0.560	220	3.20
<i>Elevador 4</i>	008	M8	0.75	0.560	220	3.20
<i>Catadora</i>	009	M9	1	0.746	220	4.20
<i>Elevador 5</i>	010	M7	1	0.746	220	4.20
<i>Elevador 6</i>	011	M10	0.75	0.560	220	3.20
<i>Elevador 7</i>	012	M31	1	0.746	220	4.20
<i>Oliver Turbina</i>	013	M14	10	7,640	220	28
<i>Oliver 1</i>	014	M13	0.75	0.560	220	3.20
<i>Oliver 2</i>	015	M15	10	7,640	220	28
<i>Elevador 8</i>	016	M11	0.75	0.560	220	3.20
<i>Electrónica 1</i>	017	M17	0.50	0.373	220	2.20
<i>Banda de Producto</i>	018	M18	1	0.746	220	4.20
<i>Elevador 9</i>	019	M32	1	0.746	220	4.20
<i>Compresor</i>	020	M20	10	7,640	220	28
<i>Clasificadora 2</i>	021	M21	3	2,238	220	9.60
<i>Elevador 10</i>	022	M12	0.50	0.373	220	2.20
<i>Densimétrica</i>	023	M16	5	3,773	220	15.20
<i>Elevador 11</i>	024	M24	1	0.746	220	4.20
<i>Elevador 12</i>	025	M22	0.50	0.373	220	2.20
<i>Elevador 13</i>	026	M25	0.75	0.560	220	3.20
<i>Electrónica 2</i>	027	M26	0.50	0.373	220	2.20
		CCM-01	77	57.442		223
		CCM-02	21.75	16.225.		72
		Total	98.75	73.6675		295

De acuerdo al número de equipos y la distribución en planta se tienen 2 procesos para controlar dividiendo el diseño en dos CCM, pero en el mismo gabinete, la mayoría de los motores funciona con arranque a tensión plena únicamente el M4 será a tensión reducida, así es como quedarán los arrancadores dentro del equipo construido por WEG.

Para realizar el cálculo de protecciones y alimentadores se tomó como referencia el artículo 430 cálculo de motores sección A, B, G y H de la NOM-001-SEDE-2012, a continuación se proporcionan de manera general el tipo de cálculo desarrollado tomando como referencia los valores de corriente y en caballos de fuerza con el objetivo de no repetir el cálculo con los mismos datos.

Los conductores que alimenten un solo motor usado en una aplicación de servicio continuo, deben tener ampacidad no menor al 125% del valor nominal de corriente de plena carga del motor, como se determina en 430-6 (a) (1).

Por lo tanto calcularemos los conductores de la siguiente manera:

Potencia (HP)	In	Voltaje	Frecuencia (Hz)
0.50	2.20	220	60
0.75	3.20	220	60
1	4.20	220	60
3	9.6	220	60
5	15.20	220	60
10	28	220	60
40	104	220	60

Al multiplicar la corriente nominal de cada motor por el 125% obtenemos los siguientes valores

Potencia (HP)	In al 125%	Voltaje	Frecuencia (Hz)
0.50	2.75	220	60
0.75	4	220	60
1	5.25	220	60
3	12	220	60
5	19	220	60
10	35	220	60
40	130	220	60

Utilizando los datos actuales de corriente podemos seleccionar el calibre del conductor.

Para protección contra sobrecarga la norma nos dice:

Controlador del motor como protección contra sobrecarga.

También se permitirá usar un controlador de motores como protección contra sobrecarga si el número de unidades de sobrecarga cumple con lo establecido en la Tabla 430-37 y si esas unidades operan tanto durante el arranque como durante el funcionamiento del motor, en el caso de un motor de corriente continua, y durante el funcionamiento del motor en este caso un motor de corriente alterna.

Tabla 430-37 Dispositivos de sobrecarga para protección del motor

Tipo de motor	Sistema de alimentación	Número y ubicación de los dispositivos de protección contra sobrecarga tales como bobinas de disparo o relevadores
Monofásico de corriente alterna o corriente continua	De dos hilos, una fase de corriente alterna o corriente continua ninguno puesto a tierra.	1 en cualquier conductor.
Monofásico de corriente alterna o corriente continua	De dos hilos, una fase de corriente alterna o corriente continua, un conductor puesto a tierra.	1 en el conductor de fase.
Monofásico de corriente alterna o corriente continua	3 hilos, una fase de corriente alterna o corriente continua, con conductor del neutro puesto a tierra.	1 en cualquier conductor de fase.
Monofásico de corriente alterna	Cualquiera de las tres fases	1 en el conductor de fase.
Dos fases de corriente alterna	3 hilos, dos fases ninguno puesto a tierra.	2, uno en cada fase.
Dos fases de corriente alterna	3 hilos, dos fases de corriente alterna, con un conductor puesto a tierra.	2 en los conductores de fase.
Dos fases de corriente alterna	4 hilos, dos fases de corriente alterna, puesto a tierra o no puesto a tierra	2, 1 por cada fase en los conductores de fase.
Dos fases de corriente alterna	Neutro puesto a tierra o 5 hilos, dos fases de corriente alterna, no puesto a tierra.	2, 1 por fase en cualquier hilo de fase no puesto a tierra.
Trifásico de corriente alterna	Cualquiera de las tres fases	3, 1 en cada fase *

***Excepción:** No se requerirá una unidad de protección contra sobrecarga en cada fase cuando se proporcione protección contra sobrecarga por otros medios aprobados.

Los resultados del diseño se muestran en el plano IE-03.

Los CCMs en baja tensión de WEG son diseñados para atender a los más diversos segmentos del mercado. Proyectado con un alto nivel de estandarización, los productos permiten facilidades de montaje, instalación, mantenimiento, futuras ampliaciones e intercambio entre unidades del mismo modelo de CCM.

Los CCMs BT son certificados de acuerdo con la norma NBR IEC 60439-1-TTA/PTTA y coordinación tipo 1 y 2, según IEC 60947, garantizando así alta confiabilidad de operación y mantenimiento.

Ventajas de la utilización del CCM Convencional

- Confiabilidad para la continuidad del proceso.
- Seguridad del operador en la operación, supervisión y mantenimiento.
- Instalación en sitios centralizados para facilidad de operación y mantenimiento.
- Versatilidad para comando y protección de gran número de motores.
- Elevada compactación, posibilitando lo máximo aprovechamiento de espacio.
- Mantenimiento fácil y rápido, principalmente por la extracción de las gavetas y su intercambiabilidad.
- Modularidad del sistema, permitiendo fácil ampliación.
- Elevada seguridad, pues permite la ejecución de mantenimiento y otros servicios en determinado equipo sin desenergizar los otros.

