



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

SEDE GUADALAJARA

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA
DE LA AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE COMPUTADORAS
PERSONALES DE IBM DE MÉXICO.

LUIS MANUEL DAMY MACHAIN

Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en
Ingeniería Electromecánica con Reconocimiento de Validez
Oficial de Estudios de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según resolución número 00933087 con fecha 29-I-93.

Zapopan, Jal., Octubre de 1996.



54739

270 abcuta



UNION PANAMERICANA
AT AIARA

CLASIF: TE IEM 1996 DAM

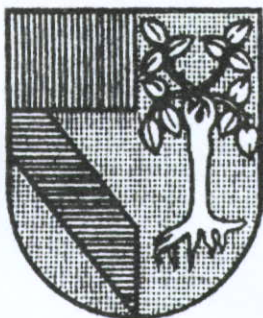
ADQUIS: 54739 y 3

FECHA: 14/09/04

DONATIVO DE _____

\$ _____

Agregar al 47403



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

SEDE GUADALAJARA

**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA
DE LA AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE COMPUTADORAS
PERSONALES DE IBM DE MÉXICO.**

LUIS MANUEL DAMY MACHAIN

Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en
Ingeniería Electromecánica con Reconocimiento de Validez
Oficial de Estudios de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 00933087 con fecha 29-I-93.

Zapopan, Jal., Octubre de 1996.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
SEDE GUADALAJARA

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

LUIS MANUEL DAMY MACHAIN

Presente

En mi calidad de Presidente de la Comisión de Exámenes Profesionales y después de haber analizado el trabajo de titulación en la alternativa tesis titulado **"DISEÑO DE LA INSTALACION ELECTRICA DE LA AMPLIACION Y MODIFICACION DE LA LINEA DE PRODUCCION DE COMPUTADORAS PERSONALES DE IBM DE MEXICO"**, presentado por usted, le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado de Examen Profesional, por lo que deberá entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

Atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Manuel Damy Machain', written over a horizontal line.

EL PRESIDENTE DE LA COMISION

Zapopan, Jal. octubre 17 de 1996



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

SEDE GUADALAJARA

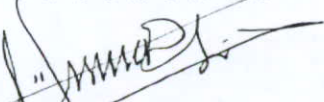
Julio 15 de 1996

COMITE DE EXAMENES PROFESIONALES
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA
UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Hago constar que el alumno: **LUIS MANUEL DAMY MACHAIN**, ha terminado satisfactoriamente el trabajo de tesis titulado: "**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE COMPUTADORAS PERSONALES DE IBM DE MÉXICO**", que presentó para optar por el título de la Licenciatura en Ingeniería Electromecánica.

Se extiende la presente para los fines que convengan al interesado.

A t e n t a m e n t e



ING. MARIO TOVAR LANG
Asesor de Tesis
Escuela de Ingeniería Electromecánica

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la oportunidad de vivir y poder ser lo que ahora soy.

A la Virgen, por que siempre ha sido mi apoyo y guía en todo lo que hago.

A mi Papa Luis Manuel, por enseñarme la importancia del triunfo, su apoyo incondicional, su amor y por ser el mejor ejemplo a seguir. Espero ser como tu, un gran hombre.

A mi Mama Eva Luz, por estar siempre a mi lado, apoyandome en todos los momentos de mi vida con un amor que solo ella me ha podido dar. Espero nunca fallarte.

A mi hermano Pedro, por ser el hermano que siempre quise, quien me ha apoyado y querido a lo largo de mi corta vida. Siempre estaremos unidos.

A mi novia Ale, por el gran cariño que me ha dado, dandome felicidad y apoyo en la busqueda de mis objetivos.

A mi Universidad y maestros que me enseñaron los conocimientos que me ayudarán en mi vida profesional.

A IBM de México, quien me apoyo tanto en el desarrollo de mi Tesis como en la culminación de mis estudios profesionales.

¡ Puedes Si Crees Que Puedes !

LMDT

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA PLANTA	8
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	8
1.2. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	13
1.3. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	13
1.4. SISTEMA DE VOLTAJES DE UTILIZACIÓN	15
1.5. NO-BREAK	15
CAPITULO 2. JUSTIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN	17
2.1. CONCEPTOS BÁSICOS	17
2.2. CÁLCULO DE CARGA	18
2.1.1. Cálculo de Carga en Celdas de Runin.	18
2.1.2. Cálculo de carga para motores.	29
2.1.3. Cálculo de carga del alumbrado.	39
2.1.4. Cálculo de Carga del Aire Acondicionado.	47
2.3. CÁLCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES	59
2.3.1.- Capacidad de conducción de corriente.	62
2.3.2.- Caída de voltaje.	66
2.4. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	69

CAPITULO 3. DUCTERIA	71
3.1. TUBO CONDUIT	71
3.2. DUCTOS	72
3.3. CHAROLAS	75
3.4. FACTOR DE RELLENO	78
3.5. SELECCIÓN	80
CAPITULO 4. CÁLCULO DE SUBESTACION ELÉCTRICA	82
CAPITULO 5. SELECCIÓN DE EQUIPO	88
5.1. PROTECCIÓN ELÉCTRICA	88
5.2. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	89
5.2.1. Fusibles	90
5.2.2. Disparadores de acción directa.	92
5.2.3. Relevadores.	94
5.3. CÁLCULO DE TABLEROS.	96
5.4. CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO	101
5.5. COMPROBACIÓN DEL CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES.	104
5.5.1. CÉLDAS	104
5.5.2. TABLEROS	108
5.6. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS.	111
CAPITULO 6. ASPECTO ECONÓMICO	113
CONCLUSIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	118

INTRODUCCIÓN.

Hoy en día, las empresas en México, para poder desarrollarse en la crisis económica que se ha vivido constantemente a través de los años, han tenido que contar con estrategias competitivas que les permitan poder crecer, exportando, ofreciendo productos con calidad que sean capaces de competir en el mercado mundial. Es por ello que IBM de México es una empresa en constante cambio ya que ella se adapta a las necesidades del mercado modificando sus productos, capacidades instaladas, tecnologías y un sinnúmero de cambios para lograr ser altamente competitivos en su rama de mercado.

Debido a esto, la línea de manufactura de computadoras personales denominadas PSs, ha tenido que cambiar para adaptarse a las necesidades del mercado, a cambios en el proceso de manufactura, etc., para así poder tener el liderazgo en manufactura de computadoras personales. Así, al tener que crecer en la capacidad instalada, se vio la necesidad de cambiar la línea de PSs a otro edificio para cumplir con estas necesidades.

Este trabajo, busca presentar las necesidades eléctricas necesarias para poder cumplir satisfactoriamente con las nuevas demandas de carga de la nueva línea de PSs, tomando en cuenta todas las cargas involucradas en el nuevo proyecto. Se calculó la carga térmica para seleccionar un equipo de Aire acondicionado y la potencia que este demanda. Se hizo un cálculo de las cargas demandadas por los productos que actualmente se producen y prueban dentro de la línea de manufactura para así poder tener un cálculo del equipo lo más apegado a las necesidades reales de la nueva capacidad instalada que se desea.

Además de presentar los cálculos eléctricos, se tiene una descripción de las diferentes necesidades eléctricas dentro de la línea. Se presenta un análisis económico del equipo necesario para la ampliación ya que se necesitan tableros, conductores, ductería, condulets, protecciones, etc., sin tomar en cuenta la subestación ya que con ella se cuenta por estar instalada y lista para recibir a esta nueva carga eléctrica.

La tesis está estructurada en seis capítulos que describen desde la situación actual de la planta, las cargas estimadas del proyecto, aspectos técnicos a considerar para los cálculos, cálculos de los conductores por diferentes métodos, cálculo de número de lámparas necesarias para cumplir con las necesidades de iluminación y la selección de todo el equipo necesario para el proyecto.

CAPITULO 1

DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.

La planta de IBM de México, localizada en El Salto, Jalisco, se encarga de manufacturar entre otros productos, computadoras personales, computadoras portátiles, actuadores, etc.. La tesis se va a concentrar en la línea perteneciente al área de manufactura de computadoras personales.

La línea de manufactura de computadoras personales a la que de ahora en adelante se va a denominar como línea de PSs, ha sufrido grandes cambios desde su inicio ya que ha ido creciendo conforme a la demanda del mercado y ha tenido que modificar varias veces su distribución física o layout.

En los últimos dos años, el crecimiento del área de manufactura de computadoras portátiles o línea de móviles, ha tenido un crecimiento mucho muy grande, por ello su línea de manufactura ha tenido que ir creciendo por lo que ha ido quitándole área a la línea de PSs.

Por estas causas, se construyó un nuevo edificio llamado IDC donde parte de la línea de PSs se ha ido, dando albergue a otros departamentos como el de manufactura de software, empaque de software, reparación de planares y el área principal la cual se utiliza como almacén para los pallets con computadoras listas para embarcar.

Este nuevo edificio del IDC, cuenta ya con la instalación eléctrica, pero está mal distribuida ya que ahí también ha habido modificaciones dentro de la línea y de los diferentes

departamentos existentes. La iluminación que se tiene es del tipo de descarga de gas tanto de vapor de sodio como de vapor de mercurio, teniéndose diferentes tipos de luminarias y estando colocadas a diferentes alturas.

La distribución actual de la línea tiene concentrada a la línea de PSs en dos edificios los cuales se denominarán como: edificio 1 e IDC.

En el edificio 1 se tienen las áreas de:

- Microplugging. Departamento de ensamble de planares para la producción.
- DFC. Cuarto de servidoras de control de la línea.
- Ensamble. Área de ensamble de partes, cuenta con áreas para materiales (materia prima), bancos de ensamble y estaciones de lectura de partes.
- Módulos. Área de pruebas, actualización de BIOS, pruebas iniciales.
- Celdas de runin. Celdas para pruebas exhaustivas de las máquinas de producción.
- Debug. Área de reparación de máquinas en proceso.
- Hi-Pot. Equipo de prueba para las fuentes de poder de las máquinas.

Mientras que en el IDC se encuentran las áreas de:

- Precarga de Software. Celdas donde se precargan programas
- Pruebas de IC. Pruebas finales del producto terminado
- Box Labeling. generación de la etiqueta de la caja.
- Limpieza. Limpieza de la máquina.
- Empaque. Empaque de la máquina con sus accesorios, monitor y publicaciones.
- Recuperación de materiales. Área donde reciben material defectuoso y se encargan de su manejo.
- Manufactura de software. Producción de diskettes para su venta o distribución interna.
- Empaque y almacén de software.
- Almacén de producto terminado. Las máquinas ya paletizadas aquí son almacenadas hasta ser enviadas.

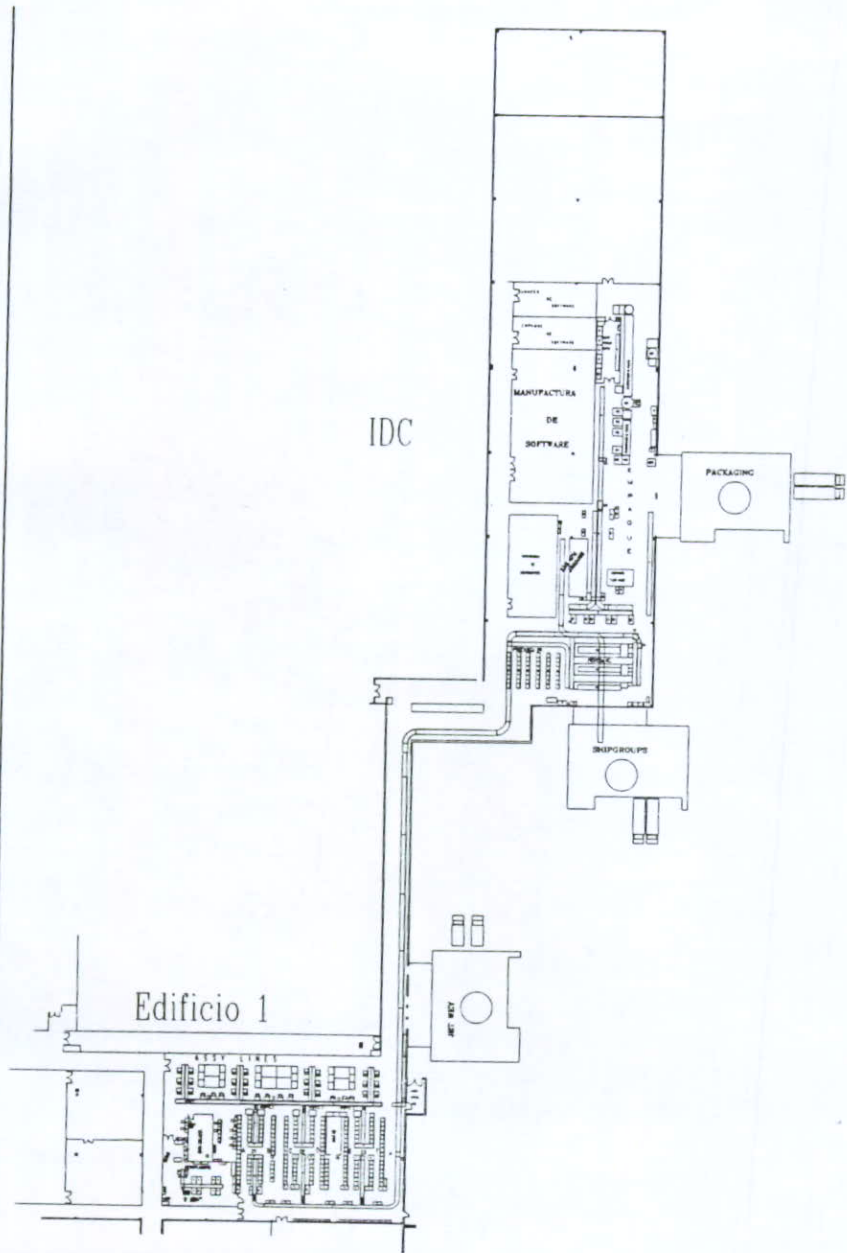


Figura 1.1.- Distribución o Layout actual de la línea de manufactura de PSs.

La línea de PSs está separada por un pasillo cerrado que comunica a ambos edificios y con una banda transportadora para mover las máquinas de un edificio a otro. El layout actual se muestra en el plano de la planta que aparece en la fig. 1.1.

Como se puede apreciar en la fig. 1.1, la línea se encuentra en dos edificios muy separados, a la izquierda del edificio 1 se encuentra la línea de computadoras portátiles, llamada línea de móviles, la cual ha causado los movimientos de PSs a el nuevo edificio, disminuyendo cada vez mas el área ocupada por PSs en el edificio 1.

Actualmente la energía eléctrica de la línea de PSs, es suministrada por dos subestaciones de la planta, así como un No Break de 225 KVA que proporciona servicio tanto a la línea de PSs como a la de móviles.

En la línea son utilizados dos voltajes: 127 y 220 Volts. El voltaje de 220 Volts se utiliza para la iluminación por lámparas de descarga de gas, para el área de Product Sample donde son probadas las máquinas a un voltaje de 220 Volts y para los motores de las bandas transportadoras los cuales son trifásicos.

Debido a todas las modificaciones que se le han hecho a la línea, no se tomaron en cuenta los aumentos que podía tener la línea en su producción, por ello actualmente se tienen mal calculados los interruptores termomagnéticos, ya que estos se disparan con frecuencia debido a que en un soquet muchas veces se conectan multicontactos llegando a conectar hasta seis máquinas provenientes de un solo contacto.

Otro problema que han causado las diferentes ampliaciones, ha sido el No Break ya que éste ha ido dando servicio a cada vez más cargas provenientes de diferentes departamentos dentro de la planta, por ello muchas veces en grandes faltas de suministro de energía, hay máquinas que llegan a perder suministro eléctrico ya que el No Break no es capaz de soportar la totalidad de la carga.

Por ello, más adelante se hará una comparación entre un No Break único para la línea de PSs, un No Break adicional para cumplir con las necesidades o la instalación de pequeños No Breaks a lo largo de la línea.

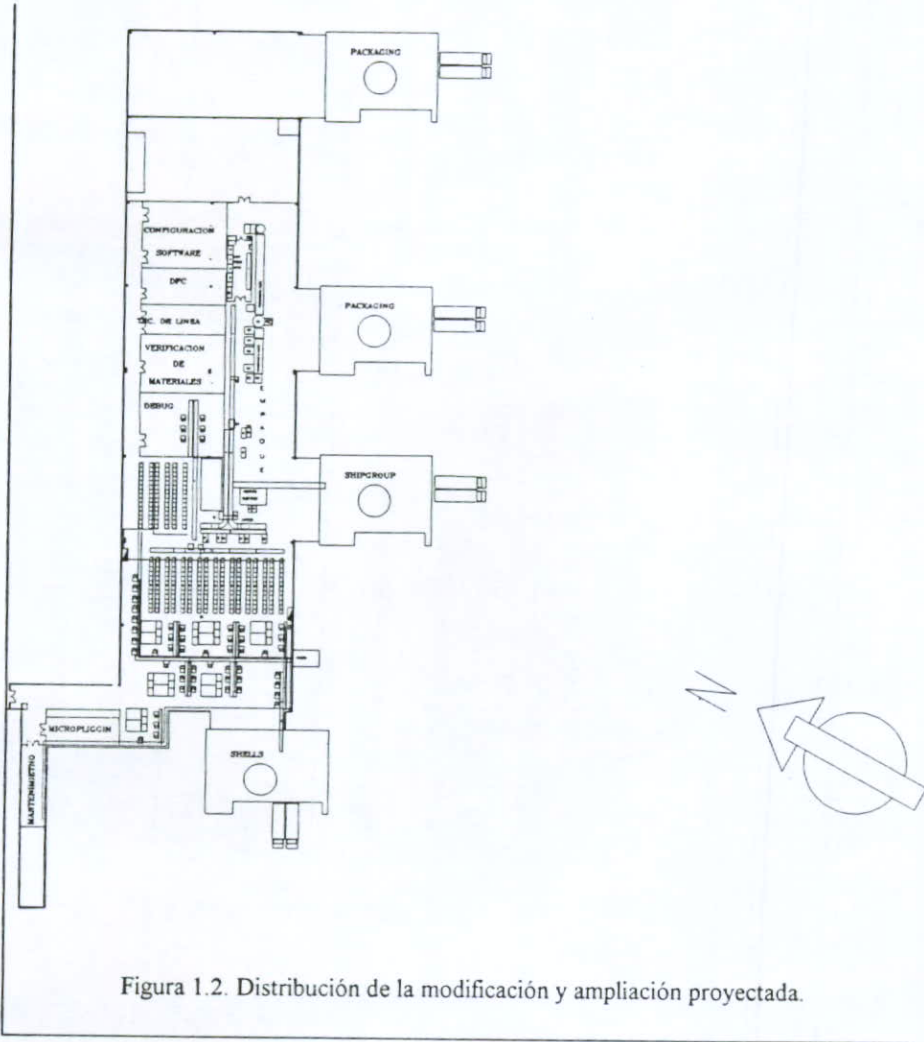


Figura 1.2. Distribución de la modificación y ampliación proyectada.

1.2. SUBESTACION ELÉCTRICA.

Actualmente se provee de energía eléctrica a la línea de PSs por medio de dos subestaciones US1 y US2. La subestación US1 alimenta a los tableros existentes en el edificio del IDC pertenecientes a la línea de PSs. La subestación US2 se encarga de alimentar a los tableros de la línea de PSs localizados en el edificio 1. Las capacidades de ambas subestaciones son:

Subestación US1: 1,000 KVA

Subestación US2: 750 KVA

1.3. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

Para obtener una estimación de la carga utilizada actualmente en el edificio 1 de la línea de PSs, se hizo un registro de las cargas consumidas en los 5 tableros existentes en este edificio. Aunque la carga de la ampliación será muy superior, estos datos sirven como guía para ver los consumos actuales.

Tablero A. PSs		
Interruptor General: 225 Amp		
Tablero tipo NAIB de 42 circuitos.		
Voltaje medido : 213 V	Amperes medidos: 10 Amp	Potencia medida: 2,126 W
Vmax : 223 V	Amax : 38 A	Pmax : 9,195 W
Vmin : 216 V	Amin : 0 A	Pmin : 0
KVAmáx : 11.4		

Tablero E. PSs - NO BREAK		
Interruptor General: 225 Amp		
Tablero tipo NAIB de 42 circuitos.		
Voltaje medido : 213 V	Amperes medidos: 33 Amp	Potencia medida: 6,896 W
Vmax : 224 V	Amax : 300 A	Pmax : 86,151 W
Vmin : 209 V	Amin : 0 A	Pmin : 0
KVAmx : 171		

Tablero F. PSs		
Interruptor General: 100 Amp		
Tablero tipo NQO de 42 circuitos.		
Voltaje medido : 222 V	Amperes medidos: 14 Amp	Potencia medida: 2,825 W
Vmax : 224 V	Amax : 45 A	Pmax : 3,856 W
Vmin : 0 V	Amin : 0 A	Pmin : 0
KVAmx : 17.1		

Tablero G. PSs - DEBUG		
Interruptor General: 225 Amp		
Tablero tipo NQO de 42 circuitos.		
Voltaje medido : 219 V	Amperes medidos: 20 Amp	Potencia medida: 4,130 W
Vmax : 227 V	Amax : 80 A	Pmax : 2,650 W
Vmin : 217 V	Amin : 0 A	Pmin : 0
KVAmx : 14		

Tablero H. PSs		
Interruptor General: 100 Amp		
Tablero tipo NQOD de 42 circuitos.		
Voltaje medido : 220 V	Amperes medidos: 32 Amp	Potencia medida: 6,498 W
Vmax : 230 V	Amax : 110 A	Pmax : 20,611 W
Vmin : 218 V	Amin : 0 A	Pmin : 0
KVAmáx : 22		

Con estos datos se estima una carga consumida actual del edificio 1 de:

122,463 Watts

y 235.5 KVA

1.4. SISTEMA DE VOLTAJES DE UTILIZACIÓN.

En la línea se utilizan dos voltajes, a 127 V y a 220 V. En voltaje a 127 es el más utilizado en la línea ya que la gran mayoría de las cargas empleadas utilizan este voltaje como lo son las computadoras, monitores, lámparas fluorescentes, impresoras, etc.

