

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**

**FACULTAD de TÉCNOLOGÍA**

**CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA**



**“Diseño de la Instalación Eléctrica de la empresa LAVANDERIA  
COCHABAMBA”**

Proyecto de Grado para la obtención del grado de Licenciatura

**POR: JOSE LUIS QUISPE MENDOZA**  
**TUTOR: MSc. Ing. NESTOR S. MAMANI VILLCA**

**LA PAZ - BOLIVIA**

**2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

Siempre resulta difícil agradecer a aquellas personas que han colaborado con un proceso, con un trabajo, porque nunca alcanza el tiempo, el papel o la memoria para mencionar o dar con justicia todos los créditos y méritos a quienes se lo merecen.

Partiendo de esta limitación y diciendo de antemano MUCHAS GRACIAS a todas las personas que de una u otra manera han colaborado en el desarrollo de este proyecto, deseo agradecer especialmente primero:

A DIOS

A MIS PADRES, por su constante apoyo y colaboración.

A MIS AMIGOS

A LA FACULTAD DE TECNOLOGIA

A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES.

Gracias: J.L.Q.M.

**DEDICATORIA:**

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

Quienes hicieron posible este trabajo.

Gracias: J.L.Q.M.

INDICE	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
<b>CAPITULO 1 ASPECTOS GENERALES</b>	
1. INTRODUCCIÓN .....	0
2. ANTECEDENTES .....	2
3. LOCALIZACION DEL PROYECTO .....	2
3.1. Ubicación geográfica.....	2
3.2. Tipo de servicio eléctrico.....	2
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
4.1. Identificación del problema .....	2
4.2. Formulación del problema.....	3
5. OBJETIVOS .....	3
5.1. Objetivo general.....	3
5.2. Objetivos específicos .....	3
6. JUSTIFICACIÓN .....	3
7. LIMITES Y ALCANCES.....	4
<b>CAPITULO 2 MARCO TEORICO</b>	
2.1. SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA.....	5
2.1.2. Sistema Primario de Suministro.....	5
2.2. CALCULO ELECTRICO.....	6
2.2.1. Factor de Demanda .....	6
2.2.2. Factor de Carga.....	7
2.2.3. Factor de Simultaneidad .....	7
2.2.4. Factor de Utilización .....	7
2.3. INSTALACIONES DE ENLACE DE BAJA TENSION Y MEDIA TENSION.....	8
2.3.1. Red de Distribución.....	8
2.3.2. Acometidas en baja tensión.....	9
2.4. ILUMINACION.....	10
2.4.1. Lámparas de Haluro Metálico .....	10
2.4.2. Características Técnicas y Energéticas .....	11

2.4.3. Calculo luminotécnico .....	11
2.4.4. Método de los lúmenes .....	11
2.4.4.1. Selección de la luminaria .....	12
2.4.4.2. Factor de Depreciación.....	12
2.4.4.3. Índice del local .....	13
2.4.4.4. Factor de utilización.....	13
2.4.4.4. Numero de lámparas requeridas .....	13
2.5. ALIMENTADORES .....	14
2.5.1. Concepto .....	14
2.5.2. Calculo selección de alimentadores para las cargas de iluminación y tomacorrientes .....	14
2.5.2.1. Capacidad térmica de conducción.....	14
2.5.2.2. Máxima caída de tensión permitida .....	15
2.5.2.3. Máxima corriente de cortocircuito .....	15
2.5.2.4. Capacidad térmica de conducción.....	15
2.5.2.5. Caída de tensión permisible .....	16
2.6. PUESTA A TIERRA .....	16
2.6.1. Definición .....	16
2.6.2. Objetivos de una puesta a tierra .....	16
2.6.3. Componentes de la puesta a tierra .....	16
2.6.3.1. Tomas de tierra .....	17
2.6.3.2. Conductores de protección.....	17
2.6.4. Puesta a tierra funcional .....	17
2.6.5. Resistencia de la puesta a tierra.....	17
2.6.5.1. Diferentes configuraciones .....	17
2.6.5.2. Calculo de la resistencia de una puesta a tierra .....	18
2.6.5.3. Influencias en el comportamiento eléctrico del suelo .....	18
2.6.5.4. Factores que determinan la resistividad de los suelos .....	19
2.6.6. Electrodo de puesta a tierra .....	19
2.7. CONTROL Y PROTECCION .....	19
2.7.1 Concepto .....	19

2.7.2. Ámbito de características industriales y comerciales.....	19
2.7.3. Selección de aparatos de protección.....	20
2.7.4. Funciones de una entrada y/o salida.....	20
2.7.4.1. Función de interrupción.....	21
2.7.4.2. Función de protección.....	21
2.7.4.3. La función conmutada.....	22
2.7.5. Equipos de protección en baja tensión.....	22
2.7.5.1. Fusibles.....	22
2.7.5.2. Interruptores Termomagnéticos.....	22
2.7.6. Curvas de disparo.....	24
2.7.7. Comando y protección de motores de corriente alterna.....	25
2.7.7.1. Introducción.....	25
2.7.7.2. Funciones de una salida motor.....	25
2.7.7.3. Elección de contactores.....	27
2.7.7.4. Asociación de aparatos.....	28
2.7.7.5. Coordinación de protección.....	28
2.7.7.6. Circuito de mando.....	30
2.7.7.7. Circuito de potencia.....	30
2.7.7.8. Arranque de los motores asíncronos trifásicos.....	31
2.7.7.8.1. Arranque directo.....	31
2.7.7.8.2. Arranque estrella – triangulo.....	32

### **CAPITULO 3 INGENIERIA DE PROYECTO**

3.1. PLANIFICACIÓN.....	35
3.2. SISTEMA DE ALIMENTACION.....	35
3.2.1 Distribución del sistema de alimentación.....	36
3.3. LEVANTAMIENTO DE CARGA.....	36
3.4. EQUILIBRIO DE CARGA.....	40
3.5. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA.....	40
3.5.1. Potencia demandada para motores.....	40
3.5.2. Cálculo de la Demanda para motores.....	42
3.5.3. Potencia demandada iluminación y tomacorrientes.....	45

3.5.4. Potencia demandada tomas de fuerzas monofásica .....	46
3.6. POTENCIA INSTALADA DEMANDADA TOTAL.....	47
3.7. FACTOR DE DEMANDA .....	47
3.7.1 Calculo del factor de demanda de motores .....	50
3.8. POTENCIA MAXIMA DEMANDADA.....	50
3.9. DETERMINACION DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.....	51
3.10. FACTOR DE POTENCIA .....	51
3.10.1. El factor de potencia .....	51
3.10.2. Calculo del factor de potencia previsto .....	51
3.10.2.1 Determinación de potencias activa y reactiva por sectores de producción.....	51
3.11. CALCULO DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS .....	59
3.11.1. Introducción. ....	59
3.11.2. Tipos de conductores.....	59
3.12. CIRCUITO DERIVADO .....	59
3.12.1. Clasificación.....	59
3.12.1.1. Circuitos de iluminación.....	60
3.12.1.2. Circuitos de tomacorriente.....	60
3.12.1.3. Circuito de Fuerza .....	61
3.12.2. Máxima caída de tensión en conductores.....	64
3.13. ALIMENTADORES .....	68
3.13.1. Criterios para el cálculo de la sección mínima de los conductores. ....	68
3.13.2. Criterio de capacidad térmica de conducción .....	68
3.13.2.1. Calculo del alimentador de los tableros de distribución .....	68
3.13.2.2. Calculo del alimentador principal.....	85
3.13.2.3. Caída de tensión del alimentador principal.....	86
3.13.2.4. Caída de tensión de los alimentadores.....	87
3.13.2.5. Caída de tensión de los alimentadores principales .....	88
3.14. DISEÑO DE PUESTA A TIERRA.....	89
3.14.1. Constitución de un sistema de tierra.....	90
3.14.2. Calculo de la corriente corto-circuito.....	90