Centro de Control de Motores y Distribución de Alimentadores ([IE-03](#))

Banco de Capacitores

El factor de potencia es un indicador sobre el correcto aprovechamiento de la energía, de forma general es la cantidad de energía que se ha convertido en trabajo, el valor óptimo para C.F.E. es a partir de .90 a 1 que es lo ideal, tener un valor de .9 a 1 indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo.

Por el contrario un factor de potencia menos a la unidad significa mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil, por ende un factor de potencia debajo del 90% significa energía desperdiciada por la empresa y como consecuencia un incremento innecesario en la facturación de energía por este concepto.

Actualmente en F.I.E.CH., se tiene un factor de potencia en promedio de .62 %, el cual está por debajo del nivel óptimo y esto implica una penalización por parte de la C.F.E.

Orígenes del Bajo Factor de Potencia

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

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

Problemas Técnicos

Además del incremento en el importe de la facturación, un bajo factor de potencia también deriva en los siguientes problemas:

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento en las pérdidas de los conductores.
- Desgaste prematuro de los conductores.
- Sobrecarga de transformadores y líneas de distribución.
- Incremento en caídas de voltaje.

Compensación

Se propone la compensación de reactivos mediante un banco de capacitores con el tipo de configuración central, cargas distintas que operan a diferentes periodos pueden ser compensadas, conectado usualmente a la entrada de la instalación.

Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	F.P.	F.C.	Precio medio
NOV 13	68	7,700	41.95	15	4.8210
DIC 13	19	3,500	23.16	25	5.1013
ENE 14	62	2,940	20.17	7	0.4488
FEB 14	86	9,240	41.19	15	5.1183
MAR 14	91	10,360	44.01	15	4.8650
ABR 14	92	14,420	53.89	23	3.3958
MAY 14	94	13,720	52.95	20	3.5801
JUN 14	85	7,420	49.11	12	4.9825
JUL 14	82	14,280	60.28	25	2.9936
AGO 14	75	10,920	52.94	20	3.5886
SEP 14	80	9,800	47.69	16	4.3660
OCT 14	80	9,940	49.99	17	4.0161
NOV 14	75	6,300	34.11	12	6.5773

Conceptos	Importe \$
Energía	8,665.45
Demanda Máxima	12,230.54
Cargo Factor de Potencia	20,540.75
Subtotal	41,436.74
IVA 16%	6,629.87
Facturación del Periodo	48,066.61
Adeudo Anterior	46,308.06
Su Pago	-46,308.00
Total	\$48,066.67

En esta imagen del recibo más reciente de F.I.E.CH., podemos observar que la demanda es variable, dependiendo de los meses de trabajo, también que el factor de potencia está demasiado bajo, es por eso que a continuación se presentan los cálculos para el banco de capacitores de acuerdo con el artículo 460 Capacitores, de la NOM-001-SEDE-2012.

Cálculo de Banco de Capacitores

Potencia activa promedio = 76.7 KW

F.P. actual = 62.8%

F.P. deseado = 95%

Frecuencia = 60 Hertz

Vrms = 220 V

$$F.P = \text{Cos} (\Phi_F)$$

$$\Phi_F = \Phi \text{ actual} - \Phi \text{ deseado}$$

$$\Phi \text{ actual} = \text{Cos}^{-1} (.62) = 51.6838^\circ$$

$$\Phi \text{ deseado} = \text{Cos}^{-1} (.95) = 18.1948^\circ$$

$$S_1 = P / \text{Cos} \Phi \text{ actual}$$

$$S_1 = 76.7 \text{ KW} / \text{Cos} 51.6838^\circ$$

$$= 123,709.4984 \text{ VA} \mid 123.7094 \text{ KVA}$$

$$Q_1 = (123,709.4984) (\text{Sen } 51.6838^\circ)$$

$$= 97,062.6086 \text{ VAR} \mid 97.0626 \text{ KVAR}$$

$$S_2 = P / \text{Cos} \Phi \text{ deseado}$$

$$S_2 = 76.7 / \text{Cos} 18.1948^\circ$$

$$= 80,736.8086 \text{ VA} \mid 80.7368 \text{ KVA}$$

$$Q_2 = (80,736.8086) (\text{Sen } 18.1948^\circ)$$

$$= 25,209.9635 \text{ VAR} \mid 25.2099 \text{ KVAR}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$= 97,062.6086 - 25,209.9635$$

$$= 71,852.64 \text{ VAR} \mid \underline{71.85 \text{ KVAR}}$$

Existe otro método para realizar el cálculo de una manera más rápida el cual consiste en utilizar la siguiente tabla, y elegir el factor multiplicador del F.P. actual al deseado y multiplicarlo por la potencia activa.

Factor de potencia actual	Factor de potencia deseado						
	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.98	1.00
0.70	0.54	0.59	0.66	0.69	0.73	0.82	1.02
0.75	0.40	0.46	0.52	0.55	0.59	0.68	0.88
0.80	0.27	0.32	0.39	0.42	0.46	0.55	0.75
0.85	0.14	0.19	0.26	0.29	0.33	0.42	0.62
0.86	0.11	0.17	0.23	0.26	0.30	0.39	0.59
0.87	0.08	0.14	0.20	0.24	0.28	0.36	0.57
0.88	0.06	0.11	0.18	0.21	0.25	0.34	0.54
0.89	0.03	0.09	0.15	0.18	0.22	0.31	0.51
0.90	0.00	0.06	0.12	0.16	0.19	0.28	0.48
0.92		0.00	0.06	0.10	0.13	0.22	0.43
0.94			0.00	0.03	0.07	0.16	0.36
0.96					0.00	0.09	0.29
0.98						0.00	0.20
1.00							0.00

En este caso elegimos 0.70 y 0.95 el factor es 0.69 multiplicado por los 76.7 KW el resultado del banco de capacitores a utilizar es: 52.923 KVAR, este método es óptimo únicamente en estudios de calidad de energía que tienen un F.P atrasado a partir de .70%.

Se eligió un banco de capacitores con capacidad de 110 KVAR debido a la variación existente en la demanda de energía, además de la integración de nuevos equipos a futuro, a continuación se proporcionan las características del capacitor a instalar.

Banco automático de capacitores de 110 KVAR a 240 Volts, compuesto por 11 pasos de 10 KVAR cada uno, con ITM alojado en gabinete NEMA 1 para uso interior. Marca Inelap-Arteche, peso aproximado de 165 kg, dimensiones 600x1600x800 mm, frente alto y fondo.

Ventajas del banco de capacitores INELAP

- Fabricados bajo el estándar de calidad ISO 9000 2000 certificado por UL.
- Aprobados por LAPEM (CFE).
- Son ensamblados con celdas de capacitores cuya temperatura de diseño es de 80 grados centígrados, siendo su temperatura normal de operación entre 40 y 45 grados centígrados, lo que se traduce en un mayor tiempo de vida.
- Con base en la característica anterior, son los que tienen el plazo de garantía más amplio del mercado, siete años, otorgada por el fabricante.
- Son reparables 100% en campo, aun considerando las celdas en forma individual.
- El gabinete cuenta con ventilación natural o forzada de acuerdo a su capacidad.