El voltaje a 220 es utilizado para el alumbrado existente en el IDC y para los motores trifásicos que se encuentran en las bandas transportadoras de la línea. Además de esto se cuenta con una instalación a 220 Volts para el departamento de Product Sample donde son probadas las máquinas con un voltaje de 220 V ya que hay producción de máquinas que son exportadas a países de Latinoamérica donde se utilizan voltajes de 220 Volts.

1.5. NO-BREAK.

Actualmente la línea cuenta con un sistema de No Break general que soporta a gran parte de la línea. Este No Break que en un principio se diseñó para dar servicio a la línea de

PSs, fue dando servicio a la nueva línea de computadoras portátiles y después a la línea de actuadores dentro de la misma planta, es por esto que es importante el correcto cálculo de la nueva carga de la línea para ver si el No Break existente es capaz de soportarla, o ver qué decisiones se deben tomar. Actualmente el No Break no puede abastecer correctamente de energía a la línea de PSs ya que algunas máquinas llegan a apagarse, teniéndose que volver a reiniciar, lo cual implica una gran pérdida de tiempo en el proceso. Aquí se van a seleccionar No Breaks más pequeños, los cuales van a cubrir partes más pequeñas de la línea, con esto aumentará la confiabilidad del sistema anterior, en el cual se dependía de un solo No Break para gran parte de la línea; el cual si llegase a fallar, produciría tiempos muertos en la producción cuando faltase la energía eléctrica y éste fallase también.

CAPITULO 2

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

2.1. CONCEPTOS BÁSICOS.

A continuación se presentan algunos de los conceptos básicos de los diferentes tipos de potencia que existen en cualquier instalación eléctrica. Existen tres conceptos de potencia en electricidad. Estos son: Potencia P, Q y S. Sus fórmulas son las siguientes:

	Sistema 1Ø	Sistema 3Ø	Unidades
Potencia	$P_{1\phi} = V_f I_f \cos\theta$	$P_{3\phi} = 3V_f I_f \cos\theta$	Watts
	$P_{1\phi} = \frac{V_L I_L \cos\theta}{\sqrt{3}}$	$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$	Watts
P Reactiva	$Q_{1\phi} = V_f I_f \sin\theta$	$Q_{3\phi} = 3V_f I_f \sin\theta$	VAR
	$Q_{1\phi} = \frac{V_L I_L \sin\theta}{\sqrt{3}}$	$Q_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L \sin\theta$	VAR
P Aparente	$S_{1\phi} = V_f I_f$	$S_{3\phi} = 3V_f I_f$	VA
	$S_{1\phi} = \frac{V_L I_L}{\sqrt{3}}$	$S_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L$	VA

Donde:

V_f = Voltaje entre fases

I_f = Corriente de fases

V_L = Voltaje de línea

I_L = Corriente de línea

2.2. -CÁLCULO DE CARGAS.

En el proyecto, existen cuatro cargas principales involucradas, estas son:

- Celdas de runin.
- Motores.
- Alumbrado.
- Aire acondicionado.

Estas cargas serán calculadas para poder obtener las necesidades de cada una. Para los tableros eléctricos de distribución, se tendrán tableros independientes para los cuatro tipos de carga, es decir, que no se combinarán estos tipos de carga en los tableros.

Es importante hacer esta administración en los tableros, ya que cargas como las celdas de runin y las estaciones de DFC de la línea necesitan estar conectadas a un No Break o a varios No Breaks que mantengan estas líneas funcionando en caso de una pérdida del suministro eléctrico.

2.1.1.- Cálculo de la carga en celdas de runin.

La carga mas importante dentro de la línea de producción es la causada por las celdas de prueba, también llamadas celdas de runin. Estas se encuentran localizadas a lo largo de la línea, dentro de estas celdas se prueban cada una de las máquinas producidas por la fábrica, por lo que hay que considerarlas para su máxima capacidad. (tabla 2.1)

Tabla 2.1. Celdas de runin/download actuales / proyectadas

	CANTIDAD ACTUAL	POTENCIA DEMANDADA (200W / celda)	CANTIDAD PROYECTADA*	POTENCIA DEMANDADA (200W / celda)
CELDAS DE RUNIN	780	156,000 W	1470	294,000 W
CELDAS DE PRECARGA	225	45,000 W	1470	294,000 W

* Cantidad proyectada tomando en cuenta la propuesta de celdas multitarea runin/precarga.

Para el cálculo de la carga, fué necesaria una medida correcta de la corriente consumida por las computadoras que se fabricaban en la planta. En los datos de placa de la fuente de la mayoría de los modelos producidos, se encontraban valores muy altos de corriente. Por ejemplo en una máquina modelo "Aptiva", se tenían los siguientes valores:

Voltaje de operación	Corriente	Frecuencia
100- 127 V	7 A	50 / 60 Hz
200- 240 V	3.5 A	50 / 60 Hz
POTENCIA DE LA FUENTE: 145 W		

Si analizamos los datos anteriores, podemos corroborar como éstos no coinciden con la potencia de la fuente de poder.

$$P = V \cdot I$$

$$P = 127(7) = 889W$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{200}{127} = 1.575A$$

Se puede ver el cómo si se calcula la potencia a partir de los valores de corriente a 127 V, se obtiene una potencia de 889 Watts la cual es un valor muy grande y poco posible en condiciones normales de operación. Por otro lado al calcular la corriente necesaria para

una potencia de 200W, resulta una corriente de 1.57A, corriente mucho muy inferior a la reportada de 7 Amperes.

Por lo anterior, se tuvo que efectuar una medición de la corriente demandada por una máquina dentro de su ciclo de pruebas. Para ello fue necesaria la utilización de un multímetro de gancho y la adaptación de un cable de poder con sus tres conductores independientes para poder medir la corriente.

El multímetro de gancho puede medir la corriente que lleva un conductor sin tener que conectar el multímetro en serie en el cable, en el multímetro de gancho se posiciona el cable dentro de las dos quijadas de éste y por medio de campo magnético que la corriente genera al pasar a través del conductor mide la corriente. Es importante hacer ver que si se midiesen juntos los cables de la fase y el del neutro, la corriente medida sería de cero. Esto se debe a que las corrientes de estos conductores van en sentidos opuestos, cancelando así el campo magnético de ambas y evitando una correcta medición de la corriente. Es por esto por lo que se tuvo que adaptar un cable con los conductores de Fase, neutro y tierra física separados para así poder hacer las mediciones correctas.

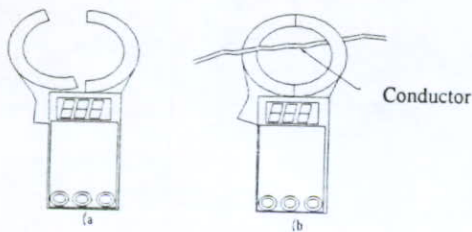


Fig. 2.1. Multímetro de gancho.

Se efectuaron varias mediciones con diferentes modelos de maquinas, arrojando los siguientes resultados.

C.P.U.'s	Corriente demandada
Al arrancar	0.3 A
En funcionamiento	0.1 - 0.2 A

Además de estas pruebas de campo, se lograron efectuar pruebas conjuntas con el laboratorio de pruebas de la planta, donde se obtuvieron resultados distintos a los obtenidos por el multímetro de gancho como el mostrado en la fig. 2.1. En las pruebas efectuadas a una máquina con fuente de 200 Watts, se obtuvo una corriente nominal de 1.6 Amp.. Esta corriente nominal es la corriente consumida por la máquina cuando ésta se encuentra funcionando sin dispositivos adicionales que se pueden instalar a la máquina como, tarjetas fax-modem, tarjetas m-wave, token ring, tarjetas para discos externos, etc. que van a consumir la potencia extra que puede suministrar la fuente de 200 Watts.

En el proyecto se acordó diseñar los calibres de los conductores para que éstos sean capaces de soportar el doble de máquinas de las que se pueden colocar en las celdas. Esta consideración se debe a que se pueden tener casos en los que se colocan carritos con máquinas y se conectan a los interruptores para poner las máquinas a correr runin. Esto ocurre en situaciones críticas en las cuales se tiene que lograr cierta producción en un corto período de tiempo. Por ello, se efectuarán los cálculos para una capacidad por celda tanto de 1.6A como para el doble de 3.2 A, teniéndose 2 interruptores por celda.

En cada celda además de conectarse la maquina o CPU, se va a conectar una tarjeta Xircom. Esta tarjeta necesita una pequeña fuente de poder de la cual va a ir conectada en el socket libre o en serie con el cable de la computadora.

En las celdas actuales se tiene una instalación de sockets muy frágil, ya que estos se encuentran unidos a las celdas por medio de un pequeño tubo conduit con rosca, el cual se une a un condulet tipo FSC2 M donde van a ir los dos conectores. Este tipo de soporte es muy frágil ya que muchos condulets se encuentran sueltos o flojos, y además de proporcionar muy mal aspecto, esta situación puede acarrear problemas con la instalación eléctrica. Estos conectores se unen entre sí por medio de un tubo de acero flexible, y por su parte inferior se unen a través de un tubo conduit y condulets de conexión. El estado actual de los conectores se puede observar en la fig. 2.2.

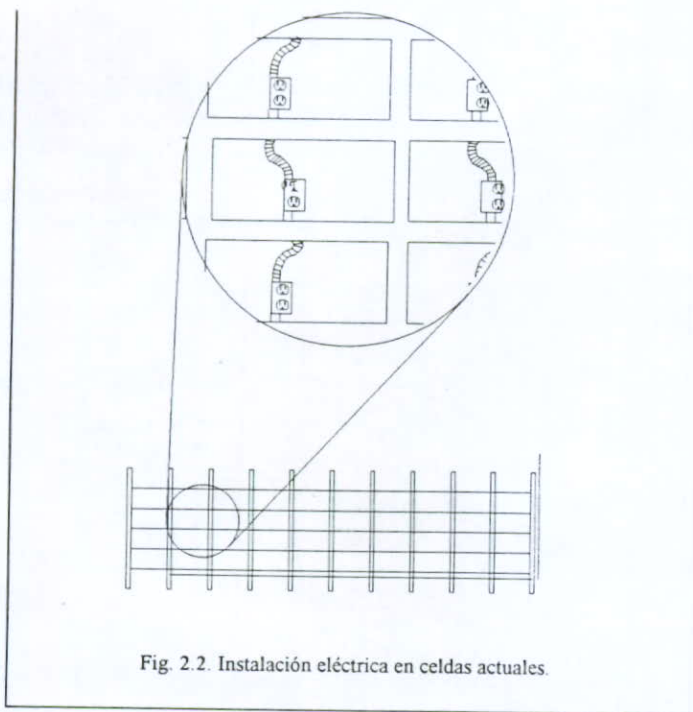


Fig. 2.2. Instalación eléctrica en celdas actuales.

En la nueva instalación se tiene proyectado un mejor diseño, más simple y más resistente que el usado hasta la fecha en las celdas. Este diseño, utiliza tubería conduit de tubo de pared delgada con condulets cuadrados de unión, uniendo la ductería a los muebles

de celdas mediante abrazaderas, logrando así una instalación más uniforme, más vistosa y más resistente que mediante la tubería metálica flexible.

Este diseño se puede apreciar mejor en la fig. 2.3, la cual enfatiza en la instalación de los condulets en los muebles de celdas de runin. El tubo condulet principal, va a ir por la parte inferior del mueble, contando con condulets en forma de T para las subidas de tubo a cada columna de celdas. En un extremo del tubo conduit inferior hay una subida que llegará a los tres metros, donde se utilizará ducto cuadrado para unir la instalación de los diferentes racks instalados.

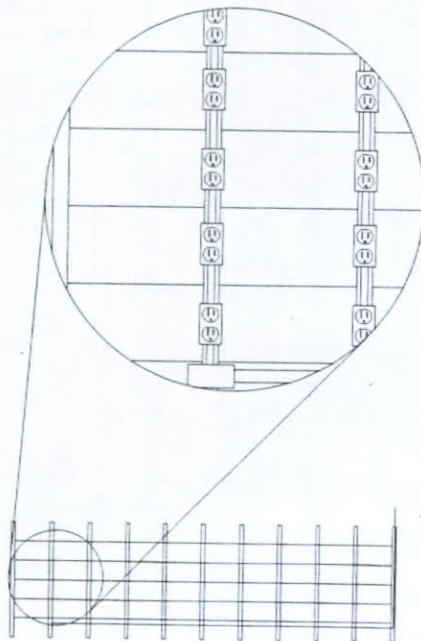


Fig. 2.3. Instalación de tubería conduit en las celdas de runin/download.

La NOM establece una capacidad máxima por circuito eléctrico de 2,500 Watts, es por ello que en el diseño se estableció esta cantidad como máxima. En la instalación actual se tienen circuitos máximos de 1500 Watts. Con los cálculos obtenidos en el campo, se calculó la potencia demandada por las máquinas, calculándola para el doble de máquinas, dándonos una corriente demandada tanto de 3.2 Amp como de 1.6 Amp.

Potencia: $W = P = 127 \text{ V} \cdot (1.6 \text{ A}) = 203.2 \text{ Watts / celda}$

$W = P = 127 \text{ V} \cdot (3.2 \text{ A}) = 406.4 \text{ Watts / celda}$

$$I = \frac{W}{E_n \text{Cos}\theta}$$

Usando 2,500 Watts por circuito.

Caso I: $\frac{2,500 \text{ Watts}}{203.2 \text{ Watts / celda}} = 12.3 \text{ celdas} \therefore \approx 10 \text{ celdas}$

Caso II: $\frac{2,500 \text{ Watts}}{406.4 \text{ Watts / celda}} = 6.15 \text{ celdas} \therefore \approx 5 \text{ celdas}$

Para poder obtener circuitos más uniformes en cuanto a su distribución como se podrá apreciar más adelante, se tomaron 10 y 5 celdas por circuito respectivamente. Con este número de celdas por circuito se obtiene una potencia por circuito de:

10 celdas * (203.2 Watts) = 2,032 Watts por circuito

5 celdas * (406.4 Watts) = 2,032 Watts por circuito

Utilizando un factor de potencia de 0.99 que se tiene actualmente en la línea, se tiene la siguiente corriente demandada por el circuito.

$$I = \frac{2,032 \text{ W}}{(127) \cdot (0.99)} = 16.16 \text{ Amp}$$

Esta será la corriente utilizada en cada circuito de la línea para ser utilizado en las celdas de runin. Como ya se calculó antes, cada circuito va a tener 10 celdas para el caso I y 5 para el caso II. En los racks (conjunto de celdas de runin unidas en un mueble) se tienen dos configuraciones en el proyecto:

- a) 12 celdas de ancho x 5 celdas de alto.
- b) 15 celdas de ancho x 5 celdas de alto.

Para el cálculo de la carga, se tiene considerada una ampliación del número de celdas de runin/download, donde se incrementará la capacidad de producción aumentando el número de celdas. En el layout anterior, se tenían 1005 celdas juntando las de runin con las de precarga, mientras que en el nuevo proyecto que aparece en la fig. 1.2, se tienen proyectadas 1470 celdas (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Número de celdas por tipo de rack.

Tipo de Rack	Número de racks	Número de celdas
12 x 5 celdas	17	1020
15 x 5 celdas	6	450
Totales:	23	1470

Tomando en cuenta este número de celdas, y con los cálculos para la carga demandada por máquina de 203.2 Watts, se pueden tener los cálculos de carga para los

casos I y II para la totalidad de las celdas de runin/download. Estos cálculos se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Carga instalada para casos I y II

Caso	Watts / celda	Numero de celdas	Carga instalada
I	406.4	1470	597,400 Watts
II	203.2	1470	298,704 Watts

Cada celda debe contar con un mínimo de dos sockets con sus tres conexiones de fase, tierra y neutro. Esta alimentación estará dada a un voltaje de 127 Volts, aunque en el área de Debug y Product Sample se deberá contar con alimentación a 220 Volts. Esta alimentación contará con conectores de seguridad en los cuales el cable se asegura al conector por medio de un seguro que se conecta haciendo girar el conector.

Después de hacer el análisis de cargas de celdas, en el caso I de 400 W por celda, se tienen 5 celdas por circuito, dato que nos provoca tener un gran número de circuitos, así como un gran número de tableros para albergar estos circuitos, aumento en el costo, y mayor tiempo de instalación. Debido a estos detractores y a que la causa principal por la que se deseaba dotar las celdas con capacidad para dos CPU's/celda era cuando se tenían picos de producción que se deseaban cumplir conectando un mayor número de máquinas a probar, este caso se abandona para tomar una carga de 200 W por celda y 10 celdas por circuito. Quedando una carga de:

CARGA TOTAL DE CELDAS DE RUNIN/DOWNLOAD = 298,704 Watts

Las máquinas restantes de la línea, llamadas estaciones, van a consumir corrientes similares y para el número de éstas también se van a tomar las mismas consideraciones para

poder soportar un aumento de estaciones en caso de una expansión de producción que amerite este cambio. El cálculo de la carga de las estaciones dentro de la línea entrará en este apartado ya que estas máquinas serán conectadas a los mismos tableros de las celdas de runin, los cuales estarán conectados a un sistema de No Break.

Cada estación de DFC deberá contar con cuatro sockets dentro de dos condulets cuadrados, al igual que en las celdas de runin, estos, van a alimentar a dos computadoras y dos monitores, habiendo en algunas estaciones la posibilidad de tener que alimentar una o dos impresoras, además de tener conectado un ionizador de aire que consume hasta 10 Amp. Por ello, las estaciones cuentan con un multicontacto de 7 sockets conectado a uno de los cuatro sockets de alimentación Todo esto deberá estar conectado al tablero de celdas y estar conectado al No Break.

En la tabla 2.4 se muestran los diferentes bancos de trabajo, estaciones de DFC, escritorios, servidoras, etc., y los aparatos eléctricos que llevan, cubriendo todos a lo largo de la línea según las necesidades de los diferentes tipos de bancos.

De los diferentes tipos de estaciones se estima una carga de 49,720 Watts para el equipo dentro de la línea que va a formar parte de los tableros de celdas. Así con circuitos de 2500 Watts, se tienen varios circuitos por estación. Dependiendo del tipo de estación se van a compartir circuitos entre varias estaciones de poca carga y algunas estaciones como el cuarto de controladoras van a necesitar de varios circuitos para soportar la carga dividiendo las fases para tratar de balancear la carga lo mas eficientemente posible.

Tabla 2.4. Cargas instaladas en los diferentes tipos de estaciones dentro de la línea.

	C.P.U		Monitor		Impresora		Ionizador		Lámpara		Total / Tipo de Estación.
	#	W	#	W	#	W	#	W	#	W	
Estación de ensamble. (7)	7	1400	7	1400			7	700	7	280	3780
Estación de Insp. Visual. (8)	16	3200	16	3200			8	800	8	320	7520
Estación de Debug en la línea (4)	4	800	4	800							1600
Estación de Box Labeling (4)	4	800	4	800	2	800					2400
Banco de trabajo de Ensamble (33)							33	3300	33	1320	4620
Banco. de trabajo de Empaque (8)							8	800	8	320	1120
Banco de coordinador (3)	1	200	1	200							400
Barra de técnicos de línea (1)	7	1400	7	1400							2800
Cuarto de Controladoras (1)	20	4000	20	4000			4	400	4	160	8560
Cuarto de Debug/Repair (1)	9	1800	25	5000			18	1800	10	400	9000
Product Sample (1)	17	3400	17	3400			8	800	8	320	7920
Total de Cargas		17000		20200		800		8600		3120	49,720

2.1.2. Cálculo de carga para motores.

Dentro de la línea se utilizan motores trifásicos para las bandas transportadoras que existen en ella, estas bandas transportadoras se encargan de tres operaciones, la primera es la de mover las máquinas a través de los diferentes procesos dentro de la línea.

Además de utilizarse como medio de transporte de máquinas, también se les utiliza para transportar las charolas vacías en donde viajaban las maquinas del área de empaque donde ya no se les utiliza al área de ensamble donde se vuelven a usar.

Su tercer uso es en bandas destinadas a transportar la basura generada en el área de ensamble, ya que ahí la materia prima (discos duros, planares, drives, etc.) vienen empacadas en pallets de cartón y utilizan una gran cantidad de material, por ello se tiene una banda transportadora localizada exactamente sobre la banda que transporta las computadoras en medio del área de ensamble. Así la basura generada es arrojada sobre la banda, la cual la transporta al exterior del edificio.

En las tres aplicaciones de las bandas utilizadas se utiliza el mismo tipo de transportador, el cual utiliza motores trifásicos de $\frac{1}{2}$ HP conectados a un reductor de velocidad para después ser acoplado con un rodillo que mueve una banda transportadora.

Los motores son considerados Circuitos de Fuerza dentro de una instalación eléctrica. Los motores utilizado son trifásicos a un voltaje de 220 Volts por lo que no es necesario un transformador para obtener algún voltaje especial demandado por ellos.

Para entender mejor el cálculo del sistema de fuerza, es necesario tener los siguientes conceptos:

1.- Corriente nominal de un motor. Se denomina corriente nominal de un motor a la corriente demandada por éste cuando se encuentra trabajando a plena carga, es decir a su potencia nominal.

