



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

DISEÑO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO
DEL HOSPITAL DE OBSTETRICIA
"SAGRADO CORAZÓN DE JESUS"
EN TLALMANALCO ESTADO DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ESPECIALIDAD ELÉCTRICA ELECTRONICA

PRESENTA:
ERIC SÁNCHEZ JIMÉNEZ

ASESOR:
ING. ABEL CRUZ VERDE



MÉXICO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a mis padres Margarita y Adolfo por estar a mi lado, pues su sola presencia infunde inspiración y raíces a mis sueños, pues a ellos les debo el universo entero, los amo.

Mil gracias mis hermanas, Nancy y Rosario por ser compañeras de viaje en esta vida, esta es una gran oportunidad compartir estas letras y estos momentos con ustedes, soy afortunado.

Agradezco a mi Asesor, Abel quien me guio y tuvo paciencia al heredarme parte de su conocimiento, es un gran ingeniero.

Gracias al jurado y esta institución pues son fieles testigos de esta gran paso en mi vida profesional y personal.

*Al final de mi tiempo
La vida me contemplara
Y me dará su último suspiro
En ese momento quiero estar seguro
De que no me arrepiento de los momentos
Que me regalo, porque cada día serví a mi patria
(Que fue mi mente, mi cuerpo, mi familia, mi país, mi hogar)
En mente, espíritu, alma y conciencia
Entonces los recordare en estos momentos.....y seré aún más libre.*

Gracias

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	2
FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	2
1.1 PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN HOSPITAL.....	3
1.1.1 Reglamentación.....	3
1.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES UTILIZADAS EN EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	6
1.2.1 Disposición de receptáculos o toma corrientes.....	6
1.2.2 Evaluación de cargas.....	6
1.2.3 Agrupamiento y distribución de cargas.....	8
1.2.4 Selección del conductor y protección.....	9
1.2.5 Selección de canalización.....	10
1.2.6 Diseño de alumbrado.....	11
1.2.7 Balanceo de cargas.....	13
CAPITULO 2	15
DESCRIPCIÓN DEL HOSPITAL DE OBSTETRICIA.....	15
CAPITULO 3	18
DISEÑO DE CIRCUITOS DE FUERZA.....	18
3.1 DISEÑO DE CIRCUITOS DE FUERZA PLANTA BAJA.....	18
3.1.1 Sala neonatal.....	18
3.1.2 Cocina.....	23
3.1.3 Cuarto de esterilización entrega y preparación de leches.....	25
3.1.4 Cuarto de lavandería.....	27
3.1.5 Consultorios.....	28
3.1.6 Recepción.....	29
3.1.7 Distribución de cargas planta baja.....	30
3.1.8 Quirófano.....	30
3.1.8.1 Disposiciones de receptáculos o toma corriente.....	30
3.1.8.2 Evaluación de cargas.....	31
3.1.8.3 Selección de conductores y protecciones.....	32
3.1.8.4 Selección de tablero de aislamiento para alimentación de quirófano.....	33
3.1.8.5 Diseño de sistema de tierra y equipotencialidad para el quirófano.....	34
3.1.8.6 Diseño de embarrado de equipotencialidad y puesta a tierra para el quirófano.....	38

3.1.9 Sala de expulsión, recuperación y parto.	41
3.1.10 Tablero para rayos x.	42
3.2 DISEÑO DE CIRCUITOS DE FUERZA PARA PLANTA ALTA.	44
3.2.1 Circuitos derivados para cuartos de cuidados.	44
3.2.2 Circuitos derivados de otras áreas de la planta alta.	44
3.2.3 Alambrado aTGBT.	45
CAPITULO 4	46
DISEÑO DE ILUMINACIÓN.	46
4.1 ILUMINACIÓN PLANTA BAJA.	46
4.1.1 Comprobación de equilibrio de cargas.	48
4.1.2 Calculo de corriente y de protección de fases.	49
4.2 ILUMINACIÓN PLANTA ALTA.	51
4.2.1 Distribución y comprobación de equilibrio de cargas en cada fase.	51
CAPITULO 5	54
CALCULO DE CORTO CIRCUITO Y TIERRAS PARA UN HOSPITAL OBSTETRICIA.	54
5.1 CALCULO DE CARGA TOTAL, DE CONDUCTORES Y TRANSFORMADOR DE ALIMENTACIÓN.	54
5.1.1 Calculo de conductores de alimentación principal, de secundario de transformador a tablero general de baja tensión (TGBT).	55
5.1.2 Selección del transformador.	58
5.1.3 Calculo de conductores de acometida y de alimentadores de empresa proveedora a primario de transformador receptor.	60
5.1.4 Selección de tableros y centros de carga.	60
5.2 ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO.	63
5.2.1 Tipos de falla y concepto de asimetría.	64
5.2.3 Calculo de corto circuito por método de MVA'S.	67
5.3 SISTEMA DE TIERRA.	71
5.3.1 Propósito de una red de tierra.	71
5.3.2 Configuraciones básicas en sistemas de Tierras y elementos que las constituyen.	72
5.3.4 Diseño de la red de tierra.	73
Tablas referencia general.	77
Tipos de cables.	77
TABLA CAPACIDAD CONDUCTIVA DE CABLES.	77
TIPOS THW Y THHW/LS.	77
CABLE XLP Y XLPE, TIPO XHHW.	78
NOM-001-SEDE-1999 Tabla 250-95.	79

Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos..	79
Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	79
DIAGRAMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN.	80
CONCLUSIÓN	83
BIBLIOGRAFÍA	84

INTRODUCCIÓN.

Este trabajo es una guía fundamental acerca de cómo se debe de planear un instalación eléctrica, cabe destacar que los conceptos que aquí se mencionan son genéricos para todas la instalaciones eléctricas. Todas las instalaciones usan los mismos conceptos, lo único que cambia son sus normas, tamaños y sus complejidades.

En los hospitales el uso de conceptos es el mismo para cada área, la diferencia con una instalación normal, radica que en áreas donde se atiende a pacientes personas y el diseño de la instalación debe ser muy cuidadoso.

Aunque el hospital no es muy grande, se prevé un crecimiento del mismo, ya que está en una zona rural, no acostumbrada a destinar gran presupuesto a este tipo de infraestructura, muchas fueron las limitantes pero sin embargo la instalación se diseñó lo más apegada a la norma para satisfacer la funciones para la que está destinada la instalación, para brindar seguridad y comodidad los pacientes.

El trabajo es un manual técnico, de lo que se debe de tomar en cuenta a la hora de diseñar una instalación eléctrica, por lo que su alcance no toca aspectos cuantitativos de material.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

En los sitios en donde se prestan servicios de atención para la salud, es muy importante tomar en cuenta diversos factores en nuestra instalación eléctrica con el fin de que proporcione continuidad, calidad y comodidad.

En seguida se mencionaran los factores mínimos:

Seguridad.

Al proyectar una instalación eléctrica, se debe tener particular cuidado tanto en las instalaciones como en los equipos que suministran, distribuyen o demandan energía eléctrica, con el objeto de que partes peligrosas queden perfectamente protegidas y sean colocadas en lugares adecuados, para evitar accidentes y salvaguardar la vida de los usuarios.

Flexibilidad.

El sistema eléctrico debe proyectarse de tal manera que la disposición de equipos, tableros e interruptores debe permitir hacer cambios en la instalación eléctrica o realizar mantenimientos, sin interrumpir o afectar otras áreas del sistema.

Eficiencia.

La eficiencia depende del buen funcionamiento de los equipos y de la misma instalación, respetando los datos de placa del fabricante, conectando adecuadamente y suministrando la tensión adecuada.

Simplicidad.

La operación debe ser sencilla como sea posible para satisfacer los requerimientos del sistema.

Accesibilidad al equipo e instalaciones.

Se debe prever el fácil acceso a todos los equipos e instalaciones, dando el espacio requerido para el mantenimiento, supervisión y operación, sin interferir en otros equipos o servicios.

Capacidad para expansión o ampliación.

Al momento de proyectar se deben considerar posibles ampliaciones y el sistema debe tener la capacidad suficiente para absorber esta expansión. Si desde la proyección se especifica y se considera un crecimiento a futuro, esto lleva a que en el momento de la expansión, esta resulte más económica en términos generales.

Bajo costo inicial.

El bajo costo de una instalación es importante, pero al momento de abatirlo se debe tener mucho cuidado de no hacerlo en detrimento de la calidad o de aumentar los costos de operación y mantenimiento.

Bajo costo de mantenimiento.

Al seleccionar el equipo y la disposición del mismo para una instalación eléctrica, debe cuidarse que el mantenimiento sea el mínimo indispensable, que las refacciones sean de fácil adquisición y económicas, esto redundará en costos de mantenimiento bajos.

1.1 PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN HOSPITAL.

Las herramientas principales que deben tomarse en cuenta para poder llevar a cabo satisfactoriamente el diseño de una instalación eléctrica de este tipo, van desde conocer los elementos principales de una instalación a la par de un estudio de los requerimientos del establecimiento y posteriormente unir los aspectos anteriores bajo normas oficiales.

Datos sobre el espacio en donde se realizará la instalación:

- El tipo de establecimiento, usos y áreas. Hablando de un hospital, los planos indican el número de consultorios, la cocina, el quirófano, las salas de cuidados, cuartos de recuperación, sala neonatal, etc.
- Dimensiones de todas las áreas donde se instalará la energía eléctrica en metros, largo y ancho las cuales se deben de poder apreciar en los planos.
- Un estudio de cargas para cada área donde se describen los aparatos a alimentar, de los cuales se deberán saber primordialmente la potencia y el rango de voltaje al cual trabajan.

Elementos principales de una instalación.

Son aquellos materiales que nos sirven para conducir, proteger y controlar la energía eléctrica y son los siguientes:

- Conductores eléctricos
- Canalizaciones eléctricas
- Conectores para canalizaciones
- Accesorios adicionales
- Dispositivos de protección.

1.1.1 Reglamentación.

Lo expuesto anteriormente se debe aterrizar en una reglamentación, que brinde seguridad y confianza, para ello el diseño se amolda a la norma de instalaciones eléctricas **NOM-001 SEDE 2005**, enseguida se exponen los artículos más importantes que se tomarán en cuenta en el proyecto:

- **Requisitos de las instalaciones eléctrica Art. 110**
Se refiere a que todos los equipos y materiales cumplan con las normas oficiales mexicanas, así como la instalación y uso de los equipos.
- **Uso e identificación de los conductores puestos a tierra Art. 200**
Este artículo se refiere a la identificación de terminales; y a la identificación y selección de conductores puestos a tierra.
- **Circuitos derivados y alimentadores Art. 210, 215, 220 y 225**
Estos artículos nos indican todo lo referente a los circuitos derivados y alimentadores, desde su clasificación, selección, cálculos e identificación de circuitos derivados, alimentadores y acometidas.
- **Protección contra sobre corriente Art. 240.**
Aquí se cubren todos los requisitos generales para la protección y dispositivos de protección contra sobre corriente, tanto para conductores y equipos de circuitos derivados y alimentadores.
- **Puesta a tierra Art. 250.**
En este artículo se indican todos los requisitos generales para la puesta a tierra métodos y puentes de unión en las instalaciones eléctricas y equipos; tipo y tamaño de conductor puesto a tierra, así como su ubicación, etc.
- **Métodos de alambrado Art. 300.**
Aquí se indican los métodos de alambrado de todo tipo de instalaciones eléctricas, considerando conductores, canalizaciones, tipos de cables, etc.
- **Conductores para alambrado en general Art. 310.**
Este artículo cubre los requisitos que deben considerarse en los conductores, como son tipo, aislamiento, marcado, etiquetas, resistencia mecánica, capacidad de conducción de corriente y usos. Este artículo es fundamental en la selección de conductores ya que nos indica los diversos factores de corrección que deben o no aplicarse dependiendo de las condiciones de la instalación.
- **Canalizaciones (tubos) Art. 332, 345, 346, 347, 350 y 351.**
Este artículo cubre los requisitos de instalación que deben considerarse en las siguientes tipos de tuberías, como son el tubo Conduit de polietileno, tubo Conduit metálico tipo semipesado y pesado, tubo Conduit no metálico rígido (PVC), tubo metálico flexible y tubo flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico.
- **Motores circuitos de motores y sus controladores Art. 430.**
El artículo 430 cubre lo referente a motores, circuitos derivados para motores, sus alimentadores y sus protecciones de sobrecarga, circuitos de control, equipos de protección y control y centros de control de motores.
- **Artículo 517 de la NOM001-SEDE-2005** está dedicado a las áreas de atención a la salud, complementándose con otros artículos para instalaciones de uso general, ya que hablando de un hospital, no solo hay quirófanos, sino también existen oficinas, pasillos, baños cocinas etc. Que no necesitan de requerimientos especiales solo los necesarios.

- Artículo 517.18 dedicado a circuitos derivados para camas de pacientes. Cada cama de paciente debe estar provista como mínimo de cuatro receptáculos, deben ser del tipo sencillo o dúplex o una combinación de éstos. Todos los receptáculos, cuatro o más deben ser del tipo "grado hospital" y así identificados, en cada receptáculo, se debe de conectar a la terminal de puesta a tierra un conductor de cobre aislado de tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la sección 517-13 (b) y Tabla 250-95.
- Circuitos aislados art 517.160 dedica su reglamento a instalaciones que necesitan ser aisladas para evitar cualquier desbalance de la energía eléctrica que pueda ser ocasionada por circuitos derivados contiguos a esta, tal es el caso de las instalaciones destinadas a quirófanos en donde cualquier distorsión en la energía eléctrica, puede traducirse en riesgo para la vida del paciente intervenido quirúrgicamente más aun en esta área que es donde prácticamente el paciente está conectado a aparatos eléctricos. En este apartado viene todo lo concerniente al transformador de aislamiento y a los accesorios sensores que identificaran la corriente de fuga que pueda ser peligrosa para el paciente.

Estudio de alimentación eléctrica de la zona en donde se instalara el hospital

- El artículo 28 indica que corresponde al solicitante del servicio de energía, realizar a su costo y bajo su responsabilidad, el uso de la energía eléctrica misma que deberán satisfacer los requisitos técnicos y de seguridad que fijen las NOM.
Es importante conocer los valores de tensión eléctrica normalizados en el país, las cuales de ven a continuación.

TENSIONES NORMALIZADAS EN MÉXICO

TENSIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA	TENSIÓN NOMINAL DE UTILIZACIÓN	TENSIÓN ELÉCTRICA NOMINAL NORMALMENTE UTILIZADAS PARA ALIMENTACIÓN A S.E
120/240 V	115/230 V	2,400 V
220Y/127 V	208Y/120 V	4,160 V
480Y/277 V	460Y/265 V	6,600 V
2.400 V(Como de uso restringido)	460 V	13,800 V
440 v (como valor congelado)		23,000 V
		34,500 V
		69,000 V a 230,000 V

1.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES UTILIZADAS EN EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Para empezar nuestro proyecto teórico práctico debemos de describir de manera general los conceptos a utilizar, de manera que el desglose de los mismos se realice conforme se van ocupando en lo largo del diseño.

1.2.1 Disposición de receptáculos o toma corrientes.

Cuando se va a diseñar una instalación se evalúa el tipo de establecimiento o el área (si es dentro de un establecimiento ya definido), para así poder determinar qué tipo de cargas se van a tomar en cuenta. Para ello se tiene que realizar una investigación acerca del equipo que utilice energía eléctrica o en el mejor de los casos si el cliente sabe qué equipo va a utilizar realizar un listado y dependiendo del área dejar uno o más receptáculos para uso general.

1.2.2 Evaluación de cargas.

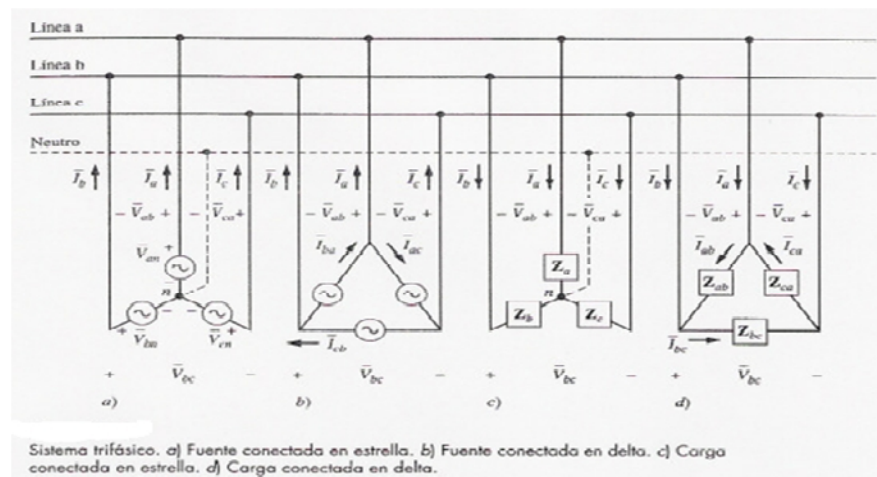
Una vez teniendo en lista a todos los posibles equipos a utilizar en la zona eléctrica, se procede a evaluar cada carga, en ella se verifican tres datos importantes:

a) Voltaje o tensión de trabajo.

Se refiere al nivel de tensión necesario para que la carga funcione, viene dado en volts (V). En este caso el proyecto se realizara en baja tensión por lo que el voltaje puede ser principalmente de dos tipos.

- 1) Monofásico 110V o 127V de una fase a neutro. Se obtiene conectando la carga De la LÍNEA A, LÍNEA B o LÍNEA C a neutro.
- 2) Trifásico de 220 principalmente a dos fases. Se obtiene conectando la carga entre líneas o fases en sus diferentes combinaciones AB, BC y CA, como lo muestra la figura 1.2.2.a

Figura 1.2.2.a



Cabe destacar que en instalaciones donde se usa mayormente componentes de uso monofásico el arreglo del transformador es del tipo estrella en el lado secundario, ya que de esta configuración se pueden sacar los niveles de tensión de 220/127 V.

b) Corriente demandada por la carga.

Viene dada en AMPERES, esta depende de la resistencia o en la mayoría de los casos por la impedancia, a menor resistencia mayor corriente y a mayor resistencia menor corriente:

- 1) **Resistencia (R):** eléctricamente hablando es un dispositivo que impide parcial o totalmente el paso de la corriente dependiendo su valor, pero tiene una característica que la diferencia de la impedancia, una resistencia disipa a la energía en forma de calor y no la retiene. **Al pasar por una resistencia la corriente no sufre ningún desfase con respecto al voltaje.**
- 2) **Impedancia (Z):** es aquel dispositivo que impide el paso de la corriente pues en si misma tiene incorporada una resistencia pero además tiene una reactancia, en este caso la impedancia no disipa toda la energía que recibe en forma de calor, sino que también la retiene y la transforma en campo magnético o campo eléctrico.

$$Z = R \cos\theta + j R \operatorname{sen}\theta$$

$$Z = R|\theta$$

En este caso la corriente al atravesar la impedancia, si sufre desfase respecto al voltaje y dicho desfase puede ser en adelante o atraso.

3) Determinación de la corriente.

Muchas veces se conoce la potencia del equipo a conectar pero no la corriente, esta última es muy importante para nuestros cálculos ya que a través de ella podremos dimensionar los cables y las protecciones que estarán en nuestro circuito, por lo tanto empezaremos a desglosar fórmulas para hallarlas.

Fórmula para cargas monofásicas.

Generalmente las cargas monofásicas solo se pueden conectar en un sistema donde el secundario del transformador este en estrella ya que solo en el podremos hallar los voltajes de 110 o 127 volts.

$$P_F = V_F I_L \cos \theta$$

P_F = Potencia en una fase o potencia de la carga monofásica

V_F = Voltaje de fase (127 volts).

I_L = Corriente de línea (lo que se calcula)

$\cos \theta$ = factor de potencia es el desfase entre el voltaje y la corriente debido a una impedancia, tratándose de una resistencia este factor es igual a 1 pero hablando de una impedancia varía de 0.5 a 0.9, lo óptimo es que este factor sea aproximadamente 0.9 y de hecho se considera así para el cálculo de la potencia de una carga que no es un motor o un capacitor este valor se puede tomar de nuestra ecuación:

$$Z = R \cos \theta + j R \sin \theta$$

Despejando obtenemos a I_L :

$$I_L = \frac{P_F}{V_F \cos \theta}$$

Fórmula para cargas trifásicas.

Los equipos que necesitan 220 volts de alimentación son equipos trifásicos o difásicos y para ello utilizaremos las siguientes formulas.

$$P_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L \cos \theta$$

$$I_L = \frac{\sqrt{3} \cdot P_F}{V_L \cos \theta}$$

c) Potencia.

Es el producto entre la corriente y el voltaje y viene dada generalmente en (W) watts.

1.2.3 Agrupamiento y distribución de cargas.

Teniendo nuestra evaluación de cargas identificamos cuales cargas son de los tipos trifásicas y cuales monofásicas. En caso de que se tenga una mezcla de ambas en un área se procede a agruparlas, para así conectar en un centro de carga las unas y en otro las otras, esto con el fin de tener sumatorias de corriente total de cada área, para posteriormente incorporar dicha sumatoria a las sumatorias de otras áreas de la instalación para obtener un equilibrio

Posteriormente se distribuyen los receptáculos dentro del área de manera que el circuito resultante sea flexible, estratégico en su uso, disposición y economía.

1.2.4 Selección del conductor y protección.

Teniendo un panorama amplio de lo que se va a conectar en cada área y la manera en cómo se conectarán a nuestro sistema procedemos a realizar los cálculos para la selección del conductor. Para ello vamos a usar el dato de corriente de cada carga a conectar para elegir el conductor.

a) Conductor:

Se debe entender que el conductor es la vía por la cual la corriente fluye y la cantidad de esta depende de la demanda de la carga, y de los siguientes aspectos:

El uso del aislamiento.

La corriente que pasa por los cables produce calor, por lo que el aislamiento de los mismos, debe ser adecuado para protegerlos a través de los años sin perder sus características dieléctricas y aislantes. Para obtener estabilidad eléctrica y duración del conductor, es necesario utilizar el conductor a tensión y temperatura de operación nominales.

Efecto de temperatura.

La propiedad que tiene el aislamiento para resistir altas temperaturas afecta directamente la capacidad eléctrica del cable (ampacidad). Entre más elevada sea la temperatura que resiste el aislamiento, mayor será la corriente eléctrica que pueda circular por el conductor.

Algunas de las condiciones que afectan la temperatura, son:

- La temperatura ambiente.
- El número de hilos en las canalizaciones.
- El uso del aire acondicionado.
- La conductividad térmica del suelo u otro medio que la rodee.
- Fuentes de calor cercanas.

Efectos de proximidad.