3.14.3. Calculo de calibre conductor de puesta a tierra.....	91
3.14.4. Medida de la resistividad del terreno .....	92
3.14.5. Calculo del electrodo vertical .....	94
3.14.6. Resistencia de tierra de dos o más jabalinas en paralelo .....	95
3.15. CALCULO LUMINOTECNICO .....	98
3.15.1. Tipo de lámpara.....	98
3.15.2. Nivel de iluminación .....	99
3.15.2.1. Índice del local K .....	100
3.15.2.2. Coeficiente de utilización .....	101
3.15.2.3. Calculo del flujo total requerido .....	102
3.15.2.4. Calculo del N° de luminarias.....	103

## **CAPITULO 4 ESPECIFICACIONES TECNICAS**

4.1. Introducción.....	105
4.2. Transformador Trifásico .....	105
4.3. Tableros de distribución .....	106
4.3.1. Características de los tableros eléctricos.....	106
4.3.2. Tablero de distribución general TDG. ....	107
4.3.3. Tablero de Distribución de la sección de Lavadoras TD1.....	108
4.3.4. Tablero de Distribución de la sección de Secadoras TD2 .....	108
4.3.5. Tablero de Distribución de la sección de Fronceadoras TD3. ....	108
4.3.6. Tablero de Distribución de la sección de las Maquinas Centrifugadoras TD4.....	109
4.3.7. Tablero de Distribución de la sección de maquina Caldero TD5 .....	109
4.3.8. Tablero de Distribución de la sección de Bombas TD6 .....	109
4.3.9. Tablero de Distribución de la iluminación y tomacorrientes TD7. ....	110
4.3.10. Tablero de Distribución de la sección de cuadro de Fuerza TD8. ....	110
4.4. Alimentadores .....	110
4.5. Accesorios para la canalización eléctrica.....	115
4.5.1. Cajas de conexión .....	115
4.5.1.1. Cajas para puntos de luz.....	115
4.5.1.2. Cajas para los interruptores y tomacorrientes .....	115

4.6. Puesta a Tierra.....	115
4.7. Instalación y mantenimiento de aparatos de maniobra .....	116
4.7.1. Instalación.....	116
4.7.2. Mantenimiento .....	116
<b>CAPITULO 5 COSTO Y PRESUPUESTO</b>	
5.1. GENERALIDADES.....	118
5.2. Inversión Fija.....	118
5.3. Inversión Diferida o activo intangible.....	118
5.4. Plan de inversiones.....	134
<b>CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1 Conclusiones.....	135
6.2. Recomendaciones .....	135
<b>Bibliografía.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXOS</b>	



# CAPITULO 1

## ASPECTOS GENERALES

## 1. INTRODUCCIÓN

La empresa Lavandería Cochabamba que produce prendas de vestir jeans se encuentra ubicado actualmente en la ceja de la ciudad de El Alto para la cual se pretende realizar el diseño de la instalación eléctrica que consta en general de la instalación eléctrico de iluminación, tomacorrientes, como también de la instalación eléctrica industrial para las maquinarias que consta de los cálculos de los conductores como también de la protección correspondiente.

Debido a la gran demanda del producto que se realiza en la empresa, la empresa ve por conveniente de incrementarla producción y por ende al aumentar la producción también se va a aumentar los equipos y maquinarias por lo cual la empresa en el lugar en donde se encuentra ubicada actualmente, no cuenta con las condiciones necesarias para la incorporación de los nuevos equipos y maquinarias por lo cual la empresa decide trasladarse a un lugar más amplio donde sí se logre la incorporación de las nuevas maquinarias, como también se pueda mejorar las condiciones de trabajo y operación de los nuevos y antiguos equipos por lo tanto la nueva ubicación de la empresa se establece en la carretera Oruro en donde si se cuenta con suficiente espacio para la ampliación de la empresa.

Las condiciones actualmente de la empresa ubicada aun en la ceja de El Alto no son de las mejores, con solo mencionar que los conductores eléctricos se encuentran empotrados en las paredes sin respetar la norma, y sin ninguna protección ante cortocircuitos o sobrecargas, algunos de los circuitos eléctricos se encuentran sobrecargados, algunos conductores en la parte de los empalmes no tienen la aislación correspondiente, producto del desgaste de los años cumpliendo así su vida útil con lo cual se pueden provocar cortocircuitos como también puede haber fugas de energía eléctrica que si no son detectadas podrían ocasionar elevadas tarifas en el consumo eléctrico, sin mencionar que ponemos en riesgo al personal de la empresa a que sufran descargas eléctricas.

## **2. ANTECEDENTES**

La empresa “LAVANDERIA COCHABAMBA” ubicada en la ciudad del alto zona 12 de octubre en la avenida franco valle N/ 25, es una empresa dedicada al prelavado y teñido de prendas en general. El siguiente trabajo está enmarcado en realizar un estudio para el mejoramiento de la empresa enfocado en la Producción más Limpia para el traslado de la misma a nuevos predios ubicado en la zona franja industrial avenida 6 de marzo N/1034 en un tiempo determinado.

La empresa en la actualidad no cuenta con un tablero de distribución general, ni protecciones de puesta a tierra, cables al aire libre sin ductos; en la nueva ubicación se realizara una instalación eléctrica nueva con los requisitos técnicos exigidos por la norma boliviana NB-777, sistemas de puesta a tierra, pararrayos, caseta de transformación; los beneficios que se tendrán conexiones eléctricas seguras, mejor rendimiento de las máquinas y seguridad para los trabajadores y la misma empresa.

## **3. LOCALIZACION DEL PROYECTO**

### **3.1. Ubicación geográfica**

El proyecto se halla ubicado en la provincia Murillo del departamento de La Paz Zona Franja Industrial Avenida 6 de Marzo N/1034.

### **3.2. Tipo de servicio eléctrico**

El sistema de distribución de energía eléctrica en la ciudad de La Paz, dada por la empresa DELAPAZ en línea aérea y en media tensión es de 6.9 Kilovoltios.

En el proyecto la energía eléctrica que se suministra a la nueva Planta será por medio de un transformador de 6.9. KV. /400/230 V.

## **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **4.1. Identificación del problema**

Debido a la gran demanda de prendas de vestir de jeans que realiza la empresa “Lavandería Cochabamba” se da la necesidad de aumentar los ambientes de infraestructura y maquinaria industrial, para aumentar los niveles de calidad y competitividad y así realizar el diseño eléctrico de la empresa “Lavandería Cochabamba” para así poder penetrar al mercado nacional e internacional con los

años venideros y satisfacer la productividad tanto económico y socialmente para la producción de la industria.