2.- Corriente de arranque de un motor. La corriente de arranque de un motor es la corriente demandada por éste cuando se pone en operación, es decir al arranque, teniendo un valor considerablemente mayor a la corriente nominal. La corriente de arranque depende de la reactancia del motor (inductiva), que generalmente se designa por las primeras letras del alfabeto.

En el diagrama unifilar mostrado en la figura 2.4, se esquematizan los dispositivos con los que uno o varios motores deben contar para un funcionamiento eficiente así como tener una instalación protegida, dentro del un Centro de Control de Motores (C.C.M.), presentando uno de sus circuitos derivados. Los dispositivos se nombran a continuación y se presenta la fórmula correspondiente para el cálculo de corriente a la que se debe calcular ya sea la protección o el calibre.

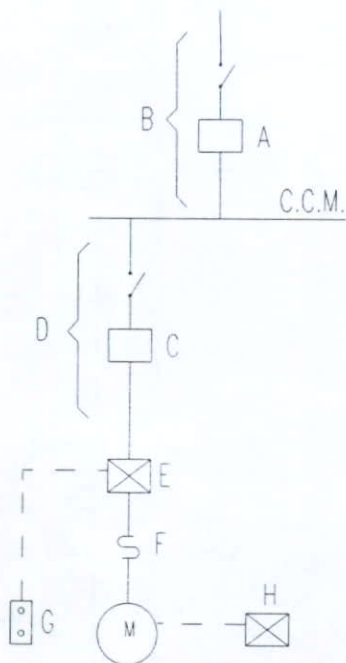


Fig. 2.4. Diagrama unifilar de un Centro de Control de Motores y sus circuitos derivados.

A) Conductores alimentadores del CCM. Se calcula el calibre a utilizar con la siguiente corriente:

$$I = 1.25 I_{pc} (\text{Motor Mayor}) + \sum I_{pc} (\text{otros motores})$$

B) Medio de desconexión y protección del alimentador. Aquí van los fusibles o interruptores termomagnéticos. Estas protecciones tienen como objetivo proteger al conductor contra una sobrecarga. Se debe calcular para una corriente que tome en cuenta la corriente de arranque del motor mayor más la suma de las corrientes nominales de los otros motores.

$$I = I_{\text{arranque}} (\text{Motor Mayor}) + \sum I_{pc} (\text{otros motores})$$

Donde: I = Corriente para seleccionar la protección del alimentador.
 I_{pc} = Corriente a plena carga de motores (corriente nominal).

C) Circuito derivado del motor. Los conductores que alimentan a cada motor de la instalación, reciben el nombre de circuito derivado y van desde el tablero de distribución o del alimentador a cada motor. Estos conductores se calculan para una sobrecarga del 25%, calculándose el calibre del circuito con la siguiente corriente:

$$I = 1.25 I_{pc} \text{ del motor}$$

Donde: I = Corriente del circuito derivado.
 I_{pc} = Corriente a plena carga del motor.

D) Medios de desconexión y protección del circuito derivado. La protección del circuito derivado se hace por medio de fusibles y se debe calcular para una corriente que puede ser la de arranque o una corriente de corto circuito. El objeto de esta protección es el de proteger al conductor, no al motor y debe de permitir el arranque del motor sin que se abra el circuito. Se selecciona de acuerdo con tablas proporcionadas por fabricantes La protección se calcula con la I según la tabla 430-152 del la Norma NOM-001-SEMP-1994)

El medio de desconexión, tiene por objeto aislar el motor del circuito derivado con el fin de poder hacer ajustes o reparaciones en el motor sin peligro alguno. Este desconector consiste en un interruptor de navajas capaz de soportar la corriente mínima.

$$I = 1.15 I_{pc} \text{ del motor}$$

E) Control del motor. Se denomina control del motor al dispositivo eléctrico que sirve para arrancar, controlar, o parar la operación del motor. Este aparato depende del tipo de motor; puede ser un simple interruptor de navajas, un desconector manual o automático con

resistencias o reactancias que se ponen en serie cuando arranca el motor para luego desconectarse. Se clasifica su tamaño en la NEMA según la tabla 3.12

El desconector puede estar dotado de un autotransformador que se conecta en el arranque para arrancar a voltaje reducido y se desconecta cuando el motor ya ha alcanzado su velocidad nominal quedando el motor a voltaje pleno. La resistencia y reactancia del autotransformador tiene por objeto limitar la corriente de arranque del motor, a fin de que no existan caídas de voltaje en la línea cuando arranquen motores eléctricos de gran capacidad.

F) Protección contra sobrecargas del motor. La protección del motor tiene por objeto proteger al motor contra sobrecargas. Para evitar que el motor se sobrecaliente permitiéndose al motor solamente una sobrecarga del 25% de manera que la protección del motor se selecciona para una corriente un 25% de la corriente nominal.

$$I = 1.25 I_{pc} \text{ del motor}$$

G) Estación de botones para arranque y paro del motor.

H) Control secundario del motor. Este se utiliza en motores de rotor devanado y consiste en un reóstato que se conecta al devanado del rotor por medio de anillos rozantes. Al arrancar el motor se ponen todas las resistencias en serie y se va decreciendo poco a poco hasta que el motor adquiere su velocidad nominal. Con esto se logra que el motor arranque con corrientes relativamente bajas.

Para calcular la corriente a plena carga I del motor, ésta se puede seleccionar en la tabla 2.5 donde se obtiene en función de la potencia en caballos de fuerza y el voltaje al que se encuentra trabajando el motor.

Tabla 2.5. Intensidad de corriente a plena carga, para motores de C.A. trifásicos.

CV	Motor de inducción jaula de ardilla y rotor devanado					Motor sincrónico Factor de potencia = 1			
	110 V	220 V	440 V	550 V	2300 V	220 V	440 V	550 V	2300 V
1/2	4	2	1	0.8					
3/4	5.6	2.8	1.4	1.1					
1	7	3.5	1.8	1.4					
1 1/2	10	5	2.5	2.0					
2	13	6.5	3.3	2.6					
3	-	9	4.5	4					
5	-	15	7.5	6					
7 1/2	-	22	11	9					
10	-	27	14	11					
15	-	40	20	16					
20	-	52	26	21					
25	-	64	32	26	7	54	27	22	5.4
30	-	78	39	31	8.5	65	33	26	6.5
40	-	104	52	41	10.5	86	43	35	8
50	-	125	63	50	13	108	54	44	10
60	-	150	75	60	16	128	64	51	12
75	-	185	93	74	19	161	81	65	15
100	-	246	123	98	25	211	106	85	20
125	-	310	155	124	31	264	132	106	25
150	-	360	180	144	37	-	158	127	30
200	-	480	240	192	48	-	210	168	40

Los valores de la tabla 2.5, para intensidades de corriente a plena carga de motores de 208 y 200 V, debe incrementarse la intensidad de corriente a plena carga correspondiente al motor de 220 V en un 6 y 10 % respectivamente.

Los valores de intensidad de corriente a plena carga de la tabla 2.5, se refieren a motores que giren a velocidades standard para motores con correa y motores con características normales de par resistente. Los motores contruidos para velocidades especialmente bajas o para pares resistentes especialmente grandes, pueden requerir más intensidad de corriente, en cuyo caso será necesario emplear la corriente de régimen de la placa indicadora.

En motores sincrónicos con factores de potencia menores a la unidad como del 90 y 80%, las cifras de la tabla deben multiplicarse por 1.10 y 1.25 respectivamente.

Los motores que se utilizan en el proyecto se encuentran principalmente en los diferentes tipos de bandas transportadoras, los cuales tienen un bajo factor de utilización ya que éstas no se encuentran funcionando con frecuencia. Además de éstos se encuentran las bandas destinadas a mover los pallets, las cuales tienen que mover una carga mayor por lo que son de un mayor tamaño.

En las dos máquinas palletizadoras se emplean motores de CD para el palletizado y para mover los pallets dentro de la máquina.

Los motores empleados en las diferentes bandas transportadoras para CPU's son los mismos, y estos tienen los siguientes datos de placa:

Potencia : ½ HP	Velocidad: 1,725 r.p.m.	Tipo : P
Voltajes de funcionamiento:	208 - 230 / 460 - 480	
Corriente :	2.4 / 3.4	

Con los datos anteriores se pueden calcular las protecciones, calibres y arrancadores necesarios para estos tipos de motores. Lo primero que obtendremos será la corriente a plena carga I_{pc} , la cual la vamos a obtener de la tabla 2.5 a un voltaje de 220 V y para una potencia de $\frac{1}{2}$ HP.

$$I_{pc} = 2 \text{ A}$$

$$1.25 I_{pc} = 2.5 \text{ A}$$

- Calibre de circuito derivado. Para el cálculo de el calibre que va a alimentar al motor se utiliza la corriente a plena carga mas un 25 % de sobrecarga del motor, y tenemos que:

Según tabla 2.11. ___ 3 conductores calibre # 14.

Ya que el calibre mínimo permitido por la NOM-1 es el calibre # 12, este es el que se va a utilizar.

Según tabla 2.12. ___ Tubo de 1/2" (diámetro mínimo permisible).

- Protección contra sobrecarga del motor. Se calcula para una sobrecarga del 25 % al igual que para el calibre del circuito derivado.

$$1.25 I_{pc} = 2.5 \text{ A} \therefore \text{Elemento térmico de } 2.5 \text{ Amp.}$$

- Tamaño del arrancador. Se van a utilizar arrancadores con el estándar de la NEMA para arrancadores magnéticos trifásicos, en caja NEMA I. Donde para un motor de hasta 3 HP y 220 V, se utiliza un tamaño NEMA 0.

- Protección del circuito derivado. Utilizando la tabla 430-152 de la Norma Oficial Mexicana, con arranque a tensión plena para motores Jaula de Ardilla tipo P y utilizando un interruptor Termomagnético Instantáneo tenemos:

$$700 \% \text{ de } I_{pc} = 7.0 \times 2 \text{ A} = 14 \text{ Amp} \therefore 15 \text{ Amp}$$

Los motores empleados en las bandas destinadas a mover los pallets que contienen varias cajas de CPU's y Monitores ya empacados, tienen los siguientes datos de placa:

Potencia : 3/4 HP	Velocidad: 1,750 r.p.m.	Tipo: F
Voltajes de funcionamiento:	180 D.C.	Factor de servicio: 1
Corriente :	3.7	

Dentro del proyecto van a existir 20 motores de 1/2 HP para las diferentes bandas transportadoras proyectadas, así como 7 motores de 3/4 HP para la banda de pallets y 2 motores de 1/4 HP para las encintadoras. La localización de estos se puede ver en el siguiente plano así como la distribución de la ductería y la localización del tablero de fuerza que alimenta a estos motores.

La energía eléctrica que surte a las bombas de agua las cuales se encuentran en un edificio vecino, no se tomará en cuenta ya que estos forman parte de otra instalación eléctrica.

Se tienen dos máquinas encintadoras para las cajas del área de empaque, estas máquinas se encargan de aplicar una cinta de plástico transparente a las cajas para cerrarlas. Estas máquinas cuentan con un motor de 0.18 KW. Los datos de placa del motor son:

Potencia : 0.18 KW	Velocidad: 1,620 r.p.m.	Tipo: F
Voltajes de funcionamiento:	220 - 380 V	Factor de servicio: SC
Corriente :	0.77 - 0.35 A	

Mientras que los datos eléctricos de la máquina son:

Voltaje :	220 V
Potencia :	184 Watts
Corriente :	2.4 Amp

Las máquinas flejadoras, cuentan también con un motor el cual no se logró destapar, obtuyéndose solamente los datos eléctricos de la máquina:

Voltaje :	220 V
Potencia :	850 Watts
Corriente :	2.4 Amp

Alimentación al Centro de Control de Motores

Con los diferentes tipos de motores existentes se pueden calcular las diferentes protecciones y alimentaciones:

$$I = 1.25 I_{pc} (\text{Motor Mayor}) + \sum I_{pc} (\text{otros motores})$$

$$I = 1.25 (2 \text{ Amp}) + 19 \text{ motores } (2 \text{ Amp})$$

$$I = 40.5 \text{ Amp}$$

Según tabla 2.11. **3 conductores calibre # 6**

Según tabla 2.12. **Tubo conduit de 1"**

Protección al CCM.

$$I = I_{arranque} (\text{Motor Mayor}) + \sum I_{pc} (\text{otros motores})$$

Motor mayor : ½ HP - letra de código P

Con letra de código P tenemos 13.99 KVA / HP en el arranque.¹

$$KVA_{\text{arranque}} = 13.99 \times 0.5 = 6.995 \text{ KVA}$$

Ya que:

$$KVA = \frac{\sqrt{3} V_L I_L}{1000}$$

tenemos que,

$$I_{\text{arranque}} = \frac{6.995 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220} = 18.357 \text{ Amp}$$

$$I = 18.357 \text{ A} + 19 (2 \text{ A}) = 56,357 \text{ Amp}$$

∴ **Protección de 60 Amp**

2.1.3. Cálculo de carga del alumbrado.¹

Antes de hacer cualquier cálculo, es importante presentar algunos conceptos básicos sobre iluminación. La luz, es una energía radiante, electromagnética, visible, propagada por ondas senoidales.

Existen tres tipos de lámparas eléctricas:

- Incandescentes.
- Descarga de gas - Fluorescentes.
- Descarga de gas - Vapor de mercurio / vapor de sodio.

Desde el punto de vista de los arquitectos y constructores, predominan dos métodos de generación de la luz eléctrica: incandescencia y descargas eléctricas. El primer método es

¹ Tabla 3.9. Harper Enriquez, "Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales". Ed Limusa.

simplemente una fuente incandescente que produce luz por la incandescencia de un alambre de tungsteno, dentro de un bulbo de vidrio.

Aproximadamente el 7% de su rendimiento es en forma de energía visible (luz), el resto se pierde en forma de radiaciones infrarrojas (calor). Una lámpara incandescente de 300 Watts produce aproximadamente 19 lúmenes por watt consumido. Así, los principales inconvenientes de la lámpara incandescente son: una vida corta y una baja eficiencia. Sin embargo, hay ventajas que las compensan y sostienen su uso en la actualidad. Estas ventajas son:

1. Tamaño compacto.
2. Bajo costo inicial.
3. Inafectable por la temperatura circundante.
4. No necesita accesorios de arranque o reactores.
5. Color cálido, que da a los objetos un aspecto familiar.
6. Flujo luminoso fácilmente controlable en una gran variedad de distribuciones luminosas.
7. Opera indistintamente en corriente alterna o continua.

De los dos tipos de descarga eléctrica más usuales, fluorescente y vapor de mercurio, el primero ha llegado a ser el normal en la iluminación de tipo comercial e institucional, y el último en iluminación industrial y exterior.

Cuando se aplica un voltaje apropiado a las terminales de una lámpara fluorescente, los vapores gaseosos dentro del tubo emiten radiaciones ultravioleta. Estos invisibles y nocivos rayos son convertidos en luz visible e inofensiva al pasar a través de los polvos fluorescentes en la superficie interna de los tubos.

Los principales inconvenientes de esta lámpara son su gran tamaño físico en relación con su wattaje (una lámpara de 1.22 m consume 40 Watts), la necesidad de un reactor que le proporcione una corriente y un voltaje adecuado de operación y una gran reducción de su

flujo luminoso a bajas temperaturas. Estos factores adversos están compensados por las siguientes ventajas:

1. Alta eficiencia luminica, más de 67 lúmenes por watt.
2. Producción de buenos colores.
3. Vida más larga, de aproximadamente 12,000 horas en comparación con las 750 a 1,000 horas de las lámparas incandescentes.

Otro tipo de lámpara de descarga de gas es la de vapor de mercurio de alta intensidad. Esta genera la luz directamente de la luminosidad producida por el arco eléctrico. Esta lámpara tiene una emisión de luz característica azul-verde. Su calidad en el color ha sido mejorada para igualar a la de las demás lámparas fluorescentes, por una acción de fluorescencia parcial por medio de polvos fluorescentes en la superficie interna del bulbo de vidrio.

Sus características la hacen una fuente ideal para gimnasios, grandes campos deportivos, instalaciones industriales y para áreas al aire libre.

Además de necesitar un reactor, otro inconveniente de las lámparas de vapor de mercurio es que, después de aplicarle corriente, se necesitan varios minutos para obtener su máxima emisión luminosa, y si se ha apagado, es necesario un enfriamiento de tres a cinco minutos antes de tener su total emisión nuevamente.

Estos inconvenientes son insignificantes en lugares donde las lámparas están en uso constante durante un tiempo determinado (como en fábricas o en alumbrado público). Las ventajas de estas lámparas son las siguientes:

1. Larga vida económica, más de 16,000 hrs. con muy baja depreciación.
2. Fuente luminosa concentrada que facilita un control preciso de los rayos lumínicos.
3. Alta eficiencia luminosa, de más de 80 lúmenes por watt.
4. Flujo luminoso inalterable por los cambios de temperatura.

5. Más robusta que las lámparas incandescentes y fluorescentes, no se ve afectada por las vibraciones o trabajo duro.

Una luminaria consta de la lámpara, las conexiones para el tipo de lámpara en cuestión y la pantalla, junto con una cubierta que puede o no tener. Existen en el mercado diversos tipos de luminarias para proveer una iluminación que cumpla con una gran variedad de aplicaciones. Existen luminarias para los diferentes tipos de lámparas, con diferentes tipos de pantalla, con diferentes tipos de cubierta, capacidades de iluminación, etc.

Al combinar una lámpara junto con una pantalla o difusor, se puede diseñar un conjunto para distribuir la luz en diferentes formas y direcciones, las cuales se pueden representar gráficamente en la llamada Curva de Distribución de la luminaria específica. (fig. 2.5.)

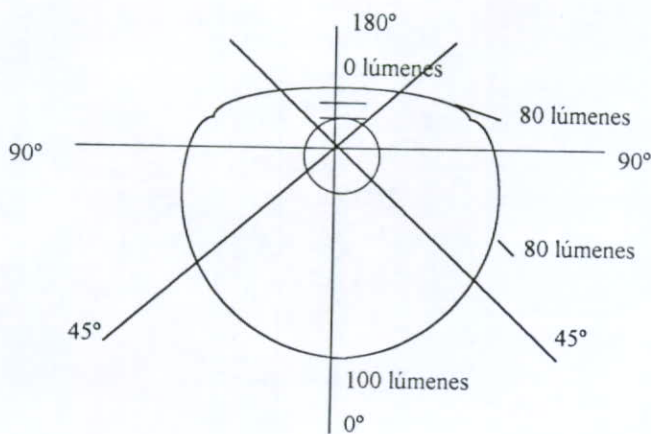


Fig. 2.5 Curva de distribución de luz de una luminaria.

Existen dos tipos principales de luminarias, desde las de iluminación directa hasta las de una iluminación indirecta (Tabla 2.6). Esto tiene como finalidad lograr un trabajo visual en el local o lugar con la iluminación deseada, así se logran tener diferentes tipos de ambientaciones, iluminando sólo por debajo de las luminarias o permitiendo iluminar la parte superior a las luminarias para no dejar un aspecto de techo oscuro.

Tabla 2.6. Tipos de Iluminación.

Alumbrado	Tipo	% de luz hacia	
		arriba	abajo
Directo	D	0 - 10	90 - 100
Semidirecto	SD	10 - 40	60 - 90
General-Difuso	G	40-60	40-60
Semiindirecto	SI	60 - 90	10 - 40
Indirecto	I	90 - 100	0 - 10

La distribución de alumbrado así como el nivel promedio de iluminación, es lo que determina el objeto de la instalación. Ya sea que el alumbrado sea para fines de producción, tareas visuales o para crear diferentes ambientes lumínicos, es importante que se produzca una iluminación uniforme en el lugar de trabajo. Para ello se deben considerar varios factores, como la distribución de las luminarias, su curva de iluminación, su poder lumínico, etc.

Para el alumbrado de interiores existen tres métodos:

- a) Método de los lúmenes. (Método general que evalúa la iluminación promedio)
- b) Método de punto por punto. (Método específico que evalúa la iluminación en un punto)
- c) Método de Watts/m².

a) Método de los lúmenes.- Este método proporciona la cantidad de luces empleando una sencilla ecuación para la obtención del número de lámparas.

$$\text{No. de lámparas} = (\text{N.I.}) (\text{Área por iluminar}) / (\text{Lúmenes/lámpara}) (\text{F.U.}) (\text{F.M.})$$

Donde: N.I. = Nivel de iluminación.
 F.U. = Factor de utilización.
 F.M. = Factor de mantenimiento.

b) Método de punto por punto. Este es el más exacto, pero menos usual por ser sumamente laborioso ya que hay que determinar la iluminación en un punto determinado, considerando la contribución de cada luminaria a la iluminación total; generalmente se utiliza en el cálculo de alumbrado público y alumbrado con proyectores.

c) Método de Watts/m². Este es el método más sencillo, pero el menos exacto de los tres. En este método se utilizan tablas que dan los valores recomendados de Watts/ m² para las diferentes aplicaciones o áreas de trabajo.

Para el cálculo de alumbrado se utilizará el método de los Lúmenes, y se considerarán los pasos requeridos por el método, los cuales se presentan a continuación.

- 1.- Selección de un adecuado nivel de iluminación para el área de trabajo.
- 2.- Selección del sistema de alumbrado y equipo.
- 3.- Determinación del índice de cuarto (I.C.)
- 4.- Determinación del factor de reflectancia del equipo o de paredes y techos.
- 5.- Determinación de los factores de utilización y mantenimiento.
- 6.- Cálculo del flujo luminoso y determinación del número de lámparas por medio de la ecuación:

$$\text{No. de lámparas} = \frac{N.I. * \text{Area por iluminar}}{\text{lumenes / lámpara} * F.U. * F.M.}$$

Donde: N.I. = Nivel de iluminación (luxes).

F.U. = Factor de utilización.