Beneficios

- Disminución de pérdidas en los conductores.
- Reducción de pérdidas en caídas de voltaje.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores y líneas.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones eléctricas.
- Reducción del costo de facturación de energía eléctrica.

Importante:

El costo del banco de capacitores puede tener un retorno de inversión muy corto, debido al ahorro que se obtiene, al evitar los cargos por bajo factor de potencia en su recibo de energía eléctrica. Es recomendable realizar un estudio completo de calidad de la energía, con el fin de identificar las armónicas del sistema eléctrico y poder definir el equipo de acuerdo a sus necesidades.

3.4 Presupuesto

Presupuesto General de Obras FIECH ([PGO FIECH](#))

3.5 Propuestas y Visión a Futuro

Se realizaron las siguientes propuestas con el objetivo de crear un vínculo entre alumnos residentes a futuro y la industria F.I.E.CH., también con la empresa Mundo Industrial Constructor S.A. de C.V., para conocer lo que ambas ofrecen a futuro e implementar tecnologías nuevas y eficientes siendo esto parte de nuestra formación como ingenieros.

Sistema de Iluminación Interior y Exterior

El sistema de iluminación propuesto se diseñó bajo los estándares de la norma NOM-025-STPS-2008 (Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo), la cual establece los requerimientos de iluminación en áreas de centros de trabajo, para que estos cuenten con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las labores por parte de los empleados.

A continuación se describen las especificaciones del proyecto interior y exterior, de acuerdo al levantamiento el área con mayor importancia por iluminar es la nave de procesos de selección ya que el personal opera maquinaria y equipo peligrosos si no se manejan medidas de seguridad y no se cuenta con buena iluminación.

En las instalaciones exteriores también es recomendable contar con buena iluminación, en esta industria se tiene acceso de vehículos la mayor parte del tiempo por cuestiones de entregas de materia prima y exportación de productos.

Los niveles adecuados proporcionados bajo estudios por la norma NOM-025-STPS-2008, son los siguientes:

Niveles de Iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200

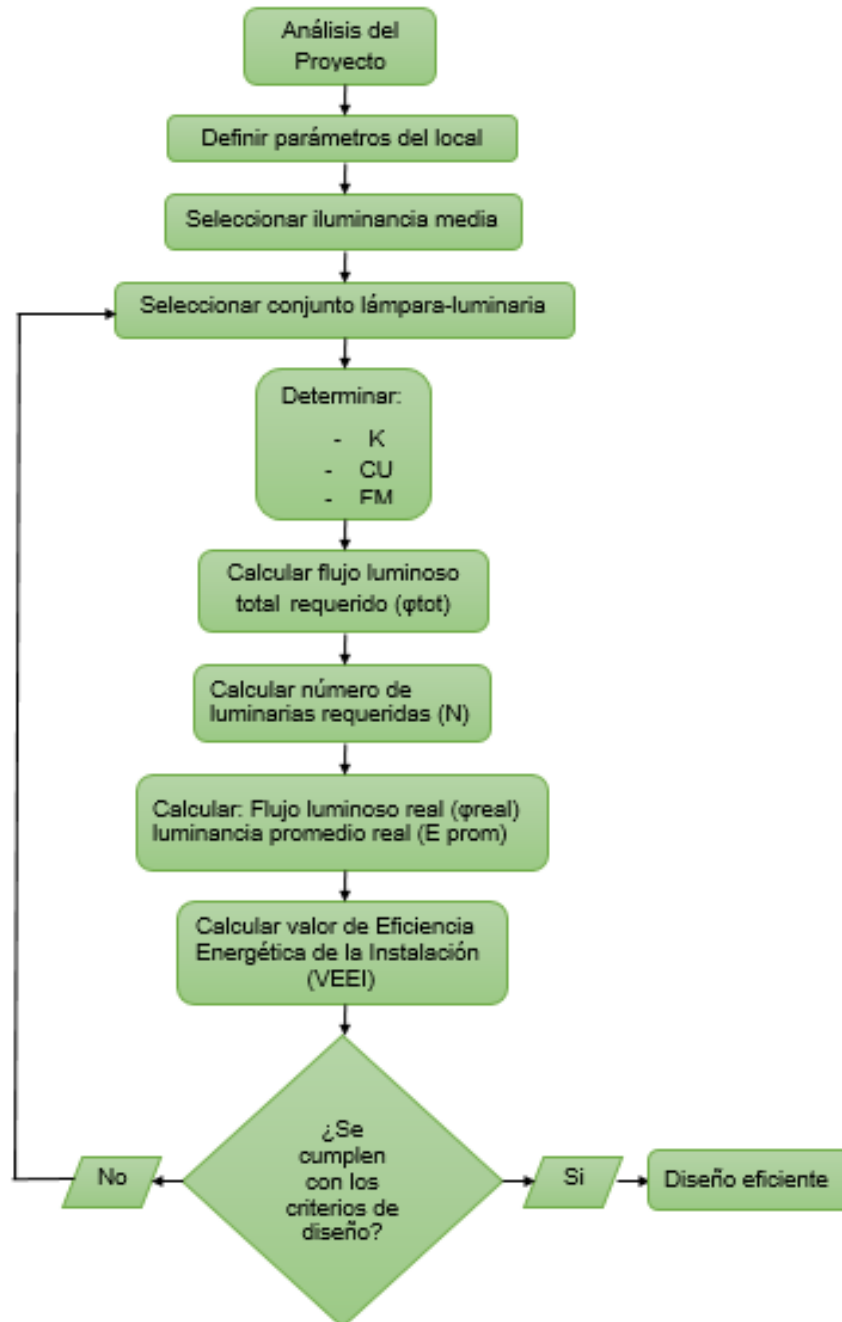
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2,000

Luxes Promedio a Utilizar

Espacio	Especificaciones de Trabajo	Nivel Óptimo de Iluminación (luxes)
Nave de Procesos	Talleres: áreas de empaque y ensamble	300
Exterior	Patios y estacionamientos	20

Diseño del Sistema de Iluminación Interior y Exterior

El método elegido para realizar los cálculos de iluminación interior es el de las cavidades zonales, utilice el siguiente algoritmo de guía



Método de las Cavidades Zonales

Área:

Nave de procesos

Datos:

Altura del local: 9 m

Longitud: 28 m

Ancho: 23 m

Altura del plano de trabajo: 0.85

Em (Nivel medio de iluminación): 300 lx

Hu (Altura Útil)

Hu = Altura del local – Plano de trabajo

Hu: $9 - 0.85 = 8.15$ m

Índice del local

$K = (A \cdot L) / (Hu \cdot (A + L)) = (23 \cdot 28) / (8.15 \cdot (23 + 28))$

K = 1.54 (Ver tabla 3.1)

K = 1.50

Coefficiente de degradación

CD: 0.80

Coefficiente de iluminación

CU: 0.81 (Ver tabla 3.2)

Cálculo del flujo total

La superficie del local que deseamos iluminar tiene un valor de:

$S = L \cdot A = 28 \cdot 23$

S = 644

$\Phi_{Total} = (Em \cdot S) / (CU \cdot CD)$

$\Phi_{Total}: (300 \cdot 644) / (0.81 \cdot 0.80)$

$\Phi_{Total} = 298,148.1481$

Cálculo del número de luminarias

$N_{min} = \Phi_{Total} / \phi_{Lum}$

$N_{min} = 298,148.1481 / 6200$

$N_{min} = \underline{\underline{48.0884}}$ Luminarias

A continuación se anexan las tablas mencionadas con anterioridad para obtener los valores de los coeficientes descritos.