#### **4.2. Formulación del problema**

Los aspectos considerados determinan la necesidad de implementar soluciones de infraestructura y tecnología para el diseño eléctrico de la empresa “Lavandería Cochabamba” y así obtener un buen procesamiento e industrialización de las prendas jeans.

### **5. OBJETIVOS**

#### **5.1. Objetivo general**

Realizar el diseño del sistema eléctrico de la empresa “Lavandería Cochabamba” y de la protección, con lo cual se pretende mejorar el rendimiento en el proceso de producción.

#### **5.2. Objetivos específicos**

Los objetivos específicos son:

- Realizar el cálculo según normas: Conductores, alimentadores, Sistemas de Protección.
- Realizar el cálculo de la potencia del transformador.
- Realizar el sistema de Puesta a tierra.
- Determinar el cálculo luminotécnico de la planta según la norma.
- Seleccionar tableros de distribución, control y maniobra para todos los procesos.

### **6. JUSTIFICACIÓN**

Toda empresa industrial necesita imprescindiblemente de la energía eléctrica para desarrollar sus actividades de producción y lograr así, mayor rendimiento en el proceso mismo.

Para continuar con las ampliaciones que pretende realizar, la empresa en sus nuevos previos requiere el análisis de cada circuito, haciendo una serie de consideraciones como futuras ampliaciones, remodelaciones, automatización del

proceso. Para ello es necesario brindar mayor seguridad a la instalación como también al personal que trabaja en distintas áreas de la empresa.

## **7. LIMITES Y ALCANCES**

**Es una propuesta de instalación nueva en la que se consideran los siguientes aspectos:**

- Diseñar un sistema confiable que cumpla los requisitos técnicos con normas nacionales e internacionales para darles seguridad a los trabajadores.
- Con el diseño del sistema eléctrico, aumentar la eficiencia energética del sistema eléctrico.
- El diseño de la instalación eléctrica de la planta permite asegurar la selectividad de las protecciones y corregir los problemas actuales.

**Se consideran límites de este proyecto los siguientes:**

- No se realizara el diseño del sistema de seguridad de alarma y vigilancia.
- No se realizara el diseño del sistema de telefonía.

# CAPITULO 2

## MARCO TEORICO



## 2.1. SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA

### 2.1.2. Sistema Primario de Suministro

Para la alimentación de Energía Eléctrica que se ha de realizar a una empresa es de responsabilidad de la concesionaria de energía eléctrica. Por lo que, el sistema de alimentación siempre está dada a la capacidad de la líneas de suministro existente en el área del proyecto.

Las industrias en forma general, son alimentadas por uno de los siguientes tipos de sistemas:

#### a) Sistema Radial Simple

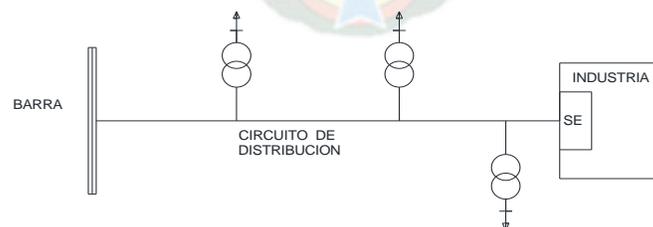
Es aquel en el que el flujo e potencia tiene un solo sentido de la fuente hacia la carga.

Es uno de los más simples de alimentación industrial, pero no es de mucha confiabilidad debido a la falta de recursos de maniobra en caso de pérdida del circuito de distribución de energía en compensación su costo es reducido a comparación de otros sistemas.

Es aquel que en un flujo de potencia puede variar de acuerdo con las condiciones de carga del sistema.

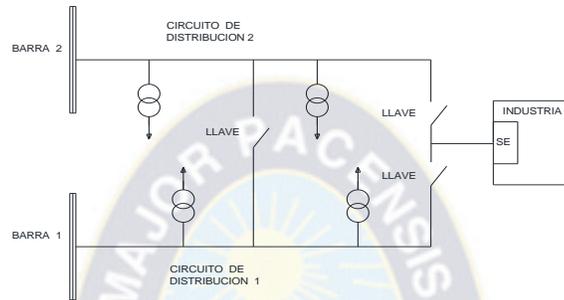
Dependiendo de la posición de los seccionadores colocados entre los circuitos de distribución y del poder de maniobra, este sistema puede ser operado como:

- Sistema Radial en anillo abierto
- Sistema Radial selectivo



## b) Sistema Radial con Recurso

Este tipo de sistema con recurso presenta una mayor confiabilidad pues la pérdida eventual de uno de los circuitos de distribución no afecta el suministro de energía a la industria.



Los sistemas con recurso presentan costos elevados, consecuencia del uso de equipos elevados más caros y sobre todo por el dimensionamiento de los circuitos de distribución, ya que estos deben poseer capacidad individual suficiente como para suministrar a la carga por sí solos, cuando existe salida de uno de ellos. Estos sistemas pueden ser alimentados de uno o más fuentes de suministro de la concesionaria, mejorando la confiabilidad del suministro.

## 2.2. CALCULO ELECTRICO

En el cálculo eléctrico que nos permitirá diseñar los cálculos correspondientes para el proyecto determinar y cuantificar los valores y capacidades de los diferentes componentes del sistema.

### 2.2.1. Factor de Demanda

Es la relación entre la demanda máxima y la potencia total instalada siendo esta última referida a la carga o demanda (no se debe confundir con potencia total instalada para satisfacer la demanda), es válido en un determinado punto y periodo de tiempo. (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, 1997)

$$Fd_e = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst.}}}$$

$D_{\max}$  = Demanda máxima de instalación en KW o KVA

$Fd_e$  = Potencia instalada de la planta en KW o KVA

### 2.2.2. Factor de Carga

El factor de carga es la relación entre la demanda media y la demanda máxima, es válido en un determinado punto y periodo de tiempo.

$$F_c = \frac{D_{\text{med}}}{D_{\text{max.}}}$$

$F_c$ : Factor de Carga

$D_{\text{med}}$ : Demanda media

$D_{\text{max}}$ : Demanda máxima en un mismo periodo en KW

### 2.2.3. Factor de Simultaneidad

Es la relación entre la demanda máxima de todo el sistema y la suma de las demandas máximas individuales. Es el inverso del factor de diversidad. Es válido en un determinado punto y periodo de tiempo.

$$F_{si} = \frac{D_{\text{Max de grupo}}}{D_{\text{individual de grupo.}}}$$

$F_{si}$ : Factor de simultaneidad

$D_{\text{Max de grupo}}$ : Demanda Maxima de un grupo de aparatos

$D_{\text{individual de grupo}}$ : Demanda individual de un aparatos

### 2.2.4. Factor de Utilización

Es el factor por el cual debe ser multiplicada la potencia nominal de los equipos para obtener la potencia media absorbida por los mismos en las condiciones de uso en los diferentes equipos.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> NB 777 Pág. 7