Se debe a la inductancia mutua entre conductores que están instalados muy cerca uno de otro; este efecto aumenta la resistencia del cable, la que a su vez aumenta la temperatura dentro del conductor.

Por lo anterior la selección adecuada del conductor implica corregir la ampacidad por efecto de temperatura y agrupamiento, en las instalaciones eléctricas.

Junto con lo anterior el cálculo debe considerar tres niveles de corriente para culminar con la selección adecuada del calibre del conductor.

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

I_B = Carga del circuito

I_n = Corriente nominal de la protección:

Cuando se emplean motores o cargas que pueden variar o no están muy bien definidas se recurre a la ecuación de ecuación I_n o también es útil para dejar un margen de flexibilidad en el circuito.

$$I_n = (1.25)(I_E)$$

El 1.25 es el margen de sobrecarga de un circuito de fuerza partiendo de lo estimado en un estudio de cargas o también se refiere a la sobrecarga que ocurre al accionar un motor debido a la corriente de arranque.

Por lo general la el tipo de protección usada en circuitos de baja tensión son los interruptores termomagnéticos los cuales nos permiten conectar y desconectar un circuito en condiciones normales y anormales (corto circuito de altas intensidades) además de que nos proporciona protección térmica al sobrecargar el circuito protegido. La acción térmica provee una repuesta de tiempo inverso, esto es una pequeña sobrecarga, mayor tiempo de respuesta interruptora, a medida que aumenta la carga el tiempo se reduce.

Además al abrirse el interruptor ante una falla de corto circuito, no sufre ningún daño físico y lo único que se tiene que hacer para ponerlo en servicio de nuevo es restablecerlo.

I_z = Corriente máxima del circuito o corriente admitida por el cableado, por lo tanto usando este dato y en base tablas se encuentra el conductor adecuado.

1.2.5 Selección de canalización.

La canalización es el medio por donde se alojaran los conductores, en general se evalúan dos aspectos importantes para la elección de la misma

a) Tipo de material con el que está hecha la canalización:

Aunque va de la mano con las normas esto se toma en cuenta para la economía del proyecto, en este caso al tratarse de un hospital las canalizaciones en tubo conduit de polietileno resultan ser muy efectivas aunque más adelante veremos que para las instalaciones de quirófanos por norma es necesario el uso de tubo conduit metálico, en la industria sea cual sea y en negocios de autoservicio lo que se acostumbra es la mezcla de tubo conduit metálicos y charolas principalmente ya que estas instalaciones por lo general cambian su disposición a medida que incorporan nuevos equipos o se cambien de posición otros.

b) Normas que intervienen para su elección.

Canalizaciones (tubos) Art. 332, 345, 346, 347, 350 y 351.

Estos artículos cubre los requisitos de instalación que deben considerarse en las siguientes tipos de tuberías, como son el tubo Conduit de polietileno, tubo Conduit metálico tipo semipesado y pesado, tubo Conduit no metálico rígido (PVC), tubo metálico flexible y tubo flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico.

Por los efectos de temperatura y proximidad se cuidara que en el diseño de circuitos derivados las canalizaciones transporten solo 3 conductores, ya que dichos factores comienzan trabajar cuando en las canalizaciones hay más de tres conductores.

1.2.6 Diseño de alumbrado.

Este tema es muy extenso por lo que solo mencionare los puntos más importantes que me llevaron a diseñar la iluminación del hospital.

Para calcular la iluminación usaremos el método de Flujo total para interiores o más conocido como Método de cavidad zonal. Para la aplicación de este método se deben conocer o determinar las variables de las siguientes ecuaciones.

$$K = \frac{A \cdot B}{H(A + B)}$$

K = índice del local.

A = Ancho del local.

B = Largo del local.

H = Altura medida del plano del trabajo a la luminaria.

Ahora se deben saber los datos de la lámpara a utilizar y de la luminaria, para poder completar la siguiente ecuación.

$$N = \frac{Em \cdot A}{\varphi \cdot Fu}$$

N = Numero de lámparas

A = Área que se iluminara: se refiere al área total que iluminara la lámpara o las lámparas sus unidades están en metros.

= Flujo luminoso de la lámpara a utilizar se mide en lúmenes y el saber este dato depende de lo siguiente:

1) Tipo de lámpara:

Empezaremos por definir el tipo de fuente de luz a utilizar, en el mercado existen dos tipos principales de fuentes de luz: las incandescentes y las de descarga eléctrica.

En nuestro proyecto nos enfocaremos en una fuente de luz de descarga eléctrica debido a que utilizan poca potencia y el flujo luminoso que entregan es mayor comparado con las fuentes incandescentes.

Siendo más específico se utilizaran lámparas fluorescentes de cátodo frio.

Existen en el mercado lámparas tubulares fluorescentes tipo t5, t8, principalmente y sus potencias van desde 20 watts hasta 80 watts, de la potencia depende el flujo luminoso de la lámpara.

Hay algo que hay que recalcar estas lámparas además de la alimentación requieren un arrancador o balastro que es un dispositivo que eleva el voltaje a más o menos 400 volts para volatizar al mercurio y producir la luz, por lo tanto la potencia total que consume la instalación de una lámpara es la potencia más el 25% de la potencia de la lámpara nominal.

Em = Nivel de iluminación deseado se obtiene según la NOM CEDE 2005 se mide en lux.

Para aclarar este punto empezaremos por definir que la iluminación es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie.

La unidad de iluminación es el lux (lx), es la iluminación en un punto sobre una superficie que dista un metro de una fuente puntual uniforme de una candela, considerando la definición de lumen se deduce que un lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie produce una iluminación de un lux.

Fu = factor de utilización que se define en las tablas de acuerdo al índice del local y al tipo o forma del luminario. En cada fabricante se varía en valor de F_U .

Los luminarios son las bases donde se enchufan la lámpara y de acuerdo a su forma se clasifican por la cantidad de flujo que llega a la superficie de trabajo después de haberse proyectado por las paredes y techos del lugar.

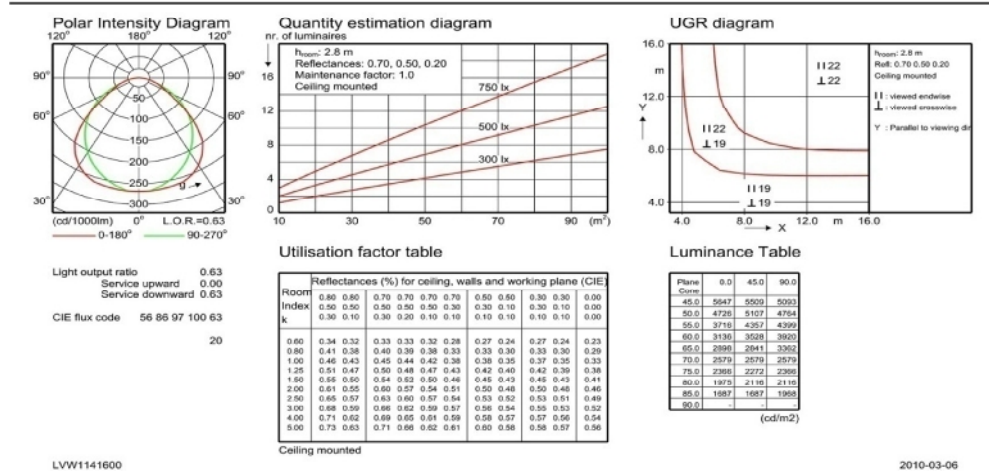
Tabla 1.2.6.1
Calcificación de luminarias.

Clasificación de luminarios	Tipo Componente hacia arriba %	Componente hacia abajo %
Indirecta	90-100	0-10
Semi-indirecta	60-90	10-40
General difusa	40-60	40-60
Directa-Indirecta		
Semidirecta	10-40	60-90
Directa	0-90	90-100

Teniendo el tipo de luminaria a utilizar se procede a buscar su tabla de factores de utilización dada por el fabricante.

Finess TCS198 TCS198 2x36W 2xTL-D36W HFP L1

2 x 3350 lm



Dicha tabla exige los porcentajes de reflexión para piso, pared y techo y estos dependen de las tonalidades de color con que están pintadas. Pero los colores se fragmentan en tonalidades pero obedecen a un orden que va de blanco a oscuro.

En nuestro caso los hospitales suelen estar estandarizados en tonalidades claras y blancas por lo que sin más preámbulos tomaremos como referencia la siguiente tabla:

Tabla general de tonalidades y sus porcentajes de reflexión

Colores	% de reflexión
BLANCO	70%
CLARO	50%
MEDIOS	30%
OSCUROS	10%

Para el proyecto tenemos lo siguiente.

Superficie	Color	% reflexión
Techo	Blanco	70%
Pared	Azul claro	50%
Piso	Gris claro	30%

Estos valores deducidos se comparan en la tabla de factor de utilización del fabricante de nuestra luminaria.

1.2.7 Balanceo de cargas.

Después de haber diseñado todos los circuitos derivados y de alumbrado de todas las áreas, procedemos a asignar cargas a las diferentes fases A, B y C cuidando de

tener en cada una de las fases el mismo valor de amperaje para así equilibrar cargas.

Como en la mayoría de las instalaciones eléctricas lo común es que no se llegue al balanceo absoluto, lo ideal es que el desbalanceo no rebase el 5 % entre sus fases y para calcular el desbalance utilizaremos la siguiente formula:

$$\%_{\text{desbalance}} = \left(\frac{f_{\text{ase,mas cargada}} - f_{\text{ase,menos cargada}}}{f_{\text{ase,mas cargada}}} \right) (100)$$

Con todo lo definido anteriormente ya podremos empezar con nuestro proyecto.

Por ultimo cuando se tenga todas las cargas se calculara la corriente en el conductor neutro para ver cuanta de esta fluye en el desbalance.

CAPITULO 2

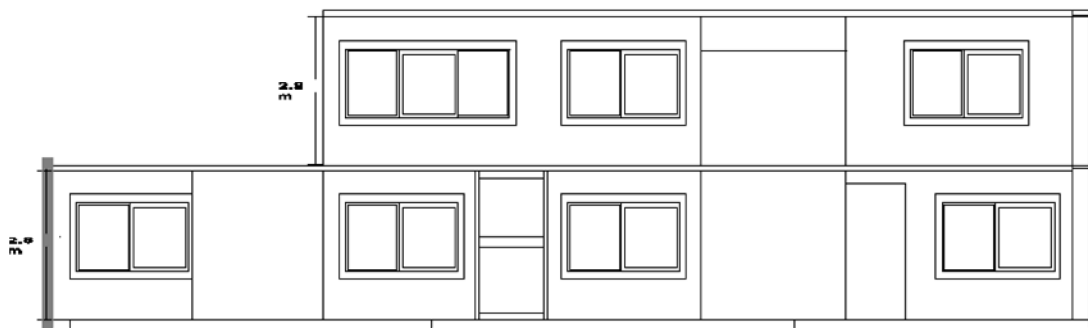
DESCRIPCIÓN DEL HOSPITAL DE OBSTETRICIA.

El hospital está conformado por dos plantas, alta y baja, está ubicado en un terreno baldío a un costado del DIF. En la planta baja se encuentran las áreas presentadas en el plano 2.1 y en la planta alta se encuentran las áreas especificadas en el plano 2.2.

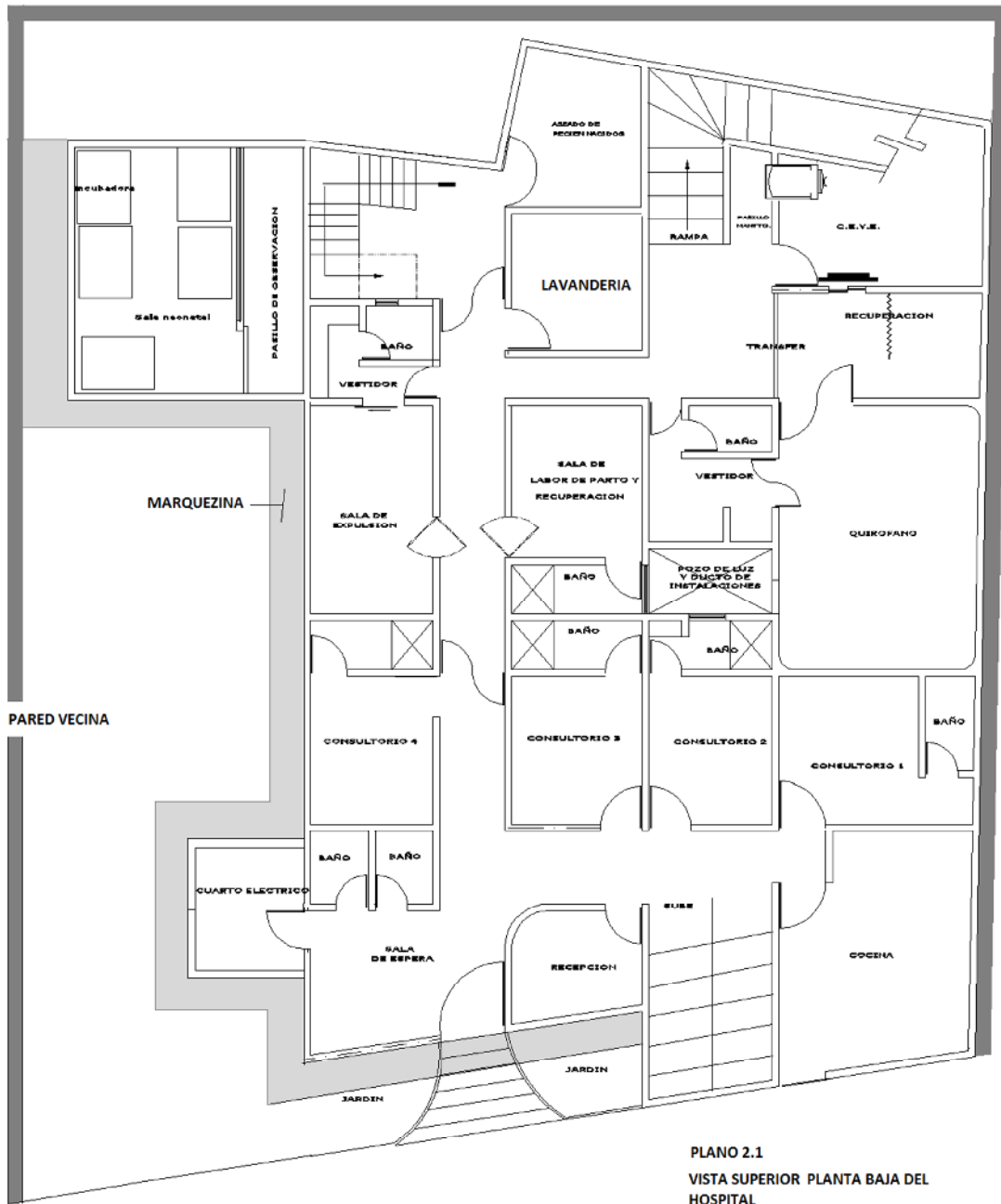
Internamente el hospital tendrá el techo pintado de color blanco, las paredes de azul claro y el suelo de un mosaico gris claro con zoclo blanco en los bordes de pared, en la sala de espera se tomó en cuenta que en los casos más demandantes, el hospital tenga la capacidad de dos personas por metro cuadrado como una forma de cuantificar la capacidad del hospital, aunque haciendo cálculos más rigurosos, se tienen 4 consultorios un quirófano, una sala de expulsión y seis cuartos como partes importantes para dar el servicio, por lo que estimando se pueden atender cerca de 40 personas al día según datos del DIF teniendo en cuenta de que de esas 60 personas solo sean a lo máximo 7 personas en recuperación, 7 cirugías y las restantes consultas de chequeo.

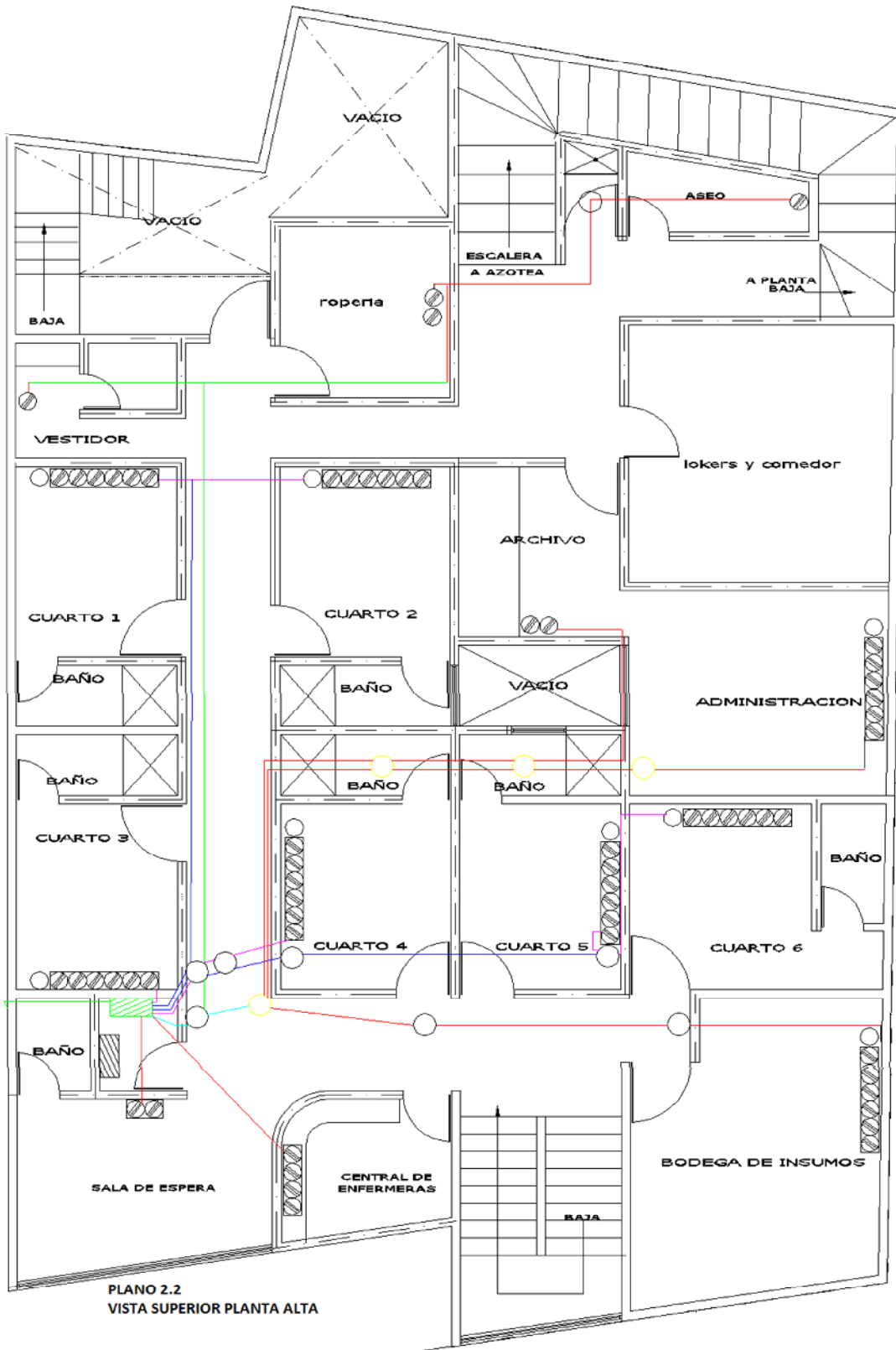
La altura de la planta alta y baja es de 2.8 metros, teniendo como espacio de trabajo útil un promedio de dos metros considerados para cálculos de iluminación.

En aspectos eléctricos la tensión recibida de la red eléctrica es de 440 VCA, la cual se transformara a 220/127 VCA.



VISTA EXTERNA DEL HOSPITAL





CAPITULO 3

DISEÑO DE CIRCUITOS DE FUERZA.

Es necesario describir por separado cada zona que se encuentra en el hospital, para definir el perfil y en base a ello dotar a cada área de las características eléctricas que serán primordiales para su funcionamiento.

3.1 DISEÑO DE CIRCUITOS DE FUERZA PLANTA BAJA.

Es esta sección se describirá el diseño eléctrico de cada zona de la planta baja.

3.1.1 Sala neonatal.

Evaluación de cargas.

En esta sala se tiene que tomar en cuenta el espacio para cada incubadora que va desde 4.5 a 6 metros cuadrados para tener buena movilidad para el personal que labore.

En cuanto a los requerimientos eléctricos se pide lo siguiente:

- Se instalaran receptáculos para las abastecer a los siguientes aparatos por incubadora.

Tabla 3.1.1.1

Especificaciones de cargas.

APARATO	POTENCIA REAL	INTENSIDAD	VOLTAJE
cuna térmica	700 w	6.64 Amp	110 volts
incubadoras	720 w	6.837 Amp	110 volts
respiradores	210 w	2 Amp	110 volts
monitores	157.95 w	1.5 Amp	110 volts
total	1788 w	17 Amp	110 volts

Calculo del conductor y de la protección.

Corrientes total $I_B = 17$ Amp.

$$I_n = 1.25 (I_B) \text{ AMP}$$

$$I_n = 1.25 (17) \text{ AMP}$$

$$I_n = 21.25 \text{ AMP}$$

Pero como no existen en el mercado interruptores termomagneticos de esta medida se colocaran de 20 AMP.

Selección del cable por especificación y norma.

En zonas dedicadas al cuidado de pacientes, en este caso recién nacidos, la NOM recomienda el uso de conductores con una constante dieléctrica menor que 3,5 y una resistencia de aislamiento correspondiente a una constante mayor que 6 100 M^{-m} a 16 °C, así se reduce la corriente de fuga de la línea a tierra, reduciéndose la corriente peligrosa.

Tomando en cuenta la constante dieléctrica y la resistencia de aislamiento:

TABLA 3.1.1.2
Selección de recubrimiento del conductor.

Aislamiento	Resistencia ohm/cm	Constante dieléctrica
MATERIAL REQUERIDO	MAYOR QUE 61 ⁶	MENOR DE 3.5
PVC	10 ¹¹	5.5
XLPE	10¹⁵	2.5

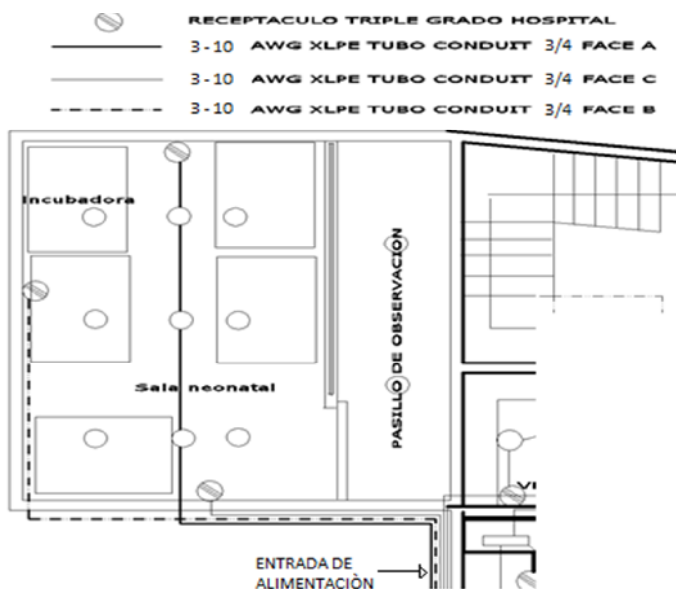
Por lo que se aprecia en la tabla se decide por el conductor XHHW con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLP, resistente a la presencia de agua y al calor con temperatura de operación de 75 °C.