F.M. = Factor de mantenimiento.

En nuestro caso, el nivel lumínico necesario dentro del edificio es de 600 a 1,000 luxes para instalaciones industriales de ensamblado de partes según recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C. Debido a que en los bancos de trabajo se logran iluminaciones con lámparas fluorescentes superiores a 2,000 luxes, la iluminación general del edificio será de 700 luxes.

La selección del tipo de fuente luminosa, va a depender de la eficiencia de las lámparas y del factor económico principalmente. En muchas aplicaciones de alumbrado general, las lámparas fluorescentes resuelven mejor el problema de iluminación debido a que éstas son de mayor eficiencia, tienen baja brillantez, luz más fría y bajo deslumbramiento. Por otra parte, cuando se requiere un control más preciso; fuentes luminosas como las incandescentes suelen ser más efectivas.

Aunque las fuentes de descarga eléctrica son más eficientes que las incandescentes, éstas pueden ser las más recomendables cuando hay excesivas fluctuaciones en la tensión de la línea, condiciones de temperatura ambiente extremosa o bien cuando el alumbrado se enciende y apaga con frecuencia.

Como las lámparas incandescentes producen aproximadamente cinco veces más calor irradiado que las fluorescentes debido a su ineficiencia lumínica, en lugares cerrados como cuartos de control, oficinas, etc., en los que se requiere una temperatura cómoda para el personal, es preferible utilizar alumbrado fluorescente, además de consumir menos energía que el otro.

En el proyecto se emplearán lámparas fluorescentes y de descarga de gas por su mayor eficiencia. En los bancos de trabajo, utilizadas para las operaciones de ensamble, inspección visual, reparaciones, etc., se utilizan lámparas fluorescentes en los mismos. Los bancos de trabajo tienen instalada una lámpara fluorescente de 35 Watts, una por banco. Estos bancos cuentan con un multicontacto de 7 conexiones, donde se han estado conectando la lámpara, el ionizador, la computadora y el monitor de la estación.

Para la iluminación general de la línea se utilizarán lámparas de vapor de mercurio ya que estas producen una iluminación blanca de mejor aspecto. Las luminarias a utilizar serán de 400 Watts con un flujo lumínico de 90 lúmenes por watt, obteniendo 36,000 lúmenes por luminaria. Con un F.U. de 0.8 y un F.M. = 0.9. Con estos datos, para una área de 14 m por 14 m que incluyen a un cuadro entre columnas del edificio, tenemos:

$$\# \text{ de lámparas} = \frac{700 \text{ luxes} * 196 \text{ m}^2}{36,000 \text{ lumenes / lámpara} * 0.8 * 0.9} = 5.30 \Rightarrow 6 \text{ lámparas}$$

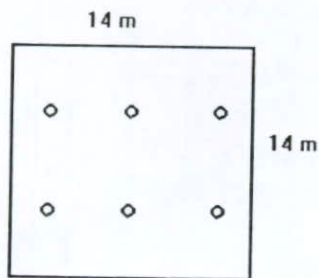


Fig. 2.6. Distribución de lámparas.

Ya que se tienen 16 cuadros como éste, dando una área total por iluminar de 112m por 28 m que da 3,136 m², se necesitan:

6 lámparas x 16 = 96 lámparas de vapor de Hg de 400 W cada una.

Carga del circuito de alumbrado = $96 \times 400 \text{ W} = 38,400 \text{ W}$

Las lámparas de vapor de Hg que se utilizaron en el cálculo son de los datos proporcionados por una luminaria Hubbell serie BL de 400 Watts, tipo de lámpara H con reflector BL-WA de acrílico prismático de 22" para ser montada en alturas de 15 a 30 pies.

Debido a que en las horas de descanso para que los trabajadores vayan a comer, la iluminación general de la línea se corta, quedando sin luz la totalidad de la línea, se tendrán lámparas adicionales al igual que las usadas en los bancos de trabajo para el cuarto de servidoras de ingeniería ya que ahí se sigue trabajando en esa hora y se necesita luz eléctrica.

2.1.4.- Cálculo de Carga del Aire Acondicionado.

Actualmente el edificio IDC, no cuenta con equipo de aire acondicionado, utilizando solamente un sistema de extractores de aire que rara vez son usados debido a lo ruidoso que son. Por ello, es necesario el cálculo de la carga térmica que tiene que ser capaz de extraer el equipo de aire acondicionado para cumplir con las temperaturas de diseño establecidas por el cliente.

Se seleccionará el equipo de aire acondicionado a partir de los BTU's que éste tiene que extraer, para ello se va a calcular la carga térmica que va a pasar a través de los techos, paredes, particiones, ventanas, etc. así como la carga térmica producida por aparatos eléctricos, luces y personas, para así calcular el equipo necesario y obtener la carga eléctrica que éste va a demandar a la instalación.

El edificio IDC, es un edificio de 10 metros de altura, de 28 metros de ancho por 112 metros de largo. Este edificio está construido con paredes de ladrillos tipo block de 8" de

espesor, con un acabado exterior y no interior. El techo tiene también recubrimiento de ladrillo, cubierto además por impermeabilizante oscuro y una capa de otro tipo de impermeabilizante de color claro para disminuir la carga térmica que pueda penetrar a través del techo.

El edificio cuenta con varias entradas, una para personal, otra para la salida de los pallets con el producto terminado y otras entradas provenientes de los llamados Jetways, los cuales son pequeñas edificaciones de lámina situadas junto al edificio de la línea de manufactura, en ellos se encuentran almacenadas materias primas que surten los proveedores a la línea. Se tienen proyectados 4 Jetways conectados al edificio:

- Jetway de Shells.
- Jetway de Shipgrups (accesorios).
- Jetway de Empaque (cajas de cartón, protecciones para el empaque del producto terminado.)
- Jetway de Empaque final.

La comunicación entre los Jetways y el edificio central se encuentra muy limitada, por ejemplo, entre el Jetway de Shipgroups y el edificio sólo existe un pequeño orificio de comunicación por donde pasa una banda transportadora que surte los Shipgroups, además de una puerta metálica que permanece casi todo el tiempo cerrada.

Entre el Jetway de empaque y el edificio existe una mayor área de paso ya que se tiene un túnel de mayor área frontal para permitir la comunicación y el fácil acceso de las grandes cajas de cartón que deben pasar por ahí. En el Jetway actual de empaque se tienen cortinas de plástico que permiten que no entre el aire caliente o frío (dependiendo de la época) hacia adentro del edificio, así como el paso de personal el cual se encuentra restringido por razones de seguridad.

Aproximadamente la mitad del área de la pared Noroeste se encuentra unida a un nuevo edificio, el cual contará con servicio de aire acondicionado, por ello ésta se contará como una partición donde no habrá intercambio de calor.

- Cálculo de la Carga Térmica de Edificio IDC.

La carga térmica la vamos a calcular en las tres horas más críticas del día, las cuales son las: 14, 15 y 16 hrs. Con los cálculos finales se tomará la carga térmica mayor de las tres.

El cálculo lo dividiremos en la carga por techos, paredes, particiones, aparatos y personas.

- Techos.

$$Q = U \times \text{Área} \times \text{CLTD}^*_{\text{corr}}$$

$$\text{CLTD}^*_{\text{corr}} = (\text{CLTD}_{\text{tabla}} + \text{LM}) K + (78 - X^\circ \text{F}) + (\text{To} - 85) F$$

Donde:

CLTD = Factor de almacenaje de calor para paredes y/o techos .

LM = correcciones para CLTD para latitud y mes aplicadas a paredes y techos.

K = Factor de corrección por color (1 = Oscuro, 0.83 = Medio, 0.65-0.5 = Claro)

X°F = Temperatura interior de diseño.

To = Temperatura promedio exterior del lugar.

F = Factor utilizado cuando existe un ático ventilado, tomando el valor de 0.75

Obteniendo los valores de las formulas de tablas², tenemos que:

$$14 \text{ hrs. } \text{CLTD}_{\text{tabla}} = 64$$

$$15 \text{ hrs. } \text{CLTD}_{\text{tabla}} = 70$$

$$16 \text{ hrs. } \text{CLTD}_{\text{tabla}} = 73$$

² ASREHAE Fundamentals Manual, Ed Mc. Graw. Hill.

Latitud de Guadalajara = 21° , se tomará un valor de 20° para facilitar los cálculos.

$$LM = 0.25 * 1.8 = 0.45$$

$$K = 0.5 \text{ (Techo claro, aprox. blanco.)}$$

$$X^\circ\text{F (Temp. de diseño)} = 73^\circ \text{ FBS (bulbo seco)}$$

$$T_o = \text{Temp. bulbo seco} - \text{Rango}/2 = 93^\circ \text{ FBS} - 29 / 2 = 78.5^\circ \text{ F}$$

$$T_{bh} \text{ (Temp. bulbo húmedo)} = 68^\circ \text{ FBH}$$

$F = 1$, debido a que no hay ático.

Cálculo del $CLTD_{corr}$.

$$(14 \text{ hrs.}) \quad CLTD_{corr} = (64 + 0.45) 0.5 + (78 - 73) (78.5 - 85) 1 = 30.725$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad CLTD_{corr} = (70 + 0.45) 0.5 + (78 - 73) (78.5 - 85) 1 = 33.725$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad CLTD_{corr} = (73 + 0.45) 0.5 + (78 - 73) (78.5 - 85) 1 = 35.225$$

$$U = 0.213^3$$

$$A = \text{Área} = 28 \text{ m} (112 \text{ m}) = 3,136 \text{ m}^2 = 33,755.6 \text{ ft}^2.$$

$$(14 \text{ hrs.}) \quad Q = 30.725 (33,755.6) (0.213) = 220,911.00 \text{ Btu.}$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad Q = 33.725 (33,755.6) (0.213) = 242,481.00 \text{ Btu.}$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad Q = 35.225 (33,755.6) (0.213) = \mathbf{253,266.00 \text{ Btu.}}$$

- Paredes.

Se van a considerar cuatro paredes del edificio, éstas se identificarán de acuerdo con la orientación a la que sus caras estén, por ejemplo: NE, SW, SE y NW. Estas paredes se pueden apreciar en la fig. 2.7.

³ ASREHAE Fundamentals Manual, Ed Mc. Graw. Hill.

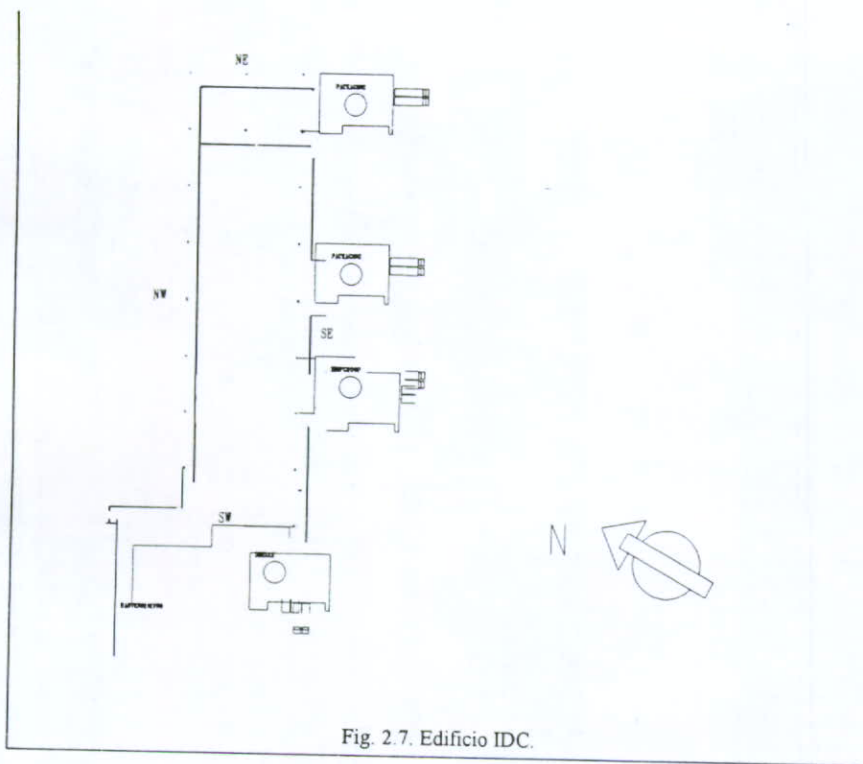


Fig. 2.7. Edificio IDC.

En la fig. 2.7 se pueden apreciar como se tienen varias entradas por los Jetways, además de una entrada en la parte Oeste del edificio IDC, donde se encuentra el área de Microplugging y la entrada al edificio. Estas entradas de personal y pasillos, como los accesos con los Jetways son, como ya se había dicho antes, muy pequeños en área ya que la altura de estos accesos es 1 a 3 metros.

Así, las cargas térmicas quedan como:

$$Q = U \times \text{Área} \times \text{CLTD}^*_{\text{corr}}$$

$$\text{CLTD}^*_{\text{corr}} = (\text{CLTD}_{\text{tabla}} + \text{LM}) K + (78 - X^\circ \text{F}) + (T_o - 85) F$$

Latitud = 20°

Material de la pared : "8 inch common brick" , tipo B,

$$U = 1 / \sum R$$

Resistencias:⁴

$$A_o = \text{Aire exterior} = 0.33$$

$$A_6 = \text{Acabado exterior} = 0.17$$

$$C_6 = \text{Ladrillo tipo block 8"} = 2.00$$

$$E_o = \text{Aire interior} = 0.69$$

$$\sum R = 0.33 + 0.17 + 2.00 + 0.17 = 3.19$$

$$U = 1 / 3.19 = 0.3135$$

Tabla 2.7. CLTD sin corregir para paredes.

	Orientación de la pared			
	NE	SW	SE	NW
14 hrs.	17	13	20	11
15 hrs.	18	14	21	12
16 hrs.	19	15	23	12

* De Tabla 7, paredes tipo B. Fundamentals Handbook. Air-Conditioning loads.

Corrección para Latitud y mes.⁴

$$\text{EN} \quad LM = 1.35 \times 1.8 = 2.43$$

$$\text{SW} \quad LM = -2.15 \times 1.8 = -3.87$$

$$\text{SE} \quad LM = -2.15 \times 1.8 = -3.87$$

$$\text{NW} \quad LM = 1.35 \times 1.8 = 2.43$$

⁴ ASREHAE Fundamentals Manual, Ed Mc. Graw. Hill.

F = 1 (Pared oscura).

$$X^{\circ}F = 73^{\circ}F$$

$$T_o = 78.5^{\circ}F$$

Así, según la fórmula

$$CLTD^*_{corr} = (CLTD_{tabla} + LM) K + (78 - X^{\circ}F) + (T_o - 85) F$$

Con los valores de $CLTD_{tabla}$ de la tabla 2.7. tenemos:

Pared Noreste (NE).

$$(14 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (17 + 2.43) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 17.93$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (18 + 2.43) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 18.93$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (19 + 2.43) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 19.93$$

Pared Suroeste (SW).

$$(14 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (13 - 3.87) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 7.63$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (14 - 3.87) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 8.63$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (15 - 3.87) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 9.63$$

Pared Sureste (SE).

$$(14 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (20 - 3.87) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 14.63$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (21 - 3.87) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 15.63$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (23 - 3.87) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 17.63$$

Pared Noroeste (NW).

$$(14 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (11 + 2.43) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 11.93$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (12 + 2.43) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 12.93$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad CLTD^*_{corr} = (12 + 2.43) 1 + (78 - 73) + (78.5 - 85) = 12.93$$

Carga térmica:

$$Q = U \times \text{Área} \times CLTD^*_{corr}$$

Pared Noreste (NE)

$$A = \text{Área} = 10 \text{ m} \times 28 \text{ m} = 280 \text{ m}^2 = 3,014 \text{ ft}^2$$

$$(14 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (3,014) (17.93) = 16,942 \text{ Btu}$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (3,014) (18.93) = 17,886.7 \text{ Btu}$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (3,014) (19.93) = \mathbf{18,831.63 \text{ Btu}}$$

Pared Suroeste (SO)

$$A = \text{Área} = 10 \text{ m} \times 28 \text{ m} = 280 \text{ m}^2 = 3,014 \text{ ft}^2$$

$$(14 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (3,014) (7.63) = 7,209.5 \text{ Btu}$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (3,014) (18.93) = 8,154.4 \text{ Btu}$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (3,014) (19.93) = \mathbf{9,099.3 \text{ Btu}}$$

Pared Sureste (SE)

$$A = \text{Área} = 10 \text{ m} \times 112 \text{ m} = 1120 \text{ m}^2 = 12,055.6 \text{ ft}^2$$

$$(14 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (12,055.6) (14.63) = 55,293 \text{ Btu}$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (12,055.6) (15.63) = 59,072.5 \text{ Btu}$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (12,055.6) (17.63) = \mathbf{66,631.4 \text{ Btu}}$$

Pared Noroeste (NW)

$A = \text{Área} = 10 \text{ m} \times 56 = 560 \text{ m}^2 = 6,027.8 \text{ ft}^2$ (tomando la mitad del área total debido a la partición existente con el edificio de actuadores.)

$$(14 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (6,027.8) (11.93) = 22,544.3 \text{ Btu}$$

$$(15 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (6,027.8) (15.63) = 24,434.015 \text{ Btu}$$

$$(16 \text{ hrs.}) \quad Q = 0.3135 (6,027.8) (17.63) = \mathbf{24,434.015 \text{ Btu}}$$

- Particiones.

Se tiene una partición de importancia en el edificio, la cual se encuentra localizada en la pared Noroeste (NW) con el edificio en construcción perteneciente a la línea de actuadores de discos duros.

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

Donde:

$$\Delta T = T_{\text{ext}} - T_{\text{diseño}}$$

Ya que en el edificio contiguo, la temperatura de diseño será la misma que la determinada para nuestro edificio, el valor de ΔT es cero. Por esto, la ganancia de calor a través de esta partición va a ser de 0 Btu.

$$Q = 0$$

- Aparatos y Motores eléctricos.

Para los motores se puede estimar la carga térmica que éstos generan en función de su potencia y eficiencia. Para ello se puede utilizar la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{HP}{\% \text{ eficiencia}} * 2545 = \rightarrow \text{Btu / hr}$$

En la línea se espera un estimado de 20 motores de ½ HP por lo que la carga generada por éstos será de:

$$Q = (0.5 / 0.85) * 2545 = 1497 \text{ Btu/motor.}$$

$$Q_{\text{tot.}} = 1497 \text{ Btu/m (20 motores)} = \mathbf{29,940 \text{ Btu}}$$

- Iluminación.

La carga térmica de una lámpara viene expresada en Watts por lo que sólo se necesita la cantidad de Watts instalados y convertirlos a Btu's.

Lámparas de vapor de Hg: $38,400 \text{ W} (3.41 \text{ Btu} / \text{W}) = 130,944 \text{ Btuh}$

Lámparas fluorescentes : $3,120 \text{ W} (4.41 \text{ Btu} / \text{W}) = 10,639 \text{ Btuh}$

$$Q_{\text{tot. por lámparas}} = 141,583 \text{ Btuh}$$

- Personas.

Existen tablas que proveen de datos estimados de generación de calor por personas dependiendo del tipo de ocupación que éstos se encuentren desempeñando. Para nuestra aplicación el "1997 Fundamentals Handbook" en su Capítulo 25 que habla sobre aire acondicionado nos presenta los siguientes datos.

Tabla 2.8. Ganancias de calor por personas en actividades de aplicaciones específicas (fábricas).

Actividad	Aplicación típica	Calor total, hombres adultos			Calor total, ajustado*			Calor Sensible			Calor Latente		
		Watts	Btuh	kcal/hr	Watts	Btuh	kcal/hr	Watts	Btuh	kcal/hr	Watts	Btuh	kcal/hr
Trabajo ligero	Fábrica I	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando, trabajo ligero	Fábrica II	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Trabajo pesado con máquinas	Fábrica III	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260

* ASREHAE Fundamentals Manual, Capítulo 25, 1977, Ed. Mc Graw Hill.

De los diferentes tipos de trabajo en fábricas que se tienen, el nivel que más se acerca es el de la Fábrica tipo II, donde se tienen los valores para un trabajo donde se camina

haciendo un trabajo ligero. En la línea los operadores tienen que caminar y levantar máquinas lo cual es un trabajo no pesado pero tampoco un trabajo muy ligero.

$$Q_s = 345 \text{ Btu / persona}$$

$$Q_l = 695 \text{ Btu / persona}$$

Para ocupaciones industriales, el standard de la ASHRAE establece una ocupación estimada de 62-73 personas / 1,000 ft². Con esta densidad de personas por área, establece también una ventilación de 65 cfm (cubic feet per minute), que equivalen a 12.5 l/s por cada ocupante del local. Nosotros tomaremos este valor para nuestros cálculos.

$$\text{Área total del IDC} = 33,755.6 \text{ ft}^2$$

Tomando un valor de 66 personas por 1,000 ft² tenemos,

$$\text{No. de personas estimadas} = (66 \text{ personas / } 1,000 \text{ ft}^2)(33,755.6 \text{ ft}^2) = 2227.8696$$

∴

$$\text{No. de personas estimadas} = 2,228$$

Este gran número de personas no se va a tener dentro del edificio debido a que gran parte de área usable está destinada para bandas transportadoras, almacén de materiales, almacén de máquinas en proceso, celdas de runin, etc. Por ello, la cantidad de personas que pueden estar a un mismo tiempo en el edificio será mucho menor a la estimada con las tablas consultadas.