Valor de K	Índice del local (punto central)
Menor a 0,70	0,60
0,70 a 0,90	0,80
0,90 a 1,12	1
1,12 a 1,38	1,25
1,38 a 1,75	1,50
1,75 a 2,25	2
2,25 a 2,75	2,5
2,75 a 3,50	3
3,50 a 4,50	4
Mayores a 4,50	5

Tabla 3.1 Índice del local de acuerdo al valor de K.

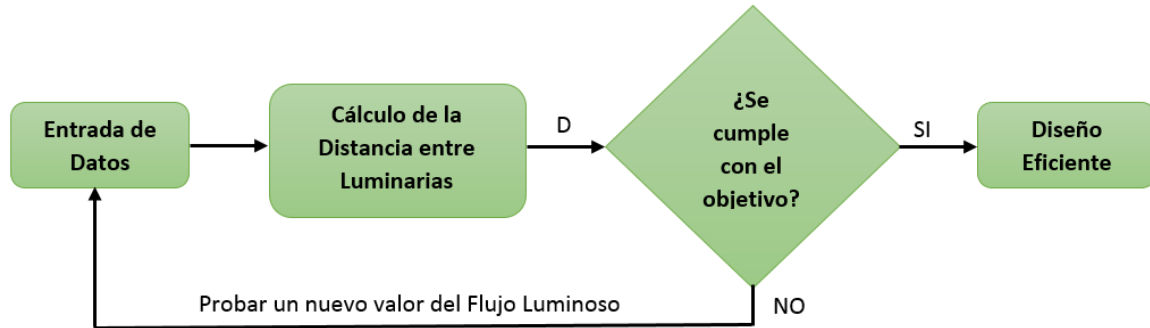
Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.46	0.44	0.46	0.45	0.44	0.36	0.36	0.31	0.35	0.30	0.28
0.80	0.57	0.54	0.56	0.54	0.53	0.45	0.44	0.39	0.44	0.39	0.37
1.00	0.66	0.61	0.64	0.62	0.60	0.53	0.52	0.46	0.51	0.46	0.44
1.25	0.74	0.68	0.73	0.70	0.67	0.60	0.59	0.54	0.58	0.53	0.51
1.50	0.81	0.73	0.79	0.75	0.72	0.65	0.64	0.59	0.63	0.59	0.56
2.00	0.91	0.81	0.88	0.84	0.80	0.74	0.73	0.68	0.71	0.68	0.65
2.50	0.97	0.86	0.95	0.90	0.85	0.80	0.78	0.74	0.77	0.73	0.71
3.00	1.02	0.90	0.99	0.94	0.88	0.84	0.82	0.79	0.81	0.78	0.75
4.00	1.09	0.94	1.05	0.99	0.93	0.89	0.87	0.84	0.86	0.83	0.80
5.00	1.13	0.97	1.09	1.02	0.95	0.92	0.90	0.88	0.89	0.87	0.84

Tabla 3.2 Reflectancias para el techo, paredes y plano de trabajo para obtener el coeficiente de iluminación.

El resultado para iluminación interior es de 49 luminarias LED de tipo colgante con una potencia de 71 Watts dimeable de 0 a 10 Volts o de control DALI (Digital addressable lighting interface) es un interfaz de comunicación digital y direccionable para sistemas de iluminación, con un flujo luminoso de 6200 lúmenes. Los detalles son mostrados en los anexos.

Iluminación Exterior

El método de cálculo por cavidades zonales no es aplicable para iluminación exterior, por lo que se usará el método del factor de utilización, el objetivo de este es calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias garantizando un nivel de iluminación medio determinado. Mediante un proceso iterativo, sencillo y práctico, que se describe en el siguiente diagrama de bloques:



Método del Factor de Utilización

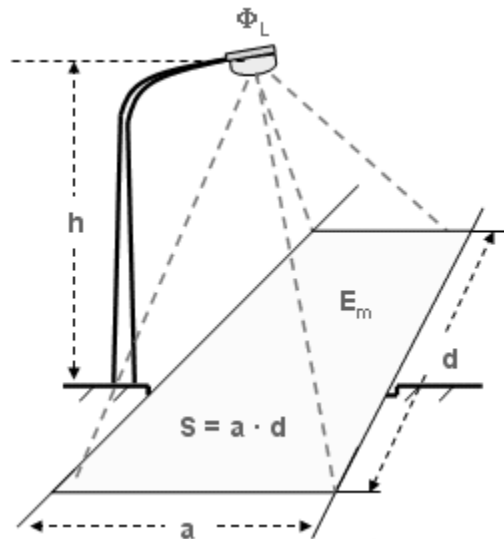
Se conoce:

El ancho del área que se requiere iluminar (a) = 16 m en el lateral izquierdo de las bodegas generales

Altura de los puntos de luz (h) = 8.5 m

Flujo luminoso de la lámpara (ϕ inicial) = 4450 lm

Disposición de los puntos de luz = Unilateral



$$\Phi_L = E_m S / n F_m C_d$$

Donde:

E_m = Iluminancia media

S = Superficie a iluminar = $(a \cdot d)$

n = Factor de utilización

F_m = Factor de mantenimiento

C_d = Coeficiente de depreciación de las lámparas

De esta fórmula obtenemos la siguiente que es la de distancia entre luminarias, como propuesta el orden fue el siguiente:

Área	No. de luminarias	Potencia (Watts)
Bodegas generales lateral izquierdo	4	49
Almacén de producto terminado lateral derecho	2	49
Nave de procesos lateral derecho	2	49
Nave de procesos frente	2	49
Nuevo proceso de tostado y molido biomaya lateral izquierdo	2	49
Nuevo proceso de tostado y molido biomaya frente	2	49
Oficinas generales	1	49
Caseta de bascula	1	90
Oficinas y sala de juntas	3	90
Patio de secado 1	1	200
Patio de secado 2	1	200
Total	21	1315

Nota: para bodegas y almacenes la altura de los puntos de iluminación son de 8.5 m, en oficinas y sala de juntas es de 5.5 m, en la caseta de la báscula de 3.4 m y en los patios de secado de 6 m.

$$d = \Phi L n F_m C_d / E_m a$$

$d = (4450 \cdot .83 \cdot .80 \cdot .80 / 10 \cdot 16) = \underline{14.774 \text{ m}}$ entre luminarias para cumplir con una iluminación media de 5 a 15 luxes.