La Norma Oficial Mexicana nos dice que la corriente del circuito debe ser aproximadamente igual a el 60% de la capacidad conductiva del cable a utilizar, por lo tanto si $I_B = 17$ Amp, el conductor adecuado para esta corriente será de calibre 12 AWG tipo XLPE ya que soporta una corriente de 30 Amp. La canalización a utilizar será tubo conduit metálico de pared delgada de 3/4 pulgada.

TABLA 3.1.1.3
Reparto de cargas entre fases.

No. DE INCUBADORAS	CALIBRE CABLE	CORRIENTE	TUBERIA	FASES
1	12 AWG	17 AMP	1/2 PLG	
2	10 AWG	35 AMP	¾ PLG	A,B o C

PLANO 3.1.1.1 Alambrado de sala neonatal.



Iluminación de la sala neonatal.

Para calcular la iluminación de la sala usaremos el método de Flujo total para interiores o más conocido como Método de cavidad zonal antes descrita y los datos siguientes:

- Nivel de iluminación de 500 lux promedio (de acuerdo a niveles de iluminación de México) dentro de la sala.
- Fuera de la sala en el pasillo de observación 250 lux promedio.

$$K = \frac{A \cdot B}{H(A + B)}$$

$$A = 5.57 \text{ m}$$

$$B = 3.5 \text{ m}$$

$$H = 2 \text{ m}$$

$$K = \frac{5.57 \cdot 3.5}{2(5.57 + 3.5)} = 1.0749$$

Ahora se deben saber los datos de la lámpara a utilizar y de la luminaria, para poder completar la siguiente ecuación.

$$N = \frac{Em A}{\varphi Fu}$$

Se utilizarán luminarias del tipo retícula directa marca Philips de carcasa en acero pre-calado, blanco y montaje atornillado. Usa lámparas TL.D de Philips compatibles con lámpara T8 estándar.

Se comienza con definir las reflexiones de las paredes techo y piso, las cuales varían según el color de cada parte.

TABLA 3.1.1.3

Tabla general de tonalidades y sus porcentajes de reflexión.

Colores	% de reflexión
BLANCO	70%
CLARO	50%
MEDIOS	30%
OSCUROS	10%

Tenemos lo siguiente.

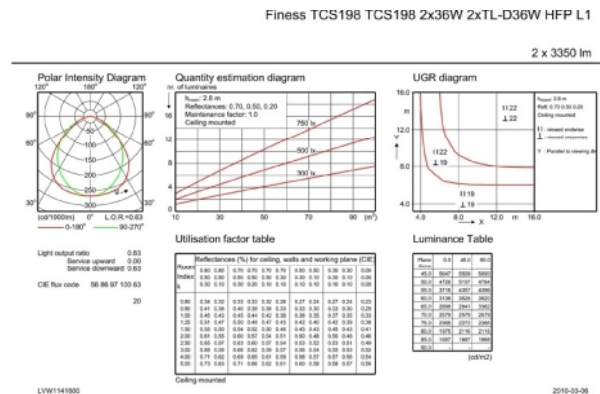
TABLA 3.1.1.4

Tonalidades del establecimiento.

Superficie	Color	% reflexión
Techo	Blanco	70%
Pared	Azul claro	50%
Piso	Gris claro	30%

Estos valores deducidos se comparan en la tabla de factor de utilización del fabricante de nuestra luminaria.

Especificaciones de luminaria.



Con $k= 1.079m$ y nuestros valores de reflexión obtenemos al factor de utilización y le damos valores a las demás variables de la ecuación de número de luminarias:

$$F.u = 0.46$$

$$N = ?$$

$$E_m = 500 \text{ lux}$$

$$A = 19.5 \text{ m}^2$$

$$= 3350 \text{ lúmenes}$$

$$N = \frac{E_m A}{\phi F u} = \frac{(500 \text{ lux})(19.5 \text{ m}^2)}{(3350 \text{ lum})(0.46)} = 6.3 \text{ lámparas}$$

Lo que es igual a 3 luminarias ya que cada uno lleva dos lámparas.

Eso fue para la sala ahora para el pasillo de observación o visita se realizarán los mismos pasos y los resultados se verán en la siguiente tabla.

TABLA 3.1.1.5

Resultados de cálculos.

Zona	Área	K	Em	flujo luminoso	F.u	No Lámparas
Pasillo observación	7.241	0.53	250 lux	3350 lum	0.33	2 lámparas

Potencia total del circuito de lámparas.

Tenemos el detalle de que las lámparas escogidas utilizan un voltaje de 220 V lo cual significa que se van a conectar en un arreglo trifásico delta

$$I_L = \sqrt{3}(I_F) \quad I_F = \frac{P}{(0.9)(220v)}$$

A la potencia de las lámparas se le aumenta el 25 % de la potencia requerida por las mismas a causa del reactor o balastro que las enciende. Tenemos 8 lámparas de 36 watts cada una pero debido al reactor la potencia sube 25%.

$$P_T = 36 \times 8 (25\%) = 360 \text{ watts}$$

Van a ser tres arreglos de 220 con el fin equilibrar cargas lo que nos queda que el voltaje de línea de 220 soportara una carga de 120 watts.

Por lo tanto:

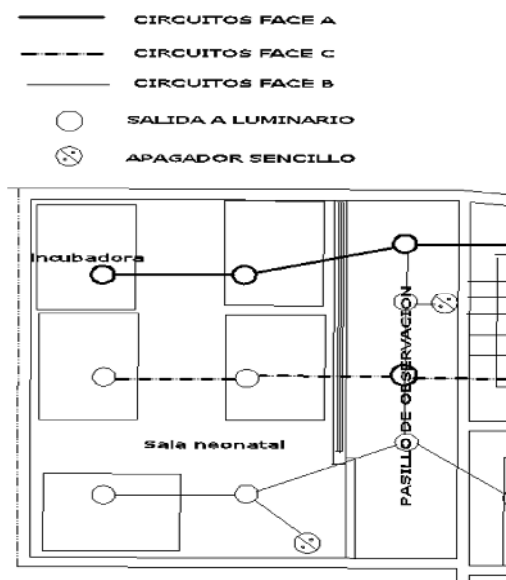
$$I_L = \sqrt{3} \left(\frac{P_L}{(0.9)(220v)} \right)$$

Sustituyendo:

$$I_L = \sqrt{3} \left(\frac{120 \text{ W}}{(0.9)(220v)} \right) = 0.61 \text{ amp}$$

Para el alambrado del circuito de iluminación propondremos cable del No.14 AWG TW dentro de tubo conduit de polietileno de ½ pulgada.

PLANO 3.1.1.2
Circuito de iluminación.



3.1.2 Cocina.

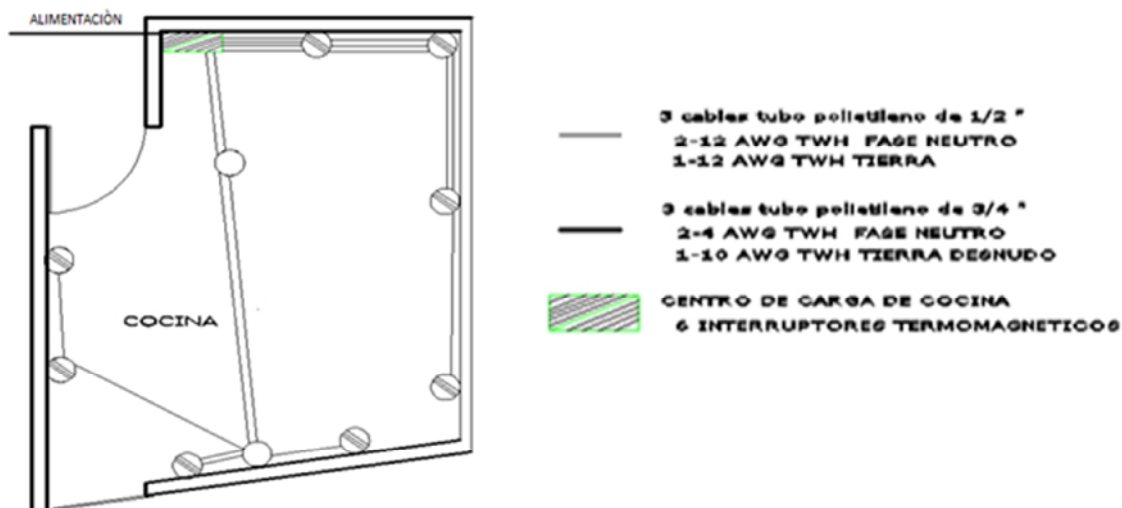
La siguiente tabla muestra la disposición de las cargas, el calibre de conductor y el dimensionamiento de la protección a utilizar.

TABLA 3.1.2.1

Estudio de cargas de la cocina							
Aparato	W	Amp	Cable		T °C	Contactos	Interruptor
			cable fase neutro THW	Cable tierra desnudo			
refrigerador	585	11,5	No.	no.	75 °C	Sencillos	15 AMP
congelador	400	8,9	12 AWG	12 AWG	75 °C	Sencillos	10 AMP
licuadora	1110	14	12 AWG	12 AWG	75 °C	Sencillos	15 AMP
batidora	370	8,9	12 AWG	12 AWG	75 °C	Sencillos	10 AMP
calentador	1200	9,5	12 AWG	12 AWG	75 °C	Dobles	15 AMP
5 contactos de 1,5 A	952,5	7,5	14 AWG	12 AWG	75 °C	Dobles	10 AMP

Para la cocina cada tubo conduit a lo máximo albergara un circuito derivado relacionado con la tabla anterior pero por su posible expansión se tomara en cuenta tubo conduit de de $\frac{3}{4}$ de pulgada para canalizar a cada circuito, en estos casos el factor de relleno no aplica ni tampoco la temperatura. El conductor utilizado tiene aislamiento termoplástico PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio THW.

PLANO 3.1.2.1 Vista de alambrado de fuerza.



Calculo de alimentador para la cocina.

Para el cálculo de los calibres de los alimentadores del centro de carga de la cocina tomaremos en cuenta el factor de utilización.

Factor de utilización: representa el promedio o nivel de utilización que va a tener la instalación eléctrica o el circuito derivado y básicamente es la cantidad de tiempo que se utilizara cierta carga.

Tabla 3.1.2.2
Calculo de conductor de alimentación cocina.

Estudio de cargas de la cocina					
Aparato	WATTS	Corriente	F. Utilización	Corriente consumida	Protección
refrigerador	585 w	11,5	0.9	10.35	15
congelador	400 w	8,9	0.9	8.01	10
licuadora	1110 w	14	0.7	9.8	15
batidora	370 w	8,9	0.5	4.45	10
calentador	1200 w	9,5	0.8	7.6	15
5 contactos de 1,5 A	952,5 w	7,5	0.6	4.5	10
total		60.3 Amp		45 Amp	

De acuerdo a lo anterior vemos que la corriente calculada es de 60.3 Amp pero en realidad se van ocupar en promedio 45 Amp en cualquier momento por ello en base a esta corriente decidiremos el calibre del cable.

Tabla 3.1.2.3
Determinación de protección y calibres.

Corriente	Protección	Conductor tierra	Conductor fase neutro	Tubería polietileno
45 Amp	70 Amp	Calibre 10 desnudo	Calibre 4 THW	3/4 pulgada

Como se podrá observar la protección termomagnética es de 70 Amp, aunque se supone que la corriente es de 45 Amp, puede suceder que la carga total del circuito de la cocina sea de 60.3 Amp o más aunque este último caso sucederá rara vez, para ello se sobredimensiona la protección sin que el cable sufra esfuerzo, ya que el conductor seleccionado está dimensionado para soportar una capacidad de 85 Amp. Por lo que el termomagnético se disparará ante una sobrecarga de 70 Amp.

ZONAS DE LAVANDERÍA Y CONSULTORIOS.

Para la zona de lavandería, se tiene un centro de carga que distribuye carga a la sala de esterilización y entrega de mercancía, a dos vestíbulos y al propio cuarto de lavado.

3.1.3 Cuarto de esterilización entrega y preparación de leches.

Se provee un centro de carga para alimentar a dos circuitos:

TABLA 3.1.3.1

ESTUDIO DE CUARTO DE ESTERILIZACIÓN ENTREGA Y PREPARACIÓN DE LECHE						
APARATO	WATTS	CORRIENTE	CORRIENTE TOTAL	PROTECCIÓN	F. U	CORRIENTE DEMANDADA
COMPUTADORA	350	3	12	15 AMP	1	3
IMPRESORA	350	3			0.5	1.5
RECEPTÁCULO	350	3			0.8	2.4
RECEPTÁCULO	350	3			1	3
ESTERILIZADOR	1127	10	10	15 AMP	1	10
			22 AMP			20 AMP

Alambrado de circuito.

TABLA 3.1.3.2

ALAMBRADO			
RECEPTÁCULO A CENTRO DE CARGA EEPL			
APARATO	FASE /NEUTRO	TIERRA	TUBERÍA
COMPUTADORA	12 AWG XHHW	14 AWG THW	1/2 "
IMPRESORA	12 AWG XHHW	14 AWG THW	1/2 "
Receptáculo	12 AWG XHHW	14 AWG THW	1/2 "
Receptáculo	12 AWG XHHW	14 AWG THW	1/2 "
Esterilizador	12 AWG XHHW	14 AWG THW	1/2 "

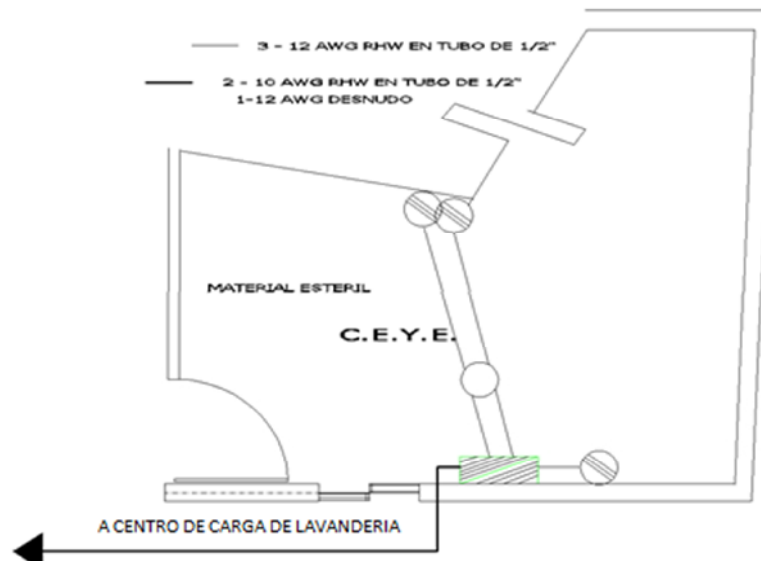
En esta zona se requiere de cable con recubrimiento XLP ya que aquí se preparan leches. Para conectar este circuito al centro de carga de lavandería se requiere:

TABLA 3.1.3.3

CENTRO DE CARGA EEPL A CENTRO DE CARGA LAVANDERÍA					
APARATO	Corriente	FASE /NEUTRO	TIERRA	TUBERÍA	PROTECCIÓN
CENTRO EEPL	20 Amp	CABLE NO 10	14 THW	1/2"	20 AMP

Plano 3.1.3.1

Alambrado de fuerza para cuarto de entrega y preparación de leches.



3.1.4 Cuarto de lavandería.

Se provee un centro de carga para controlar las cargas de la zona de lavandería. En esta zona se usa un motor de 1 HP en la lavadora por lo tanto pondremos un cuidado especial en la selección del conductor y de la protección. De tablas definimos que la corriente a plena carga del motor es de 14 Amp.

$$I_{PROT\ CON} = 1.5(14) = 21\ A\ de\ arranque$$

El termomagnético se dimensionara a 20 Amp. Y una protección de 30 Amp para la secadora.

TABLA 3.1.4.1

CENTRO DE CARGA DE LAVANDERÍA						
CONCEPTO	WATTS	CORRIENTE	Corriente de arranque del motor	PROTECCIÓN PARA DERIVADO	F. UTILIZACIÓN	CORRIENTE DEMANDADA
CONTACTOS VESTIDORES	508	4		15 AMP	0.5	2
CONTACTOS LAVANDERÍA	1016	8			0.8	6.4
PLANCHA	1500	11.8		15 AMP	1	11.8
LAVADORA	746	14	21	20 AMP	0.5	10.5
SECADORA	3000	26		30 AMP	0.7	18.2
CENTRO DE CARGA EEPL	2413	20		20 AMP	1	20
		83.8				68.9

Cálculo de cable

En motores a la corriente a plena carga se le da 1.25 más.

$$I_{CONDUCTOR} = 1.25 I_{PC} = 1.25 (14) = 17.5\ A$$

Para protección del motor (elemento térmico).

$$I_{PROTECCION\ MOTOR} = 1.25 (14) = 17.5\ A$$

Por lo tanto se escoge un elemento térmico de 20 A.

TABLA 3.1.4.2

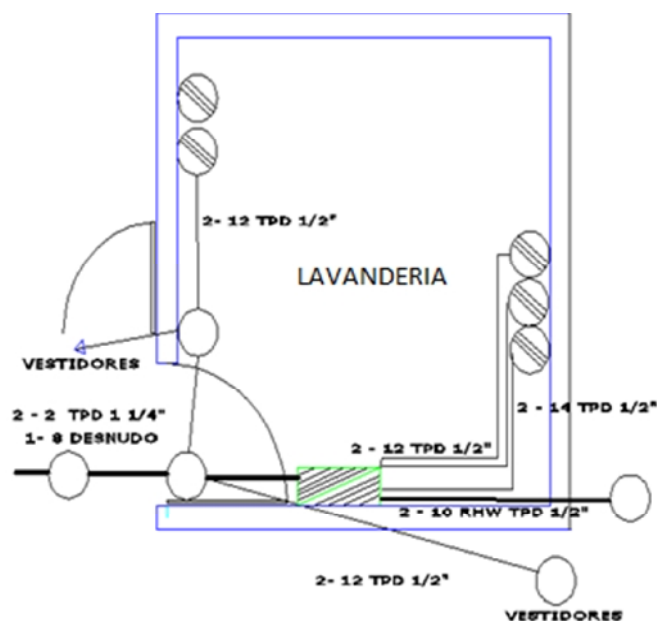
ALAMBRADO DE RECEPTÁCULO A CENTRO DE CARGA LAVANDERÍA			
CONCEPTO	FASE /NEUTRO	TIERRA	TPD
CONTACTOS VESTIDORES	12 AWGTHW	14 AWGTHW	1/2 PULGADA
CONTACTOS LAVANDERÍA	12 AWGTHW	14 AWGTHW	1/2 PULGADA

PLANCHA	12 AWGTHW	14 AWGTHW	1/2 PULGADA
LAVADORA	10 AWGTHW	12 AWGTHW	1/2 PULGADA
LAVADORA	10 AWGTHW	12 AWGTHW	1/2 PULGADA
CENTRO EEPL	10 AWGTHW	12 AWGTHW	1/2 PULGADA

TABLA 3.1.4.3

CENTRO DE CARGA LAVANDERÍA A TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN						
APARATO	Corriente	Factor de Simultaneidad	CORRIENTE DEMANDADA	FASE /NEUTRO	TIERRA	TPD
CENTRO LAVANDERÍA	61.2	1	61.2	NO 2 AWGTHW	NO 8 AWGTHW	1 1/4 "

**PLANO 3.1.4.1
Lavandería.**



3.1.5 Consultorios.

Cada consultorio es un circuito de 10 Amp, pero con un factor de demanda del 0.8, por lo tanto se protegerá a cada circuito con un interruptor termomagnético de 10 Amp en tubería de tubo conduit de polietileno 1/2 ".

TABLA 3.1.5.1

Tabla resumen de centro de carga para consultorios.

	F.D	Calibre a conectar a CENTRO CARGA Consultorio		CORRIENTE TOTAL	calibres a TGBT		TUBERÍA
Consultorio 1	0,8	12 AWG, THW	12 AWG, THW	40 AMP	4 AWG THW	10 AWG	1 PULG
Consultorio 2		12 AWG, THW	12 AWG, THW				
Consultorio 3		12 AWG, THW	12 AWG, THW				
Consultorio 4		12 AWG, THW	12 AWG, THW				

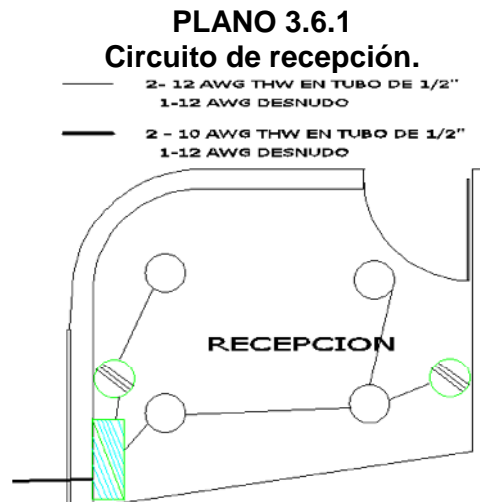
3.1.6 Recepción.

El área de recepción tendrá su propio centro de carga, el cual posteriormente ira conectado al TGBT lo anterior con el fin de equilibrar y flexibilizar las cargas

Esta es una zona donde se ubican primordialmente los equipos básicos del sistema de informática, con operación en una fase y 120 volts, y son los siguientes:

Equipos:	I (A)	Watts
Monitor y CPU	2.2	250
Impresora de matriz de punto	1.3	150
Impresora de inyección de tinta	2.2	250
Impresora láser	7.5	860

La siguiente imagen muestra la disposición de los conductores:



CENTRO DE CARGA RECEPCIÓN					CALIBRES ATGBT			
Concepto	CARGA TOTAL	factor de demanda	FASE NEUTRO	TIERRA	FASE Y NEUTRO	TIE RRA	CALIBRE CONDUIT	Protección
Recepción	18 A	1	12 AWG, THW	14 AWGT HW	10 AWG	12 AWG	1/2 PULG	20 A

3.1.7 Distribución de cargas planta baja.

El paso siguiente es distribuir equitativamente las cargas en cada fase de alimentación además de elegir el dimensionado de protecciones que se ubicaran en el tablero general de fuerza en baja tensión, para ello mostramos la siguiente tabla.