Se estimará una población de 250 personas que puedan encontrarse a un mismo tiempo dentro del edificio para propósitos de cálculo. Así podemos calcular el Q_s y el Q_l producido por éstas así como los cfm's recomendados para la ventilación de aire fresco que debe de suministrarse al edificio.

$$Q_s = 345 \text{ Btu / persona (250 personas) } = \mathbf{86,250 \text{ Btu}}$$

$$Q_l = 695 \text{ Btu / persona (250 personas) } = \mathbf{173,750 \text{ Btu}}$$

$$\text{CFM recomendados} = (65 \text{ cfm / persona }) (250 \text{ personas}) = 16,250 \text{ cfm}$$

Con estos valores podemos calcular el Calor sensible y el latente que van a entrar con este aire fresco al interior del edificio.

$$Q_s = 1.08 \times \text{CFM} \times \Delta T_s$$

$$Q_s = 1.08 \times 16,250 \times (78.5 - 73)$$

$$Q_s = \mathbf{96,525 \text{ Btu}}$$

$$Q_l = 0.68 \times \text{CFM} \times \Delta G_r$$

$$Q_l = 0.68 \times 16,250 \times \Delta G_r$$

Tomando el valor de ΔG_r de la gráfica Psicométrica, obtenemos Q_l .

$$Q_l = 0.68 \times 16,250 (115 - 95) = \mathbf{221,000 \text{ Btu}}$$

Cargas totales:

$$Q_s \text{ total} = Q_{s1} + Q_{s2} + \dots + Q_{sn}$$

$$Q_s \text{ total} = \mathbf{750,944.52 \text{ Btu/h}}$$

$$Q_l \text{ total} = Q_{l1} + Q_{l2} + \dots + Q_{ln}$$

$$Q_l \text{ total} = \mathbf{394,750.00 \text{ Btu/h}}$$

$$Q \text{ Total} = Q_s \text{ total} + Q_l \text{ total}$$

$$Q \text{ Total} = \mathbf{1'145,744.52 \text{ Btu/h} = 95.5 \text{ TR}}$$

Se seleccionarán dos equipos de 50 TR c/u modelo:

Y1C05A003AAAAAAB

YORK

Con un consumo de: **60 KW c/u**

2.3. CÁLCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES.

La correcta selección de un conductor eléctrico debe basarse en una buena conductividad, y que se cumplan los requerimientos establecidos por sus propiedades eléctricas y mecánicas, así como el aspecto económico. Es por esto por lo que la gran mayoría de los conductores en instalaciones eléctricas utilizan conductores de cobre (Cu) o aluminio (Al) ya que combinan una buena conducción eléctrica con un bajo costo.

El aluminio tiene como desventaja ser mas mal conductor que el Cu en aproximadamente un 16%, pero al ser mucho más liviano que éste, resulta más económico.

Los conductores son fabricados generalmente con un perfil circular de material sólido o como cables, dependiendo de la capacidad de corriente y/o aplicación; también se tienen conductores de perfil rectangular como soleras, para aplicaciones de altas corrientes. Los conductores son identificados en el mercado por su calibre, el cual está definido por la AWG (American Wire Gauge). Este sistema de designaciones establece el calibre más grueso como 4/0 (cuatro ceros), siguiendo en forma descendente hasta 1 y de ahí hasta el calibre número 20 que es el calibre más delgado utilizado en instalaciones eléctricas. Para los conductores que emplean un mayor calibre del 4/0, existe una designación que está en función de su área en pulgadas, ésta está denominada como *Mil Circular Mil* (M.C.M.), en donde un conductor de 250 M.C.M. corresponderá a un conductor cuya sección sea de 250,000 C.M. (circular mil).

Circular Mil.- Sección de un círculo de diámetro igual a un milésimo de pulgada (0.001 pulg), como se muestra en la fig. 2.7.

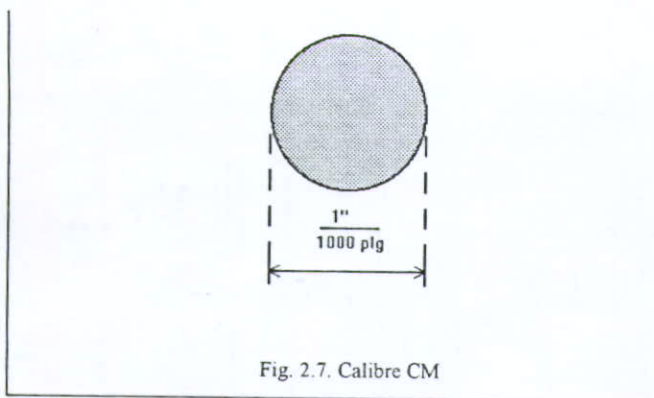


Fig. 2.7. Calibre CM

En la tabla 2.9 se ilustran las dimensiones de los conductores eléctricos desnudos utilizados en el mercado. Los conductores más utilizados en la tesis van a ser aislados, ya que los desnudos se utilizan en las líneas aéreas y redes de distribución. Los conductores antiguamente estaban aislados con hule tipo R, actualmente se fabrican con aislantes termoplásticos siendo los más conocidos los siguientes: Tipo TW, Vinanel 900, Vinanel Nylon, Vulcanel E.P. y Vulcanel XLP. Cada tipo de conductor va a tener diferentes propiedades, por lo que en la selección de un tipo deben tomarse en consideración tres agentes externos: agentes mecánicos, químicos y eléctricos.

Para la selección de un conductor eléctrico se deben tomar en consideración los siguientes factores:

- a) Capacidad de conducción de corriente.
- b) Caída de voltaje.

Estos dos factores se calculan en un análisis independiente, pudiendo arrojar resultados diferentes, dejándonos dos diferentes calibres a seleccionar. Si esto pasase, se deberá tomar el calibre de mayor tamaño, cumpliendo así con los requerimientos de ambos.

Tabla. 2.9. Dimensiones de los conductores eléctricos desnudos.

CALIBRE		SECCIÓN		DIÁMETRO	
A.W.G. / M.C.M.	C.M.	(circular mil)	mm ²	pulg.	mm
20		1022	0.5176	0.03196	0.812
18		1624	0.8232	0.04030	1.024
16		2583	1.3090	0.05082	1.291
14		4107	2.0810	0.06408	1.628
12		6530	3.3090	0.08081	2.053
10		10380	5.2610	0.1019	2.588
8		16510	8.3670	0.1285	3.264
6		26250	13.3030	0.1620	4.115
4		41740	21.1480	0.2043	5.189
3		52630	26.6700	0.2294	5.827
2		66370	33.6320	0.2576	6.543
1		83690	42.4060	0.2893	7.348
0		105500	53.4770	0.3249	8.252
00		133100	67.4190	0.3648	9.266
000		167800	85.0320	0.4096	10.403
0000		211600	107.2250	0.4600	11.684
250			126.644	0.575	14.605
300			151.999	0.630	16.002
350			177.354	0.681	17.297
400			202.709	0.728	18.491
500			253.354	0.814	20.675
600			303.999	0.893	22.682
700			354.708	0.964	24.685
750			379.837	0.998	25.349
800			405.160	1.031	26.187
900			455.805	1.093	27.762
1000			506.450	1.152	29.260
1250			633.063	1.289	32.741
1500			759.677	1.412	35.865
1750			886.286	1.526	38.760
2000			1012.901	1.631	41.427

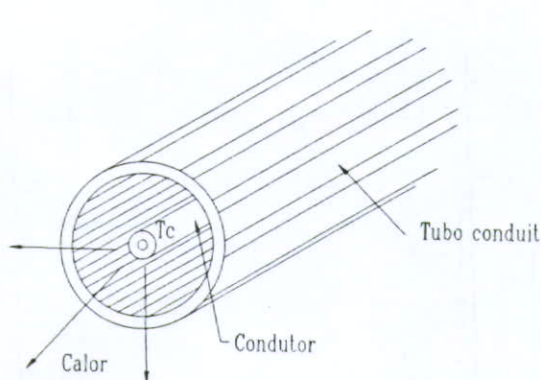


Fig. 2.8. Irradiación de calor de un conductor dentro de un tubo conduit.

2.3.1.- Capacidad de conducción de corriente.

La capacidad de conducción de corriente de un conductor está delimitada por la conductividad que tenga el metal y por la capacidad térmica de su aislante. En cuanto a la conductividad existen tablas que muestran la resistencia eléctrica de conductores de cobre, las cuales nos simplifican el cálculo de la pérdida de potencia debida a la corriente eléctrica que pasa a través del conductor, potencia perdida en forma de calor (fig. 2.8.). Esta pérdida es fácilmente calculada por la siguiente fórmula.

$$W = R * I^2$$

Donde: R : Resistencia eléctrica (Ohm).
 I : Corriente eléctrica (Amperes).
 W : Potencia (Watts).

Las tablas de resistencia de conductores de cobre, están calculadas por lo general a una temperatura de funcionamiento de 60°C, por ello en el caso de tener conductores funcionando a temperatura diferente de ésta, existe una fórmula para la corrección de la resistencia a 60° a la resistencia existente a la temperatura de funcionamiento a utilizar. La fórmula de corrección de resistencia es la siguiente:

$$R_T = R_{60^\circ C} [1 + \alpha(T - 60)]$$

Donde: RT : Resistencia del conductor a la temperatura deseada.

T : Temperatura deseada de funcionamiento.

α : Coeficiente de corrección en $\Omega/^\circ C$ ($\alpha = 0.00385$ en el caso del Cu).

Se pueden tener temperaturas de operación muy altas, por lo mismo es importante la correcta selección del conductor, tomando en cuenta sus límites de temperatura de operación de los diferentes tipos. La tabla 2.10 muestra las temperaturas máximas de operación de los conductores más utilizados. Existen conductores aislados que soportan temperaturas de operación mayores, estos son utilizados en aplicaciones especiales, como dentro de hornos, o en equipo sometido a ambientes de temperaturas extremas.

Tabla 2.10. Temperatura Máxima de Operación a régimen permanente de conductores a Baja Tensión.

	EN AMBIENTE SECO	EN AMBIENTE HUMEDO
T.W.	60°C	60° C
Vinanel 900	90° C	75° C
Vinanel Nylon	90° C	75° C
Vulcanel EP	90° C	75° C
Vulcanel XLP	90° C	75° C

En el caso de los conductores desnudos, se puede conducir una gran cantidad de corriente ya que la temperatura máxima de operación de un conductor aislado está

determinada por la capacidad térmica de su aislante. Los conductores desnudos pueden transmitir grandes cantidades de corriente ya que el calor que éstos producen se disipa por el aire circundante y no tienen un aislante que limite su temperatura de operación.

Tabla 2.11. Capacidad de corriente de conductores de Cu., (A temperatura ambiente de 30°C).

CALIBRE	TIPO T.W. a 60°C				VINANEL 900 a 75°C			
	1 a 3 Cond. en Tubo	4 a 6 Cond. en Tubo	6 a 9 Cond. en Tubo	1 Cond. al Aire	1 a 3 Cond. en Tubo	4 a 6 Cond. en Tubo	6 a 9 Cond. en Tubo	1 Cond. al Aire
14	15	12	10	20	15	12	10	20
12	20	16	14	25	20	16	14	25
10	30	24	21	40	30	24	21	40
8	40	32	28	55	45	36	31	65
6	55	44	38	80	65	52	45	95
4	70	56	49	105	85	68	59	125
2	95	76	66	140	115	92	80	170
0	125	100	87	195	150	120	105	230
00	145	116	110	225	175	140	122	265
000	165	132	115	260	200	160	140	310
0000	195	156	132	300	230	184	161	360
250	215	172	150	340	255	204	178	405
300	240	192	168	375	285	228	199	445
350	260	208	182	420	310	248	217	505
400	280	224	196	455	335	268	234	545
500	320	256	224	515	380	304	266	680
600	355	284	248	575				
750	400	320	280	655				
1000	455	364	318	780				
1250	495	396	346	890				
1500	520	416	364	980				
1750	545	436	382	1070				
2000	560	448	392	1155				
Temp.	Factor de corrección para Temperatura ambiente mayor de 30°C							
40	0.82	0.82	0.382	0.82	0.88	0.88	0.88	0.88
45	0.71	0.71	0.71	0.71	0.82	0.82	0.82	0.82
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.75	0.75	0.75	0.75
55	0.41	0.41	0.41	0.41	0.67	0.67	0.67	0.67
60	---	---	---	---	0.58	0.58	0.58	0.58

Tabla 2.12. Numero de conductores tipo TW y Vinanel 900 normal que pueden instalarse dentro de un tubo conduit de acuerdo con los factores de relleno establecidos.

CAL.	Tamaño del Tubo Conduit											
A.W.G.	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/4"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"
M.C.M.	13mm	19mm	25mm	31mm	38mm	51mm	64mm	76mm	89mm	101mm	127mm	152mm
18	13	24	39	68	92							
16	11	19	31	54	74							
14	9	13	25	44	60	99						
12	7	12	20	34	47	78						
10	5	9	15	26	36	60	85					
8	3	5	8	14	20	32	46	72				
6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62		
4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	46	63	
2	1	1	1	4	5	9	12	20	26	34	54	78
1	0	1	1	2	4	6	8	14	19	25	39	57
0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	45
00	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18	28	41
000	0	0	1	1	1	4	4	9	12	15	24	35
0000	0	0	1	1	1	3	4	7	10	13	20	29
250				1	1	2	3	6	8	10	16	23
300				1	1	1	2	5	7	9	14	20
350				1	1	1	1	4	6	8	12	18
400					1	1	1	4	5	7	11	16
500					1	1	1	3	4	6	9	13
600						1	1	3	3	5	7	11
700						1	1	2	3	4	6	10
750						1	1	1	3	4	6	9
800						1	1	1	3	4	6	8
900						1	1	1	3	3	5	8
1000						1	1	1	2	3	5	7
1250								1	2	2	3	5
1500								1	1	2	3	5
1750								1	1	1	3	4
2000								1	1	1	2	3

En las instalaciones eléctricas de baja tensión, donde son utilizados conductores aislados, los conductores se encuentran generalmente alojados dentro de algún medio de canalización. Estas canalizaciones encierran por lo general a varios conductores que van a irradiar calor, este calor va a calentar el aire que se encuentra encerrado en la canalización y a la canalización misma, por ello, en estos casos, el calor generado en cargas permanentes de operación, va a destruir más rápidamente el aislante de los conductores mucho antes de que éstos lleguen a su temperatura de fusión. Todo esto nos fuerza a trabajar con conductores por debajo de la temperatura de fusión de su aislamiento.

Existen varios tipos de canalizaciones cerradas para conductores eléctricos como los tubos conduit, canalizaciones rectangulares, PVC, entre otras. Estas canalizaciones serán descritas mejor en el Capítulo 3.

2.3.2.- Caída de voltaje.

La selección del calibre por caída de voltaje se presenta por la resistencia (IR) y por la impedancia (Iz). El ROIE (Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas) dice que la caída de voltaje permitida es:

- 3.0% para Circuitos de alumbrado y aparatos pequeños.
- 5.0% para Circuitos de fuerza.

Caída de voltaje por resistencia.- Esta caída se da debido a la misma resistencia que tiene el conductor hacia el flujo de corriente que pasa a través de él. La resistencia de un conductor está definida por la siguiente fórmula.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

En el conductor de cobre, su Resistividad tiene el valor de $\rho=1.7241 \mu\Omega/\text{cm}^3$ a una temperatura de 20°C , ésta sería la resistencia que tendría un cubo de cobre de 1 cm por lado. De ahí que para el cubo de cobre la Resistividad puede quedar como.

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

Donde: R = Resistencia.

ρ = Resistividad.

L = Longitud del conductor en metros.

S = Área del conductor en mm^2 .

$$\text{Resistividad del cobre} = \rho = R \times S / L = 1.7241 \mu\Omega/\text{cm}^3 = 1.7241 \times 10^{-6} \times 100 \text{mm}^2 / 10 \text{mm}$$

$$\text{Resistividad del cobre} = \rho = 1.7241 \times 10^{-5} \Omega \bullet \text{mm}$$

Para un conductor de cobre de 1 m de largo con una área transversal S de 1mm^2 la Resistencia será de:

$$R = 1.7241 \times 10^{-5} \Omega \bullet \text{mm} (1,000 \text{ mm} / 1 \text{ mm}^2)$$

$$R = 1.7241 \times 10^{-2} \Omega, \text{ para el alambre.}$$

$$\rho = 1.7241 \times 10^{-2} \Omega (1 \text{ mm}^2 / \text{m}) = 1.7241 \times 10^{-2} \Omega \bullet \text{mm}^2 / \text{m} = (1 / 58) \Omega \bullet \text{mm}^2 / \text{m}$$

Simplificando, la Resistividad del cobre nos queda:

$$\rho = \frac{1 \Omega \bullet \text{mm}^2}{50 \text{ m}}$$

$$R = \frac{1 L}{50 S} *$$

* Si y solo si L está en mm^2 y S en metros.

Los datos mostrados en la tabla 2.13. son para conductores de corriente directa, ya que cuando se utiliza corriente alterna, la resistencia del conductor aumenta debido al llamado Efecto Superficial. El efecto superficial describe la tendencia de la corriente a circular con mayor facilidad en la periferia del conductor. Esta tendencia es debida a que la corriente alterna produce, por efecto inductivo, una corriente en sentido contrario al flujo de la corriente del conductor en la parte central de éste, manifestándose como un aumento en la resistencia. Por esto, existen factores de corrección para obtener la resistencia en conductores que utilizan corriente alterna a partir de los valores calculados para corriente directa.

Tabla 2.13. Resistencia eléctrica en Ohm con Corriente Continua a T= 60°C, para conductores de cobre.

CALIBRE A.W.G.	OHM / 1000 pies*	CALIBRE M.C.M.	OHM / 1000 pies*
14	3.00	250	0.049
12	1.87	300	0.0408
10	1.18	350	0.0350
8	0.740	400	0.0306
6	0.465	500	0.0245
4	0.292	550	0.0222
3	0.228	600	0.0204
2	0.185	750	0.0163
1	0.146	1000	0.0123
0	0.116	1250	0.0098
00	0.092	1500	0.00816
000	0.073	1750	0.00700
0000	0.058	2000	0.00612

*La resistencia aumenta a razón de 0.34 % por cada grado centigrado de aumento de temperatura.

2.4. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

1.- Sistemas Monofásicos a Dos Hilos.- Es empleado para alimentar cargas de alumbrado que no excedan a 3750 Watts por circuito. También es empleado en circuitos derivados que no excedan de 40 Amperes.

2.- Sistema Trifásico a Tres Hilos.- Se emplea generalmente para alimentar cargas trifásicas que operan con voltajes de 440 a 220 Volts, como es el caso de los motores trifásicos de 440 V, que en operación resultan más económicos que los motores a 220 V, demandando menos corriente, utilizando menores calibres.

La caída entre fases e_f será:

$$e_f = \frac{\sqrt{3} I L}{50 S} \text{ Volts}$$

$$\% e_f = \frac{e_f}{E_f} * 100 = \frac{2 \sqrt{3} L I}{E_f S}$$

Donde:

E_f = Voltaje entre lineas; en Volts

S = Area del conductor; en mm²

L = Longitud del conductor; en metros.

I = Corriente de linea; en Amps.

e_f = Caída de voltaje entre lineas; en Volts.

$\%e_f$ = Porcentaje de caída de voltaje entre fases

3.- Sistema trifásico a Cuatro Hilos.- Sistema más utilizado en instalaciones de gran tamaño donde se tengan cargas monofásicas a alimentar y se necesite de voltajes a 127 V y/o 220 V. Es este sistema teniéndose las cargas perfectamente balanceadas, se logra una corriente nula en el neutro ($I_N = 0$).

$$e = \frac{I L}{50 S} \text{ Volts ,}$$

$$e_f = \sqrt{3} e = \frac{\sqrt{3} I L}{50 S} \text{ Volts}$$

$$\% e_f = \frac{e_f}{E_f} * 100 = \frac{2 \sqrt{3} L I}{E_f S}$$

La caída de voltaje respecto al neutro es:

$$\% e_n = \frac{e}{E_n} * 100 = \frac{2 L I}{E_n S}$$

CAPITULO 3

DUCTERIA.

La ductería o canalizaciones eléctricas son todos aquellos dispositivos empleados en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores eléctricos de manera que estos queden protegidos contra agentes mecánicos, contaminación y que a su vez protejan la instalación contra incendios debidos a los arcos que se pudiesen presentar en un corto circuito.

Los medios de canalización más comúnmente usados son:

- 1.- Tubos conduit.
- 2.- Ductos.
- 3.- Charolas.

3.1. TUBO CONDUIT.

Este tipo de ductería es muy utilizado actualmente principalmente debido a la gran variedad de diámetros, longitudes, conexiones, codos, y formas especiales disponibles en el mercado. A continuación se mencionarán y definirán algunos de los tipos de tubo conduit existentes.

- Tubo de acero galvanizado de pared gruesa. - Este tubo está protegido tanto interior como exteriormente con un acabado galvanizado, pudiendo ser utilizado en cualquier clase de trabajo por su gran resistencia. Es recomendado en instalaciones industriales de tipo visible o en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedas.

- Tubo de acero galvanizado de pared delgada.- Éste, a diferencia del anterior, presenta un menor espesor de pared, siendo de la mitad. A este tubo no se le puede hacer rosca en los extremos y se une por medio de coples u otro tipo de conectores.
- Tubo de acero esmaltado de pared gruesa.- Éste tubo está protegido tanto interior como exteriormente con esmalte contra la oxidación, por lo que se recomienda para instalaciones a la intemperie o para lugares húmedos.
- Tubo de aluminio.- Éste tubo existe tanto en pared gruesa como en pared delgada, teniendo la ventaja de ser mas liviano que los tubos de acero de igual sección. Es recomendado en instalaciones con armaduras del mismo material.
- Tubo flexible.- Es empleado en instalaciones donde se necesiten muchas curvas en la tubería. Es ideal en instalaciones de motores eléctricos y es adecuado para instalaciones industriales por su consistencia mecánica a la presión. Es de material metálico. Se une con coples de tornillo y conectores especiales.
- Tubo de plástico flexible.- Éste tubo existe en el mercado con diferentes denominaciones según su fabricante como Polyducto, Duraducto, PVC, etc., tiene como propiedades su bajo peso y su resistencia al agua. Es muy utilizado en edificios, comercios y casas habitación. Tiene como limitante no poderse utilizar en lugares con temperaturas de operación mayores a 60° C. Para su conexión son necesarias cajas de conexión con accesorios especiales de plástico.