Los diversos tipos de luminarias se muestran en el anexo del reporte junto con sus características.

Planta de Emergencia

Los sistemas de emergencia tienen la función de suministrar energía, cuando falla el sistema principal de alimentación de energía eléctrica, en la industria es importante que el servicio no sea interrumpido, es por eso que las plantas de emergencia tienen un papel muy importante en diversos sectores como: hospitales, hoteles, teatros, cines e industrias de procesos continuos.

Debido a que la función principal de estas plantas es el suministro de energía a las cargas consideradas como estrictamente de emergencia, y por lapsos de tiempo medianos y cortos, su capacidad se obtiene entre 30 y 1000 KW y por lo general son accionadas por motores de combustión interna a diésel, gasolina o gas.

Las plantas de emergencia, están constituidas principalmente por un grupo motor – generador, el motor normalmente es de combustión interna, sus características son las siguientes:

- Potencia (HP)
- La velocidad, depende del número de polos del generador y esta da la frecuencia, puede ser de 1200 a 1800 RPM, para 60 Hertz.
- El cilindraje, se refiere al volumen que admite cada cilindro cuando succiona aire, multiplicado por el número de cilindros de la máquina.
- El diámetro de los cilindros y su desplazamiento (Carrera).
- Condiciones ambientales: presión atmosférica, temperatura y humedad.

Por lo general las plantas de emergencia, tienen una capacidad de uso hasta de 8 horas con carga continua, a continuación se procede al cálculo respecto a la carga de la nave de procesos que en este caso podría ser tomada como emergencia para F.I.E.CH.

Circuito	KW	V	FP
Existente	17.5	127/220	0.90
CCM-01	65.28	220	0.90
CCM-02	7.09	220	0.90
Total	89.87		0.90

Nota: el circuito existente corresponde al tablero de iluminación y contactos.

Las cargas de operación en energía de “emergencia”, son: 89.87 KW por efectos de cálculo tomaremos 90 KW, más un 20% como factor de crecimiento a futuro 18 KW.

Por lo tanto la carga a operar es: 108 KW, la planta de emergencia que se propone es de: 125 KW con las características de la tabla de capacidad de generadores para plantas de emergencia (60 Hertz).

POTENCIA kW	CORRIENTE MAXIMA EN AMPERES A $\cos \phi = 0.8$	
	240 V	480 V
30	90	45
50	150	75
75	226	113
100	300	150
125	376	188

4.- Resultados y Conclusiones

Red Eléctrica de Media Tensión



Fig. 4.1 Circuito GIA 4020 y punto de conexión a F.I.E.CH.



Fig. 4.2 Poste 1 tipo de estructura tipo VD3N, a 40 m del punto de conexión (vista del predio hacia afuera).



Fig. 4.3 Poste 2, estructura tipo VS3N, a 50m del poste 1.



Fig. 4.4 Poste 3, estructura tipo VS3N con equipos de medición tp's y tc's a 55m del poste



Fig. 4.5 Poste 3, nueva ubicación de los equipos de medición.



Fig. 4.6 Murete de medición terminado con medidor en función.



Fig. 4.7 Poste 4, estructura RD3N, con transformador trifásico de 75 KVA (subestación eléctrica tipo poste 1) a 80m del poste 3.



Fig. 4.8 S.E.1., equipos de protección y transformador 75 KVA.



Fig. 4.9 Subestación eléctrica 1 vista desde la S.E.2.



Fig. 4.10 S.E.2 en poste 5, tipo de estructura RDN3, equipos de protección y transformador de 150 KVA a 40 m del poste 4.

Red de Distribución en Baja Tensión



Fig. 4.11 Excavación para puesta de registros y tuberías del RBTB-1 01 al RBTB-1 02.



Fig. 4.12 Zanja del RBTB-1 01, para compactado y nivelado de suelo e instalación del 02.



Fig. 4.13 Colocación del RBTB-1 02, angulación para puesta de tubería.



Fig. 4.14 Colocación de tubo PAD corrugado de 103 mm y PAD liso de 32mm, 20.5 m de distancia entre registros.



Fig. 4.15 Registro baja tensión tipo banqueta (RBTB-1) 02.



Fig. 4.16 Señalización con banda de “peligro”, después de puesta de tubos y compactado de suelo RBTB-1 01 a RBTB-1 02.



Fig. 4.17 Excavación del RBTB-1 02 para el RBTB-1.



Fig. 4.18 Inserción de tubería del RBTB-1 02 para el RBTB-1 03.



Fig. 4.19 Inserción de tubería en zanja del RBTB-1 02 para el RBTB-1 03.



Fig. 4.20 Señalización con banda de “peligro”, después de puesta de tubos y compactado de suelo RBTB-1 02 a RBTB-1 03.



Fig. 4.21 RBTB-1 04 (11.5 m) con tubo PADC al lado registro para Telmex.



Fig. 4.22 Excavación para intersección de tuberías RBTB-1 03 (Intersectan el RBTB-1 02 y RBTB-1 04).



Fig. 4.23 Compactado, nivelado de suelo y puesta de tubería en RBTB-1 03



Fig. 4.24 Relleno de zanjas, compactado y nivelado de suelo.



Fig. 4.25 Señalizaciones de acuerdo a la norma de diseño y construcción de redes subterráneas de CFE del RBTB-1 04 al RBTB-1 03, 11.5 m.



Fig. 4.26 Señalización con banda “peligro”, después de puesta de tubos y compactado de suelo tramo RBTB-1 03 a RBTB-1 04.



Fig. 4.27 Trazado para excavación de zanja y puesta de RBTB-1 05, 25m.



Fig. 4.28 Excavación para puesta de RBTB-1 05 derivado del RBTB-1 04.



Fig. 4.29 Nivelado y compactado de suelo para puesta de RBTB-1 05.



Fig. 4.30 Murete de interruptores 02.



Fig. 4.31 Interruptores termomagnéticos de sala de juntas y principal.