TABLA 3.1.7.1 Resumen general de corrientes para TGBT

PARÁMETROS PARA TGBT	
Centro de carga	Corriente
Cocina	45 A
Consultorios	40 A
Recepción	18 A
Lavandería	68.9 A

Ahora juntamos circuitos de manera que la carga quede equilibrada:

Centro de carga	Corriente
Cocina y consultorios	85
Recepción y lavandería	86.9

3.1.8 Quirófano.

3.1.8.1 Disposiciones de receptáculos o toma corriente.

Para empezar con el diseño de la instalación del quirófano se tiene que saber cuáles son los requerimientos máximos, ya que en esta zona el uso de receptáculos está limitado al transformador de aislamiento que se utilizara. Por lo tanto cada receptáculo tendrá un uso específico.

Posteriormente se evaluarán la potencia útil para dimensionar conductores de carga, neutro, protección y tierra física.

Para la sala de operación se recomienda usar un tablero de 5 KVA y 10 interruptores de protección.

- 4 interruptores para ocho tomacorrientes dobles 2 por interruptor.

- 2 interruptores para cuatro tomacorrientes dobles en el módulo de anestesia.
- 2 interruptores para cuatro tomacorrientes dobles en el módulo de cirugía.
- 1 interruptores para el alumbrado quirúrgico, lámpara scialitica.
- 1 interruptores para relojes, iluminador de película.

Se debe instalar un tablero de aislamiento por cada sala de cirugía y la capacidad del transformador del tablero debe ser de acuerdo a las cargas específicas por servir, este valor no debe exceder de 10 kVA.

En cada sala se deben instalar dos módulos de receptáculos que incluyan entradas para puesta a tierra, uno en el muro a la cabecera de la mesa quirúrgica (área del anesesiólogo) instalado a 0,40 m y el otro ubicado estratégicamente sobre la mesa quirúrgica en columna fija suspendida de la losa, con extensiones retráctiles.

3.1.8.2 Evaluación de cargas.

Como el quirófano usara transformador de aislamiento se prevé que el voltaje llegara casi integro al mismo, para ello se calcularan cuidadosamente los conductores de alimentación de la sala, pero por el momento en el interior del quirófano se cuidara que el recorrido de cada cable de alimentación sea lo más corto posible del tablero de aislamiento a los receptáculos.

En la tabla Q1 indica el calibre de cada conductor y la disposición de las cargas dentro del quirófano según las recomendaciones antes mencionadas.

En el caso del conductor a tierra y el de protección se emplea la parte de la norma que dice que el calibre del conductor de protección debe ser como mínimo del No.10 Awg.

En la NOM001 en el artículo 517, los receptáculos comunes monofásicos deben ser dobles, polarizados con conexión para puesta a tierra y deben diseñarse para una carga mínima de 180 W. Para el cálculo de los conductores de alimentación y la protección de los circuitos derivados de receptáculos se debe considerar un factor de potencia de 0.9.

TABLA 3.1.8.2.1
Evaluación de receptáculos

Tipo de carga	Potencia unitaria	NO. RECEPTÁCULOS	POTENCIA TOTAL
Receptáculos	180 w	16	2880 w

La corriente por receptáculo es de 2 A como máx., el calibre del cable a utilizar es del XHHW del No.12 AWG.

$$P = VI \cos \theta$$

$$I = \frac{180 W}{127(0.9)} = 1.574 A$$

Para el alumbrado del quirófano se tienen los datos estándar en la fabricación de lámparas scialíticas.

TABLA 3.1.8.2
Evaluación de lámpara scialítica

Datos lámpara scialítica			
Voltaje	Batería	Protección	Lámpara con
127ac	12 Vdc	7 Amp	transformador

Por lo tanto a lo mucho una lámpara scialítica podrá consumir una potencia real de 1000 w con un factor de potencia de 0.9 para saber que cable utilizaremos usamos:

$$I = \frac{P}{(V \times 0.9)}$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{1000 W}{(127 \times 0.9)} = 8.7489 Amp$$

Entonces podemos usar cable del No.12 AWG, tipo XHHW y que es capaz de conducir 25 Amp en tubo conduit de acero galvanizado tipo pesado de media pulgada con protección de interruptor de 10 Amp.

3.1.8.3 Selección de conductores y protecciones.

De acuerdo a lo anterior nos damos una vista general de lo que se consume mínimamente.

TABLA Q1

Tamaño del tablero fuerza quirófano	Interrup.	Tomacorriente	Destino	No. cable XHHW	Amp	Cable tierra XHHW	I	TUBO
Tablero de 5 KVA	1	1 doble	fuerza	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1	1 doble	fuerza	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1	1 doble	fuerza	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1	1 doble	fuerza	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1	2 dobles	Modulo anestesia	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1	2 dobles	anestesia	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1	2 dobles	Modulo. cirugía	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1	2 dobles	cirugía	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1		alumbrado quirúrgico	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"
	1		relojes y luminador de película	12 AWG	25 A	10 AWG	40 A	½"

Los interruptores serán del tipo termomagnéticos de caja de 10 KA dos polos del tamaño de 20 Amp, para proteger a dos receptáculos dobles, en total serán 6 interruptores.

Se recomienda para 120V y 240V cables con espesor de pared mínimo 2/64" y una constante dieléctrica de 3,5 o menos, el cable TW y THW, son inadecuados ya que presentan fugas en valores de los microA, En áreas de atención crítica para la salud, de acuerdo con la NOM el cable adecuado para alambrar circuitos de fuerza es del tipo XLP.

-Cable TW + conduit metálico + compuesto para jalar con conductor de tierra = 3 microA por pie de cable

-Cable XLP + conduit metálico sin compuesto con conductor de tierra = 1 microA por pie

El número de conductores máximo en cada tubo será de 3 por tubo de acero galvanizado de ½ pulgada, con esta condición la corriente permisible de cada conductor queda al 100%. Por lo tanto cada receptáculo derivado tendrá su propio tubo.

3.1.8.4 Selección de tablero de aislamiento para alimentación de quirófano.

Todo el cálculo anterior fue para corroborar que el tablero que enseguida se escogerá cumpliera con la NOM 001.

Tablero marca Square D de Schneider Electric de 5KVA

- 1.- Todos los tableros contienen 8 interruptores derivados de 2P-20A y son expandibles en campo hasta a 16
- 2.- El interior de los tableros de 3KVA y 5KVA ya incluyen transformador.
- 3.- Todos los tableros ya incluyen el ISOGARD (Monitor de Aislamiento de Línea)
- 4.- Incluye barra de tierras con zapatas de conexión.
- 5.- Cuenta con interruptor principal de 30 AMP tipo atornillar

Alimentación del tablero de quirófano.

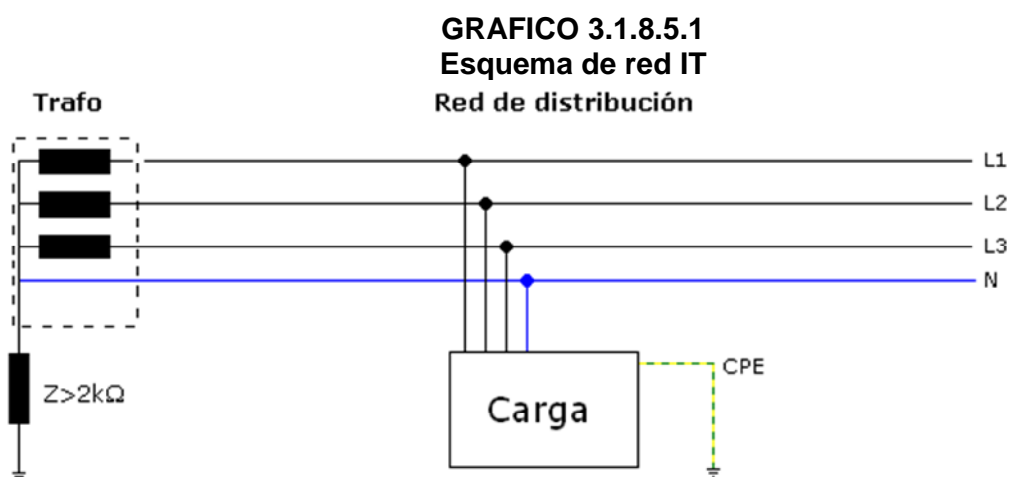
La corriente que resulta de la potencia útil del tablero de 5 KVA es de 39.37 Amp, redondeando tenemos 40 Amp, la NOM SEDE 2005 dicta que en un circuito derivado tiene que tener una protección del 1.25% de la corriente máxima del circuito, pero para poder alambrarlo, el conductor tiene que ser capaz de conducir el doble de la corriente máxima del circuito, por lo tanto se debe escoger uno que soporte al menos 80 Amp, la elección es del No 2 AWG.

La canalización será en tubo conduit de 1 pulgada, ya que solo llevara en su interior dos cables, la fase y neutro.

3.1.8.5 Diseño de sistema de tierra y equipotencialidad para el quirófano.

El sistema de tierra puede ser de varios tipos pero en este caso como se trata de un sistema aislado al que se debe de proteger, utilizamos el sistema IT es el preferido en aplicaciones en las que la continuidad del servicio es crítica, como en quirófanos o industrias con procesos sensibles a la interrupción.

En él, el Neutro del transformador está aislado de Tierra (o conectado a través de una impedancia de un elevado valor) y las masas metálicas conectadas a una toma de tierra exclusiva.



Este es el esquema que ofrece una mayor continuidad de servicio, ya que corta el suministro al segundo defecto, a diferencia de los otros que lo hacen al primero. Ello se debe a que en un primer defecto la corriente se encuentra con una resistencia muy grande para retornar al transformador y se puede considerar un circuito abierto. Un segundo contacto provocará una circulación de corriente y actuarán los dispositivos de protección.

En caso de un primer defecto, un **medidor de aislamiento** monitoriza constantemente la instalación, provocando una alarma en caso de fallo del aislamiento.

Requerimientos para monitor de aislamiento y para el conductor del sistema de tierra y sistema de protección equipotencial.

Cuando la corriente peligrosa total (que consiste en posibles corrientes de fuga resistivas y capacitivas) entre cualquier conductor aislado físicamente y tierra alcance un valor cercano a 5

mA, bajo condiciones de tensión eléctrica nominal, debe encenderse una lámpara señalizadora de color rojo y una alarma audible (remota si se desea). El monitor de línea y la alarma no debe activarse para valores menores a 3,7 mA o para una corriente peligrosa total de menos de 5 mA.

Impedancia. El monitor de aislamiento de línea debe ser diseñado de modo que tenga impedancia interna suficiente para que, cuando se conecte apropiadamente al sistema aislado, la corriente máxima interna que pueda circular a través del monitor de aislamiento de línea, debe ser de 1 mA, cuando haya algún punto del sistema aislado puesto a tierra.

El Esquema IT requiere una Puesta a Tierra totalmente independiente de otras instalaciones, ya que de lo contrario, la corriente podría regresar al transformador y provocar que el primer defecto sea verdaderamente peligroso. Igualmente, las masas metálicas no deben estar conectadas a otras de instalaciones diferentes.

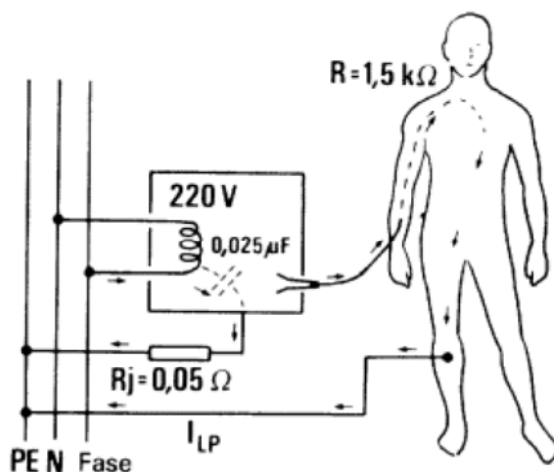
Para empezar nuestro cálculo debemos tomar en cuenta las normas que nos explican que:

La resistencia entre las zonas con conexión a tierra y la conexión principal de tierra o la entrada del aparato debe ser pequeña, como máximo 0,1 ohms. Entre las partes con conexión a tierra y la toma de tierra de la clavija de la red, la resistencia no puede superar los 0,2 ohms. Además, el conductor a tierra tendrá la sección suficiente para poder conducir una corriente de al menos 10 A. Esto se debe a que desde un enchufe normal de 10 A se puede recibir esta corriente en el aparato, y por ello es necesario que pueda ser conducida hasta tierra en caso de avería.

En la figura siguiente se aprecia un contacto de una persona con un aparato a 220 V de tensión y un electrodo que la une a tierra. El cuerpo es atravesado por una corriente de fuga y gracias al valor reducido de la resistencia del conductor a tierra R_j , casi toda la intensidad pasa por este y la intensidad por el paciente no supera los 0,06 mA.

GRAFICO 3.1.8.5.1

Funcionamiento de falla por aislamiento



De acuerdo con la NOM-001-SEDE-2005 en su sección 250-95, el tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95 siguiente.

NOM-001-SEDE-1999 Tabla 250-95.

Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.
Tamaño nominal mm² (AWG o kcmil)

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Cable de cobre	Cable de aluminio
	2,082 (14)	
	3,307 (12)	
	5,26 (10)	
	5,26 (10)	-----
15	5,26 (10)	-----
20	8,367 (8)	-----
30	13,3 (6)	-----
40	21,15 (4)	-----
60	33,62 (2)	13,3 (6)
100	33,62 (2)	21,15 (4)
200	42,41 (1)	33,62 (2)
300	53,48	42,41 (1)
400	(1/0)	53,48 (1/0)
500	67,43	67,43 (2/0)
600	(2/0)	85,01 (3/0)
800	85,01	107,2 (4/0)
1000	(3/0)	126,7 (250)
1200	107,2	177,3 (350)
1600	(4/0)	202,7 (400)
2000	126,7	304 (600)
2500	(250)	304 (600)
3000	177,3	405,37
4000	(350)	(800)
5000	202,7	608 (1200)
6000	(400)	608 (1200)
	253,4	
	(500)	
	354,7	
	(700)	
	405,37	
	(800)	

Nota: Para poder conducir la corriente de falla a tierra los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla 250-51.

Cálculo de distancia máxima del conductor que va del transformador al embarrado de tierra.

Nuestro dispositivo de protección principal del secundario del transformador esta calibrado a 30 Amp, por lo tanto buscamos en la tabla valores y el calibre que se adapta es el del número 10 AWG este cable va de la tierra del transformador al embarrado de tierra.

Checamos cual es la distancia máxima que nos permite el cable con la condición de que esta distancia nos dé un máximo de 0.1 ohms.

Tenemos la siguiente formula general:

$$R = \frac{22.5 \frac{mm^2}{km}}{s(\text{seccion } mm^2)} = \frac{22.5 \frac{mm^2}{km}}{5.2610 mm^2} = 4.4767 \frac{\Omega}{km}$$

Ahora la transformamos la unidad de km a metros:

$$R = \left(4.4767 \frac{\Omega}{KM}\right) \left(\frac{1 km}{1000 m}\right) = 0.0042767 \frac{\Omega}{m}$$

Entonces cual es la distancia mínima para lograr una resistencia de 0.1 Ω

$$0.00427675 \frac{\Omega}{m} = \frac{0.1\Omega}{x} \quad \text{Por lo tanto} \quad x = \frac{0.1}{0.00427\frac{\Omega}{m}} = 23 m$$

Eso quiere decir que no tenemos que excedernos de 23 metros del embarrado de tierra a la toma de tierra del transformador o del embarrado de tierra a las zapatas de conexión a tierra del tablero de aislamiento del quirófano.

Calculo de distancia máxima del conductor para circuitos derivados a barra de tierra y equipotencialidad.

Para cada circuito derivado tenemos una protección de 20 Amp usando la tabla anterior para el dimensionado del cable obtenemos que usaremos el calibre 12 AWG, igualmente desarrollamos las fórmulas para la distancia menor con el fin de obtener máximo 0.1 Ω .

$$R = \frac{22.5 \frac{mm^2}{km}}{s(\text{seccion } mm^2)} = \frac{22.5 \frac{mm^2}{km}}{3.3090 mm^2} = 6.8 \frac{\Omega}{km}$$

Ahora la transformamos la unidad de km a metros:

$$R = \left(6.8 \frac{\Omega}{KM}\right) \left(\frac{1 km}{1000 m}\right) = 0.0068 \frac{\Omega}{m}$$

Entonces cual es la distancia mínima para lograr una resistencia de 0.1 Ω

$$x = \frac{0.1}{0.006\frac{\Omega}{m}} = 14.7 m$$

Eso quiere decir que no tenemos que excedernos de 14.7 metros del embarrado de tierra o equipotencialidad a los receptáculos o aparatos.

Canalización de conductores para tierra y equipotencialidad.

Identificación de conductores. Los conductores de un circuito aislado físicamente deben identificarse como sigue:

1. Conductor aislado físicamente 1 - naranja.
2. Conductor aislado físicamente 2 - café.
3. Para sistemas eléctricos aislados trifásicos, el tercer conductor debe identificarse con el color amarillo.

ARTICULO 345 - TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO SEMIPESADO

Disposiciones generales

345-1. Definición. Un tubo (conduit) metálico tipo semipesado es una canalización metálica, de sección circular, aprobada para la instalación de conductores eléctricos y como conductor de puesta a tierra de equipo cuando se instala con sus accesorios y acoplamientos, aprobados.

345-3. Usos permitidos

- a) Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo semipesado en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier uso. Cuando sea posible, se debe evitar que haya en la instalación metales distintos en contacto para evitar la posibilidad de reacciones galvánicas. Se permite utilizar tubo (conduit) metálico tipo semipesado como conductor de puesta a tierra del equipo

De acuerdo a lo anterior para canalizar a los conductores de equipotencialidad usaremos tubo conduit metálico tipo semipesado del ¼ pulgada.

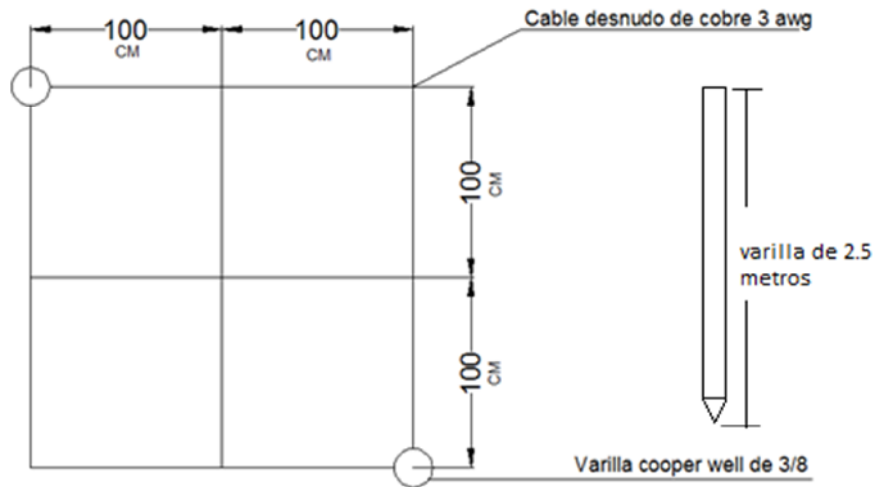
3.1.8.6 Diseño de embarrado de equipotencialidad y puesta a tierra para el quirófano.

Los sistemas de tierra están compuestos principalmente por: conductor, electrodos, conectores y accesorios.

Para el diseño debemos de tomar en cuenta la resistividad del terreno que en este caso estamos hablando de terrenos que anteriormente se usaban para cultivo lo que equivale a una resistividad de $50 \Omega - m$ teniendo en cuenta eso, escogemos un embarrado mallado usando conductor de cobre de 26.67 mm^2 calibre 3 AWG como se indica a continuación:

El embarrado tiene el tamaño de 1m X 1m con dos electrodos en paralelo de longitud de 2.5 m, veremos si es factible por lo que usaremos algunas fórmulas de diseño:

Figura 3.1.8.6.1
Diseño elemental del EQ y el ST.



Longitud de cable total junto con los electrodos que deben cumplir la condición de $L_r > L$.

Dónde:

L_r = longitud total de la red propuesta incluyendo los el tamaño de los electrodos

$L_r = 11m$

L corresponde al diseño preliminar de tierra que indica la longitud mínima del conductor enterrado en metros incluyendo las varillas.

$$L = \frac{km \ ki \ \rho s1 \ Icc \sqrt{t}}{116 + 0.17 \ \rho s2}$$

$$Icc = I \ x \ A \ x \ D$$

Es la corriente eficaz máxima que fluirá de la red en conjunto, hacia la tierra, afectada por el factor de decremento D y el factor de ampliación A .

A = factor de ampliación

D = factor de decremento, depende de la duración de la falla en ciclos escogemos por la norma que 30 o más debido a que el intervalo máximo que deben tener los interruptores será de 0.5 segundos en quirófano.

$$I_{cc} = 40 \times 1 \times 1 = 40 \text{ Amp}$$

$$km = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{3}{4}$$

D = separación entre conductores de malla (m)

h = profundidad a la que se entierra la red (m)

d = diámetro de los conductores que forman la malla

$$km = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{0.5 \text{ m}^2}{16 (0.6)(0.00583 \text{ m})} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{3}{4} = 0.149663$$

Ki = factor de corrección de irregularidades, tomando en cuenta la distribución irregular del flujo de corriente a tierra.

Ki = 1.16

Sustituyendo en:
$$L = \frac{km \ ki \ \rho s1 \ I_{cc} \sqrt{l}}{116 + 0.17 \ \rho s2}$$

$$L = \frac{(0.149663)(1.16)(50 \text{ m})(40) \sqrt{0.5}}{116 + (0.17)(1000 \text{ m})} = 0.858 \text{ m}$$

Por lo tanto se cumple $L_r > L$ (11m > 0.858m) y la red es adecuada.