Ante la falta de datos más precisos puede ser adoptado un factor de utilización igual a 0.75 para motores, en cuanto a equipos de iluminación y aire acondicionado, el factor de utilización debe ser unitario.

$$F_U = \frac{D_{\max}}{P_{\text{instalada}}}$$

$F_c$ : Factor de utilización

$D_{\max}$ : Carga Maxima

$P_{\text{instalada}}$ : Capacidad instalada

## **2.3. INSTALACIONES DE ENLACE DE BAJA TENSION Y MEDIA TENSION**

### **2.3.1. Red de Distribución**

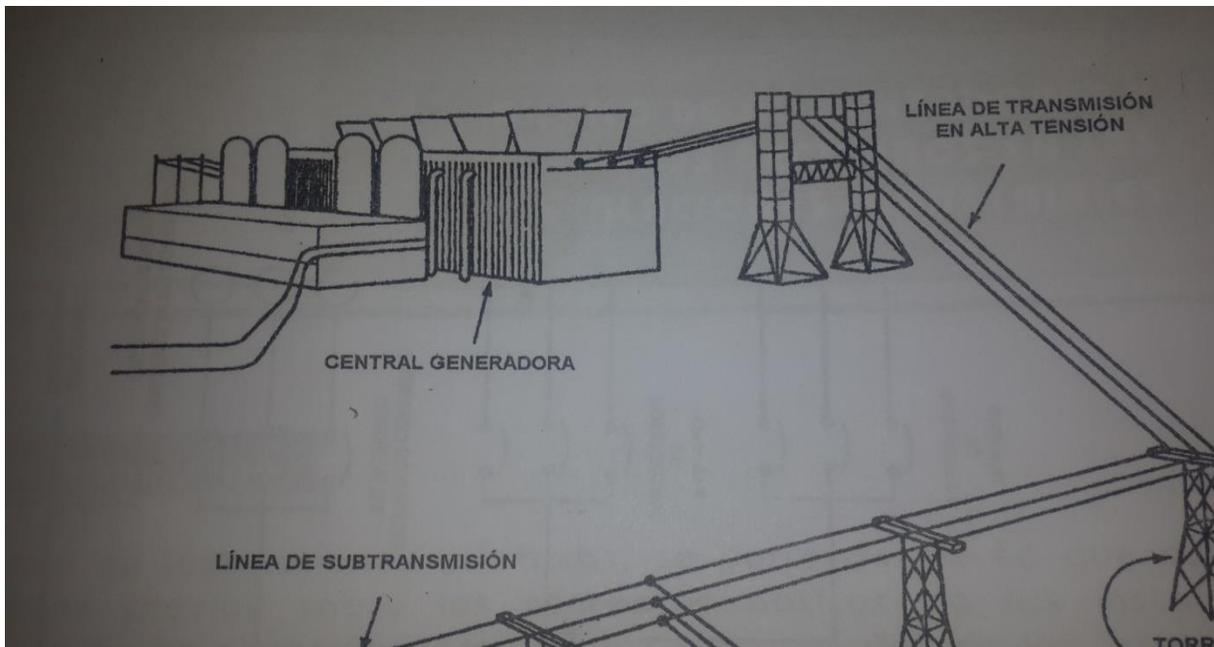
La red de distribución pública, está constituida por todas las líneas eléctricas de media tensión y baja tensión instaladas en vías públicas. En la ciudad de La Paz la red de distribución es 6.9 KV, con disposición de los conductores en forma horizontal.

En baja tensión existen dos sistemas de distribución, 230 [V] en conexión delta (D) y 400/230 [V] y en conexión estrella (Y) con neutro físico multiaterrado. Estas tensiones y sus rangos admitidos son exclusivas para suministros en baja tensión del distribuidor que retira energía del sistema troncal de interconexión para la distribución dentro de su área de concesión en el departamento de La Paz.

El sistema de distribución en 220 [V] trifásico en conexión delta estrella sin neutro aterrado no es sistema aceptado por la norma IEC (Comisión Internacional de Electrotecnia) y deberá ser eliminado en el futuro<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Diseño de la instalación eléctrica Industrial Planta Cadex. S.R.L.



### 2.3.2. Acometidas en baja tensión

Se denomina acometida, al conductor que une eléctricamente la red de distribución pública con el tablero principal. En sentido más amplio, se entiende como el punto de entrada de energía eléctrica, por parte de la compañía suministradora, al edificio receptor de esta energía.

Las acometidas pueden ser aéreas o subterráneas o ambos sistemas combinados, dependiendo del origen de la red de distribución a la cual está conectada.

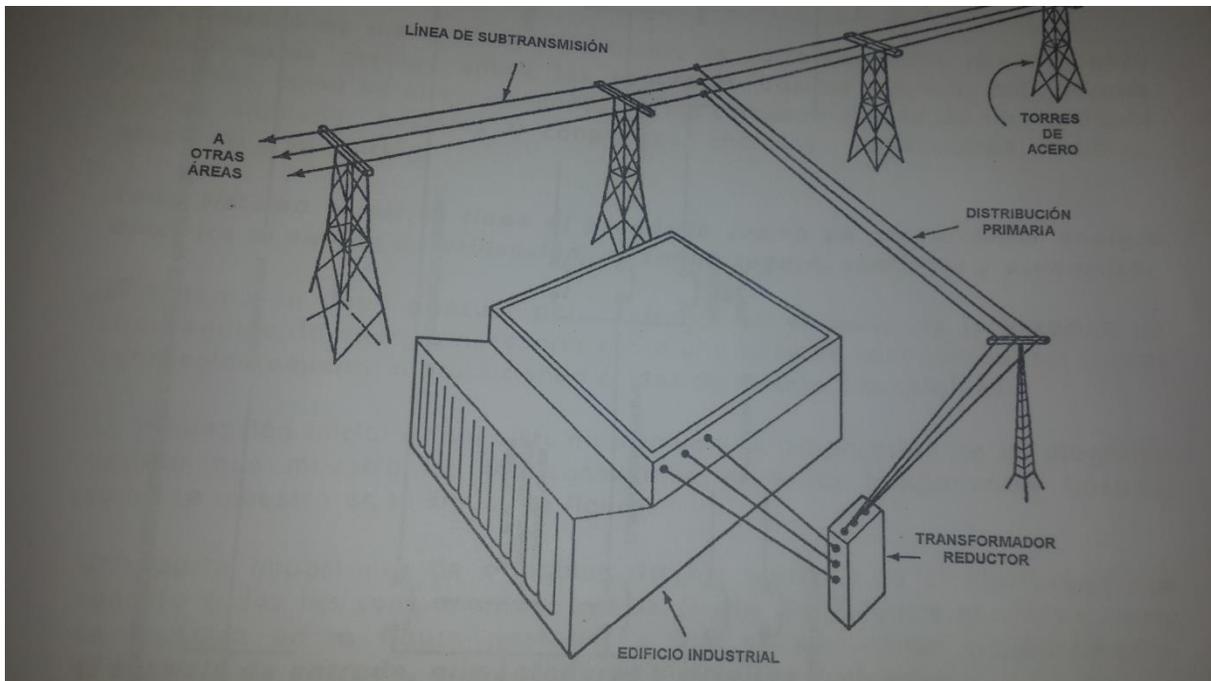
Los conductores de acometidas no deberán tener uniones o derivaciones.