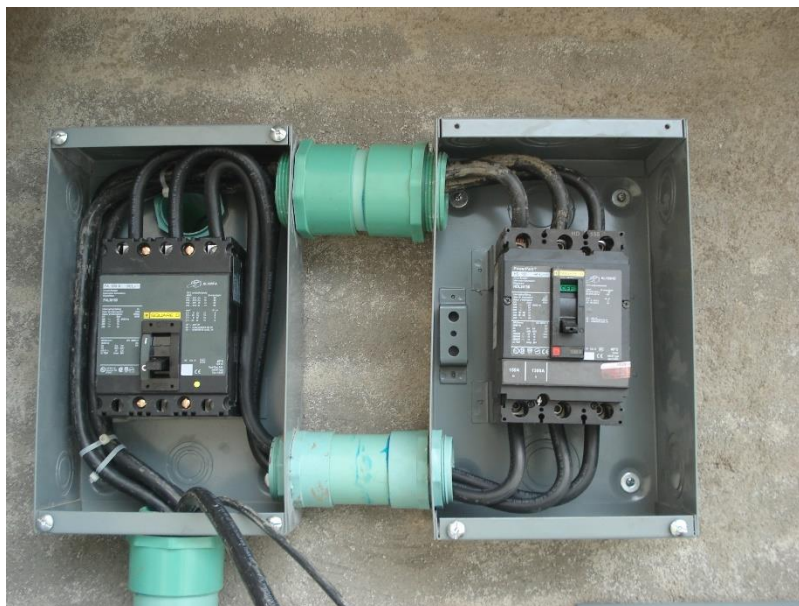


Fig. 4.32 Interruptor tipo FA 100 A (sala de juntas) y tipo HD 150 SQUARE D.

Proceso de Selección



Fig. 4.33 Maniobras para montar los equipos de acuerdo al diagrama de flujo de las dos líneas de producción.



Fig. 4.34 Reacomodo de elevadores y tubería de acuerdo al nuevo diseño.



Fig. 4.35 Elevador próximo a montar de acuerdo al nuevo diseño.



Fig. 4.36 Vista aérea del reacomodo de equipos en la nave de procesos.



Fig. 4.37 Tolva construida e implementada por MICSA capacidad 3 toneladas



Fig. 4.38 Válvula de dos vías ajustable mediante compuertas.



Fig. 4.39 Válvula de dos vías salida hacia el elevador numero 10.



Fig. 4.40 Equipos Xeltron para selección de granos de café por color mediante “electrónicas”

Instalación de CCM y Banco de Capacitores



Fig. 4.41 Entrega del CCM Weg y banco de capacitores Arteche.



Fig. 4.42 Desenrollando el conductor del circuito alimentador del CCM y banco de capacitores.



Fig. 4.43 Inserción de conductores en mufa y posteriormente acomodo en charolas de 9 pulgadas.



Fig. 4.44 Puesta de tuberías y conductores para alimentación de motores y equipos.



Fig. 4.45 Conexiones en barras hacia tableros del CCM.



Fig. 4.46 Conexiones de control: protecciones, arrancadores, pulsadores y paros de emergencia.



Fig. 4.47 Charolas que provienen de la mufa con alimentadores para CCM y banco de capacitores.

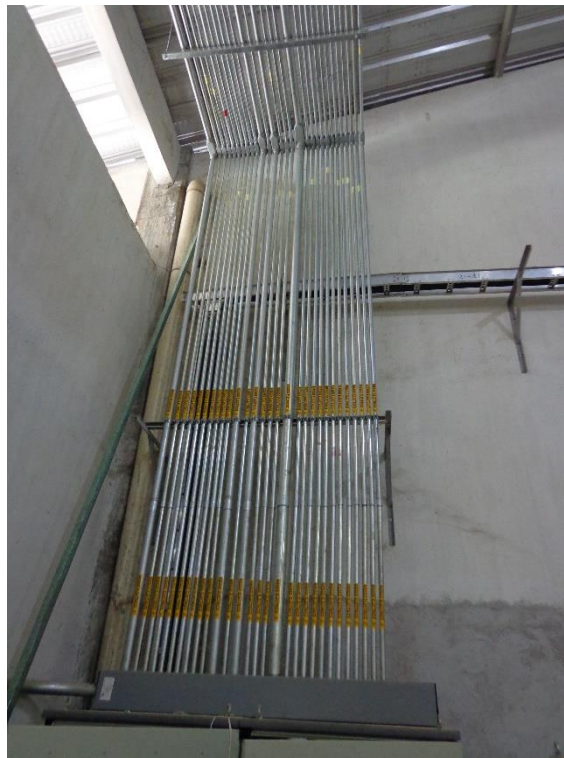


Fig. 4.48 Tubería del ducto de CCM hacia cada equipo del proceso.



Fig. 4.49 Centro de control de motores en puesta en marcha.



Fig. 4.50 CCM Weg y banco de capacitores Arteche.



Fig. 4.51 CCM Línea 1 con 18 pulsadores arranque / paro, voltímetro y amperímetro analógicos.



Fig. 4.52 Vista interna del CCM de la línea 1, protección por relevadores y arrancadores a tensión plena y reducida.



Fig. 4.53 CCM Línea 2 con 8 pulsadores arranque / paro.



Fig. 4.54 Vista interna del CCM de la línea 1, protección por relevadores y arrancadores a tensión reducida.



Fig. 4.55 Banco de capacitores Arteche 110 KVar, modelo CAB 0110 236 11P N1.

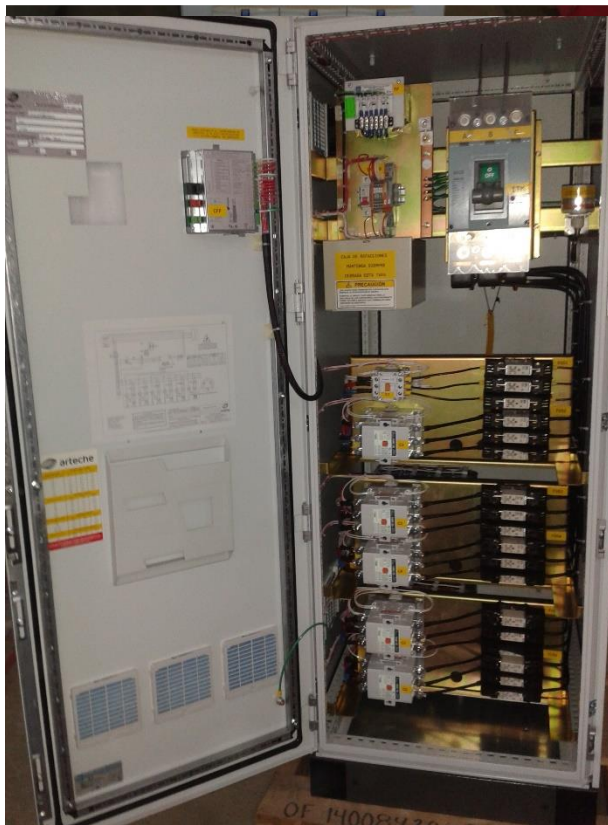


Fig. 4.56 Vista interna del banco de capacitores, componentes y conexiones.



Fig. 4.57 Características del banco de capacitores entre ellas el modelo, serie, potencia, corriente nominal y conexión.



Fig. 4.58 Interior del banco de capacitores, se observa el interruptor principal además del TP.