3.2. DUCTOS.

Los ductos son canalizaciones de lámina de acero de sección cuadrada o rectangular con tapa. Los ductos son utilizados en aplicaciones donde se utilizan instalaciones visibles, ya que éstos no pueden ser utilizados dentro de muros o lozas de concreto. Se pueden

clasificar los ductos según sea su aplicación como ductos alimentadores, cuando llevan los conductores de la subestación a los tableros de distribución o como ductos de conexión, en los que se parte de los tableros a los dispositivos eléctricos finales. (fig. 3.1)

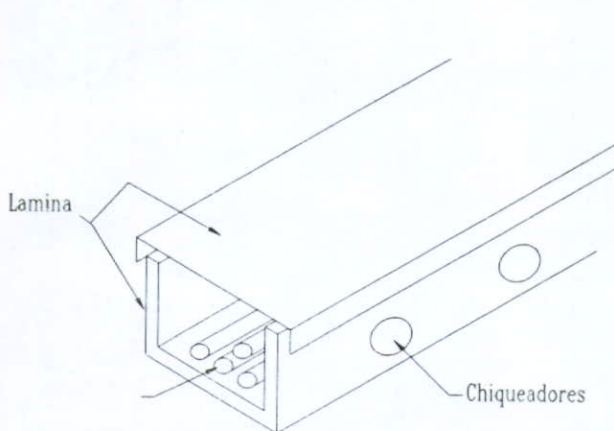


Fig. 3.1.- Ducto. Ducto cuadrado de lamina para cables aislados.

Existen los llamados Electroductos (fig. 3.2), en los que son usadas barras conductoras ya integradas con el ducto para su instalación. Los ductos cuadrados de lámina son muy convenientes en instalaciones pequeñas de distribución, éstos pueden abrirse ya que uno de sus lados es una tapa permitiendo que sean fáciles de alambrear y teniéndose una mejor capacidad de disipación de calor.

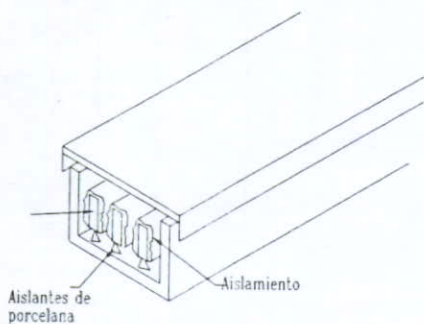


Fig. 3.2.- Electroducto. Con barras metálicas conductoras.

En los ductos se permite un máximo de 30 conductores que ocupen hasta el 30% del interior del ducto pudiendo ocuparse hasta un 75% en caso de empalmes o derivaciones. En la tabla 3.1 muestra una comparación entre la capacidad de corriente permitida en tubos conduit y en ductos.

Tabla 3.1.- Capacidad de corriente de conductores en tubo conduit y ductos

Número de conductores	% de capacidad de corriente permitida	
	Tubo Conduit	Ductos
1 - 3	100	100
4 - 6	80	100
7 - 24	70	100
25 - 30	60	100
31 - 42	60	100
43 o más	50	100

Como se puede ver en las tablas, es importante la cantidad de conductores que van dentro de la ductería eléctrica. Anteriormente se ha mencionado que los conductores eléctricos están limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calentamiento al existir limitaciones en la disipación de calor, limitándose por las restricciones de aislante en cuanto a su capacidad de conducción térmica.

Por estas razones, el número de conductores dentro de un tubo conduit debe estar restringido, para que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit de manera que facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores y considere también la cantidad de aire necesaria para que los conductores se mantengan a temperaturas de funcionamiento adecuadas, con un buen intercambio de calor. Estas condiciones son logradas estableciendo una relación entre las secciones del tubo y los conductores.

Tabla 3.2. Sostén de conductores en ductos verticales.

Calibre	Distancia entre sostenes (m)
Hasta calibre 1/0	30
Hasta calibre 4/0	25
Hasta calibre 350 MCM	18
Hasta calibre 500 MCM	15
Hasta calibre 750 MCM	12

3.3. CHAROLAS.

El uso de las charolas tiene aplicaciones similares a los ductos con algunas limitaciones. Las charolas al igual que los ductos, tienen gran versatilidad y son fáciles de usar en lugares abiertos en tiendas, industrias, etc. Se puede ver una charola con conductores aislados en la fig. 3.4.

Para el uso de charolas, el Manual de Instalaciones Eléctricas e Industriales de Enríquez Harper nos da las siguientes recomendaciones.

- a) Procurar alinear los conductores de manera que éstos guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola, especialmente los de grueso calibre.
- b) En el caso de muchos conductores delgados, es conveniente hacer amarres a intervalos de 1.5 a 2.0 m aproximadamente y de 2.0 a 3.0 m en conductores de grueso calibre, procurando también colocar etiquetas de identificación cuando se traten de conductores de varios circuitos. Para los amarres se utiliza hilo de cáñamo o algún tipo de cintillo plástico.
- c) En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas, es recomendable que los amarres se hagan con abrazaderas especiales en lugar de hilo de cáñamo. De acuerdo con el reglamento de Obras e instalaciones Eléctricas, en ductos verticales (aplicable también a Charolas), los conductores deberán estar sostenidos a intervalos no mayores a los indicados en la tabla 3.3.

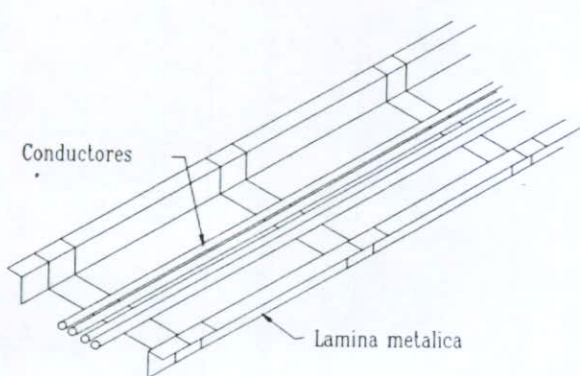


Fig. 3.4. Charola para el transporte de conductores eléctricos aislados.

Tabla 3.3. Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de acero (pared gruesa), tipo comercial

Cal	VINANEL NYLON									VINANEL 900 y TW									
AWG	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	
MCM	13	19	25	32	38	52	63	76	102	13	19	25	32	38	52	63	76	102	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
14	16	26	42							11	18	30							
12	12	20	31	53						9	14	23	39						
10	8	12	20	34	46					6	11	17	30	40					
8	4	7	11	20	27	44				3	6	9	16	21	34				
6	3	4	7	12	16	27	40			1	3	5	8	11	18	27			
4	1	2	4	7	10	16	25	38			1	3	6	8	14	20	32		
2		1	3	5	7	12	17	27	46		1	2	4	6	10	15	23	28	
1/0			1	3	4	7	11	17	29			1	2	3	6	9	14	17	
2/0			1	2	3	6	9	14	24				1	3	5	8	12	15	
3/0				1	3	5	7	12	20				1	2	4	6	10	12	
4/0				1	2	4	6	10	16				1	1	3	5	8	10	
250				1	1	3	5	8	13					1	3	4	7	8	
300					1	3	4	7	11					1	2	4	6	7	
400						1	3	5	9						1	3	4	6	
500							1	3	7							1	2	4	5

Tabla 3.4. Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de hierro (pared delgada), tipo comercial.

Calibre AWG y MCM	VINANEL NYLON		VINANEL 900 y TW	
	1/2" (13 mm)	3/4" (19 mm)	1/2" (13 mm)	3/4" (19 mm)
14	15	26	10	19
12	10	20	8	14
10	7	12	6	11
8	4	7	3	5
6	1	4	1	3
4	1	2		1
2		1		1

Tabla 3.5. Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de acero (pared delgada), tipo comercial

Cal	VINANEL NYLON						VINANEL 900 y TW					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
MCM	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm	52mm	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm	52 mm
14	13	24	37				9	17	26			
12	9	18	27	49			7	13	20	36		
10	6	11	17	31	43		5	10	15	28	38	
8	3	6	10	18	25	40	2	5	8	24	20	32
6	1	4	6	11	15	25	1	2	4	7	10	17
4		1	4	7	9	15		1	3	5	8	13
2		1	2	5	6	11		1	1	4	5	9
1/0			1	3	4	5			1	2	3	6
2/0			1	1	3	4				1	3	5
3/0				1	3	4				1	1	4
4/0				1	1	3				1	1	3
250				1	1	2					1	2
300					1	2					1	1
400						1						1
500						1						1

3.4. FACTOR DE RELLENO.

Para la distribución de conductores dentro de ductos eléctricos se deben de tomar en cuenta las cantidades de corriente, el número de conductores permitido esta en función del área de la ductería por la cual queremos poner estos cables.

Para poder calcular el número de conductores que podemos poner dentro de un ducto, se utiliza el Factor de relleno el cual es la relación que existe entre el área transversal ocupada por los conductores y el área transversal interior del tubo.

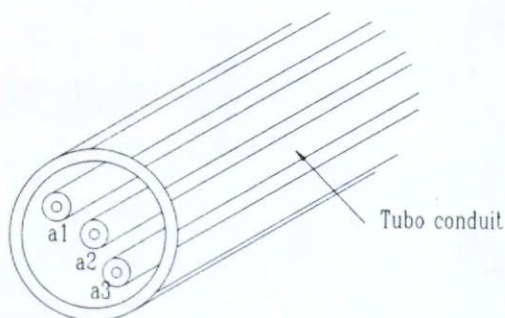


Fig. 3.3. Factor de relleno de conductores en un ducto.

$$F = \frac{a}{A}$$

Donde: F = Factor de relleno.

$a = a1 + a2 + a3$ = área total de los conductores. (fig. 3.3)

A = área transversal interior del ducto.

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para instalaciones eléctricas.

Tabla 3.6. Factor de relleno para conductores dentro de un tubo conduit.

Numero de conductores	Factor de relleno (F)
1	53 %
2	31 %
3	43 %
4 o más	40 %

3.5. SELECCIÓN.

Dentro del proyecto serán utilizados los tres tipos de ductería, ya que en el IDC actualmente se tienen instaladas charolas colocadas en ambos lados del edificio corriendo a una altura de aproximadamente 9 mts. Estas charolas son empleadas para transportar el cableado de las redes de cómputo principalmente, así como algunos circuitos pequeños que alimentan a los departamentos de generación de software. En el IDC se utiliza principalmente tubería conduit para la instalación eléctrica en las celdas de precarga que actualmente se tienen instaladas.

La instalación de los conductores en las celdas de runnin/download será por medio de tubos conduit, unidos por condulets que van a servir como cajas conectoras. Los diámetros de estos tubos serán seleccionados según las tablas 3.4, 3.5 y 3.6. En algunas instalaciones será necesario calcular el factor de relleno para así seleccionar el diámetro interior del tubo.

Los tubos provenientes de los diferentes racks, van a subir a 3 metros de altura para de ahí unirse a un ducto cuadrado que va a unir todas las celdas, concentrando todos los conductores dentro de éste para conducirlos a la pared del edificio. Junto a la pared se utilizará ducto cuadrado hasta la bajada que lleva al tablero correspondiente, ésta será por medio de tubo conduit.

La ductería cuadrada se utilizará principalmente por sus características que permiten una mayor flexibilidad en la instalación. Al utilizar el ducto cuadrado se le pueden conectar tubos conduit a lo largo de todo su recorrido con relativa facilidad, con ello se logra una mayor flexibilidad para los movimientos del arreglo de la línea la cual es sometida a cambios constantes en su distribución.

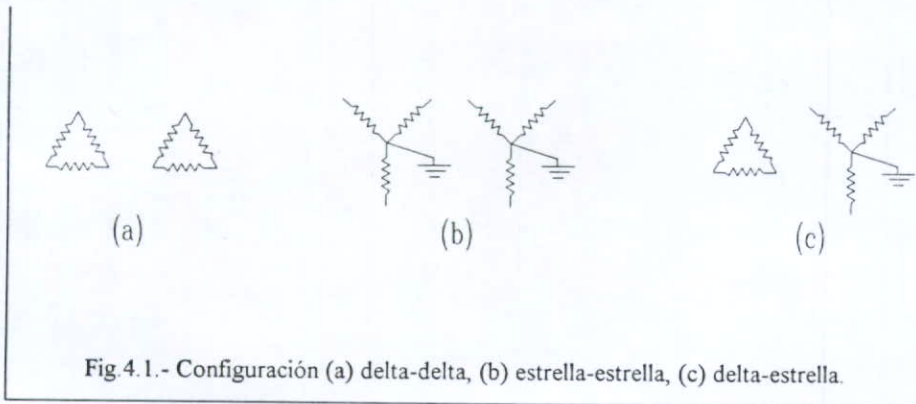
Para la alimentación al sistema de aire acondicionado, el cual se localizará en la azotea del edificio, se empleará tubería conduit que saldrá de un tablero localizado dentro del edificio para luego ir por la parte superior del techo y suministrar de energía eléctrica los equipos de aire acondicionado.

CAPITULO 4

CÁLCULO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.

Transformadores.- Un transformador es un dispositivo electromagnético, que nos produce un cambio de voltaje de una señal de corriente alterna. Esto lo logra produciendo un campo magnético entre dos embobinados. Dentro del transformador se tiene un entrehierro que tiene dos embobinados, uno de entrada y otro de salida, dependiendo del número de vueltas de cada embobinado respecto de otro se va a definir la diferencia de voltaje entre la entrada y salida del transformador. El transformador es uno de los dispositivos mas eficientes en lo que al campo eléctrico se refiere ya que su eficiencia es del 95% o más.

Tenemos diferentes configuraciones de embobinados dentro de los transformadores, entre las cuales se tienen las que aparecen en la fig. 4.1.



La configuración más usada es la de Delta-Estrella ya que ésta se utiliza por que CFE nos provee de líneas de distribución de 23,000 Volts en tres fases sin proveernos de un

neutro, por ello con la configuración Delta-Estrella se obtiene el neutro necesario para los voltajes con una sola fase.

El todo proyecto eléctrico el cálculo de la subestación eléctrica constituye un problema muy importante a resolver, ya que se debe seleccionar la capacidad eléctrica de la subestación tomando en cuenta diversos factores como la carga actual, el número de transformadores, aumentos posibles en la carga eléctrica, etc.. Los problemas no sólo son de índole técnica, también están los aspectos económicos ya que puede ocurrir que se seleccione la subestación en forma limitada o sobredimensionada constituyendo un factor que pudiese afectar al proyecto económicamente.

Para comprender mejor los elementos que intervienen en la determinación de la capacidad de una subestación es conveniente tomar en consideración las siguientes definiciones:

- Carga Instalada.- Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y equipos que se encuentran conectados en un área determinada de la instalación y se expresa generalmente en KVA's o en KW.

- Demanda.- Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo (1 hora, 2 horas, etc.). Se expresa en KW o KVA a un factor de potencia determinado.

- Densidad de Carga.- Es el cociente de la carga instalada y el área de la instalación considerada, se expresa en KVA / m² y para los propósitos de planeación de una instalación eléctrica existen tablas con valores estimados típicos para cierto tipo de instalaciones eléctricas, en particular industriales.

- Demanda Máxima.- Es la máxima demanda que se tiene en una instalación o en un sistema durante un periodo de tiempo específico, el cual por lo general está dado en horas.

- Factor de Carga.- En la mayoría de los casos la carga no es constante durante el año o durante un período de tiempo considerado como representativo ya que, por ejemplo, en las instalaciones industriales la demanda de energía eléctrica puede variar de acuerdo con el volumen de producción que se tenga de manera que resulta conveniente definir lo que se le conoce como el factor de carga como:

$$FACTOR DE CARGA = \frac{\text{Valor promedio anual de la carga}}{\text{Maximo valor de la carga en un año}}$$

- Factor de Demanda.- Es el cociente de la demanda máxima de un sistema y la carga instalada en el mismo.

$$FACTOR DE DEMANDA = \frac{\text{Demanda maxima (en W o KW)}}{\text{Carga instalada (en W o KW)}}$$

- Factor de Diversidad.- Es el cociente de la suma de las demandas máximas individuales en las distintas partes de un sistema o la instalación y la demanda máxima del sistema o instalación.

$$FACTOR DE DIVERSIDAD = \frac{\text{Suma de las demandas maximas individuales}}{\text{Demanda maxima del sistema}}$$

- Factor de Simultaneidad.- Este es una cantidad menor o igual a la unidad y se obtiene como el recíproco del Factor de Diversidad.

$$FACTOR DE SIMULTANEIDAD = \frac{1}{\text{Factor de Diversidad}}$$

Algunos Factores de Demanda y de Simultaneidad de aplicaciones usuales son mostrados en la tabla 4.1 donde se presentan cargas de potencia como motores, soldaduras y hornos eléctricos.

Para cálculos rápidos en una instalación eléctrica, en donde interesa tener una idea global de la capacidad, se pueden emplear los siguientes factores de demanda típicos así como las densidades de carga diversificada por tipo de industria para demandas estimadas, que se presentan en la tabla 4.2.

Tabla 4.1. Factores de Demanda y Simultaneidad en las Instalaciones Industriales.

Tipo de Carga	Factor de Demanda	Factor de Simultaneidad		
Hornos de Resistencias	1	1		
Accionamiento para Calderas y productores de vapor		Salvo indicaciones del usuario		
Hornos de inducción	1	1		
Motores de 0.5 a 2 KW	1	Salvo indicaciones del usuario		
		0.6	0.5	0.4
		10 motores	20 motores	50 motores
Motores de 2.5 a 10 KW	0.7	0.7	0.6	0.45
		10 motores	20 motores	50 motores
Motores de 10.5 a 30 KW	0.8	0.8	0.65	0.5
Motores de más de 30 KW	0.8	0.9	0.7	0.6
Soldaduras eléctricas	1.0	0.45	0.4	0.3
Grúas y montacargas en gral.	0.8	0.4	0.2	0.4

Tabla 4.2.- Factores de Demanda Típicos.

Carga	Factores de demanda en %
Motores	
- De propósitos generales.	30
- Para procesos semicontinuos.	60
- De operación continua.	90
Resistencias de calefacción.	80
Hornos de Inducción.	80
Hornos de Arco.	100
Alumbrado.	100
Soldadoras de Arco.	30
Soldadoras de Resistencia.	20

Tabla 4.3.- Densidades de Carga Diversificada para varios tipos de Industrias (Demandas Estimadas)

Tipo de Industria.	VA (por m²)
Química	108 - 161
Electrónica Industrial.	64 - 108
Fundiciones (Excluyendo grandes hornos)	118 - 161
Industria del vidrio.	16 - 91
Maquinaria pesada.	75 - 138
Maquinaria ligera.	118 - 160
Fabricación de metales y ensamble.	32 - 85
Industria de pequeños dispositivos.	48 - 105
Industria textil.	130

La subestación que va a alimentar al edificio del IDC será la subestación US1 ya que tiene la capacidad suficiente de alimentar la nueva ampliación. Esta es una subestación compacta interior, es decir, se encuentra en un cuarto cerrado dentro de un edificio de la planta. La subestación se encuentra aproximadamente a 110 metros de distancia del edificio IDC. Los datos de placa de la subestación son:

SUBESTACIÓN COMPACTA INTERIOR. 1,000 KVA	
Capacidad Máxima:	7,958 KVA
Voltaje	23,000 / 220 -127
Nivel de aislamiento:	125 KV Bil
Corriente nominal:	400 Amp
Al.op.:	2,500 msnm
Cuchillas fusible:	600 Amp
Nivel básico de impulso AT:	100 KV
Nivel básico de impulso RT:	45 KV

Esta subestación era la que se encargaba de proveer de energía a la instalación existente en el IDC además de proveer energía a la casa club de la planta y oficinas. Por las cargas instaladas se tomó la decisión de utilizar la energía de esta subestación por ser la más conveniente y cercana al edificio. La subestación dejará de proveer de energía a otras instalaciones ya que se han instalado nuevas subestaciones para las diferentes áreas de la planta.

Esta subestación cumple perfectamente con la carga total demandada junto con la nueva carga de 643.8 KVA perteneciente a la nueva línea ya que la subestación tenía una utilización alrededor de 6,000 KVA, quedando en 6,643.8 KVA con un porcentaje de utilización de un 83.48 %.

CAPITULO 5

SELECCIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS.

5.1.- PROTECCIÓN ELÉCTRICA.

Todo sistema eléctrico debe conservarse siempre en condiciones de operación normal para satisfacer adecuadamente las necesidades de la demanda de energía para la cual fue diseñado.

En las instalaciones industriales de proceso continuo, tal como en nuestro caso de planta de manufactura, las fallas en el equipo eléctrico pueden tener como consecuencia daños en el producto y grandes pérdidas económicas por retrasos en la producción debido a faltas de suministro eléctrico.

Para lograr tener un sistema eléctrico operando en condiciones óptimas, se deben tomar en cuenta dos aspectos para evitar fallas.

1. Prevención de fallas.
2. Atenuación de los efectos de las fallas.

Para lograr que un sistema eléctrico sea capaz de prevenir o evitar fallas, se debe tomar en cuenta los siguientes puntos.