En capitales de departamento, las acometidas deberán ser subterráneas cuando el calibre del conductor sea superior al N° 4 AWG.

En caso de acometidas subterráneas, la bajante del poste de distribución y los tramos subterráneos, deberán estar protegidos por un ducto<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> NB 777 pág. 16



## 2.4. ILUMINACION

En la iluminación en espacios que carecen de la presencia de fuentes de luz artificiales, las lámparas, y aparatos que nos ayudan de soporte y distribuyan correctamente la luz. De esta forma superaremos las limitaciones de ausencia de iluminación.

### 2.4.1. Lámparas de Haluro Metálico

Las lámparas de descarga de haluro metálico son de aplicación industrial con un excelente rendimiento de color combinada con una alta eficiencia.

Las lámparas de haluro metálico se caracterizan por tener:

Cuerpo: En inyección de aluminio con aletas de enfriamiento.

Reflector: Poliéster microtexturada horneada de alta resistencia.

Equipo: Balastro, ignitor electrónico, capacitor y bornera de conexión. Alimentación 230/ 50 Hz.

Portalámparas de tipo cerámico con resorte bajo el contacto central, ranura inferior para el paso del cable por el centro.

Cableado: Interno con aislación de silicona y terminal.

Montaje: Brida de suspensión Ø int. 19 mm.

### 2.4.2. Características Técnicas y Energéticas

Los datos que se ofrecen a continuación corresponden lámparas de Haluro Metálico marca BLV Alemania

POTENCIA [W]	VIDA UTIL [HORAS]	LUMENES	BASE
70	8000	6000	RX7s
150	8000	12000	RX7s
150	8000	14000	E-27
250	8000	20000	Fc2/E-40
400	8000	42000	E-40

### 2.4.3. Calculo luminotécnico

Para realizar el cálculo luminotécnico, para el sistema de iluminación lo primero es elegir un equipo de iluminación que nos proporcione el confort visual y un buen rendimiento.

Hay factores que influyen en la elección del equipo a utilizar.

El factor económico influye en la selección, produciendo así una combinación de alumbrado general y alumbrado general.

Se ha de realizar un completo análisis de la tarea visual, que incluyen el tamaño, la reflectancia, etc.

Una vez determinadas las luminarias que se han de utilizar y el grado de iluminación que se requiere, se procede a calcular el número de luminarias que se necesita para producir tal iluminación.

### 2.4.4. Método de los lúmenes

Uno de los métodos de mayor aplicación para realizar el cálculo luminotécnico que nos proporciona la iluminación media de un local, es el método de los lúmenes.

El método está basado en la determinación del flujo luminoso para obtener así una iluminación media deseada en el plano de trabajo.

Se usa la siguiente ecuación para fines de cálculo:

$$\Phi = \frac{E * S}{u * M}$$

$\Phi$ : Flujo total en lúmenes

U: Factor de utilización

E: Nivel de iluminación en [lux]

S: Superficie total del ambiente en m<sup>2</sup>

M: Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento de la luminaria es la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria en un periodo que se considera para el proceso de mantenimiento debido al desgaste propio del flujo luminoso.

#### **2.4.4.1. Selección de la luminaria**

Se debe de tomar en cuenta una serie de recomendaciones referentes la elección del tipo de luminarias, separación y altura de montaje, tendentes a logra la adecuación del diseño realizado a la geometría del local, a conseguir una buena uniformidad de distribución y a impedir la presencia de deslumbramientos molestos. Estas recomendaciones son las siguientes tipo de luminaria altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

#### **2.4.4.2. Factor de Depreciación**

Las condiciones de conservación o mantenimiento de la instalación de iluminación, configuran un factor de gran incidencia en el resultado final de un proyecto de alumbrado y de hecho se incluye en la fórmula de cálculo (fm= Factor de Mantenimiento)

Todos los elementos que contribuyen a la obtención del nivel de iluminación deseado sobre el plano de trabajo, sufren con el tiempo un cierto grado de depreciación.

Las lámparas sufren pérdidas en el flujo luminoso emitido, ya sea por envejecimiento, acumulación de polvo sobre su superficie, efectos de la temperatura, etc. Las pantallas reflectoras de las luminarias pierden eficiencia. Las paredes y cielorrasos se ensucian y disminuye su poder reflectante.

### Factores de depreciación

AMBIENTE	PERIODO DE MANTENIMIENTO		
	2500 horas	5000 horas	7500 horas
LIMPIO	0.95	0.91	0.88
NORMAL	0.91	0.85	0.80
SUCIO	0.8	0.68	0.57

#### 2.4.4.3. Índice del local

El índice del local se calcula tomando en cuenta el ancho el largo la altura del local con la siguiente ecuación

$$K = \frac{a * b}{h(a + b)}$$

Dónde:

a: Ancho del local en (m)

b: Largo del local en (m)

h: Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en (m)

#### 2.4.4.4. Factor de utilización

Es el flujo luminoso que llega al área de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas.

El factor de utilización depende de:

Rendimiento de la luminaria

El índice del local

La distribución luminosa de la luminaria

Las reflectancias del techo, las paredes y piso

#### 2.4.4.4. Numero de lámparas requeridas

Se ha de calcular por la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\emptyset}{\emptyset_L}$$

$\emptyset$ : Flujo luminoso total

$\emptyset_L$ : Flujo luminoso producido por la lámpara en Lúmenes

## 2.5. ALIMENTADORES

### 2.5.1. Concepto

Un alimentador es el conjunto de conductores que transportan energía eléctrica desde los tableros de distribución de los circuitos derivados.

Un alimentador es también aquel conjunto de conductores que une los tableros de distribución “cajas de barras” con los tableros de medición o que une tableros de protección entre sí.

### 2.5.2. Cálculo selección de alimentadores para las cargas de iluminación y tomacorrientes

Para la selección de conductores se debe tomar en cuenta el material como también que corriente (carga) transportara.

Algunos criterios para la selección:

Capacidad térmica de conducción

Máxima caída de tensión permisible

Máxima corriente de cortocircuito

#### 2.5.2.1. Capacidad térmica de conducción

La magnitud de la carga que transporte un conductor alimentador, estará en función de:

Las demandas máximas previstas.

Los factores de demanda.

De la diversidad si corresponde.

Las formulas a utilizarse para tal fin, serán las siguientes:

Alimentadores monofásicos 
$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi}$$

Alimentadores trifásicos 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

Donde:

P: Demanda máxima en (W)

V: Tensión de alimentación en (V)

Cosø: Factor de potencia

I: Intensidad de corriente en (A)

### **2.5.2.2. Máxima caída de tensión permitida<sup>4</sup>**

En toda longitud de los conductores de todos los circuitos de iluminación, tomacorrientes y fuerza, la máxima caída de tensión no deberá exceder de 5%.