Sistema de Iluminación en Nave de Procesos (Interior)

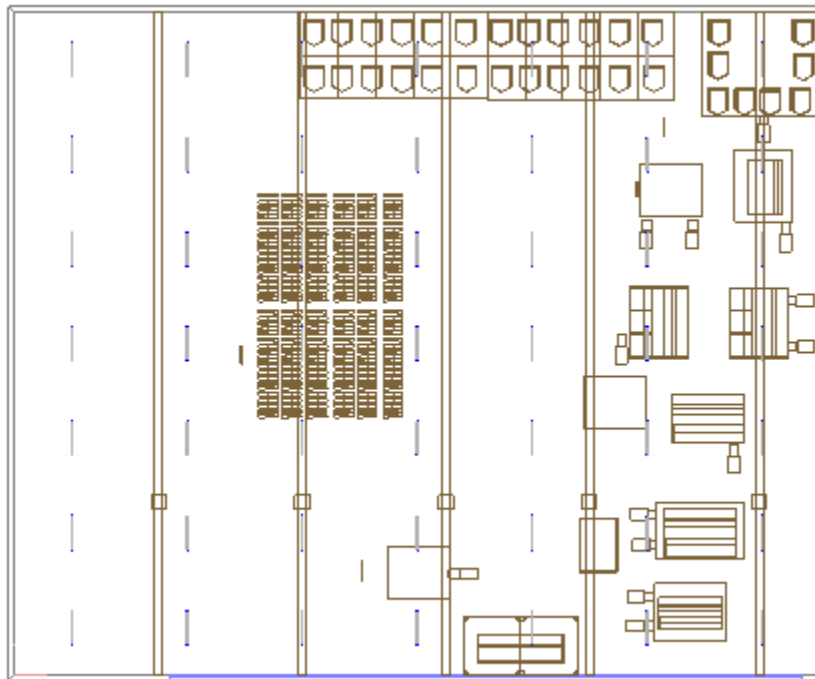


Fig. 4.59 Simulación del sistema de iluminación interior mediante DIALux, vista de planta.



Fig. 4.60 Vista frontal en 3D del lado izquierdo hacia el fondo de la nave, altura de las luminarias 8m.



Fig. 4.61 Vista frontal en 3D del lado derecho hacia el fondo de la nave, 7 filas x 7 luminarias, 49 luminarias en total.

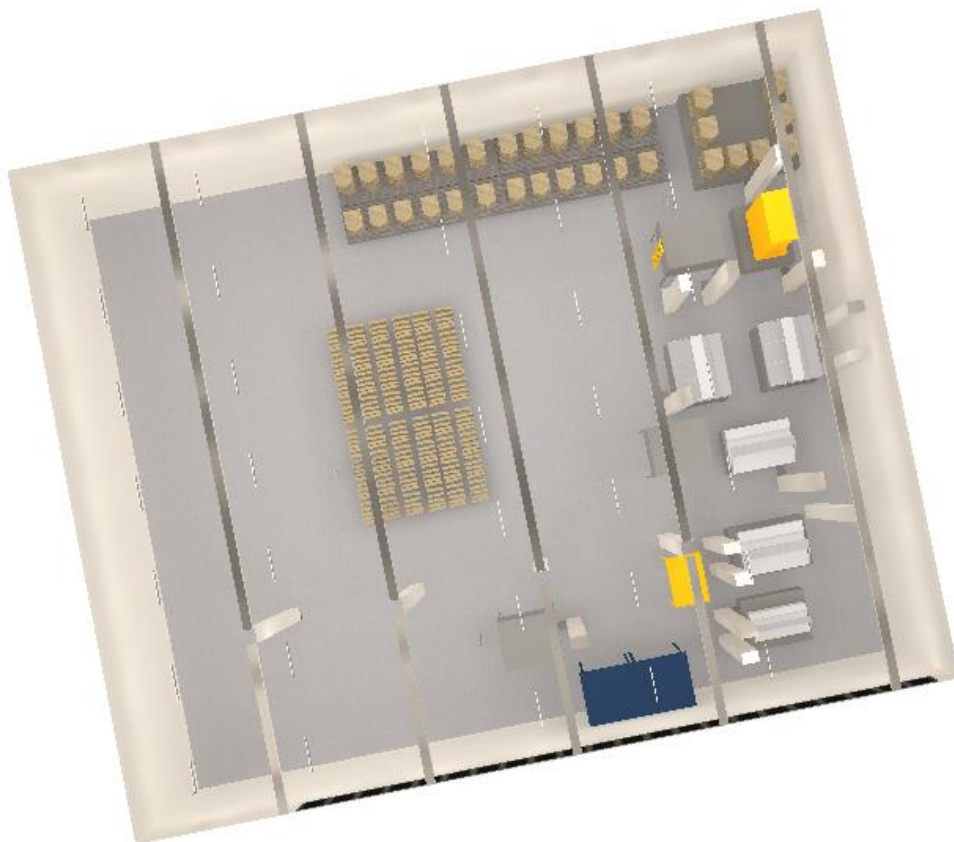


Fig. 4.62 Vista aérea en 3D, resalta la iluminación en toda el área del local.

Sistema de Iluminación Exterior

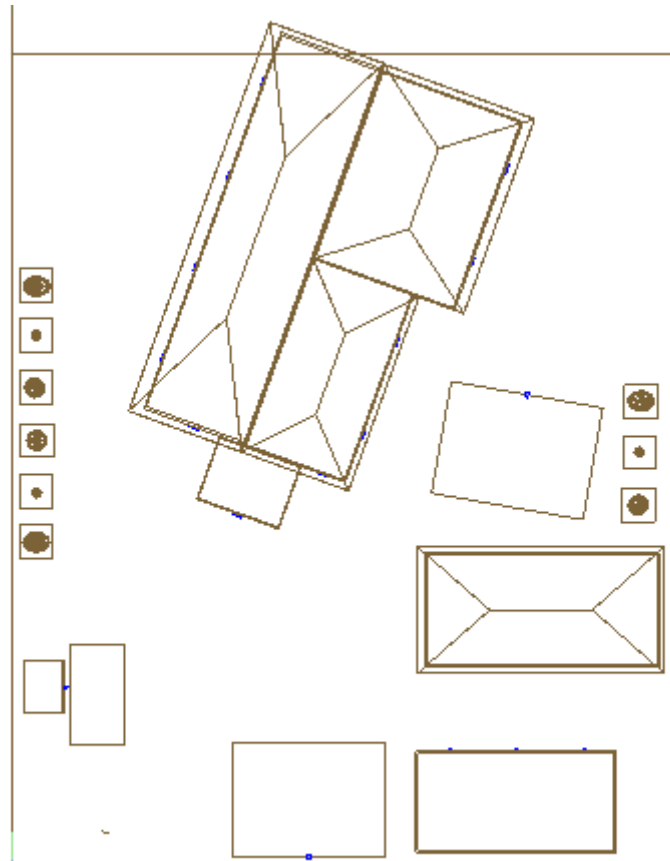


Fig. 4.63 Simulación del sistema de iluminación interior mediante DIALux, vista de planta.