Ahora calcularemos la resistencia total de nuestra red con la siguiente formula:

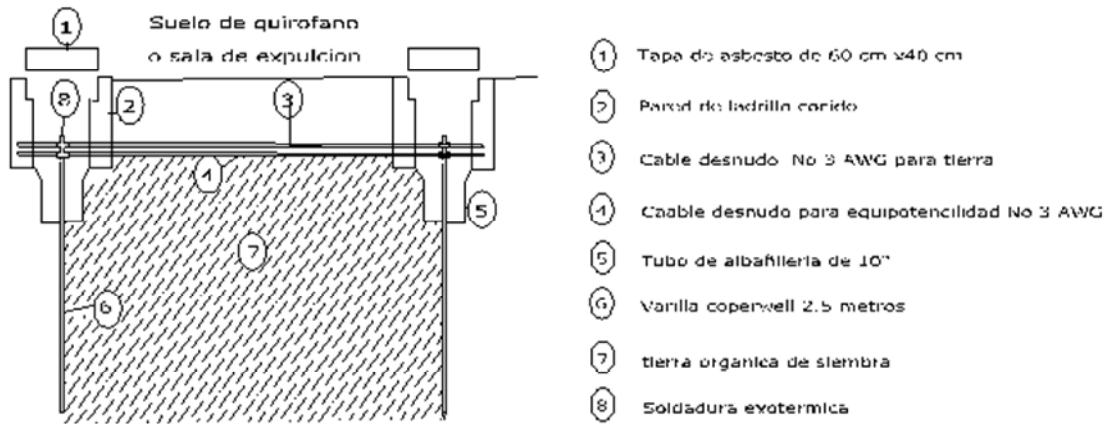
$$R = \frac{\rho s1}{4r} + \frac{\rho s1}{Lr} = 50 \left(\frac{1}{2.2576} + \frac{1}{11} \right) = 26.7$$

Que se encuentra cerca de la norma que dice dicta una resistencia de 25 .

Por tratarse de transformadores de 5 KVA tanto para el sistema del quirófano como para el sistema de la sala de expulsión el sistema de tierra y equipotencialidad quedaran igual para ambos.

La estructura del sistema de tierra se observara a continuación:

FIGURA 3.1.8.6.2
Armado elemental del EQ y el ST.



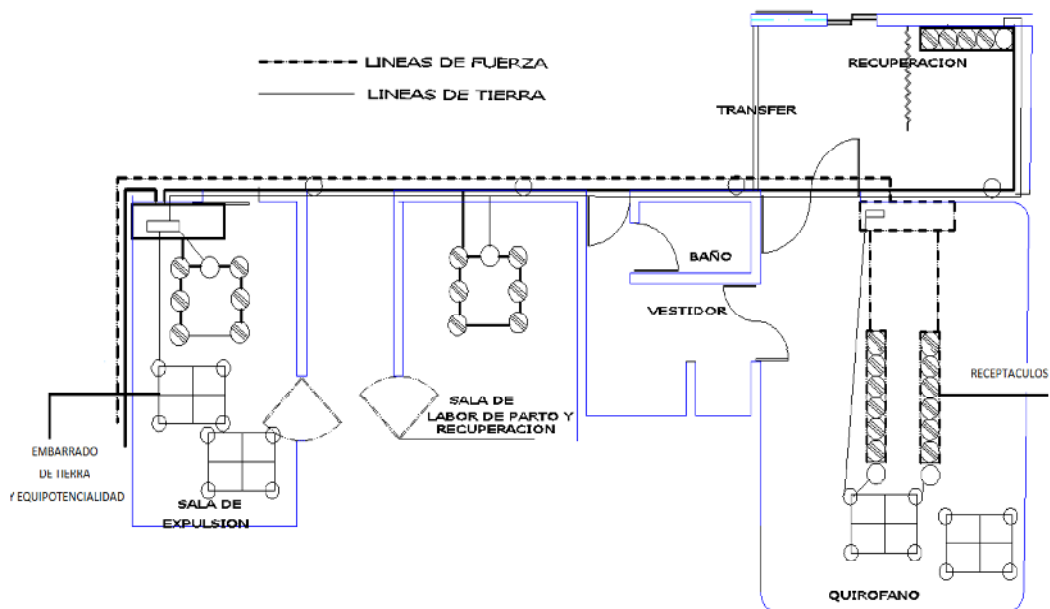
3.1.9 Sala de expulsión, recuperación y parto.

Para estas dos salas, se instalan un total de 6 receptáculos doble en la sala de expulsión, 6 receptáculos doble en la sala de parto y 4 dobles en la sala de recuperación.

De acuerdo a lo anterior se propone un transformador de aislamiento con capacidad nominal de 5 KVA.

El sistema de barra equipotencial y tierra se diseña de manera igual a la del quirófano.

FIGURA 3.1.9.1
Distribución de cargas para las salas especiales y quirófanos.



3.1.10 Tablero para rayos x.

Para un uso futuro pensando en la posterior instalación de un equipo de rayos x, se pondrá en cuenta la carga de un transformador de aislamiento de 15 KVA, marca Schneider Electric el cual tiene las siguientes características:

- Tensión primaria 440 VCA
- Tensión secundaria 240 VCA
- Control mediante micro controlador para alimentar 8 receptáculos de rayos x remotos.
- Interior formado por:
 - 1 Interruptor termomagnético de 2 polos para protección del primario del transformador.
 - 1 Interruptor termomagnético de 80 A, para protección al secundario.
 - 1 Micro controlador de 8 salidas derivadas con una lógica de control de solo 1 a la vez.
 - 1 Monitor de aislamiento de línea (LIM) para monitoreo constante del aislamiento de las Líneas, con alarma audible y visible.
 - 1 Barra de cobre con zapatillas para las conexiones a tierra. Para los derivados se les conecta interruptores de 60 A.
- Transformador de aislamiento con blindaje electrostático.

El tablero recibirá al sistema de Rayos X a través de un receptáculo SXR1A1F con su caja para empotrar SB120804.

a) Alimentación a tablero de Rayos X.

Para alimentar al tablero de rayos X se toman en cuenta los la corriente total que demandara el transformador será de:

$$I_{\text{transx}} = 13 \text{ A.}$$

El cable a utilizar será del calibre 10 Awg que soporta una corriente de 35 A en tubo conduit, la instalación será subterránea de los mismos.

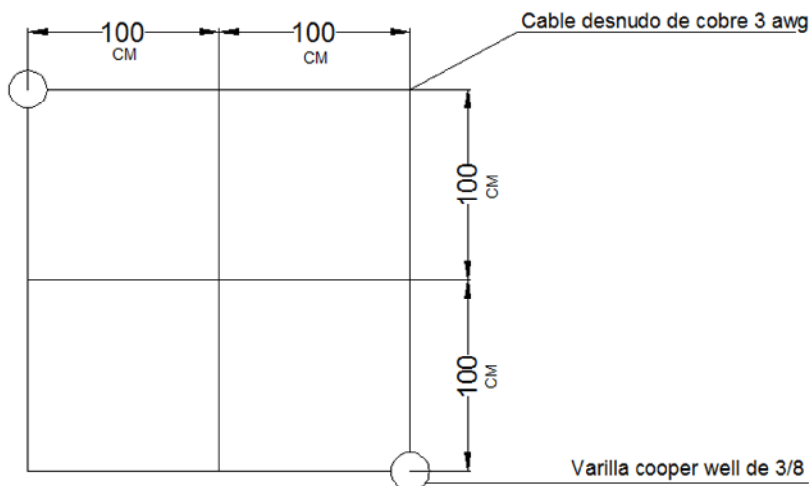
El interruptor principal del primario será del tipo termomagnético de caja moldeada marca Squared marco HDL36015, con gabinete para empotrar NEMA 4R.

Comprobando la caída de tensión con el cable 10 Awg se tiene una caída del 1% lo cual no es aceptable, se escoge cable del 8 cuya caída es de .5%.

Por lo tanto el calibre que alimentara al transformador será del 8 Awg.

b) Diseño de la puesta a tierra para la futura sala de rayos X.

Se propone la siguiente malla, tomando en cuenta que la resistividad del terreno es de 50 $\Omega \cdot \text{m}$, la malla se armara con cable calibre 3 Awg desnudo, y el largo de la varillas es de 2.5 m.



Nuestra red debe de cumplir dos condiciones importantes para que sea óptima su funcionalidad.

$L_r > L$ y $R = 25$ ohms.

El resultado de las ecuaciones son las siguientes:

$L_r = 16.5$ m

$$L = \frac{km \cdot ki \cdot \rho s1 \cdot I_{cc} \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho s2}$$

$I_{cc} = I \cdot A \cdot D$ es la corriente eficaz máxima que fluirá de la red en conjunto, hacia la tierra, afectada por el factor de decremento D y el factor de ampliación A

A = factor de ampliación

D = factor de decremento, depende de la duración de la falla en ciclos escogemos por la norma que 30 o más debido a que el intervalo máximo que deben tener los interruptores será de 0.5 segundos en quirófano.

Por lo tanto $I_{cc} = (62.5) (1)(1) = 62.5$ Amp

$$km = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{3}{4}$$

D = separación entre conductores de malla (m)

h = profundidad a la que se entierra la red (m)

d = diámetro de los conductores que forman la malla

$Km = 0.366$

$$K_i = 1.16$$

Sustituyendo en:

$$L = \frac{km \cdot k_i \cdot \rho_s \cdot I_{cc} \sqrt{t}}{116 + 0.17 \cdot \rho_s^2}$$

$$L = 3.2838 \text{ m}$$

Por lo tanto se cumple $L_r > L$ (16.5 m > 3.2838 m) y la red es adecuada.
Ahora calcularemos la resistencia total de nuestra red con la siguiente formula:

$$R = 25 \text{ ohms}$$

Que se encuentra cerca de la norma que dice dicta una resistencia de 25 .

3.2 DISEÑO DE CIRCUITOS DE FUERZA PARA PLANTA ALTA.

Aquí la carga se aminora considerablemente debido a que el movimiento principal está ubicado en la planta baja y además de que esta zona es para las pacientes en recuperación o descanso.

3.2.1 Circuitos derivados para cuartos de cuidados.

Para el diseño de los circuitos se tomara en cuenta que la norma específica que en cuartos de cuidados debe haber mínimo 4 receptáculos de 180 watts como mínimo. Por lo tanto cada cuarto deberá tener las siguientes especificaciones:

- 6 Receptáculos grado hospital.
- Cada tomacorriente suministrara 1.5 A.

TABLA 3.2.1.1
Carga general de cuartos de cuidado

Espacio	Corriente por cuarto	Corriente Total	Voltaje	Potencia	Protección por cuarto	No. Cable F/N	No Cable tierra/P E
CUARTO 1 a 6	9 A	54 A	127 V	1143 W	15 A	12 AWG	16 AWG

3.2.2 Circuitos derivados de otras áreas de la planta alta.

Para las demás áreas de la planta alta se toman en cuenta las cargas que corresponden al lugar de trabajo, por ejemplo la administración usa equipo de informática entre y se proponen receptáculos para uso general.

Cada área tiene una valorización para el manejo de amperaje en cada receptáculo la siguiente tabla muestra las valorizaciones.

TABLA 3.2.2.1
Resumen general de cargas planta alta.

Lugar de trabajo	No. Receptáculos	V	Corriente instalada	POTENCIA	PROTECCIÓN	No Cable F/N	No Cable T/PE
Bodega	6	127	11 A	1397 W	15 A	12 THW	14 THW
Central enfermeras	4	127	7 A	800 W	10 A	12 THW	14 THW
Administración	6	127	19 A	2413 W	30 A	10 THW	14 THW
Archivo	2	127	10 A	1270 W	15 A	12 THW	14 THW
Aseo	1	127	1.5 A	180 W	10 A	12 THW	14 THW
Vestidor	1	127	1.5 A	180 W		12 THW	14 THW
Ropería	2	127	3 A	360 W		12 THW	14 THW
			53 A				

3.2.3 Alambrado aTGBT.

La siguiente tabla nos ayudara a ver como se alambrara toda la carga de circuitos de fuerza en la planta alta. Todo se concentrara en un centro de carga principal de tres polos (CPPA), el cual repartirá a los centros de carga de cuartos de cuidados y cuartos de servicio.

TABLA 3.2.3.1
Alambrado de CPPA a TGBT.

CARGA EN CPPA				
ÁREA	CORRIENTE TOTAL	FACTOR DEMANDA	CORRIENTE OCUPADA	PROTECCIÓN EN CPPA
CUARTOS DE CUIDADOS	54 A	0.8	43.2 A	50 A
CUARTOS DE SERVICIOS	53 A	1	53 A	70 A
	107 AMP		96.2	
CONDUCTORES HACIA TGBT				
	FASE	NEUTRO	TIERRA	
CENTRO CUARTOS DE CUIDADOS	NO 4 AWGTHW	NO 4 AWGTHW	NO 10 AWG	
CENTRO SERVICIO	NO 4 AWGTHW	NO 4 AWGTHW	NO 10 AWG	

- Factor de demanda igual a 1 para lámparas de uso día y noche
- factor de demanda del 0.5 para lámparas de uso de noche
- factor de demanda es del 0.7 para uso intermitente a todas horas.

De acuerdo a lo anterior y a una serie de cálculos especificados en el capítulo 1 se obtiene una tabla donde concentramos todos los datos arrojados:

TABLA 4.1
Disposición de cargas de alumbrado planta baja.

CIRCUITO DE ALUMBRADO FACE A									
Watts	ESPACIO DE TRABAJO	A*B	H.U	A+B	K	F.U	lux	NO. LUMINARIAS	TIPO LUMINARIAS
108	9 BAÑOS	1.86	2	2.86	0.3 5	0.4 3	200	1 de 36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
270	CONSULTORIO 3	7.95	2	5.68	0.7	0.4 2	1000	3 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
90	ESCALERA SUBE	11.1 8	2	6.9	0.8 1	0.4 3	250	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
135	PASILLO 1	13.7 78	2	9.96	0.6 9	0.3 8	250	3 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
225	PASILLO2	21	2	16.4	0.6 4	0.3 6	200	5 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
45	ANDADOR	9.09 09	2	6.06	0.7 5	0.3 7	200	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
180	RAMPA	6.4	2	5.6	0.5 7	0.3 3	200	4 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
180	ESCALERA 2	14	2	7.5	0.9 3	0.4 6	200	2 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
360	ENTREGA DE MATERIAL	15.8 67	2	7.99	0.7	0.4 2	600	4 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
90	PASILLO QUIRÓFANO	6	2	7	0.4 2	0.5 1	250	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
90	SALA NEONATAL	19.4 95	2	9.07	1.0 749	0.4 6	500	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
1773									
CIRCUITO DE ALUMBRADO FACE C									
Watts	ESPACIO DE TRABAJO	A*B	H.U	A+B	K	F.U	lux	NO. LUMINARIAS	TIPO LUMINARIAS
270	CONSULTORIO 4	7.95	2	5.68	0.7	0.4 2	1000	3 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
180	SALÓN EXPULSIÓN	12	2	7.17	0.8 3	0.8 6	1000	2 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
108	9 BAÑOS	1.86	2	2.86	0.3 5	0.4 3	200	1 de 36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
637	QUIRÓFANO	24.2 82	2	9.96	1.2 3	0.5 4	1000	10 de 1x52 Watts	RETÍCULA DIRECTA
180	RECUPERACIÓN	9.98	2	6.67	0.7 5	0.4 425	1000	4 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
90	2 VESTIDORES	5.1	2	4.7	0.6	0.3	250	1 de 1x36	RETÍCULA

					2	61		Watts	DIRECTA
180	SALA ESPERA	9.52 84	2	6.19	0.7 7	0.4 495	600	4 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
90	SALA NEONATAL	19.4 95	2	9.07	1.0 749	0.4 6	500	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
90	PASILLO OBS	7.24 1	2	6.87	0.5 3	0.3 3	250	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
1825									
CIRCUITO DE ALUMBRADO FASE B									
Watts	ESPACIO DE TRABAJO	A*B	H.U	A+B	K	F.U	lux	NO LUMINARIAS	TIPO LUMINARIAS
108	9 BAÑOS	1.86	2	2.86	0.3 5	0.4 3	200	1 de 36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
90	LAVANDERÍA	8.34	2	5.78	0.7 2	0.4 3	250	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
270	CONSULTORIO 1	7.95	2	5.68	0.7	0.4 2	1000	3 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
270	CONSULTORIO 2	9.3	2	6.1	0.7 6	0.4 4	1000	3 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
45	ASEADO DE RECIÉN NACIDOS	3.74	2	4.37 6	0.4 3	0.2 5	250	1 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
180	PARTO RECUPERACIÓ N	8.95	2	6	0.7 5	0.4 4	1000	2 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
180	RECEPCIÓN	7.5	2	5.5	0.6 8	0.3 8	600	2 de 2x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
495	COCINA	22	2	9.5	1.1 5	0.5 5	700	5 de 2X36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
45	ANDADOR	9.09 09	2	6.06	0.7 5	0.3 7	200	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
90	SALA NEONATAL	19.4 95	2	9.07	1.0 749	0.4 6	500	2 de 1x36 Watts	RETÍCULA DIRECTA
1773									

4.1.1 Comprobación de equilibrio de cargas.

Todo lo anterior se realizó con el fin de equilibrar las cargas.

Organizando las cargas sumando las potencias de todas las lámparas y tomando en cuenta los coeficientes de utilización de las mismas, se hace una repartición de cargas para tres circuitos principales, dos de ellos quedan con potencias de 1773 W y el sobrante de 1825 W.

Como el arreglo de carga se dispondrá en delta, cada fase de nuestro alimentador principal de zona cargara con un grupo de lámparas por lo que debemos checar si el desbalance es grande o pequeño con la siguiente formula, recordando que un desbalance del 5% es aceptable para la carga de un transformador entre sus fases:

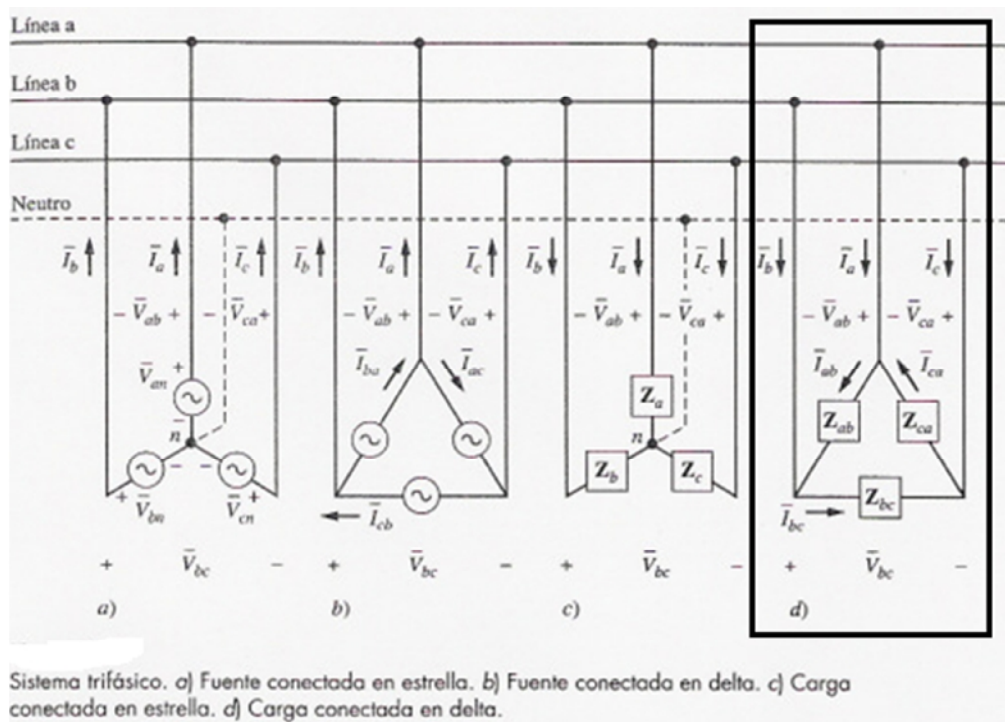
$$\%_{desbalance} = \left(\frac{fase_{mas\ cargada} - fase_{menos\ cargada}}{fase_{mas\ cargada}} \right) (100)$$

$$\%_{desbalance} = \left(\frac{1825 - 1773}{1825} \right) (100) = 2.8\%$$

Por lo tanto es aceptable

4.1.2 Calculo de corriente y de protección de fases.

Partimos de una configuración delta ya que para alimentar nuestras lámparas necesitamos 220 V.



Dos impedancias absorben 1773 W y una 1825 W con un factor de potencia del 0.9.

Para un arreglo delta el voltaje de línea es igual al de fase, pero la corriente de línea es raíz de 3 veces mayor que la de fase.

Tenemos las siguientes formulas:

$$I_L = \sqrt{3}(I_F) \quad I_F = \frac{P}{(0.9)(220v)}$$

Por lo tanto:

$$I_L = \sqrt{3} \left(\frac{P}{(0.9)(220v)} \right)$$

Sustituyendo para cargas de 1773 para fases A y B:

$$I_L = \sqrt{3} \left(\frac{1773 \text{ W}}{(0.9)(220\text{v})} \right) = 15.5 \text{ amp}$$

Sustituyendo para cargas de 1825 para la fase C:

$$I_L = \sqrt{3} \left(\frac{1825 \text{ W}}{(0.9)(220\text{v})} \right) = 16 \text{ amp}$$

Se escoge un interruptor termomagnético de 20 Amp para proteger a las líneas principales del circuito triángulo. Para alimentar al triángulo se escoge cable del No. 10 Awg THW.

$$I_F = 9.2 \text{ amp}$$

Para proteger cada circuito de lámparas se escogen termomagnéticos de 10 A dos polos y para alambrosarlos se toma en cuenta cable no. 12 Awg THW. Para canalizar el cableado del alumbrado se usará tubo conduit tipo pesado de acero galvanizado de ½ pulgada.

4.2 ILUMINACIÓN PLANTA ALTA.

4.2.1 Distribución y comprobación de equilibrio de cargas en cada fase.

En general se usan los mismos términos y fórmulas que se usaron para la planta baja en la planta alta, el balanceo de cargas entre fases por el uso de lámparas de 220 se hace a través de la división de la potencia total en tres circuitos los resultados se muestran en la siguiente tabla.