2% para alimentadores

3% para circuitos derivados

### **2.5.2.3. Máxima corriente de cortocircuito**

La máxima corriente de cortocircuito que soporta un conductor se deberá calcular con la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{0.5 + A}{\sqrt{t}} \left[ \log \left\{ \frac{234 + T_f}{234 + T_i} \right\} \right]^{1/2}$$

I<sub>cc</sub>: Máxima corriente de cortocircuito en (kA)

A: Área del conductor en (mm<sup>2</sup>)

t: Tiempo de duración de la falla, en (s)

T<sub>f</sub>: Temperatura máxima admisible del conductor en régimen de cortocircuito, en (°C)

T<sub>i</sub>: Temperatura máxima admisible del conductor en régimen normal de operación, en (°C)

### **2.5.2.4. Capacidad térmica de conducción**

Los conductores del alimentador de varios motores, deberán tener una capacidad de corriente no menor al 125% de la corriente a plena carga del motor más grande, más la suma de las corrientes a plena carga de los demás motores debido a los empalmes que exista en la instalación. Dependiendo del tipo de instalación industrial se aceptaran factores de demanda.

---

<sup>4</sup> NB 777 Punto 2.5.2.2. Pág. 16

Si los conductores alimentadores de varios motores, suministran energía a cargas combinadas de motores e iluminación, o bien a cargas de motores y tomacorrientes, la capacidad total del alimentador debe incluir la suma de ambas cargas calculadas cada una.

#### **2.5.2.5. Caída de tensión permisible**

Para toda la longitud de los conductores que alimentan de energía para cargas de fuerza, la magnitud de la caída de tensión no deberá exceder del 5%, 2% para alimentadores, 3% para circuitos derivados.

### **2.6. PUESTA A TIERRA**

#### **2.6.1. Definición**

Se denomina puesta a tierra a la conexión de un sistema, equipo o masa con tierra (masa conductora de la tierra). Los tipos de puesta a tierra son dos:

- a) Puesta a tierra del sistema (fuente o alimentación), y que se realiza por razones funcionales, generalmente el punto puesta a tierra, es el neutro.
- b) Puesta a tierra de las masas y carcasas de los equipos por razones de protección.

#### **2.6.2. Objetivos de una puesta a tierra<sup>5</sup>**

Obtener una resistencia de aterramiento lo más baja posible, para corrientes de falla a tierra.

Mantener las potencias producidas por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad de modo de no causar daño al personal.

Proporcionar un camino a tierra para las descargas atmosféricas.

#### **2.6.3. Componentes de la puesta a tierra**

Los componentes son los siguientes:

Toma de tierra

Líneas principales de tierra

Derivaciones de las líneas principales de tierra

---

<sup>5</sup> Aterramiento Eléctrico Kindermann Campagnolo

Conductores de protección

### **2.6.3.1. Tomas de tierra**

Una toma de tierra está constituida por los siguientes elementos:

**Electrodo.-** Es una masa metálica, permanente en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso a este de las corrientes de defecto que puedan presentarse, o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.

**Línea de enlace con tierra.-** Esta formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.

**Punto de puesta a tierra.-** Es un punto situado fuera del suelo, que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

### **2.6.3.2. Conductores de protección**

Se denominan conductores de protección a los conductores que unirán las masas a la línea principal de tierra, se denominan a aquellos conductores que unen las masas:

Al neutro de la red

A otras masas metálicas

### **2.6.4. Puesta a tierra funcional**

La puesta a tierra funcional consiste en asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento eléctrico y permite en correcto y confiable funcionamiento de la instalación.

### **2.6.5. Resistencia de la puesta a tierra**

#### **2.6.5.1. Diferentes configuraciones**

Se puede realizar distintas combinaciones y disposiciones de electrodos para la ejecución de una toma de tierra, las más comunes son:

Jabalinas verticales alineadas o dispuestas en triangulo o cuadrado.

Conductores horizontales dispuestos linealmente, en circunferencia o en estrella

### 2.6.5.2. Calculo de la resistencia de una puesta a tierra

En una resistencia eléctrica de una toma de tierra depende de:

La resistividad del suelo

La disposición y tipo de electrodos que conforman la puesta a tierra

En la siguiente tabla se ilustra la variación de la resistividad del suelo para distintos tipos de suelo.

**Resistividad de terrenos**  
**Ref. Kinderman Campagnolo**

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN Ohm-M
Limo	20-100
Humus	10-150
Turba húmeda	5-100
Arcilla plástica	50
Arcillas compactas	100-200
Arenas arcillosas	50-500
Arena silíceas	200-3000
Suelo pedregoso	1500-3000
Calizas blancas	100-300
Pizarras	50-300
Granitos y gres muy alteradas	100-600

### 2.6.5.3. Influencias en el comportamiento eléctrico del suelo

La tierra representa generalmente un mal conductor (gran contenido de silicio y óxido de aluminio que son altamente resistivos)

La conductividad representa un fenómeno esencialmente electroquímico o electrolítico, y por lo tanto, depende de la cantidad de agua disponible o el nivel de humidificación existente.

Los suelos están compuestos principalmente, por óxidos de silicio y óxidos de aluminio que son muy buenos aislantes; sin embargo la presencia de sales y agua contenida en ellos, mejora notablemente la conductividad de los mismos.

#### **2.6.5.4. Factores que determinan la resistividad de los suelos**

En la resistividad del suelo influyen los siguientes factores:

Naturaleza de los suelos.

La humedad.

La temperatura del terreno.

La concentración de sales disueltas.

La compactación del terreno.

La estratificación del terreno.

#### **2.6.6. Electrodo de puesta a tierra**

Son básicamente jabalinas y representan la forma más conveniente de las tomas de tierra, por su simplicidad, bajo costo y facilidad de instalación.

Para una jabalina vertical tenemos la siguiente relación matemática:

$$R = \frac{\rho}{2\pi \times L} \times \ln\left(\frac{4L}{d}\right)$$

R: Resistencia de la jabalina en ( $\Omega$ )

$\rho$ : Resistividad del terreno en ( $\Omega$ -m)

L: Longitud de la pica en (m)

d : Diámetro de la pica en (m)

### **2.7. CONTROL Y PROTECCION**

#### **2.7.1 Concepto**

En una instalación eléctrica industrial se debe tener cuidado de los conductores eléctricos como así también de los equipos industriales (motores).

#### **2.7.2. Ámbito de características industriales y comerciales**

Se trata de Instalaciones Industriales, comerciales donde las instalaciones son mantenidas y operadas por personal Idóneo.

Las características de los aparatos son fijadas por la norma IEC 60947.

En estos casos los consumos de energía son importantes, y puede haber suministro en alta y/o media tensión.

En el sistema de baja tensión, la instalación comienza en el tablero general de distribución, que contiene los aparatos de corte y seccionamiento que alimentan a los tableros secundarios.

### **2.7.3. Selección de aparatos de protección**

Para la selección de los dispositivos de protección existen reglamentos que son necesarios ser conocidos:

- Funciones de entrada y/o salida.
- Características de la red.
- Características de la carga.
- Continuidad de servicio
- Lugar de la instalación.

### **2.7.4. Funciones de una entrada y/o salida**

En una salida (o entrada) alojada en un tablero o cuadro de distribución de baja tensión se deberán contemplar diversas funciones que definirán la elección de los aparatos a instalar.

La aptitud para el seccionamiento es una condición esencial de seguridad.