- Utilizar un aislamiento adecuado, de acuerdo a la aplicación.
- Coordinación de la resistencia de aislamiento con capacidad de los apartarayos.
- Adecuada protección mecánica.
- Prácticas apropiadas de operación y mantenimiento.

Cualquier sistema, es casi imposible diseñarlo a prueba de fallas, ya que un sistema eléctrico industrial como en nuestro caso, está sujeto a cambios en sus cargas, modificaciones de las líneas, líneas sobrecargadas, etc.

En la gran mayoría de los sistemas eléctricos existen cuando menos dos interruptores entre el punto posible de falla y la fuente de potencia, a fin de localizar y aislar el disturbio lo más pronto posible, esto es que el más cercano a la falla sea el que tenga la primera oportunidad de accionarse, si por alguna razón este dispositivo no cumple su cometido, el siguiente eslabón de la cadena debe estar listo para efectuar la labor de abrir el circuito y así de ser necesario, en pasos sucesivos, hasta el interruptor de la fuente. Todos los elementos de protección en la cadena deben estar seleccionados de modo que toleren las sobrecargas permisibles, al tiempo que en caso de falla operen con la mayor rapidez posible, evidentemente sus características de operación deben permitirles coordinarse entre sí.

En nuestra instalación, se van a diseñar las protecciones de tal manera que un corto circuito en una máquina solo afecte a su circuito correspondiente tratando de evitar que el interruptor principal del tablero en cuestión se dispare a menos que se presente un corto circuito superior que lo haga dispararse también.

5.2.- SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.

Es importante entender ciertos fenómenos magnéticos y de comportamiento de los materiales con calor para tener un mejor entendimiento de las protecciones eléctricas.

El principio térmico de las protecciones, es utilizado solamente contra sobrecorrientes, mientras que el principio magnético se adapta bien a todas las necesidades

de protección. Dependiendo de la aplicación se deberá tomar en consideración que el magnetismo es para acción rápida y el calor para retardo.

Los tres tipos fundamentales de aparatos diseñados para detectar sobrecorrientes debidas a cortos circuitos, son los siguientes:

- a) Fusibles.
- b) Disparadores de acción directa.
- c) Relevadores.

5.2.1. Fusibles.

Los fusibles son dispositivos térmicamente operados que combinan la función de apertura de circuitos y detención de fallas, usándose tanto para tensiones altas como bajas; la selección de los mismos está restringida por las siguientes bases:

- Tensión de operación.
- Capacidad de interrupción.
- Capacidad nominal de corriente.
- Características de fundimiento.

Para su tensión de operación se clasifican como fusibles de tensión baja los menores de 600 Volts y fusibles de alta tensión o de potencia a los mayores de 600 Volts, existiendo entre estas clasificaciones, dos tipos principales que son:

- Limitadores de corriente.
- No limitadores de corriente o de tipo standard.

Prácticamente todos los fusibles se funden con altos valores de corriente de falla, en un tiempo considerablemente menor a medio ciclo en sistemas de 60 ciclos; sin embargo, el arco que se forma al fundir el fusible es conductor, permitiendo que la corriente alcance su máximo valor de cresta antes de extinguirse.

Los fusibles que tienen un aditamento especial que extingue el arco antes de que éste ocurra, se les clasifica como limitadores de corriente.

La mayoría de los fusibles son auto-protegidos, es decir, son capaces de extinguir el arco en cualquier valor de corriente que esté dentro de los límites de su capacidad interruptiva. Los fusibles limitadores de corriente para servicio de arranque de motores, están especialmente diseñados para soportar valores relativamente bajos de corriente por considerables periodos de tiempo, esto para permitir arrancadas repetidas del motor.

Estos fusibles deben usarse conjuntamente con dispositivos de acción térmica o de otro tipo, capaces de interrumpir corrientes que requieren menos de 10 seg. para fundir el fusible.

La NEMA especifica que todos los fusibles de potencia marcados con una letra "E" después del número de su capacidad nominal, deben fundirse en 300 segundos con una corriente RMC (Raíz Media Cuadrática) del 200 % al 240 % de su capacidad, si son menores o iguales a 100E y en 600 segundos con una corriente RMC del 220 al 264 % de su capacidad continua, si son mayores de 100E.

Los fusibles pueden ser clasificados en:

- Fusibles renovables.
- Fusibles de reemplazo rápido.
- Fusibles de tipo cartucho.
- Fusibles tipo cuchilla.

- Fusibles para alta tensión.
- Fusibles tipo tapón.
- Fusibles a prueba de sustituciones.
- Fusibles no renovables.

5.2.2. Disparadores de acción directa.

Un dispositivo con disparo de acción directa es aquel en el que el interruptor se bota directamente por medio de un mecanismo, cuando el flujo de corriente de corto circuito alcanza valores predeterminados.

Un dispositivo de acción directa puede ser operado por:

- Una armadura atraída por la fuerza electromagnética creada por la corriente de corto circuito, fluyendo a través de una bobina en serie para el disparo.

- Por medio de un elemento bimetálico actuado por el calor generado por el paso de la corriente de falla.

La mayoría de los aparatos de acción directa se utilizan en interruptores no encapsulados de bajo voltaje (menos de 600 Volts).

En los interruptores trifásicos, existen tres tipos de dispositivos de disparo más comúnmente instalados:

- a) De disparo instantáneo.
- b) De disparo con retardo de tiempo largo.
- c) De disparo con retardo de tiempo corto.

a) Interruptores de disparo instantáneo.- Esta característica la provee un disparo magnético instantáneo sin retraso intencionado. Su función principal es dar una protección contra corto circuito a los circuitos de carga.

Para seleccionar los interruptores en baja tensión y siguiendo las recomendaciones que hace la NEMA a respecto, es necesario contar con la siguiente información.

- La corriente normal de carga continua que fluye en un circuito.
- Corriente transitoria máxima de trabajo con duración de 6 seg.
- Corriente de corto circuito, I.

Para obtener el valor de I, tenemos que:

$$KVA = \sqrt{3}KV * I \quad , \text{ de donde}$$

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3}KV}$$

b) De disparo con retardo de tiempo largo.- Esta característica es provista por un elemento magnético que da un disparo retardado del orden de segundos o minutos para valores de corriente de solamente unos cuantos múltiplos del rango de la bobina de disparo. El retraso de tiempo es obtenido por medio de válvulas ajustables que controlan la proporción de aire que entra a una cámara de expansión contra sobrecargas en conductores y aparatos.

Se requieren dos calibraciones para definir las características del retardo largo, las cuales son una calibración para un determinado valor de corriente y otra para el retraso del tiempo.

c) De disparo con retardo de tiempo corto.- Esta característica es provista también por medio de un elemento magnético que da un tiempo de retraso del orden de ciclos para

grandes corrientes como las de corto circuito. El retraso de tiempo es obtenido de una manera similar al retardo largo, excepto que el orificio de la válvula permite un flujo mayor de aire, por lo cual el retraso resulta más corto.

La función principal del disparo con retardo de tiempo corto, es la de proveer un retraso corto de tiempo para corrientes de corto circuito y operar selectivamente con otros interruptores. Al igual que con el dispositivo de retardo largo, tiene dos calibraciones, una de retardo y otra para determinar un valor de corriente.

5.2.3. Relevadores.

Un relevador es un dispositivo que provoca un cambio abrupto en uno o más circuitos eléctricos de control cuando la cantidad o cantidades medidas a las cuales responde éste, cambian de una manera predeterminada.

Los relevadores pueden dividirse en cuatro clases:

1. Auxiliares.
2. Reguladores.
3. Verificadores.
4. De protección.

A los últimos, se les define como "aquellos cuya función es la de detectar fallas en líneas o aparatos o bien, algún otro tipo de condiciones peligrosas o indeseables, e iniciar o permitir una apropiada desconexión o dar alguna señal de alarma. Estos relevadores se denominan de "alta velocidad" cuando su tiempo de operación no excede de 3 ciclos (a 60 CPS) y de "baja velocidad" cuando operan a más de 3 ciclos.

Todos los relevadores basan su funcionamiento en dos principios básicos.

- Atracción electromagnética.
- Inducción.

Los relevadores del primer grupo consisten esencialmente de un émbolo magnetizado que va alojado dentro de un solenoide o bien, de una armadura articulada que es atraída por un electroimán, actuando por corriente alterna o directa.

Las características de éstos relevadores es su rapidez y por lo tanto son usados generalmente donde no se requiere retardo de tiempo, sino operación instantánea.

- Relevadores de inducción.- Los relevadores de inducción son los más ampliamente usados en protecciones de circuitos de corriente alterna. Dado su principio de operación, estos no pueden ser empleados en circuitos de corriente continua.

Un relevador de este tipo es esencialmente un motor de inducción de fase partida por contactos. La fuerza actuante es desarrollada en un elemento móvil (que puede ser un disco o alguna otra forma de rotor de material magnético pero conductor).

La gran mayoría de los relevadores de sobrecorriente son del tipo de "Tiempo Inverso", es decir, a medida que la corriente aumenta, el tiempo de operación disminuye. Además de estos, existen otros dos tipos: los de tiempo muy inverso y los de tiempo extremadamente inverso.

El relevador de tiempo inverso es el más ampliamente usado y sus aplicaciones son muy variables. Su relativamente suave curva de tiempo-corriente, permite dar al relevador una rápida operación en una amplia zona de labores de corto circuito, por lo que presta un grado satisfactorio de protección.

El relevador de tiempo muy inverso tiene una curva pronunciada que lo hace más lento en bajos valores de corriente y más rápido en altas intensidades de corto circuito. Es utilizado en sistemas de generación estable.

El relevador de tiempo extremadamente inverso fue diseñado para usarse originalmente en los alimentadores de las compañías distribuidoras de energía eléctrica, ya que estos permiten soportar la alta carga momentánea que sobreviene después de engrillar un circuito.

La corriente de operación de los relevadores se selecciona por medio de las derivaciones (taps), que para el efecto tiene la bobina principal y cuyas terminales van a dar a un tablero con indicaciones del valor mínimo de corriente con la que comenzará a operar el relevador, según las derivaciones de la bobina que se encuentren punteadas.

5.3. CÁLCULO DE TABLEROS.

Para las diferentes cargas de la instalación se van a utilizar tableros independientes, así se tendrán para las celdas de runnin, para los servicios de la línea donde entran las computadoras de red, lámparas, etc., tableros para motores, alumbrado y para el sistema de aire acondicionado.

Debido a que se cuenta con 5 tableros con capacidad para 42 circuitos, se van a utilizar estos para las celdas de runnin, así:

Carga de celdas = 298,704 W \approx 300 KW

2,000 W por circuito

Tablero de 42 circuitos.

$(2,000 \text{ W / ckto.}) (42 \text{ ckts. / tablero}) = 84,000 \text{ W / tablero}$

Con un F.P. = 0.99

$$S = 84,000 \text{ W} / 0.99 = 84,848.48 \approx 85 \text{ KVA}$$

Ya que se tienen un total de 1,470 celdas de 203.2 W c/u., potencia que se redondeará a 200 W para calcular con circuitos para 10 celdas con carga estimada de 200W, entonces:

$$1,470 \text{ celdas} (200 \text{ W}) = 294,000 \text{ W de carga real}$$

$$1,470 \text{ celdas} / (10 \text{ celdas/ckto.}) = 147 \text{ circuitos.}$$

$$147 \text{ circuitos} / (42 \text{ circuitos/tablero}) = 3.5 \therefore \text{ usamos 4 tableros de 42 ckts.}$$

Donde:

Protección por circuito:

$$I = 2,000 \text{ W} / (127 \times 0.99) = 15.92 \text{ Amp} \rightarrow \text{Protección termomagnética de 20 Amp}$$

Protección del tablero de celdas C1, C2, C3 y C4:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L \text{ Cos } \theta$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} V_L \text{ Cos } \theta} = \frac{84,000 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.99} = 222.67 \text{ Amp} \rightarrow 225 \text{ Amp}$$

Para la carga de los servicios, dentro de los cuales entran todas aquellas cargas de aparatos como computadoras, lámparas fluorescentes, impresoras, monitores, servidoras, etc. se empleará un tablero con las siguientes características:

$$\text{Carga de servicios} = 49,720 \text{ W} \rightarrow 50,000 \text{ W}$$

Utilizando circuitos de 2,000 W

$50,000 \text{ W} / 2,000 \text{ W} = 25$ circuitos.

∴ se utilizará un tablero de 30 circuitos.

Con un F.P. = 0.95

$$S = 50,000 \text{ W} / 0.95 = 52,631.58 \approx 55 \text{ KVA}$$

Protección del tablero de servicios S1:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} V_L \cos \theta} = \frac{50,000 \text{ W}}{\sqrt{3} * 220 * 0.95} = 138.12 \text{ Amp} \rightarrow 150 \text{ Amp}$$

En el tablero que se empleará para el alumbrado, denominado A1, se conectará todo el alumbrado a 220 V que se instalará en el edificio. Este tablero será solamente a 220 por contar solamente con tres barras con las tres fases sin contar con barra para el neutro.

$$\text{Carga de alumbrado} = 38,400 \text{ W} \rightarrow 40,000 \text{ W}$$

Se tendrán circuitos de 4 lámparas c/u para una carga de $4 \times 400 \text{ W} = 1600$.

$$38,400 \text{ W} / 1,600 \text{ W} = 24 \text{ circuitos}$$

∴ se utilizará un tablero de 30 circuitos.

Con un F.P. = 0.9

$$S = 38,000 \text{ W} / 0.9 = 42,666.67 \approx 45 \text{ KVA}$$

Protección del tablero de alumbrado A1:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} V_L \cos \theta} = \frac{40,000W}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 116.64 \text{ Amp} \rightarrow 125 \text{ Amp}$$

Para la carga de los motores se decidió junto con el departamento de ingeniería de planta de la fábrica, no utilizar un centro de control de motores CCM ya que los motores utilizados (1/2 HP) son muy pequeños y ya cuentan cada uno con su arrancador, su protección del motor y sus fusibles-cuchillas de protección así como los botones de paro-arranque junto a estos. Por estas razones, cada motor se conectará a un interruptor termomagnético en un tablero destinado a los motores de la línea así como las cargas de aparatos que cuentan con motores como las flejadoras, encintadoras y palletizadoras.

Se utilizará una protección termomagnética por cada motor y por cada aparato conectado al tablero, así se tendrán proyectados un total de 20 motores de ½ HP y 4 máquinas.

$$\frac{1}{2} \text{ HP} = 372.85 \text{ W}$$

$$\text{Carga de motores de } \frac{1}{2} \text{ HP} = 7,457 \text{ W}$$

$$\text{Otras cargas (palletizadora, flejadora, etc.)} = 4,034 \text{ W}$$

$$\text{Carga total del tablero de motores M1} = 11,491 \text{ W} \approx 12 \text{ KW}$$

Como ya se calculó en el Capítulo II, la protección contra sobrecarga del motor deberá de ser de 2.5 Amp. Así que se empleará un interruptor termomagnético de esta capacidad en el tablero.

- Encintadora:

184 W

0.77 A a 220 V

Protección de 2.5 Amp

- Flejadora:

850 W

2.4 Amp

Protección de 3 Amp

- Palletizadora:

3,000 W

$$I_L = \frac{3,000W}{\sqrt{3} * 220 * 0.85} = 9.26 \text{ Amp} \rightarrow 15 \text{ Amp}$$

Protección del tablero de motores **M1**:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L \text{ Cos } \theta$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} V_L \text{ Cos } \theta} = \frac{12,000W}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 34.99 \text{ Amp} \rightarrow 40 \text{ Amp}$$

Los dos equipos de Aire Acondicionado ya cuentan con sus tableros necesarios para sus compresores, ventiladores, equipo de control, etc. de tal manera que solo se conectará esta carga al tablero principal de la subestación por medio de un interruptor termomagnético de 3 polos.

Protección para el equipo de Aire Acondicionado AC1 y AC2:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} V_L \cos \theta} = \frac{60,000W}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 174.95 \text{ Amp} \rightarrow 200 \text{ Amp}$$

5.4. CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO.

Para el cálculo de corto circuito es necesario contar con el diagrama unifilar de instalación eléctrica (fig. 5.2). Para este cálculo es necesario contar con los valores de potencia demandada al sistema ya que en el caso de un corto circuito en el sistema, los motores se comportan como generadores afectando así a las protecciones eléctricas.

En todos los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica es indispensable conocer la magnitud de las corrientes de corto circuito bajo diferentes puntos del sistema, del conocimiento de su magnitud depende la correcta elección de los interruptores y el ajuste más adecuado de los dispositivos de protección que se empleen para limitar las zonas afectadas.

Para su cálculo son necesarios los valores de impedancia de todo el equipo que interviene tal como generadores, motores, transformadores, líneas de transmisión. La impedancia de una máquina está dada por $R + jX$. Generalmente la resistencia es muy pequeña comparada con la reactancia, por lo cual el valor absoluto de la impedancia se comprende con el valor de la reactancia.

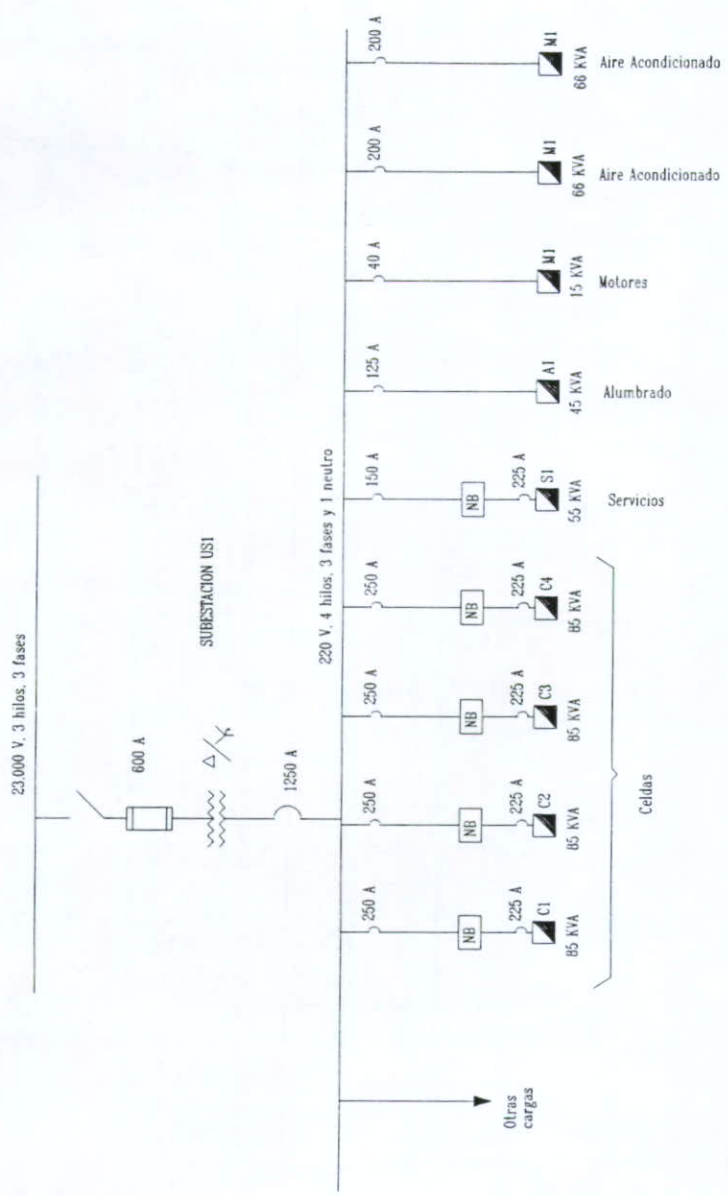


Fig 5.1. Diagrama Unifilar

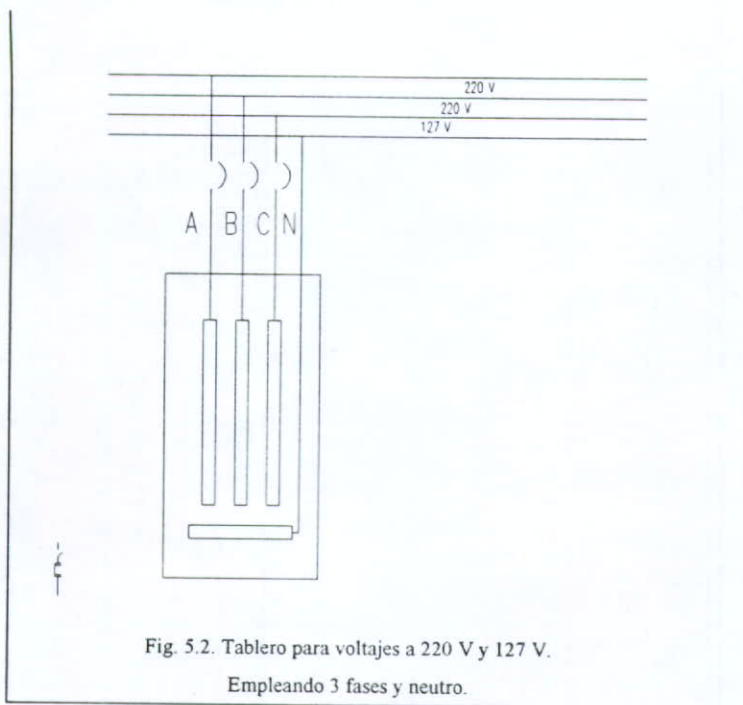


Fig. 5.2. Tablero para voltajes a 220 V y 127 V.
Empleando 3 fases y neutro.

Con objeto de simplificar el tiempo que se requiere al trabajar con números complejos representativos de las impedancias, en la práctica se efectúan estos cálculos considerando únicamente los valores de reactancias en lugar de los de impedancias del equipo en cuestión.

El efecto de corto circuito aparece cuando dos o más conductores de distinta fase se unen entre sí o bien cuando una fase se une a tierra.