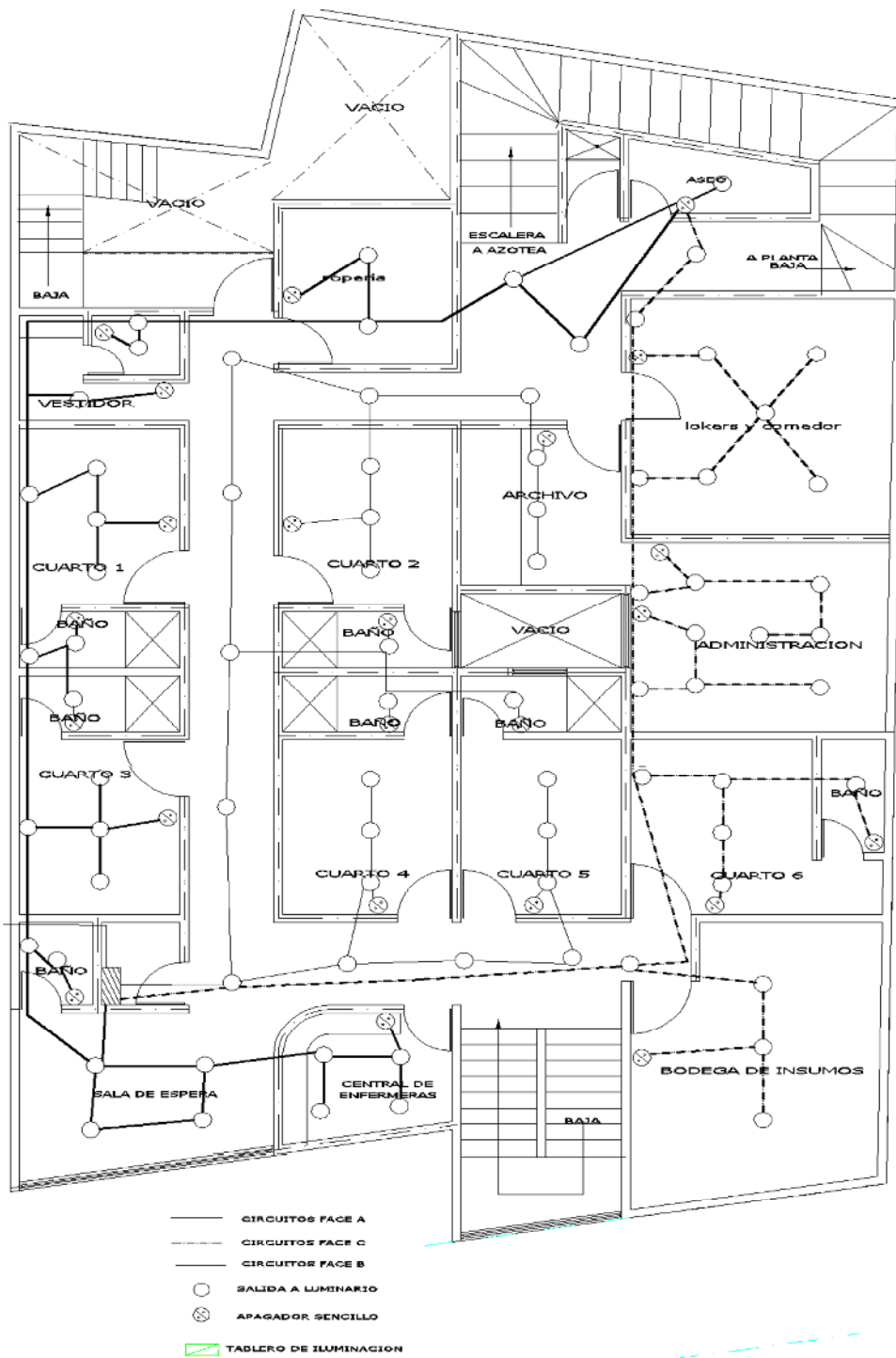
Tabla 4.2.1.1
Disposición de cargas de alumbrado planta alta.

CIRCUITO FASE A								
Lugar de trabajo	A X B	k	lux necesarios	F.U	No. lámparas	potencia	No. Luminarias	No. Cable
Central enfermeras	6.72	0.646	600	0.36	4	36 watts	2 dobles	14 AWG
Sala de espera	9.52	0.77	600	0.45	4	36 watts	2 dobles	14 AWG
Cuarto 1	8.58	0.727	400	0.44	3	36 watts		3 14 AWG
Cuarto 3	8.58	0.727	400	0.44	3	36 watts		3 14 AWG
3 Baños	1.62	0.35	200	0.35	3	36 watts		1 14 AWG
Ropería	8.41	0.725	200	0.44	1	36 watts		1 14 AWG
Vestidor	5.4	0.574	200	0.33	1	36 watts		1 14 AWG
Pasillo planta baja	4.2	0.477	200	0.277	1	36 watts		1 14 AWG
Pasillo comedor	6	0.42	250	0.51	2	36 watts		2 14 AWG
CIRCUITO FASE B								
Lugar de trabajo	A X B	k	lux necesarios	F.U	No. lámparas	potencia	No. Luminarias	No. Cable
Cuarto 6	9	0.75	400	0.443	3	36 watts		3 14 AWG
Bodega	21.7	1.156	250	0.556	3	36 watts		3 14 AWG
1 Baño	1.62	0.35	200	0.35	1	36 watts		1 14 AWG
Administración	14.52	0.942	750	0.465	7	36 watts	4 dobles	14 AWG
Archivo	7.83	0.699	400	0.386	3	36 watts		3 14 AWG
Lokers y comedor	18.9	1.087	400	0.47	5	36 watts	3 dobles	14 AWG
CIRCUITO FASE C								
Lugar de trabajo	A X B	k	lux necesarios	F.U	No. lámparas	potencia	No. Luminarias	No. Cable
Cuarto 2	8.58	0.727	400	0.44	3	36 watts		3 14 AWG
Cuarto 4	8.58	0.727	400	0.44	3	36 watts		3 14 AWG
Cuarto 5	8.58	0.727	400	0.44	3	36 watts		3 14 AWG
Pasillo de cuartos	21	0.64	250	0.366	5	36 watts		5 14 AWG
Pasillo bodega	13.778	0.69	250	0.386	3	36 watts		3 14 AWG
andador comedor	9.0909	0.75	250	0.371	2	36 watts		2 14 AWG
3 Baños	1.62777	0.35	200	0.35	3	36 watts		1 14 AWG

La siguiente tabla muestra el amperaje de línea, la protección y el cable usar

TABLA 4.2.1.2
Distribución de cargas de alumbrado.

Circuito	Potencia	$I_L = \sqrt{3}(U_F)$	Voltaje	Protección	No. Cable
FASE A	792	7	220	12 Amp	12 AWGTHW
FASE B	792	7	220	12 Amp	12 AWGTHW
FASE C	792	7	220	12 Amp	12 AWGTHW



Plano de distribución del sistema de alumbrado planta alta.

CAPITULO 5

CALCULO DE CORTO CIRCUITO Y TIERRAS PARA UN HOSPITAL OBSTETRICIA.

5.1 CALCULO DE CARGA TOTAL, DE CONDUCTORES Y TRANSFORMADOR DE ALIMENTACIÓN.

Para saber el tamaño de cable del alimentador principal se deben tomar en cuenta varios puntos:

- a) Saber el tipo de alimentación que se suministrara.
En este caso el hospital tendrá una alimentación trifásica.
- b) Valorar la carga total y el tipo de alimentación de cada equipo a conectar.
En el hospital tenemos equipos de que se alimentan con voltaje monofásico, lámparas que necesitan voltaje trifásico y motores para bombas que necesitan de igual manera voltaje trifásico.
- c) Dividir las cargas entre las tres fases con el propósito de que la distribución entre las mismas estén equilibradas o al menos tener una tolerancia de 5 % en desequilibrio entre la fase menos cargada y la más cargada. En este caso el desbalance calculado es de 1.06 %.

Tabla 5.1
Cargas por fase utilizando.

FASE A		
Zona de trabajo	Corriente máxima por fase	Corriente máxima de línea
Iluminación externa	6 Amp	
extractor cocina	6 Amp	
Receptáculos cuartos	54 Amp	
Receptáculos servicio	53 Amp	
Dos incubadoras	34 Amp	
Iluminación C-1		15.5 Amp
Iluminación 1		7 Amp
bombas		11 Amp
POTENCIA POR FASE	21316.95 w	

FASE B		
Zona de trabajo	Corriente máxima por fase	Corriente máxima de línea
Cocina y consultorios	85 Amp	
Quirófano	39.37 Amp	
Dos incubadoras	34 Amp	
Iluminación C-2		15.5 Amp
Iluminación 2		7 Amp
bombas		11 Amp
POTENCIA POR FASE	21930.741 w	
FASE C		
Zona de trabajo	Corriente máxima por fase	Corriente máxima de línea
Recepción y lavandería	86.9 Amp	
Sala de expulsión	31.5 Amp	
DOS INCUBADORAS	34 Amp	
Iluminación C-3		16 Amp
Iluminación 3		7 Amp
bombas		11 Amp
POTENCIA POR FASE	21305.52 w	

5.1.1 Cálculo de conductores de alimentación principal, de secundario de transformador a tablero general de baja tensión (TGBT).

Para escoger el calibre del conductor adecuado en nuestra instalación, debemos de tomar en cuenta algo muy importante, el porcentaje de caída de tensión.

Se debe procurar que esta caída de tensión no rebase el 3 por ciento de la tensión suministrada por fase, aquí se toman en cuenta, la resistencia y reactancia de los mismos conductores.

El transformador que alimentara a nuestro edificio tendrá en el primario un arreglo delta y en el secundario un arreglo estrella de 4 conductores.

Empezaremos definiendo por medio de tablas y en base al resultado de corriente máxima de línea de nuestro estudio de cargas por fase en el edificio, la cual es de

191.87 Amp, se hace así ya que el desbalance de la fases en su máxima carga es del 3 %.

- Una corriente de 191.87 AMP con el factor de corrección de 1.25:

$$I_B = 1.25 I_L = 1.25(191.87 \text{ amp}) = 240 \text{ amp}$$

De acuerdo a la corriente de 240 A de tablas para conductores THW se escoge un calibre de 250 Awg THW.

Porcentaje de caída de tensión.

Para sistema trifásico de 4 hilos tenemos la siguiente formula.

Teniendo la corriente de línea del arreglo estrella se obtiene la sección mínima del conductor necesaria para que la caída de voltaje no exceda el 2 %.

$$I_L = 240 \text{ Amp}$$

$$s = \frac{2 \sqrt{3} L I_L}{V_L(e\%)} = \frac{2 \sqrt{3}(50 \text{ m})(240 \text{ amp})}{2(220\text{v})} = 94 \text{ mm}^2$$

Pero de tablas se aprecia que el cable que se aproxima, es de 107mm² que corresponde a un cable No.4/0 AWG.

Ahora se comprueba esta suposición con el método de reactancias:

Para el cable de 4/0 la reactancia correspondiente es de 0.03 $\frac{\Omega}{1000 \text{ ft}}$

Se sabe que 50 m son equivalentes a 164 ft por lo tanto debemos saber cuántos Ω hay en 50 metros lo que nos da 0.00615 Ω de reactancia, pero es necesario obtener la cantidad de Ω resistivos que hay en nuestro conductor de 50 metros y para eso usamos la siguiente formula:

$$e = \sqrt{(Ri)^2 + (Xi)^2}$$

$$R = \frac{\sqrt{(e)^2 - (Xi)^2}}{i}$$

R = resistencia del conductor.

X = reactancia del conductor.

e = caída de voltaje a través del conductor.

i = corriente en el conductor.

$$R = \frac{\sqrt{(2.5)^2 + (0.0065 \times 230)^2}}{230} = 0.00896 \, \Omega$$

0.00896 Ω por 50 metros de conductor.

Buscamos en tablas su equivalente en ft y nos damos cuenta que el resultado nos arrojó un calibre No.4/0 THW. Pero este calibre solo soporta 230 A, en caso de que la carga llegue a su punto crítico de 191.87 A, el cable estaría sometido al 83 % de su capacidad.

Con el fin de que la instalación tenga flexibilidad escogemos un conductor de 250 Awg que soporta una corriente de 255 A, el cual tendría una máxima caída de tensión de 0.4 % y en caso de que toda la carga se accione el conductor trabajaría a un 75 %, un margen aceptable.

Corriente en el neutro.

Para calcular la corriente total en el neutro utilizaremos una fórmula que involucre magnitudes y ángulos de cada corriente, la suma total de los vectores de corriente es la corriente que fluirá en el neutro del arreglo estrella principal.

$$I_N = -(I_A + I_B + I_C)$$

Donde cada una de las corrientes A, B y C se calcula de la siguiente manera:

$$I_A = \frac{V \angle \theta}{Z \angle \phi}$$

Tenemos que hallar el valor de Z utilizando:

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

$$S = \frac{V^2}{Z}$$

Despajando y sustituyendo:

$$S_A = \frac{21316.95W}{0.8} = 26646.19 VA \Leftrightarrow Z_A = \frac{127^2 V^2}{26646.19 VA} = 0.605 \, \Omega$$

$$S_B = \frac{21930.741 W}{0.8} = 27413.43 VA \Leftrightarrow Z_B = \frac{127^2 V^2}{27413.43 VA} = 0.59 \, \Omega$$

$$S_C = \frac{21305.52W}{0.8} = 26631.9 VA \Leftrightarrow Z_C = \frac{127^2 V^2}{26631.9 VA} = 0.606 \, \Omega$$

Podemos representar a cualquiera de las 3 impedancias de las tres fases con el ángulo de 0.8 F.P: $Z_A = 0.605 \angle 36.87^\circ$, $Z_B = 0.59 \angle 36.87^\circ$, $Z_C = 0.606 \angle 36.87^\circ$

Con las respectivas fases: $V_A = 127[90^\circ$, $V_B = 127[-30^\circ$, $V_C = 127[150^\circ$.

$$I_N = -(I_A + I_B + I_C) = -(126 + j167.933 + 84.55 - j197.95 - 208.06 + j25.07)$$

$$I_N = -2.5 + j5 = 5.6[116.56 A$$

Para este conductor lo más importante es soportar todas las corrientes por lo que se escoge para neutro el mismo calibre que para todas las fases 4/0 Awg.

Pero con el cálculo anterior podemos constatar que nuestro arreglo estrella está casi equilibrado y que en casos extremos así lo seguirá estando.

5.1.2 Selección del transformador.

Se llega al punto crucial en donde se combinan varios parámetros y se avalúan las cargas bajo dos criterios diferentes.

- El primero es aplicando factores de simultaneidad a las cargas debido a que no van a funcionar todas al mismo tiempo en la mayor parte del tiempo para ello tomamos valores estándar como 0.8 para alumbrado, 0.5 para receptáculos sin uso específico y 1 para cargas que puedan funcionar al mismo tiempo, esto lo aplicaremos en la tabla 5.1.2 ya que en ella están generalizadas todas las cargas del hospital.
- Y el segundo es que pasaría si la demanda en el hospital llega a su máximo servicio y las cargas trabajan del 90% al 100%, se considera esta opción debido a que en los hospitales se suele elevar la demanda abruptamente.

Por lo tanto considerando las opciones anteriores rescribimos a la tabla 5.1 de balanceo de cargas y queda de la siguiente manera.

Tabla 5.1.2
Cargas por fase utilizando factores de simultaneidad.

FASE A				
ZONA DE TRABAJO	CORRIENTE MÁXIMA POR FASE	CORRIENTE MAX DE LÍNEA	FACTOR DE SIMULTANEIDA D	CORRIENT E REAL
ILUMINACIÓN EXTERNA	6 AMP		0.5	3
EXTRACTOR COCINA	6 AMP		0.8	4.8
CUARTOS DE CUIDADOS	54 AMP		1	54
CUARTOS DE SERVICIO	53 AMP		0.8	42.4
DOS INCUBADORAS	34 AMP		1	34
ILUMINACIÓN C-1		15.5 AMP	0.8	12.4

ILUMINACIÓN 1		7 AMP	0.8	5.6
BOMBAS		11 AMP	0.5	5.5
				161.7
POTENCIA POR FASE	21316.95 W			18482.31 W
FASE B				
ZONA DE TRABAJO	CORRIENTE MAX POR FASE	CORRIENTE MAX DE LÍNEA	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	CORRIENTE REAL
COCINA Y CONSULTORIOS	85 AMP		0.8	68
QUIRÓFANO	39.37 AMP		1	39.37
UNA INCUBADORA	34 AMP		1	34
ILUMINACIÓN C-2		15.5 AMP	0.8	12.4
ILUMINACIÓN 2		7 AMP	0.8	5.6
BOMBAS		11 AMP	0.5	5.5
				164.87
POTENCIA POR FASE	21930.741 W			18848.07 W
FASE C				
ZONA DE TRABAJO	CORRIENTE MAX POR FASE	CORRIENTE MAX DE LÍNEA	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	
RECEPCIÓN Y LAVANDERÍA	86.9 AMP		0.8	69.52
SALA DE EXPULSIÓN	31.5 AMP		1	31.5
DOS INCUBADORAS	34 AMP		1	34
ILUMINACIÓN C-3		16 AMP	0.8	12.8
ILUMINACIÓN 3		7 AMP	0.8	5.6
BOMBAS		11 AMP	0.5	5.5
				158.92
POTENCIA POR FASE	21305.52 W			18162.27 W

Simulando lo anterior se aprecia que la potencia útil varía considerablemente por casi 3000 watts cuando las cargas se modifican con los factores de simultaneidad.

También hay que recordar que los fabricantes recomiendan hacer trabajar al transformador a lo máximo en un régimen del 75 % de su capacidad nominal.

Debemos obtener la potencia total del edificio de lado del secundario, utilizando como referencia la corriente mayor de las tres fases, podemos hacerlo debido a que el desbalanceo con los factores de simultaneidad aplicados es de 3%:

El resultado arrojado nos dice que necesitamos un transformador que nos proporcione 62785.802 KVA pero comercialmente solo encontramos transformadores de 75 KVA.

Pero si la carga llegara a aumentar a su nivel crítico a lo máximo que llegaría es a 73.112 KVA lo que muy rara vez sucederá por lo tanto el transformador calculado de 75KVA es el adecuado para nuestra instalación.

El transformador seleccionado es del tipo seco, tipo AA, delta-estrella voltaje primario de 440, voltaje secundario 220/127, clase 75 KVA. Factor k= 20.

5.1.3 Calculo de conductores de acometida y de alimentadores de empresa proveedora a primario de transformador receptor.

En este caso la carga es un transformador de 75 KVA alimentado a una carga con potencia máxima de 73.112 KVA por una fuente de 440V en conexión delta, para eso deduciremos la corrientes de línea y posteriormente escogeremos el calibre del cable que se utilizara teniendo en cuenta que nuestro cable tendrá una longitud de 30 metros de longitud.

Conociendo la corriente se obtiene un aproximado del conductor que es del calibre del NO.2 Awg THW.

Ahora pasamos este resultado por la ecuación de caída de tensión de 0.5 %.

$$s = \frac{2 \sqrt{3} L I_L}{V_L (e\%)} = \frac{2 \sqrt{3} (30 \text{ m}) (95.934 \text{ A})}{(0.5) 440 \text{ v}} = 45.317 \text{ mm}^2$$

El resultado nos arroja al calibre NO 1/0 lo cual es factible ya que este cable conductor soporta 150 Amp. Pero usando el calibre NO 2 Awg la caída de tensión es igual al 0.7 % lo cual es aceptable por lo tanto se escogerá finalmente el calibre NO 2 Awg THW.

5.1.4 Selección de tableros y centros de carga.

Centros de carga y tableros para planta baja.

Centro de carga para la cocina.

Se selecciona un QOD8F, soporte 100 A con 8 circuitos, se arma con los siguientes termomagnéticos:

4 termomagnéticos de 10 A.

3 termomagnéticos de 15 A

Centro de carga para cuarto de esterilización.

Se selecciona un QOD2F, soporta 50 A con 2 circuitos, con las siguientes termomagnéticos:
2 termomagnéticos de 15 A.

Centro de carga para lavandería.

Se selecciona un QOD6F, soporta 100 A con 6 circuitos, con las siguientes termomagnéticos:
2 termomagnéticos de 15 A.
1 termomagnéticos de 30 A.
1 termomagnéticos de 20 A.

Centro de carga para consultorios.

Se selecciona un QOD4F, soporta 60 A con 4 circuitos, con las siguientes termomagnéticos:
4 termomagnéticos de 10 A.

Centro de carga para recepción.

Se selecciona un QOD2F, soporta 50 A con 2 circuitos, con las siguientes:
1 termomagnético de 20 A.

Tablero de aislamiento para quirófano y sala de expulsión.

El tablero para esta área será de la marca Squard y tendrá las siguientes características:

- Tensión primaria de 120 VCA.
- Tensión secundaria de 12 VCA.
- 1 Interruptor termomagnético de 2 polos para protección del primario del transformador.
- 1 Panel de distribución con capacidad para 16 de circuitos derivados.
- 8 Interruptores de 2 polos 20 A, tipo QOB.
- 1 Monitor de aislamiento de línea (LIM) para monitores constante del aislamiento de las líneas, con alarma audible y visible.
- 1 Barra de cobre con zapatas para las conexiones a tierra.
- Transformador de aislamiento con blindaje electrostático.
- Frente de acero inoxidable con acabado pulido, con puerta abisagrada y cerradura con llave (opcional tipo empotrar o sobreponer).
- Caja para montaje del interior pintada en color gris ANSI 49 (opcional tipo empotrar o sobreponer).

Centro de carga para el circuito de alumbrado de planta baja.

Se escoge un centro de carga QOD3F, con un capacidad de 100 A, a este centro de carga se le montara una protección de 20 A.

CENTROS DE CARGA Y PARA PLANTA ALTA.

Se selecciona un Centro de carga tripolar QOD3S como principal (CPPA).
2 termomagnéticos de 60 A de un polo.

Centro de carga para cuartos de cuidados

Se selecciona un QOD6F, soporta 100 A con 6 circuitos, con las siguientes termomagnéticos:

6 termomagnéticos de 15 A.

Centro de carga para derivados de servicios

Se selecciona un QOD8F, soporta 100 A con 6 circuitos, con las siguientes termomagnéticos:

2 termomagnéticos de 15 A.

1 termomagnéticos de 30 A.

2 termomagnéticos de 10 A.

Centro de carga para el circuito de alumbrado de planta alta.

Se escoge un centro de carga QOD3F, con un capacidad de 100 A, a este centro de carga se le montara una protección de 15 A.

TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN (TGBT).

Para el tablero general de baja tensión se propone un NF304L22F de Squard:

Este tablero es trifásico soporta 100 KA a una tensión de 480 VCA, cuenta con interruptor principal de caja moldeada de alta capacidad interruptiva (65 KA) con posibilidad de ajustar el disparo magnético para protección a corto circuito, JJL36200.

Los interruptores derivados serán los siguientes:

FACE A.

- 4 Termomagnéticos de 15 A, EJB14015.
- 1 Termomagnéticos de 40 A. EJB14040.
- 2 Termomagnéticos de 60 A. EJB14060.
- 1 Termomagnéticos de 20 A, EJB14025.
-

FACE B.

- 2 Termomagnéticos de 15 A, EJB14015.
- 1 Termomagnéticos de 20 A. EJB14020.
- 1 Termomagnéticos de 100 A. EGB14100.
- 1 Termomagnéticos de 40 A. EJB14040.
- 1 Termomagnéticos de 40 A. EJB24040

FACE C.

- 2 Termomagnéticos de 15 A, EJB14015.

- 1 Termomagneticos de 100 A. EGB14100.
- 1 Termomagneticos de 40 A. EJB14040.
- 1 Termomagneticos de 40 A. EJB24040.
- 1 Termomagneticos de 20 A. EJB14020.

5.2 ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO.