Un aparato de maniobra cumple con esta condición cuando se garantiza la aislación de los contactos abiertos con maneta en posición "O" tanto bajo la tensión nominal como ante las sobretensiones esperables en el sistema.

Un aparato de corte sin aptitud para el seccionamiento pone en riesgo la seguridad de las personas.

Las funciones a cumplir según la necesidad pueden ser:

- Interrupción
- Protección
- Conmutación

La aptitud para el seccionamiento está definida por norma IEC 947-1-3 y los aparatos que la posean deben indicarlo.

#### **2.7.4.1. Función de interrupción**

La norma IEC 947-1 define claramente las características de los aparatos según sus posibilidades de corte.

##### **a) Interruptor**

Es un interruptor manual o seccionador bajo carga.

Cierra y corta en carga y sobrecarga hasta 8 In.

##### **b) Interruptor seccionador**

Este dispositivo en posición abierto satisface las condiciones específicas para un seccionador

##### **c) Interruptor automático (Disyuntor)**

Interruptor que satisface las condiciones de un interruptor seccionador e interrumpe un cortocircuito.

#### **2.7.4.2. Función de protección**

Una elevación de la corriente normal de carga es un síntoma de anomalía en el circuito. De acuerdo a su magnitud y a la rapidez de su crecimiento, se puede tratar de sobrecargas o cortocircuitos. Esta corriente de falla aguas abajo del aparato de maniobra, si no es cortada rápidamente, puede ocasionar daños irreparables en personas y bienes.

Por ello es indispensable considerar ambos aspectos:

- Protección de personas
- Protección de bienes

El elemento de protección tradicional, tanto para circuitos de distribución de cargas (Motores, capacitores, etc.), era el fusible mixtas o circuitos de cargas específicas.

Su utilización, en la práctica, presenta desventajas operativas y funcionales:

- Envejecimiento del elemento fusible por el uso (descalibración).
- Diversidad de formas, tamaños y calibres.
- Ante la fusión de un fusible hay que cambiar el juego completo de la salida.
- Disponibilidad del calibre adecuado para el reemplazo.

### **2.7.4.3. La función conmutada**

Se utiliza cuando se requiere un comando automático y gran cadencia de maniobra. Esta función se desarrolla en el Comando y Protección de Potencia y Variación de Velocidad, ya que es una exigencia típica de los accionamientos de máquinas.

### **2.7.5. Equipos de protección en baja tensión**

#### **2.7.5.1. Fusibles**

Los fusibles son equipos de protección, su funcionamiento se basa en fundir en efecto Joule, una lámina (para altas corrientes) o un hilo (para bajas corrientes) que se encuentra intercalada en el circuito. Los fusibles tienen tamaños y formas diferentes, dependiendo de las características de la tensión de los circuitos, la intensidad a la que deben fundirse y en donde se utilicen. En general se fabrican utilizando un metal o una aleación con bajo punto de fusión como por ejemplo, plomo, zinc o estaño entre otros.

#### **2.7.5.2. Interruptores Termomagnéticos**

Es un equipo de protección que posee tres tipos distintos de unidades: Unidad Térmica, Unidad Magnética y manual. Cada una actúa independiente de los otros y su curva de disparo se compone por la superposición de las curvas térmicas y magnéticas.

Dentro del interruptor se encuentran las láminas bimetálicas soldadas entre sí y con distintos coeficientes de dilatación. Al fluir corriente a través del equipo, esta hace que aumente la temperatura y por ende que se dilaten las laminas haciendo que se arqueen, accionando unos contactos auxiliares los cuales disparan el equipo, interrumpiendo la corriente que circula a través del mismo.

Por otra parte, el funcionamiento de la unidad magnética se basa prácticamente en una parte móvil y una fija. La parte fija se denomina núcleo, el cual contiene una bobina de control, unos contactos de fuerza y un contacto de control.

La parte móvil se denomina armadura y consta de un resorte, unos contactos de fuerza y un contacto de control. Al circular corriente por la bobina de control, esta crea un flujo magnético, el cual depende de la intensidad de la corriente que circule por dicha bobina.

Al llegar a cierto punto, el flujo magnético es suficientemente fuerte como para atraer a la armadura hacia el núcleo, haciendo que se unan entre sí. En ese momento todos los contactos cambian de posición disparando el dispositivo e interrumpiendo la corriente por el circuito eléctrico.

En general estos interruptores son muy versátiles y se utilizan para proteger todo tipo de equipos, su uso es muy difundido ya que no requieren reemplazo como e el caso de los fusibles. Presentan una mayor seguridad debido a que interrumpen circuitos con más rapidez.

#### **a) Poder de corte**

El poder de corte de un interruptor automático, define la capacidad de éste para abrir un circuito automáticamente al establecerse una corriente de cortocircuito, manteniendo el aparato su aptitud de seccionamiento y capacidad funcional de restablecer el circuito

De acuerdo a la tecnología de fabricación, existen dos tipos de interruptores automáticos:

- Rápidos
- Limitadores

La diferencia entre un interruptor rápido y un limitador está dada por la capacidad de este último a dejar pasar en un cortocircuito una corriente inferior a la corriente de defecto presunta.

La velocidad de apertura de un limitador es siempre inferior a 5ms (en una red de 50Hz).El interruptor automático según IEC 60947-2 tiene definidos dos poderes de corte:

- Poder de ruptura último ( $I_{cu}$ )
- Poder de ruptura de servicio ( $I_{cs}$ )

### **2.7.6. Curvas de disparo.**

Una sobrecarga, caracterizada por un incremento paulatino de la corriente por encima de la  $I_n$ , puede deberse a una anomalía permanente que se empieza a manifestar (falla de aislación), también pueden ser transitorias (por ejemplo, corriente de arranque de motores).

Tanto cables como receptores están dimensionados para admitir una carga superior a la normal durante un tiempo determinado sin poner en riesgo sus características aislantes.

Cuando la sobrecarga se manifiesta de manera violenta (varias veces la  $I_n$ ) de manera instantánea estamos frente a un cortocircuito, el cual deberá aislarse rápidamente para salvaguardar los bienes.

Un interruptor automático contiene dos protecciones independientes para garantizar:

- **Protección contra sobrecargas**

Su característica de disparo es a tiempo dependiente o inversa, es decir que a mayor valor de corriente es menor el tiempo de actuación.

- **Protección contra cortocircuitos**

Su característica de disparo es a tiempo independiente, es decir que a partir de cierto valor de corriente de falla la protección actúa, siempre en el mismo tiempo.

Las normas IEC 60947-2 y 60898 fijan las características de disparo de las protecciones de los interruptores automáticos.

#### **CURVA B**

Circuitos resistivos (para influencia de transitorios de arranque) o con gran longitud de cables hasta el receptor.

#### **CURVA C**

Cargas mixtas y motores normales en categoría AC3 (protección típica en el ámbito residencial)

## **CURVA D**

Circuitos con transitorios fuertes, transformadores, capacitores, etc.

La correcta elección de una curva de protección debe contemplar que a la corriente nominal de la carga, el interruptor no dispare.