Fig. 4.64 Vista frontal en 3D del lado izquierdo hacia el fondo de la superficie total simulada.



Fig. 4.65 Vista lateral izquierda en 3D, iluminación óptima afuera de las naves, oficinas y en el patio de secado 2.



Fig. 4.66 Vista lateral derecha en 3D, iluminación óptima afuera de las naves, oficinas y en el patio de secado 1.

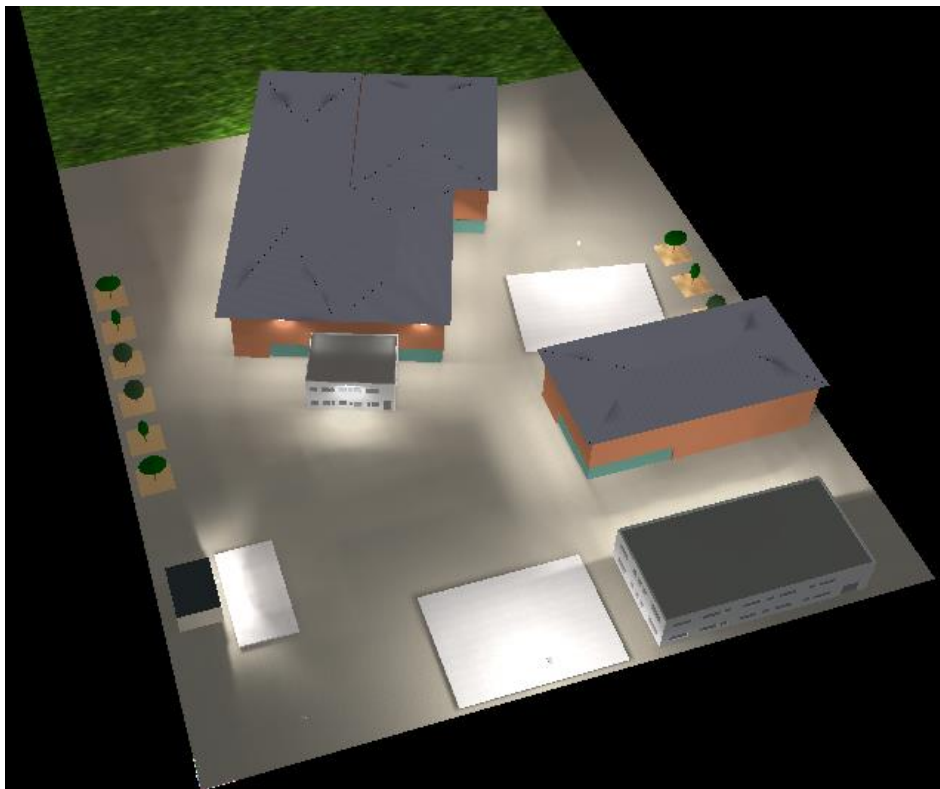


Fig. 4.66 Vista aérea en 3D, resalta la iluminación en todas las áreas propuestas.

Conclusiones

Los procesos se vuelven ineficientes con el paso del tiempo, los equipos sin mantenimiento tienen bajos rendimientos y esto desencadena pérdidas por altos costos de producción, por eso muchas empresas optan por aplicar reingeniería en sus instalaciones obteniendo beneficios a mediano y largo plazo.

Se implementaron mejoras en las instalaciones eléctricas de media y baja tensión, diseñando y construyendo la mejor red de distribución posible para alimentar cargas a futuro cumpliendo con normas nacionales y estándares internacionales, en cuanto al proceso se llevó a cabo el re-diseño de la línea uno y dos de café pergamino-oro, mediante un centro de control de motores.

Se instaló un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia, los resultados se verán en facturaciones futuras, también se recomendó realizar un estudio de la calidad de energía para evaluar si es necesario un segundo banco.

Se pretende a futuro implementar una línea de producción más grande para tostado y molido del producto final actual (café en grano) esto con el objetivo de abrir mercado al extranjero ofreciendo un producto de calidad totalmente procesado en México.

Referencias Bibliográficas

- [1] Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas – Ramón María Mujjal Rosas, Editores de la UPC, 1ª Edición, España 2002.
- [2] Fundamento de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión – Gilberto Enríquez Harper, Editorial Limusa, 1ª Edición, México 2005.
- [3] Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas – Gilberto Enríquez Harper, Editorial Limusa, 2ª Edición, México 2004.
- [4] Instalaciones Eléctricas de Alumbrado e Industriales – Fernando Martínez Domínguez, Editorial Paraninfo, 1ª Edición, España 2003.
- [5] Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión – José García Trasancos, Editorial Paraninfo, 6ª Edición, España 2010.
- [6] Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales – Gilberto Enríquez Harper, Editorial Limusa, 2ª Edición, México 2012.
- [7] Protección de Instalaciones Industriales y Comerciales – Gilberto Enríquez Harper, Editorial Limusa, 2ª Edición, México 2003.
- [8] Protección de sistemas Eléctricos de Potencia - Ramón María Mujjal Castaño, Editores de la UPC, 1ª Edición, España 2002.

- [9] Rating of Electric Power Cables Ampacity Computations for Transmission, Distribution and Industrial Applications - George J Anders, Mc Graw Hill and IEEE PRESS, U.S.A. 1997.
- [10] Redes de Distribución de Energía – Samuel Ramírez Castaño, Universidad Nacional de Colombia, 3ª Edición, Colombia 2004.
- [11] Tesis Reingeniería de la Instalación Eléctrica en la Escuela Superior de Ingeniería – Valentín Zavala Bernal, México 2003.
- [12] Tesis Reingeniería del Proceso de Producción de Tubo Flexible en la Empresa Cooper Crouse-Hinds para Reducir Costos de Producción – Benjamín Vázquez Méndez, México 2007.
- [13] Tesis Reingeniería del Sistema Eléctrico del Hospital León Becerra – Hector Macias Solorzano, David Mora Boca, Ecuador 2011.
- [14] Tesis Reingeniería para la Actualización de Instalaciones Eléctricas del Estadio Azteca – Jorge León Gutierrez, México 2013.
- [15] Tesis Reingeniería para la Rehabilitación de la Industria Manabita de Cocoa “Manacoa S.A.” – Andrés Medranda Paredes, Ricardo Mera Chavarría, Ecuador 2010.

Anexo A

Tabla 310-15(b) (16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18"	—	—	14	—	—	—
1.31	16"	—	—	18	—	—	—
2.08	14"	15	20	25	—	—	—
3.31	12"	20	25	30	—	—	—
5.26	10"	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

Anexo B

Resultados de Iluminación en DIALux

Sistema de Iluminación Interior ([II_DIALux](#))

Sistema de Iluminación Exterior ([IE_DIALux](#))