En el diseño de instalaciones eléctricas es necesario considerar el comportamiento en condiciones anormales, que se presentan cuando ocurre una falla que provoca un cortocircuito, ya que la corriente de este fluye a través de nuestro sistema eléctrico.

Los valores de las corrientes de cortocircuito tienen diversas aplicaciones como son:

- Determinar las características interruptoras de los elementos de protección y desconexión como son interruptores, fusibles, restauradores, etc.
- Realizar los estudios para la selección y coordinación de los dispositivos de protección contra las corrientes de cortocircuito.
- Hacer los estudios térmicos y dinámicos debido a los efectos de las corrientes de cortocircuito en algunos elementos del sistema como son: barras, conductores, transformadores y tableros.
- Realizar el diseño de la red de tierras entre otros. Cuando ocurre un cortocircuito, se presentan situaciones inconvenientes que se manifiestan con distintos fenómenos:

1. En el punto de falla se presenta un fenómeno de arco eléctrico o fusión de los metales mismos.
2. Las corrientes de cortocircuito fluyen de las fuentes de alimentación hacia el punto de falla.
3. Todos los componentes de la instalación por donde circulan las corrientes de cortocircuito se ven sujetos a esfuerzos térmicos y dinámicos. Estos esfuerzos varían con el cuadrado de la corriente (I^2) y de la duración de la corriente (segundos).
4. Las caídas de voltaje en el sistema están en proporción a la magnitud de la corriente de falla. La caída de voltaje máxima se presenta en el punto donde ocurrió la falla. Los disturbios que se producen al momento de un cortocircuito se deben remover tan rápido como sea posible, para cumplir con esta función, los dispositivos de protección deben tener la capacidad de interrumpir la máxima corriente de cortocircuito que pueda circular en el punto de falla.

El valor de la corriente es independiente de la carga y está relacionado directamente con el tamaño o capacidad de la fuente. Cuando un sistema esta rígidamente

conectado a tierra se obtiene los máximos valores de la corriente de cortocircuito, son los que se deben tomar en cuenta para poder seleccionar las protecciones.

Para el análisis de cortocircuito es importante conocer los elementos que intervienen y de qué manera.

Un sistema eléctrico está constituido por fuentes generadores de energía, elementos de transformación, líneas de transmisión y redes de distribución, así como los elementos de consumo o cargas que se pueden dividir en elementos pasivos (impedancia de transformadores y cables, reactores y resistencias limitadoras) y elementos activos (suministran corriente al cortocircuito) como son: generadores, motores síncronos y motores de inducción.

Elementos pasivos.

Se consideran elementos pasivos o limitadores de las corrientes de cortocircuito los siguientes:

Las impedancias de los transformadores y en general todo tipo de reactores y resistencias limitadoras, así como la impedancia de los cables.

Fuentes de cortocircuito.

Los elementos activos o fuentes de cortocircuito son principalmente los siguientes:

- 1.- Generadores.
- 2.- Motores Síncronos.
- 3.- Motores de inducción.
- 4.- La compañía suministradora de energía eléctrica.

Representación de elementos.

Para el estudio de cortocircuito es necesario tener el diagrama unifilar del sistema a tratar, en el que se representan los elementos que intervienen para el estudio de cortocircuito (tales como fuentes y elementos pasivos, dando hasta donde sea posible sus valores de potencia, voltaje e impedancia).

Las impedancias de los elementos siempre están referidas a tensiones y potencias, denominadas valores de base propia, por lo que es conveniente referirlos a una base común con el objeto que se puedan hacer combinaciones entre ellos, siempre que se requiera conocer su impedancia equivalente.

5.2.1 Tipos de falla y concepto de asimetría.

En los sistemas eléctricos, para los estudios de cortocircuito se consideran los siguientes tipos de falla:

- 1.- corto circuito trifásico.
- 2.- corto circuito entre fases.
- 3.- cortocircuito de fase a tierra.
- 4.- cortocircuito de dos fases a tierra.

Las estadísticas de ocurrencia de fallas, indican que el cortocircuito más común es el monofásico o fase a tierra, representando aproximadamente el 85% del total de las fallas, sus orígenes son diversos.

La falla trifásica es el caso más severo para todo el equipo eléctrico, y es por esta razón que las normas eléctricas establecen que para probar un equipo contra cortocircuito se utilice una falla trifásica, ya que es la única que se considera por ser la que somete a mayor esfuerzo al equipo.

Para las instalaciones industriales, a diferencia de los sistemas de potencia, para determinar la capacidad interruptora de los dispositivos de protección se debe tomar en cuenta la asimetría de la onda de corriente de cortocircuito trifásica, con esto se deduce que la corriente de cortocircuito puede ser alrededor del eje de las abscisas o del tiempo, asimétrica o simétrica.

La simetría o asimetría de la corriente de cortocircuito depende principalmente de los siguientes factores:

- a) El instante en que se produce la falla con relación a la onda del voltaje del sistema.
- b) La relación de la reactancia a la resistencia del sistema en el punto de falla (X/R).

La onda de corriente es asimétrica cuando la falla se produce en el momento en que la onda de voltaje se encuentra en su máximo punto, y es completamente simétrica cuando en el momento de la falla la onda de voltaje pasa por cero.

El efecto de asimetría se manifiesta en un incremento que se da en el valor de corriente de cortocircuito simétrico, expresándose por un factor de asimetría F_{AS} .

$$I_{CCS} = \frac{MVA_{CC}(1000)}{\sqrt{3}(KV_L)}$$

$$I_{CCAS} = I_{CCS} \times F_{AS}$$

Dónde:

$$I_{CCS} = \text{CORTO CIRCUITO SIMETRICO}$$

$$I_{CCAS} = \text{CORTO CIRCUITO ASIMETRICO}$$

F_{AS} = FACTOR DE ASIMETRIA**Expresión de las magnitudes en por ciento (%) y en por unidad (p.u).**

Para empezar a calcular la corriente de corto circuito es muy conveniente que se realicen antes las conversiones de los valores usados en el método a valores por unidad (p.u).

Valores en por unidad (p.u).

Este sistema de expresión de valores es empleado únicamente para acondicionar las magnitudes eléctricas para posteriormente realizar el análisis correspondiente en cantidades más fáciles de manejar.

A continuación se presenta a detalle el procedimiento para desarrollar los cálculos en los sistemas eléctricos de potencia para expresar en "el sistema en por unidad" cualquier cantidad. Se presentan las ecuaciones que permiten obtener los valores en por unidad de magnitudes eléctricas como: tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, resistencia, reactancia e impedancia. Este método es aplicable en general a sistemas monofásicos o trifásicos.

Un valor en por unidad o cualquier cantidad expresada en por unidad, es la relación de esta cantidad entre un valor denominado como base. El resultado se expresa como una cantidad adimensional. La relación se encuentra expresada en la siguiente ecuación.

$$\text{Valor en por unidad} = \frac{\text{valor cualquiera}}{\text{numero base}}$$

Por ejemplo se refieren las tensiones de 100, 115 y 13.8 kV a la base de 115 kV y se expresan en por unidad.

$$\frac{100 \text{ KV}}{115 \text{ KV}} = 0.87 \text{ p.u} \quad \frac{115 \text{ KV}}{115 \text{ KV}} = 1 \text{ p.u} \quad \frac{13.8 \text{ KV}}{115 \text{ KV}} = 1.2 \text{ p.u}$$

Como se puede apreciar una magnitud dividida entre sí misma da como resultado la unidad, por lo cual el resultado de la división realizada es adimensional.

Valores en por ciento (%).

Este método es el normal para el cálculo de cortocircuito en sistemas eléctricos, ya que generalmente las impedancias de los equipos están expresadas en porcentaje. El valor en por ciento de una cantidad es su valor en por unidad (p.u.) multiplicado por cien.

Aplicando este principio a los ejemplos anteriores tenemos que las cantidades en p. u. expresadas en porciento son las mostradas a continuación.

$$0.87 \text{ p.u} \times 100 = 87 \% \quad 1 \text{ p.u} \times 100 = 100\% \quad 1.2 \text{ p.u} \times 100 = 120\%$$

Observando las expresiones anteriores se puede deducir que para obtener los valores de cantidades en por unidad a partir de magnitudes expresadas en porciento, se dividen los valores en porciento entre cien y el resultado se expresa en por unidad.

5.2.3 Calculo de corto circuito por método de MVA'S.

Métodos de cálculo de la corriente de corto circuito. Teniendo lo anterior existen los siguientes métodos para calcular la corriente:

- a) Método porcentual.
- b) Método por unidad.
- c) Método del bus infinito.
- d) Método de componentes simétricas (es el más exacto pero más complejo).
- e) Método de los MVA'S.

Donde no es necesario considerar la resistencia de los elementos que integran el sistema, se puede emplear un método sencillo para calcular la potencia de cortocircuito simétrico en MVA y a partir de este valor calcular la corriente de cortocircuito.

Para utilizar este método se necesitan seguir los siguientes pasos:

1. Convertir la impedancia de los equipos, de las líneas y alimentadores directamente a MVA de cortocircuito mediante las ecuaciones presentadas en la tabla:

Magnitud determinar	a	Ecuación	Descripción variables
Kilo Volts – Amperes		$KVA = \frac{KW}{f.p}$	KVA del equipo KW son los kilowatts del equipo f.p factor de potencia
Mega Volts – Amperes De base		$MVA_S = \frac{KVA}{1000}$	KVA del equipo
Reactancia en por unidad		$X_1(P.U)^{r\%} = (x^{r\%})/100$	Es la reactancia porcentual del equipo
Impedancia en por unidad		$Z_{PU} = \frac{Z\%}{100}$	Z% es el porcentaje de impedancia del equipo
Mega Volts –			

Amperes De corto circuito	$MVA_{CC} = MVA_S / [Z \text{ o } X'']_1 (P.U)$	
Mega Volts – Amperes De corto circuito en CONDUCTORES	$MVA_{CC} = \frac{KV_L^2}{Z}$	Es el voltaje de línea en cada conductor Z es la impedancia del conductor

2. Dibujar dentro de rectángulos o círculos todos los MVA de cortocircuito de equipos, alimentadores y líneas siguiendo el mismo arreglo que éstos tienen en el diagrama unifilar.
3. Sucesivamente combinar los MVA de cortocircuito del sistema hasta encontrar un valor equivalente en el punto de falla.
 - a) Los valores en paralelo se suman directamente.
 - b) Los valores en serie se combinan como si fueran impedancias en paralelo.
4. Calcular la corriente de cortocircuito trifásica, en amperes, para el punto de falla.

Ahora empezaremos por dibujar el diagrama unifilar de nuestro sistema ubicando los puntos donde pondremos las protecciones pues ahí es donde se ubicaran las fallas principales. A la par iremos deduciendo los valores en MVA'S de cada parte de nuestro sistema eléctrico que implica importancia en el cálculo de la corriente de corto circuito.

Valores de MVA'S para transformadores, motor y cable.

Transformador seco de 75 KVA, $Z\% = 6.4$, $V = .48$ KV, Clase A, Delta/Estrella.

$$MVA_S = \frac{KVA}{1000} = \frac{75}{1000} = 0.075$$

$$Z_{PU} = \frac{Z\%}{100} = \frac{6.4}{100} = 0.064$$

$$MVA_{CC} = \frac{0.075}{0.064} = 1.1718$$

Transformador seco de 5 KVA, $Z\% = 3.4$, $V = .12$ KV, Clase A.

$$MVA_S = \frac{KVA}{1000} = \frac{5}{1000} = 0.005$$

$$Z_{PU} = \frac{Z\%}{100} = \frac{3.4}{100} = 0.034$$

$$MVA_{CC} = \frac{0.005}{0.064} = 0.064$$

Motor de 5 HP, $P = 3.730$ KW, $V = .220$ KV, $X'' = 25\%$, $F.P = 0.8$.

$$KVA = \frac{KW}{F.P} = \frac{3.730}{0.8} = 4.6625 \text{ KVA}$$

$$MVA_S = \frac{KVA}{1000} = \frac{4.6625}{1000} = 0.0046625$$

$$X''_{PU} = \frac{X''\%}{100} = 0.25$$

$$MVA_{CC} = \frac{MVA_S}{X''_{PU}} = \frac{0.0046625}{0.25} = 0.01865$$

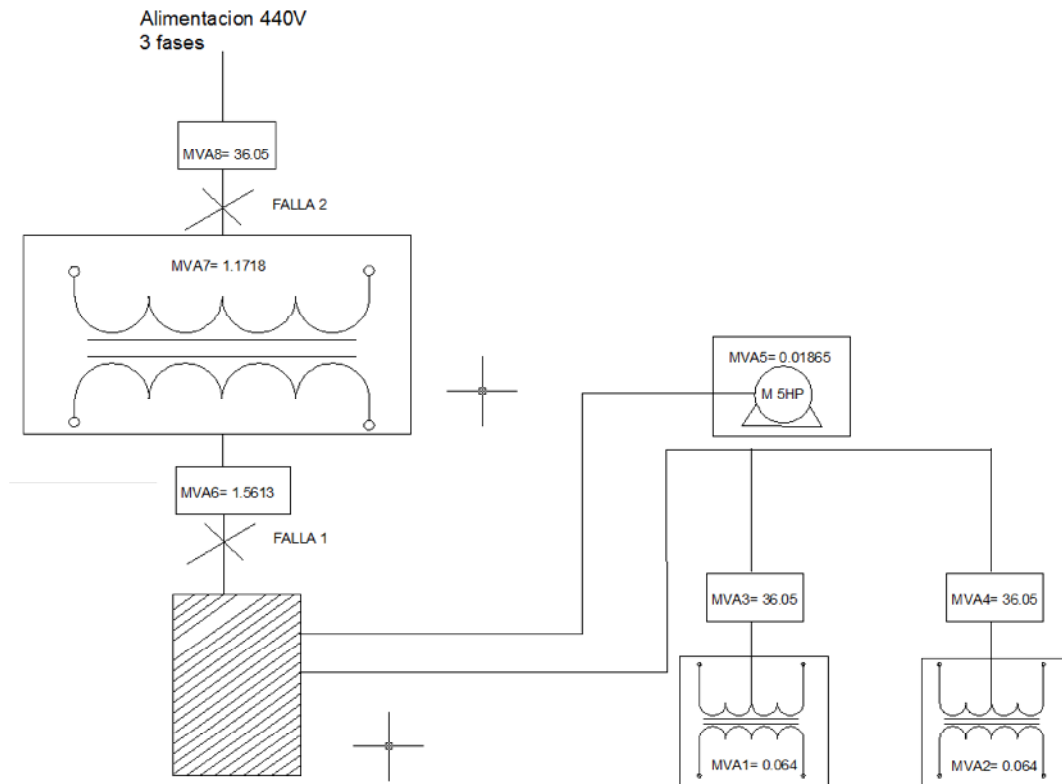
Conductor de cobre 2 AWG para acometida de $V = .480$ KV, $L = 0.03$ Km,
 $Z = 0.213$ ohms/Km, $Z = 0.00639$ ohms.

$$MVA_{CC} = \frac{KV^2}{Z} = \frac{.48^2}{0.00639} = 36.05$$

Conductor de cobre de 250 AWG para alimentación principal de $V = .220$ KV, $L = 0.05$ Km,
 $Z = 0.62$ ohms/Km, $Z = 0.031$ ohms.

$$MVA_{CC} = \frac{KV^2}{Z} = \frac{.22^2}{0.031} = 1.5613$$

Diagrama general para cálculo de falla 1 y falla 2.



Calculo para falla 1.

Primero sumamos los valores de MVA'S de las líneas de los transformadores de 5 KVA del quirófano y la sala de cuidados intensivos, por separado:

$$MVA_{eq1} = \left(\left(\frac{1}{MVA_1} \right) + \left(\frac{1}{MVA_3} \right) \right)^{-1} = 0.0638$$

$$MVA_{eq2} = \left(\left(\frac{1}{MVA_1} \right) + \left(\frac{1}{MVA_3} \right) \right)^{-1} = 0.0638$$

Ahora deduciremos el valor del paralelo formado por las dos líneas:

$$MVA_{eq3} = MVA_{eq2} + MVA_{eq1} = 0.127$$

Calculamos el paralelo entre la línea del motor y la resultante de los transformadores:

$$MVA_{eq4} = \left(\left(\frac{1}{MVA_{eq3}} \right) + \left(\frac{1}{MVA_5} \right) \right)^{-1} = 0.01627$$

Llegamos al punto de la falla uno, solo falta calcular el valor de la impedancia del lado del transformador de 75 KVA:

$$MVA_{eq5} = \left(\left(\frac{1}{MVA_6} \right) + \left(\frac{1}{MVA_7} \right) + \left(\frac{1}{MVA_8} \right) \right)^{-1} = 0.6572$$

Procedemos a encontrar el valor final de la falla:

$$MVA_{falla1} = MVA_{eq4} + MVA_{eq5} = 0.6734$$

Calculando la corriente de corto circuito simétrica.

$$I_{CCS} = \frac{MVA_{falla1} \times 1000}{\sqrt{3}KV} = \frac{0.6734 \times 1000}{1.73 \times .220 KV} = 1.77 KA$$

Una vez obteniendo el total de la corriente simétrica, multiplicamos el resultado por 1.8 como factor de asimetría para determinar la corriente asimétrica.

$$I_{CCAS} = I_{CCS} \times 1.8 = 3.185 KA$$

Para la falla 2.

Retomamos el valor $MVA_{eq4} = 0.01627$

Posteriormente realizamos la suma en serie de los valores de MVA'S del transformador y el conductor:

$$MVA_{eq5} = \left(\left(\frac{1}{MVA_{eq4}} \right) + \left(\frac{1}{MVA_6} \right) + \left(\frac{1}{MVA_7} \right) \right)^{-1} = 0.01588$$

Calculamos el valor de la falla 2:

$$MVA_{falla2} = MVA_8 + MVA_{eq5} = 36.06$$

Calculando la corriente de corto circuito simétrica.

$$I_{CCS} = \frac{MVA_{falla2} \times 1000}{\sqrt{3}KV} = \frac{36.06 \times 1000}{1.73 \times .440 KV} = 43.38 KA$$

Una vez obteniendo el total de la corriente simétrica, multiplicamos el resultado por 1.8 como factor de asimetría para determinar la corriente asimétrica.

$$I_{CCAS} = I_{CCS} \times 1.8 = 85.28 KA$$

Para la protección del primario del transformador tenemos la expresión antes mencionada.

$$I_{PROT} = 1.25\% (I_L)$$

Donde I_L es la corriente valuada en cada fase A, B y C.

Para la protección de sobrecarga se debe realizar lo siguiente:

$$I_{PROT} = 1.25\% (I_L) = 96 (1.25) = 120 A$$

Se escogerá un interruptor de caja moldeada en gabinete a prueba de lluvia. Interruptor HJL36125 dentro del gabinete J250R.

5.3 SISTEMA DE TIERRA.

5.3.1 Propósito de una red de tierra.

La red de tierra constituye un elemento importante de cualquier instalación eléctrica industrial, porque a ella deberán conectarse todas las partes metálicas o dispositivos, así como equipos que deberán permanecer a potencial de tierra ($V=0$), por ejemplo: los pararrayos, los tanques de los transformadores, los tanques de interruptores de potencia, el neutro de la conexión estrella de un generador o de un transformador, los hilos de guarda de líneas de transmisión, los apartar rayos, torres, gabinetes, etc.

Objetivos de la Red de Tierra.

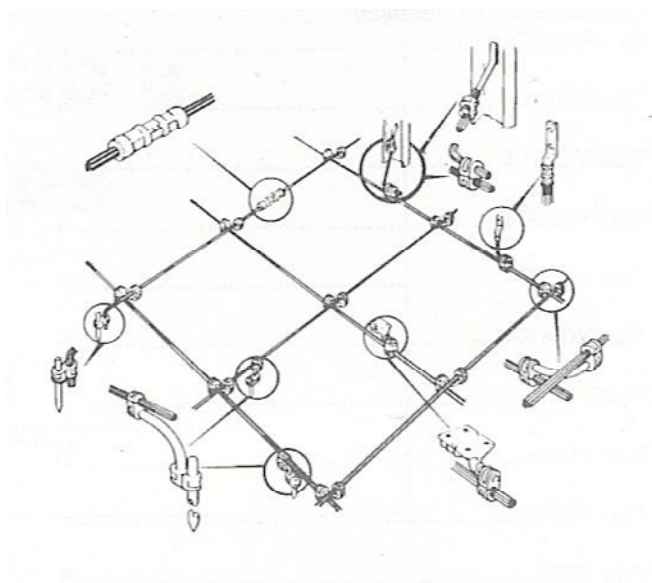
A.- Proporcionar un circuito de muy baja resistencia a la circulación de corrientes de tierra, ya sea que se deban a una falla de corto circuito o a la operación de un pararrayos o apartar rayos.

B.- Evitar que durante la circulación de corrientes de tierras, se puedan producir diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación eléctrica, que

constituyan una condición insegura para el personal, que efectúe labores de operación o de mantenimiento en la instalación mencionada.

C.-Facilitar mediante sistemas de relevadores de protección, la eliminación de fallas a tierra en las instalaciones eléctricas.

D.-Aumentar el grado de confiabilidad y continuidad del servicio de suministro eléctrico en un sistema de potencia, sistema industrial o sistema comercial.



MALLA DE UN SISTEMA DE RED DE TIERRAS, CON UNIONES A COMPRESIÓN.

5.3.2 Configuraciones básicas en sistemas de Tierras y elementos que las constituyen.

Sistema Radial:

Este sistema consiste en uno o varios electrodos a los cuales se conectan las derivaciones de cada equipo o aparato.

Sistema en Anillo:

Este sistema se instala colocando en forma de anillo un cable de cobre de suficiente calibre aproximadamente del calibre 2/0 AWG) alrededor del área ocupadas por la subestación eléctrica o instalación eléctrica de que se trate y conectando las derivaciones a cada aparato mediante un cable de menor calibre.

Realmente es un sistema económico y eficiente y en él se eliminan las grandes distancias de descarga a tierra del sistema radial.

Sistema de Red.

Este es el sistema más utilizado y básicamente consiste en una malla formada por cable de cobre desnudo (aproximadamente del calibre AWG 4/0), conectada a través de los electrodos de tierra a partes más profundas con el fin de encontrar zonas de menor resistividad. Por sus características funcionales es el sistema más eficiente, pero es el de mayor costo comparado con los sistemas anteriormente mencionados.

Elementos de la red de tierra.

Conductores.

Los conductores utilizados en estos sistemas son de cable conductor de cobre de calibres superiores a 4/0 AWG dependiendo del sistema utilizado.

Electrodos.

Los electrodos son las varillas que se clavan en los terrenos con el fin de encontrar zonas más húmedas y por lo tanto abatir la resistividad eléctrica del propio terreno. Pueden fabricarse de varillas de cobre.