Cuando se determina la magnitud de corto circuito es importante considerar todas las fuentes de alimentación de dicho corto circuito y conocer las características de las reactancias de las mismas. Existen tres fuentes básicas de corrientes de corto circuito:

- a) Generadores.
- b) Motores síncronos.
- c) Motores de inducción.

En nuestro caso, nuestra nueva instalación eléctrica no cuenta con generadores sino sólo con una carga pequeña de motores de $\frac{1}{2}$ HP. Sin embargo, la subestación US1 alimenta algunas bombas de agua de pudiesen ser de consideración para el cálculo, pero la información sobre la carga de estas bombas no se ha podido conseguir por parte del departamento de ingeniería de planta.

5.5. COMPROBACIÓN DEL CALCULO DE LOS CONDUCTORES.

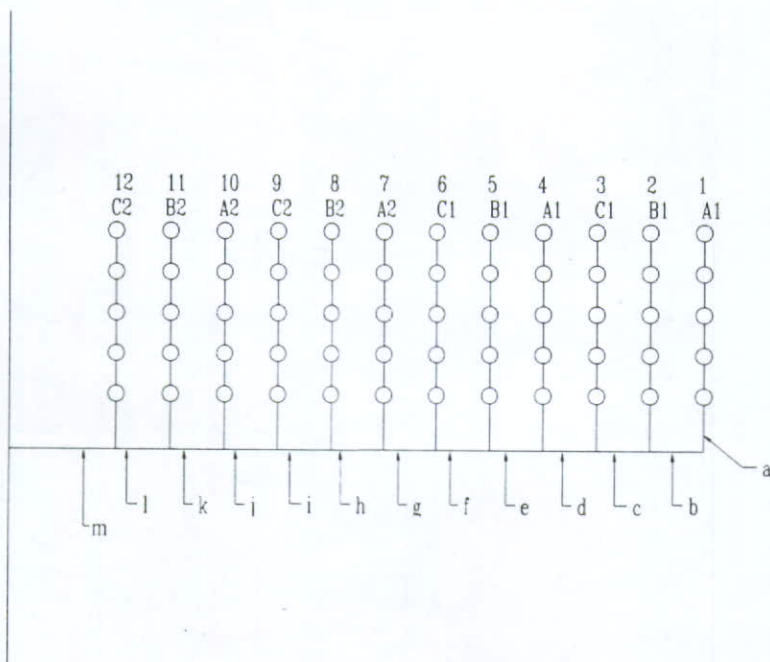
Para el correcto cálculo de los conductores es importante tomar en consideración cómo van a ir albergados ya que si se encuentran en un ducto muy saturado de conductores ésto provoca un aumento en la temperatura interior reduciendo la capacidad de conducción del cable.

5.5.1. CELDAS.

En el proyecto se emplearán conductores tipo VINANEL 900 ya que éste funciona mejor a altas temperaturas que el conductor tipo TW.

En los circuitos de celdas se tiene una corriente de 16 Amp. por circuito . Utilizando un calibre #12 tenemos capacidad de 20 Amp (Tabla 2.11), pero debido a que se van a llevar varios conductores dentro de una misma canalización se empleará calibre #10 con capacidad de 30 Amp dentro de la tubería y solamente calibre #12 para las subidas de cada circuito donde sólo subirán tres conductores: fase, neutro y tierra física.

Para que los conductores sean capaces de conducir la corriente para la que fueron diseñados, para la selección de la ductería se ha utilizado el factor de relleno, utilizando un $F = 40 \%$.



Donde se utilizan los siguientes calibres por capacidad de corriente:

- | | | | |
|-----|-----------------------|----|-----------------------|
| a : | 2- #12, 1- #8 | h: | 1 -#12, 4- #10, 1- #8 |
| b: | 2- #12, 1- #8 | i: | 2- #12, 4- #10, 1- #8 |
| c: | 3- #12, 1- #8 | j: | 3- #12, 4- #10, 1- #8 |
| d: | 4- #12, 1-#8 | k: | 2- #12, 5- #10, 1- #8 |
| e: | 2. #12, 2- #10, 1- #8 | l: | 1- #12, 6- #10, 1-#8 |
| f: | 1- #12, 3- #10, 1- #8 | m: | 7- #10, 1- #8 |
| g: | 4- #10, 1- #8 | | |

Fig. 5.3. Calibres utilizados en rack de 12 columnas.

Para la tierra física se utilizará un calibre #8 en toda la instalación, y se tendrán unidas todas las tierras físicas. Así solo llegará un solo cable de tierra física calibre #8 al tablero correspondiente de donde será dirigido a una varilla de cobre justo debajo del tablero enterrada para que actúe como tierra del tablero.

Para el diámetro de la tubería utilizada en los racks se utilizó la Tabla 3.4 donde se calculó para conductores del tipo VINANEL 900 y TW. Por ejemplo, para el rack de 12 columnas mostrado en la fig. 5.3, se tienen los siguientes calibres:

a - i : Tubo conduit $\frac{1}{2}$ "

j - m : Tubo conduit $\frac{3}{4}$ "

Para unir los racks (como se muestra en la figura 5.3), se empleará un Factor de Relleno de 40% para así obtener los siguientes resultados:

En el área de racks de 12 columnas, se tendrá que por cada tablero de 42 circuitos se alimentarán 7 racks de 12, por ello, de los 17 racks de 12 que se tienen, se emplearán 3 tableros de 42 circuitos. Por cada tablero se empleará una tierra física con calibre #8 a todo lo largo de la instalación, así en la ductería proveniente de este grupo de celdas se tendrá un total de:

- 119 conductores calibre #10, donde:

49 conductores para cada uno de dos tableros y 21 para el 3er tablero

- 3 conductores calibre #8, con un conductor por tablero.

Se tomó en consideración el uso de ductería cuadrada debido a su flexibilidad para conectar ductos a lo largo de su recorrido, pero se decidió el uso de tubería conduit independiente para cada tablero. Así el tubo para 49 conductores calibre #10 y 1 conductor calibre #8 no se podrá calcular con la tabla 3.6, por ello se utilizará el FR.

Diámetro conductor calibre #10 = 0.1019 pulg

Área de conductor calibre #10 = $(0.1019/2)^2\pi = 0.0082 \text{ pulg}^2$

Diámetro de conductor calibre #8 = 0.1285 pulg

Área de conductor calibre #8 = $(0.1285/2)^2\pi = 0.0130 \text{ pulg}^2$

Área ocupada por conductor = $49 (0.0082 \text{ pulg}^2) + 1 (0.0130 \text{ pulg}^2) = 0.4148 \text{ pulg}^2$

Con $F = 40\%$

$A = 0.4148 \text{ pulg}^2 / 0.4 = 1.0370 \text{ pulg}^2$

$d = \sqrt{4 * (1.0370 / \pi)} = 1.1491 \text{ pulg} \approx 1.25 \text{ pulg}$

Pero utilizamos tubo de 1 ½ para tener capacidad para ampliaciones o cambios futuros.

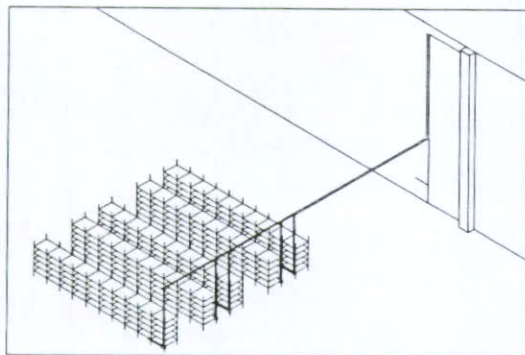


Fig. 5.4 Ductería de celdas

5.5.2. TABLEROS.

Para los diferentes tableros empleados se calculará el calibre de alimentación que viene de la subestación por caída de voltaje y por capacidad de corriente debido a la distancia a la que se encuentran los distintos tableros de la subestación.

Tablero de celdas.

- Cálculo de conductor por caída de voltaje.

%e = 3% para alumbrado y aparatos pequeños.

L = De 100m a 150m dependiendo de la ubicación del tablero ∴ 150m

$$\%e = \frac{4LI}{E_n S} \rightarrow S = \frac{4LI}{E_n \%e}$$

$$S = (4 \times 150m \times 225) / (127 \times 3) = 354.33 \text{ mm}^2$$

Según tabla 2.9 con A= S = 354.33 mm²

Calibre 700 MCM

Debido al gran tamaño del conductor y a su alto costo, se emplearán dos conductores por fase, quedados:

Según tabla 2.9 con A= 177.16 mm²

2 x Calibre 350 MCM

Según tabla 2.12_ **Tubo conduit 3"**

- Cálculo de conductor por capacidad de corriente.

Según tabla 2.11 _ 4 conductores calibre # 300 MCM

Tablero de servicios.

- Cálculo de conductor por caída de voltaje.

%e = 3% para alumbrado y aparatos pequeños.

L = De 100m a 150m dependiendo de la ubicación del tablero ∴ 150m

$$S = (4 \times 150m \times 150) / (127 \times 3) = 236.22 \text{ mm}^2$$

Según tabla 2.9 con $A = S = 236.22 \text{ mm}^2$

Calibre 500 MCM

Debido al gran tamaño del conductor y a su alto costo, se emplearán dos conductores por fase, quedándonos:

Según tabla 2.9 con $A = 118.11 \text{ mm}^2$

2 x Calibre 250 MCM

Según tabla 2.12_ **Tubo conduit 3"**

- Cálculo de conductor por capacidad de corriente.

Según tabla 2.11 _ 4 conductores calibre # 3/0

Tablero de alumbrado.

- Calculo de conductor por caída de voltaje.

$\%e = 3\%$ para alumbrado y aparatos pequeños.

$L =$ De 100m a 150m dependiendo de la ubicación del tablero $\therefore 150\text{m}$

$$\%e = \frac{4LI}{E_n S} \rightarrow S = \frac{4LI}{E_n \%e}$$

$$S = (4 \times 150\text{m} \times 125) / (127 \times 3) = 196.85 \text{ mm}^2$$

Según tabla 2.9 con $A = S = 196.85 \text{ mm}^2$

Calibre 400 MCM

Debido al gran tamaño del conductor y a su alto costo, se emplearán dos conductores por fase, quedándonos:

Según tabla 2.9 con $A = 98.42 \text{ mm}^2$

2 x Calibre 4/0 MCM

Según tabla 2.12_ **Tubo conduit 2 1/4"**

- Cálculo de conductor por capacidad de corriente.

Según tabla 2.11 _ 4 conductores calibre 2/0

Tablero de motores.

- Cálculo de conductor por caída de voltaje.

%e = 5% para motores

L = De 100m a 150m dependiendo de la ubicación del tablero ∴ 150m

$$S = (4 \times 150\text{m} \times 40) / (127 \times 5) = 37.79 \text{ mm}^2$$

Según tabla 2.9 con A= S = 37.79 mm²

Calibre # 1

Según tabla 2.9_ **Tubo conduit 1 ½ ”**

- Cálculo de conductor por capacidad de corriente

Según tabla 2.11 _ 4 conductores calibre # 6

Tablero de Aire Acondicionado.

- Cálculo de conductor por caída de voltaje.

%e = 5% para motores y circuitos de fuerza.

L = De 100m a 150m dependiendo de la ubicación del tablero ∴ 150m

$$S = (4 \times 150\text{m} \times 200) / (127 \times 5) = 188.97 \text{ mm}^2$$

Según tabla 2.9 con A= S = 188.97 mm²

Calibre 400 MCM

Debido al gran tamaño del conductor y a su alto costo, se emplearán dos conductores por fase, quedándonos:

Según tabla 2.9 con A= 94.48 mm²

2 x Calibre 4/0 MCM

Según tabla 2.12 _ **Tubo conduit 2 ¼ ”**

- Cálculo de conductor por capacidad de corriente.

Según tabla 2.11 _ 4 conductores calibre 250 MCM

Para cada tablero se emplearán cuatro conductores, para las tres fases y el neutro. En los tableros que emplean 2 conductores por fase, es decir, 8 conductores incluyendo dos conductores para el neutro, utilizarán dos ductos donde irán tres fases y un neutro por ducto.

5.6. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS.

La coordinación de los elementos de protección tiene por objeto eliminar o al menos reducir al mínimo las interrupciones innecesarias de energía eléctrica ya sea en una parte del sistema o de la totalidad del mismo, tratando de que sólo el circuito con corto circuito sea el afectado. Así, en un sistema debidamente coordinado, al ocurrir una falla deberá interrumpirse el suministro de energía eléctrica únicamente en la parte dañada del sistema, sin que la falla afecte al resto del mismo.

La operación de los elementos de protección del sistema debe coordinarse de tal manera que en caso de una falla, opere únicamente el elemento de protección más cercano a la misma y la aisle sin llegar a los elementos de protección de las fuentes de energía.

Para lograr esto, las protecciones eléctricas cuentan con curvas de funcionamiento que nos muestran el tiempo de respuesta de la protección dependiendo de la corriente que fluya a través de éste. Así las protecciones se seleccionarán dependiendo de la curva provista por el fabricante poniendo las que reaccionen primero más cerca de los tableros y las más lentas cerca de la subestación o del suministro de CFE.

Así, en las protecciones mostradas en la Fig. 5.5 la protección P1 va a actuar antes que las demás, actuando en un tiempo menor t_1 a una corriente I_1 dada. En caso de que esta protección falle, la protección P2 va a actuar con el mismo valor de corriente en un tiempo t_2 .

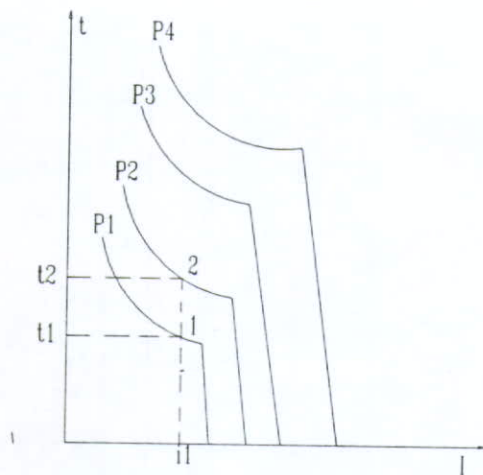


Fig. 5.5. Diagrama de coordinación de protecciones.

Cualquier protección eléctrica cuenta con su gráfica de respuesta, lo difícil es que el fabricante la tenga disponible para poder efectuar los cálculos necesarios para una correcta selección de las protecciones dentro de la instalación.

CAPITULO 6

ASPECTO ECONÓMICO.

Los costos del material necesario estimado para el proyecto son los siguientes:

Descripción.	Partida	Cantidad	Costo
Tablero de celdas de 42 circuitos, Siemens, 250 A, 3 fases, 3 hilos, 127/220 Volts. A.C.	1	4	\$ 20,547.60
Tablero de servicios de 30 circuitos, Siemens, 150 A, 3 fases, 3 hilos, 220 V. A.C.	2	1	\$ 4,543.50
Tablero de alumbrado de 30 circuitos, Siemens, 125 A., 3 fases, 3 hilos, 127/220 V. A.C.	3	1	\$ 3,803.10
Tablero de motores de 30 circuitos, Siemens, 50 A., 3 fases, 3 hilos, 127/220 V. A.C.	4	1	\$ 3,257.40
Interruptor termomagnético de 3 polos con gabinete incluido marca Siemens. 3 x 250 A.	5	4	\$ 8,879.60
Interruptor termomagnético de 3 polos con gabinete incluido marca Siemens. 3 x 150 A.	6	2	\$ 4,438.00
Interruptor termomagnético de 3 polos con gabinete incluido marca Siemens. 3 x 40 A.	7	1	\$ 1,191.00

Descripción.	Partida	Cantidad	Costo
Interruptor termomagnético de 3 polos con gabinete incluido marca Siemens. 3 x 200 A.	8	2	\$ 4,439.80
Conductor sólido, tipo VINANEL 900 a 75°C:	9		
# 12 AWG		1,764 m	\$ 2,868.96
# 10 AWG		15,000 m	\$ 37,140.00
# 8 AWG		1,071 m	\$ 4,512.44
# 1 AWG		480 m	\$ 2,861.95
# 3/0		1,040 m	\$ 37,120.00
# 4/0		3,120 m	\$ 120,160.00
# 350 MCM		4,160 m	\$ 260,773.76
Tubería conduit de fierro galvanizado, pared gruesa con las siguientes dimensiones:	10		
½"		735 m	\$ 3,594.15
¾"		110 m	\$ 719.40
1 ½"		130 m	\$ 3,006.03
2 ¼" - 3"		2,080 m	\$ 180,148.80
Protecciones Termomagnéticas de 3 polos con gabinete. De capacidad:	11		
3 x 40 A		1	\$ 1,191.00
3 x 125, 150 A		2	\$ 4,438.00
3 x 200, 250 A		6	\$ 13,319.40
TOTAL:			\$ 722,953.89

El proveedor eléctrico ofrece en caso del pedido un 10% de descuento sobre los precios anteriormente mostrados, quedando un precio de: **\$ 650,658.50**

Además del equipo mencionado existen lámparas fluorescentes, ionizadores, monitores, computadoras que no se consideraran en el costo del proyecto ya que se cuenta con este equipo y material que se encuentra en alguno de los casos ya instalado en la antigua línea.

Como mano de obra directa se considerará el 50% del costo del material ya que este porcentaje se emplea por la mayoría de las constructoras electromecánicas.

\$ 325,329.25

Los gastos de montaje, transporte como grúas, camiones, etc., se consideran como el 40 % de la mano de obra directa, más un 32 % sobre la mano de obra directa por gastos de administración; porcentajes usados por constructoras electromecánicas.

Así nos queda un costo estimado de:

Costo Total del Material	=	\$650,658.50
Mano de Obra Directa	=	\$325,329.25
Gastos de Montaje de Equipo	=	\$130,131.70
Gastos de Administración	=	\$104,105.36

COSTO TOTAL DEL PROYECTO = \$1'210,224.81

CONCLUSIONES

Este proyecto sirvió como guía para el cambio de línea el cual se empezará a efectuar a partir del 1° de Julio de 1996. Este cambio toma en cuenta los cálculos aquí presentados para la selección de los tableros y circuitos ya que nunca antes se había tomado en cuenta la carga real demandada por las máquinas en una prueba de runnin.

Con lo presentado anteriormente se pudo presentar un cálculo muy preciso de las necesidades del proyecto en su aspecto eléctrico ya que la instalación anterior no tomaba en cuenta la gran cantidad de carga que se demanda por las celdas de runnin. La instalación eléctrica no estaba bien seleccionada para la demanda eléctrica que podía instalarse.

Con los cálculos presentados se puede realizar el proyecto. La selección de los tableros, No Breaks, distribución de circuitos para balanceo de carga, son datos que se van a tomar de esta tesis revisándose por parte del departamento de ingeniería de planta de IBM.

El cálculo de la carga térmica presentado aquí, obtuvo resultados muy similares a los obtenidos por un proyectista externo quien obtuvo una carga térmica de 88 TR contra las 94.6 TR obtenidas en el cálculo aquí presentado. El equipo que se selecciona para estimar la demanda eléctrica es de la marca York, pudiendo variar los consumos dependiendo de la marca que se seleccione.

La distribución del layout presentado aquí, se encuentra todavía a prueba por lo que puede llegar a variar, sin embargo, la capacidad instalada de celdas permanecerá como la proyectada, teniéndose que el número de tableros necesarios seguirá permaneciendo igual, al igual que la carga eléctrica total por instalar.

Para la realización del proyecto se buscará interrumpir la producción por el menor tiempo posible, por ello, se instalarán los tableros primero, la tubería, el cableado para ya sólo tener que modificar la instalación de celdas cableándolas finalmente a sus tableros respectivos.

Ya se tienen cuatro tableros actualmente, que pudiesen utilizarse en el nuevo edificio; pero finalmente se ha acordado adquirir nuevos tableros ya que el área que se deja a la línea de móviles necesitará también de tableros para sus instalaciones y también a que no se pueden quitar estos tableros sin dejar de producir en la línea de PSs. Así que se adquirirán los nuevos tableros para las celdas, además de que el número de tableros dentro de la línea se incrementará tanto por el incremento en la capacidad instalada como por el cálculo más preciso de las cargas demandadas por cada computadora.

BIBLIOGRAFÍA.

- ☞ A. E. Knowlton, Manual del Ingeniero Electricista.
- ☞ BEEMAN Donald, Industrial Power Systems Handbook, Mc. Graw-Hill.
- ☞ CHAPMAN Stephen J., Máquinas Eléctricas, Mc. Graw-Hill.
- ☞ Energy Saving de México, "Curso sobre Ahorro de Energía", FIDE (*Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico*).
- ☞ FOLEY Joseph H., Fundamentos de Instalaciones Eléctricas, Mc. Graw-Hill.
- ☞ HARPER Enriquez, "El ABC de las Máquinas Eléctricas". Tomo III: Instalación y control de motores de Corriente Alterna, Limusa
- ☞ HARPER, E , Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales. Ed. Limusa. México, D.F. 1994.
- ☞ Internet, <http://www.mexico.ibm.com> , Netscape Navigator versión II.
- ☞ MORA VILLEGAS Juan José, Proyecto de Electrificación de las Nuevas Plantas Hidrosulfuradora y Reformadora de Naftas de la Refinería Ing. Antonio M. Amor. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara.
- ☞ Normas "NEMA"
- ☞ SIC-DGE, Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, Editado por la Escuela Mexicana de Electricidad, Mex. 1974.

☐ The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Electric Power Distribution for Industrial Plants, 3rd Edition.

☐ Wistinghouse, Manual de Alumbrado.

Servitesis

OTRA OPCION PARA SU TESIS

615-18-61

AV. MEXICO 2210

(CASI ESQUINA CON AMERICAS)