Electrodos para pararrayos.

Estos son el conjunto de electrodos que se instalan en la parte más elevada de las estructuras de una subestación, estructura de naves industriales, antenas de telecomunicaciones, edificios, etc., para protección de las descargas de origen atmosférico es decir de los rayos.

Conectores y accesorios.

Son elementos que sirven para enlazar la red de tierras con los electrodos profundos, estructuras, neutros de generadores o de transformadores, etc. Los conectores pueden ser de tres tipos:

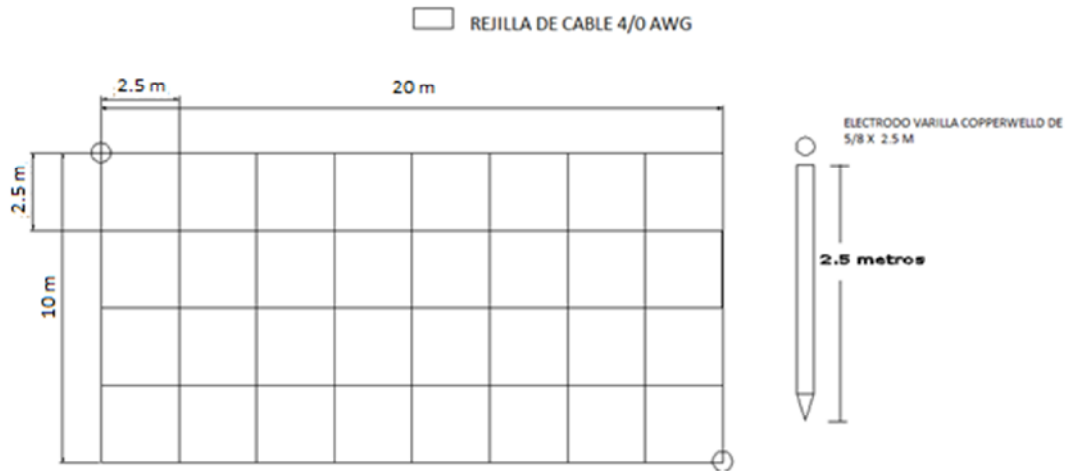
Conectores soldables.

Conectores atornillados.

Conectores a compresión.

5.3.4 Diseño de la red de tierra.

Por norma para un malla principal el cable con el que se diseña es del calibre 4/0 AWG, de esta manera comenzamos a realizar cálculos para ajustar el número de celdas de la malla para conseguir los valores que satisfagan a la ecuación $L_r > L$, a continuación se muestran la malla resultante y el desarrollo de las ecuaciones que nos llevaron a la misma.



Longitud de cable total junto con los electrodos que deben cumplir la condición de $L_r > L$.

Donde L_r = longitud total de la red propuesta incluyendo los el tamaño de los electrodos.

$L_r = 195 \text{ m}$.

L = corresponde al diseño preliminar de tierra que indica la longitud mínima del conductor enterrado en metros incluyendo las varillar.

$$L = \frac{K_m K_i \rho_s I_{cc} \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho_s^2}$$

$I_{cc} = I \cdot A \cdot D$ es la corriente eficaz máxima que fluirá de la red en conjunto, hacia la tierra, afectada por el factor de decremento D y el factor de ampliación A .

A = factor de ampliación.

D = factor de decremento, depende de la duración de la falla en ciclos escogemos por la norma que 30 o más debido a que el intervalo máximo que deben tener los interruptores será de 0.5 segundos en quirófano.

Por lo tanto $I_{cc} = (3185 \text{ A}) (1) (1.8) = 5773 \text{ Amp}$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16 h d} + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3 \times 5 \times 7 \times 9 \times 11 \times 13}{4 \times 6 \times 8 \times 10 \times 12 \times 14} \right)$$

h = profundidad a la que se entierra la red (m).

d = diámetro de los conductores que forman la malla.

$$Km = \frac{1}{\pi}((0.5 \times 4.96) - 0.9) = 0.502$$

Ki = factor de corrección de irregularidades, tomando en cuenta la distribución irregular del flujo de corriente a tierra.

$$Ki = 1.16$$

Sustituyendo:

$$L = \frac{Km Ki \rho s1 Icc \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho s2}$$

$$L = \frac{(0.502)(1.16)(20 - m)(5773)(\sqrt{.5})}{116 + (0.17(1000 - m))} = 166.23108 m$$

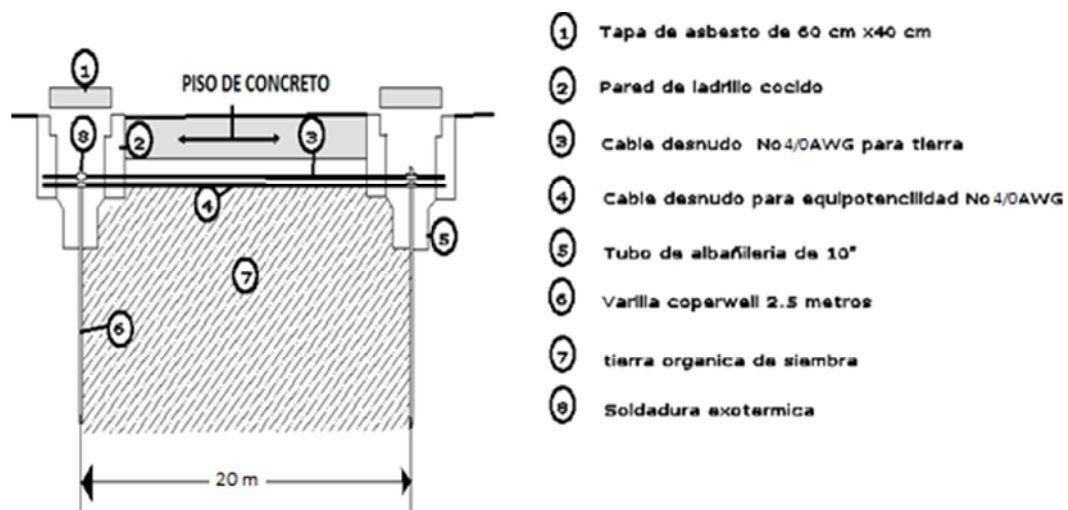
Por lo tanto se cumple $L_r > L$ ($195 m > 166.23 m$) y la red es adecuada.

Ahora calcularemos la resistencia total de nuestra red con la siguiente formula:

$$R = \frac{\rho S1}{4r} + \frac{\rho S1}{Lr} = 20 \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{195} \right) = 2.6 \Omega$$

Que se encuentra cerca por muy debajo la norma, que dice que una resistencia de tierra debe de ser mínimo de 20 Ω .

La estructura del sistema de tierra se verá a continuación:



Material para armado de sistema de tierras.

- **Tubo de concreto de 10".**
- **Cable de cobre desnudo de 4/0 AWG.**
- **Cargas 90.**
- **Molde en horizontal X para unir dos cables.**
- **Molde tipo GY para unir cable de paso avarilla de tierra 5/8.**
- **Conector de compresión de cobre electrolítico tipo YGL-C**
- **Varilla de cobre catalogo 615800**
-

Tablas referencia general.

Tipos de cables.

Tipo	Descripción	Temperatura de operación
TW	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad y a la propagación de incendio.	60
THW	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	75
THW-LS	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor a la propagación de incendio; de emisión reducida de humos y gas ácido.	75
THWN	Conductor con aislamiento de PVC y cubierta de nylon resistente a la humedad, al calor a la propagación de la flama.	75
THHW	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor a la propagación de la flama.	75 en Húmedo 90 en Húmedo
THHW-LS	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor a la propagación de incendio; de emisión reducida de humos y gas ácido.	75 en Húmedo 90 en Húmedo
THHN	Conductor con aislamiento de PVC y cubierta de nylon, para instalarse solo. Resistente al calor y a la propagación de la flama.	90

Tipo	Descripción	Temperatura de operación
XHHW	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLP, resistente a la presencia de agua y al calor.	75 Seco y mojado 90 Seco y mojado
XHHW-2	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLP, resistente a la presencia de agua y al calor.	90 Seco y mojado
RHW	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLP, a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CP sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástico o termo fijo.	75 Seco y mojado
RHW-2	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLP, a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CP sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástico o termo fijo.	90 Seco y mojado
RHH	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLP, a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CP sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástico o termo fijo.	90 Seco y mojado

TABLA CAPACIDAD CONDUCTIVA DE CABLES.

TIPOS THW Y THHW/LS.

CONDUCTOR DESNUDO					Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior Nominal mm	Peso aproximado Kg/100m	Corriente Admisible en Conduit A
Calibre AWG o KCM	Numero de hilos	Diámetro de cada hilos	Diámetro total mm	Área mm ²				
20	19	0.187	0.94	0.52	0.76	2.46	1.1	7
18	19	0.235	1.18	0.82	0.76	2.70	1.3	10
16	19	0.296	1.48	1.31	0.76	3.00	1.8	14
14	19	0.374	1.87	2.08	0.76	3.39	2.8	20
12	19	0.471	2.36	3.3	0.76	3.88	4.2	25
10	19	0.594	2.97	5.26	0.76	4.49	6.1	35
8	19	0.749	3.75	8.37	1.14	6.03	10.2	50
6	19	0.944	4.72	13.3	1.52	7.76	116.5	85
4	19	1.191	5.38	21.1	1.52	8.43	24.5	85
2	19	1.501	7.42	33.6	1.52	10.46	36.5	115
1/0	19	1.89	9.45	53.4	2.03	13.51	58.5	150
2/0	19	2.12	10.64	67.4	2.03	14.7	72.0	175
3/0	19	2.39	11.94	85.1	2.03	16.00	89.5	200
4/0	19	2.68	13.41	107	2.03	17.47	115.5	230
250	37	2.09	14.60	127	2.41	19.42	132.5	255
300	37	2.29	16.00	152	2.41	20.82	157.5	285
350	37	2.47	17.30	177	2.41	22.12	181.5	310
400	37	2.64	18.49	203	2.41	23.31	205.5	335
500	37	2.95	20.65	253	2.41	25.47	254.0	380
750	61	2.81	25.30	380	2.79	30.88	386.5	475
1000	61	3.25	29.30	506	2.79	34.88	520	545

CABLE XLP Y XLPE, TIPO XHHW

Calibre AWG o KCM	Conductor		Peso Kg / Km	Espesor del aislamiento mm	Diámetro exterior Aproximado mm	Peso Aproximado Kg / 100m.	Corriente Admisible (A)*
	Número de alambres	Desnudo Diámetro mm					
14	7	1.85	18.9	0.76	3.70	26	25
12	7	2.34	30.1	0.76	4.16	38	30
10	7	2.94	47.8	0.76	4.77	58	40
8	7	3.69	75.9	1.14	6.27	96	55
6	7	4.65	121	1.14	7.21	145	75
4	7	5.88	192	1.14	8.38	220	130
2	7	7.41	305	1.14	9.85	340	150
1	19	4.18	384	1.40	11.61	445	170
1/0	19	9.45	485	1.40	12.62	512	195
2/0	19	10.65	612	1.40	13.73	670	225
3/0	19	11.95	771	1.40	12.23	837	260
4/0	19	13.40	972	1.40	16.43	1045	290
250	37	14.63	1149	1.65	18.26	1246	320
300	37	16.03	1379	1.65	19.56	1483	350
350	37	17.30	1609	1.65	20.86	1720	380
400	37	18.48	1838	1.65	21.96	1957	430
500	37	20.65	2297	1.65	24.06	2430	475
600	61	22.68	2757	2.03	26.82	2937	535
750	61	25.35	3446	2.03	29.42	3646	535
1000	61	29.25	4595	2.03	33.22	4814	615

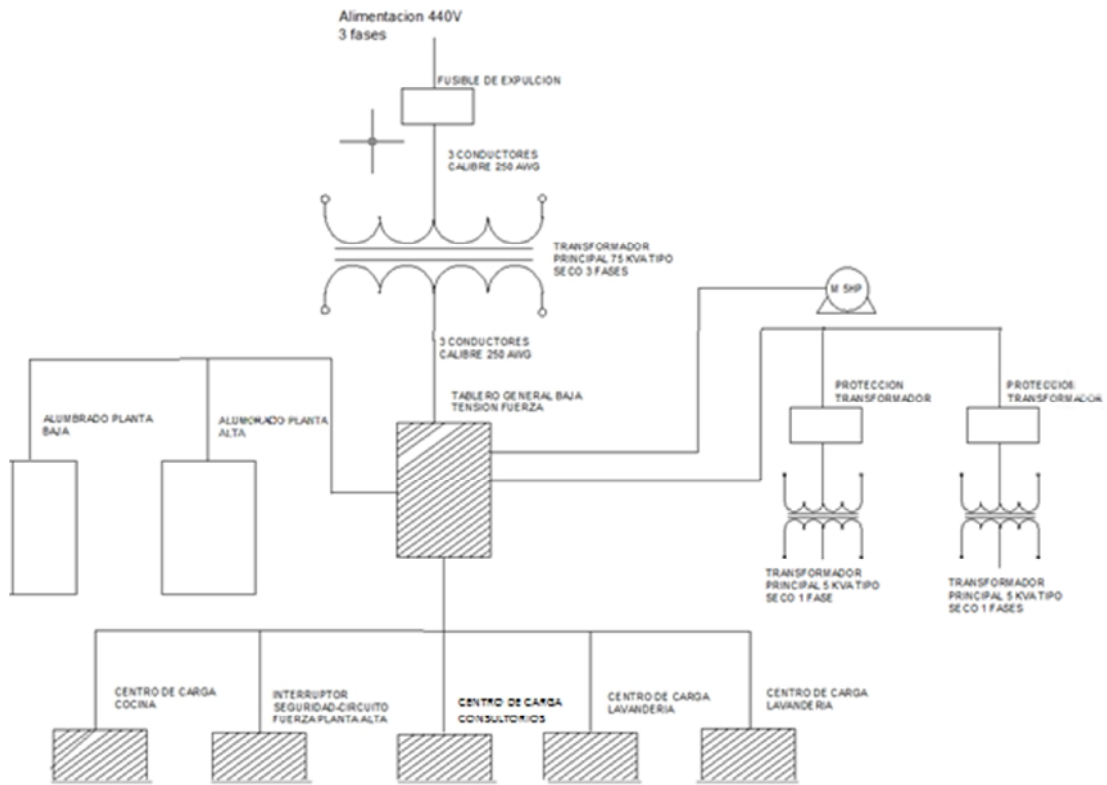
NOM-001-SEDE-1999 Tabla 250-95.

Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

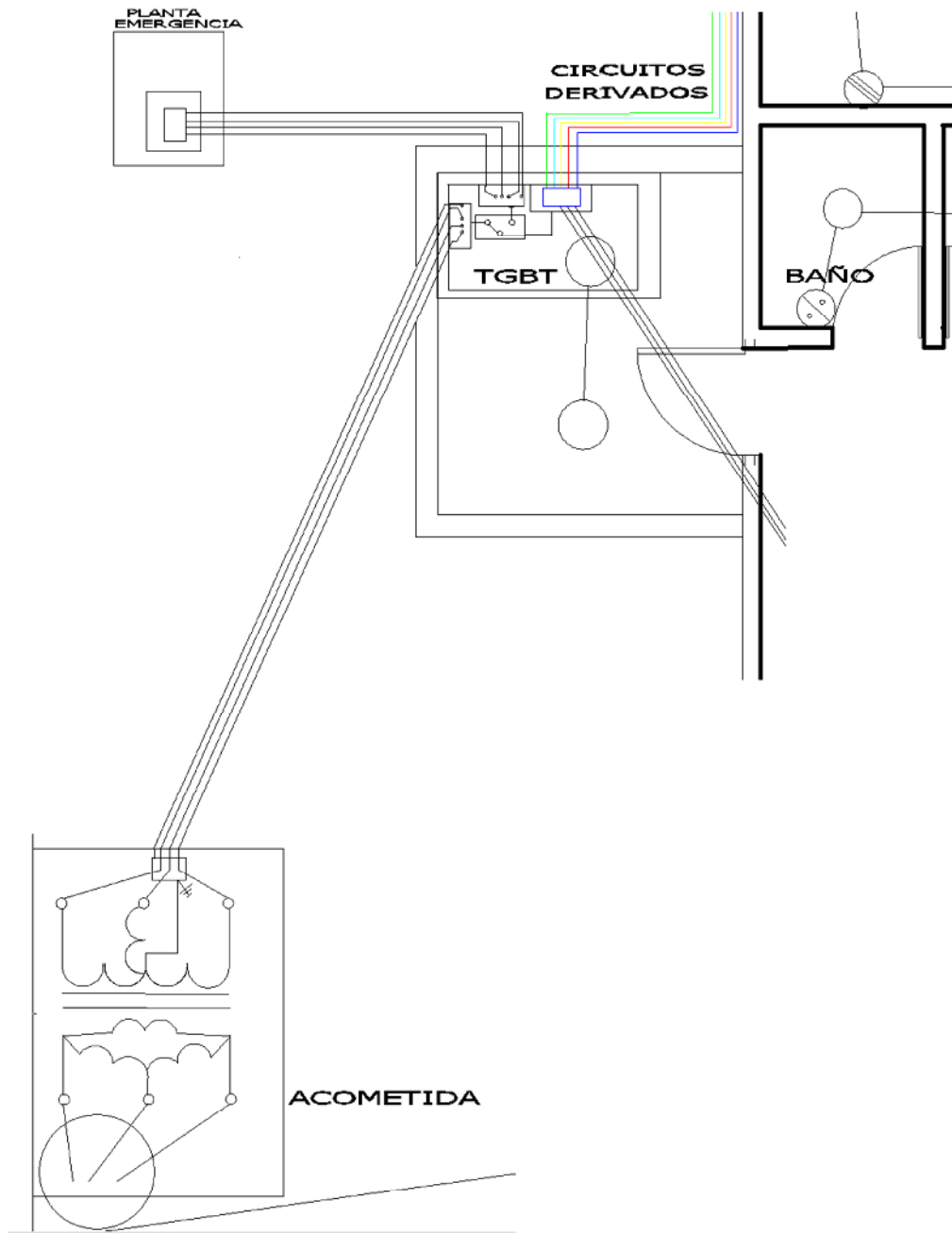
Tamaño nominal mm² (AWG o kcmil)

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Cable de cobre	Cable de aluminio
	2,082 (14)	
	3,307 (12)	
	5,26 (10)	
	5,26 (10)	-----
15	5,26 (10)	-----
20	8,367 (8)	-----
30	13,3 (6)	-----
40	21,15 (4)	-----
60	33,62 (2)	-----
100	33,62 (2)	13,3 (6)
200	42,41 (1)	21,15 (4)
300	53,48	33,62 (2)
400	(1/0)	42,41 (1)
500	67,43	53,48 (1/0)
600	(2/0)	67,43 (2/0)
800	85,01	85,01 (3/0)
1000	(3/0)	107,2 (4/0)
1200	107,2	126,7 (250)
1600	(4/0)	177,3 (350)
2000	126,7	202,7 (400)
2500	(250)	304 (600)
3000	177,3	304 (600)
4000	(350)	405,37 (800)
5000	202,7	608 (1200)
6000	(400)	608 (1200)
	253,4 (500)	
	354,7 (700)	
	405,37 (800)	

DIAGRAMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN.



ESQUEMA DE ACOMETIDA Y ARREGLO AL TGBT Y SISTEMA DE EMERGENCIA.



Sistemas de fuentes de energía de emergencia.

- Para el quirófano y la sala de expulsión se tomaran en cuenta fuentes de respaldo con transferencia automática monofásicos, con una capacidad de 7.5 KVA'S.
- Para la instalación en general, se utilizara una planta de emergencia trifásica regulada con sistema de transferencia

Planta eléctrica marca PLANELEC a diesel
Modelo: 140G5D0410C0600 Tipo de Arranque: Automático

DESCRIPCION	140G5D0410C0600	Características de control:	
Capacidad Servicio Emergencia	110 Kw	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentación • Módulo de mantenimiento • Módulo de alarmas • Control montado en planta • Tablero de Transferencia a base de Interruptor Termomagnético 	
	125 Kva		
Capacidad de Transferencia	250 AMP		
Volts Nominal Generación	220/127 V		
Capacidad Emergencia Hasta	760 MSNM		
			Características Físicas:
Factor de Potencia	0.8		<ul style="list-style-type: none"> • Tanque integrado • Placas "VibraCheck" para amortiguar vibraciones • Interconexión tanque - motor • Silenciador tipo hospital • Batería Integrada a la base
Numero de Fases	3		
Numero de Hilos	4		
Velocidad Angular	1800 RPM		
Modelo del Motor	NTA855G5		
Potencia Motor Hp Emergencia	605		
Capacidad del Tanque Lt.	570		
Dimensiones (L X A X H) cm.	305X107X193		
Peso Aproximado Kg.	3061		
Sistema de Arranque a:	24 V		

CONCLUSIÓN

Es de vital importancia que los ingenieros que sean egresados o los que estén en sus últimos semestres, conozcan el mercado en donde se desenvolverán posteriormente, debido a que el mismo propone un desafío a la hora de escoger equipos para las instalaciones que ellos mismos han diseñado.

Además de conocer un sin número de marcas en el mercado solo por nombre, los ingenieros de campo se deben ocupar en explorar los límites que estas ofrecen para poder proponer alternativas en las instalaciones que se diseñaran, explorando calidad y flexibilidad para ajustar a los equipos con los cálculos realizados.

En este trabajo a la hora de proponer a los equipos: tableros, centros de carga protecciones termomagnéticas, transformadores, etc., se hizo bajo el apego más fiel en los cálculos y especificaciones de los equipos recomendados, para así garantizar el correcto funcionamiento y flexibilidad en el sentido de que en el mercado cada vez van surgiendo innovaciones tecnológicas y otras se van descontinuando, para que a la hora de buscar reemplazo de partes para equipos dañados esta todavía se puedan conseguir.

BIBLIOGRAFÍA

Norma oficial Mexicana Nom001-sede2005

Compendiado 32 de Square-D.
SCHNEIDER ELECTRIC CENTRO AMÉRICA
Marzo del 2010.

Teoría y problemas de circuitos eléctricos.
Joseph A. Edminister, M.S.E.
21 de agosto de 1965.
Schaum. Mc Graw-Hill

Instalaciones industriales.
EnriquezHarper.
Editorial Limusa.
Diciembre del 2005

Apuntes de sistemas de tierras físicas.
Universidad Nacional Autónoma de México.

Catalogo ViakonCondumex.
www.condumex.com

Catalogo CADWELD conexiones eléctricas soldadas.
ERIKO.

Catálogo de Burndy.
Conexiones ponchables y a compresión.

Instalaciones eléctricas comerciales e industriales.
Javier Oropeza Ángeles
Diciembre del 2007.
Schneider Electric México.