### **2.7.7. Comando y protección de motores de corriente alterna.**

#### **2.7.7.1. Introducción.**

En general, cuando las cargas son motores que accionan máquinas u otros tipos de receptores que requieren un funcionamiento automático o semiautomático, o cuando el orden de funcionamiento se les debe impartir desde un lugar distinto al de su instalación, nos apartamos del ámbito estricto de la Distribución de Baja Tensión. Una salida motor o arrancador es la que asume la mayor cantidad de funciones.

#### **2.7.7.2. Funciones de una salida motor**

La norma IEC 60947 define cuatro funciones:

Es una función de seguridad, que contempla los elementos para aislar eléctricamente los circuitos de potencia y comando con respecto a la alimentación general.

- **Protección contra cortocircuitos**

Un cortocircuito se manifiesta por un aumento excesivo de corriente, que alcanza en pocos milisegundos un valor igual a centenas de veces la corriente de empleo.

Los efectos térmicos sobre los constituyentes de la salida provocan las siguientes consecuencias:

- Fusión de contactos del contactor, de los arrollamientos del relé térmico, de las conexiones y de los cables.
- Calcinación de materiales aislantes.

Los dispositivos de protección deben detectar el defecto e interrumpir el circuito muy rápidamente. Si es posible, antes de que la corriente llegue a su valor máximo, como es el caso de los interruptores automáticos limitadores **Compact NS** y los Guardamotores magnéticos **GV2-L**. La elección de los aparatos tiene los mismos requisitos que se indicaron en el capítulo 1.

- **Protección contra sobrecargas**

La sobrecarga es el defecto más frecuente sobre las máquinas. Se manifiesta por un aumento de la corriente absorbida por el motor y por sus efectos térmicos.

Por ejemplo, la vida de un motor es reducida en un 50% si su temperatura de funcionamiento (definida por su clase de aislación) se sobrepasa en 100 C de manera permanente.

- **Relés térmicos**

Los aparatos más utilizados.

Deben poseer funciones tales como:

- Insensibilidad a las variaciones de temperatura ambiente (compensados).
- Sensibilidad a la pérdida de una fase (evitan la marcha en monofásico del motor).
- Protección por rotor bloqueado o arranque prolongado, definido por la clase de la protección térmica (clase 10, 20 ó 30).
- Relés a sondas

Por termistancia (PTC), que controlan en forma directa la temperatura del bobinado estático.

- Relés electrónicos

Los relés electrónicos multifunción, que proveen por lo general la protección considerando las curvas de calentamiento del hierro y del cobre, además de disponer de entradas para sondas por termistancias y funciones adicionales.

- **Conmutación**

La conmutación consiste en establecer, cortar y, en el caso de variación de velocidad, regular la corriente absorbida por un motor.

Según las necesidades, esta función está asegurada por productos:

- Electromecánicos: Contactores, arrancadores combinados.
- Electrónicos: arrancadores progresivos, variadores de velocidad.

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión comandado por un electroimán. Cuando la bobina del electroimán está alimentada el contactor se cierra, estableciendo por intermedio de los polos el circuito entre la red de alimentación y el receptor.

Los contactores son aparatos robustos que pueden ser sometidos a exigentes cadencias de maniobras con distintos tipos de cargas. La norma IEC 947-4 define distintos tipos de categorías de empleo que fijan los valores de la corriente a establecer o cortar mediante contactores.

Citaremos solamente las categorías para circuitos de potencia con cargas en CA, sabiendo que existen categorías similares para CC y circuitos de control en CA y CC.

### **Categoría AC1**

Se aplica a todos los aparatos de utilización en corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ( $\text{Cos}\varnothing > 0,95$ ).

### **Categoría AC2**

Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso de los motores de anillos.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque del orden de 2,5 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque con una tensión menor o igual a la tensión de la red.

### **Categoría AC3**

Se refiere a los motores de jaula, y el corte se realiza a motor lanzado.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil.

### **Categoría AC4**

Esta categoría se refiere a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha por impulso utilizando motores de jaula o de anillos.

## **2.7.7.3. Elección de contactores**

Cada carga tiene sus propias características, y en la elección del aparato de conmutación (contactor) deberán ser consideradas.

Es importante no confundir la corriente de empleo **le** con la corriente térmica **lth**.

- **le:** Es la corriente que un contactor puede operar y está definida para la tensión nominal, la categoría de empleo (AC1, AC3,) y la temperatura ambiente.
- **lth:** Es la corriente que el contactor puede soportar en condición cerrado por un mínimo de 8 horas, sin que su temperatura exceda los límites dados por las normas.

La vida eléctrica, expresada en ciclos de maniobra, es una condición adicional para la elección de un contactor y permite prever su mantenimiento. En los catálogos de contactores se incluyen curvas de vida eléctrica en función de la categoría de utilización.

#### **2.7.7.4. Asociación de aparatos**

Las cuatro funciones de base que debe cumplir una salida motor (seccionamiento, protección contra cortocircuito, protección contra sobrecarga y conmutación), deben ser aseguradas de tal manera que en el o los aparatos a asociar se tengan en cuenta la potencia del receptor a comandar, la **coordinación de protecciones** (en caso de cortocircuito) y la categoría de empleo<sup>6</sup>.

#### **2.7.7.5. Coordinación de protección**

La coordinación de las protecciones es el arte de asociar un dispositivo de protección contra cortocircuitos, con un contactor y un dispositivo de protección contra sobrecarga.

Tiene por objetivo interrumpir a tiempo y sin peligro para las personas e instalaciones una corriente de sobrecarga (1 a 10 veces la  $I_n$  del motor) o una corriente de cortocircuito.

Tres tipos de coordinación son definidos por la norma IEC 60947, dependiendo del grado de deterioro para los aparatos después de un cortocircuito.

---

<sup>6</sup> Manual y Catalogo del Electricista de Schneider Electric Cap.3 Pág. 12

Las diferentes coordinaciones se establecen para una tensión nominal dada y una corriente de cortocircuito  $I_q$ , elegida por cada fabricante.

**Coordinación tipo 1:**

En condición de cortocircuito, el material no debe causar daños a personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador.

Son aceptados daños en el contactor y el relé de sobrecarga; el arrancador puede quedar inoperativo.

El relé de cortocircuito del interruptor deberá ser reseteado o, en caso de protección por fusibles, todos ellos deberán ser reemplazados.

**Coordinación tipo 2:**

En condición de cortocircuito el material no deberá ocasionar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador.

El relé de sobrecarga no deberá sufrir ningún daño.

Los contactos del contactor podrán sufrir alguna pequeña soldadura fácilmente separable, en cuyo caso no se reemplazan componentes, salvo fusibles.

El reseteado del interruptor o cambio de fusibles es similar al caso anterior.

**Coordinación total:**

En condición de cortocircuito, el material no debe causar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador.

Según la norma IEC 60947-6-2, en caso de cortocircuito ningún daño ni riesgo de soldadura es aceptado sobre todos los aparatos que componen la salida. Esta norma valida el concepto de "continuidad de servicio", minimizando los tiempos de mantenimiento.

La asociación de varios productos para realizar una coordinación tipo 1, 2 o total debe ser informada por cada fabricante, puesto que las características eléctricas propias de cada producto deben ser validadas en la asociación mediante ensayos.

En la industria se utiliza debido a la continuidad de servicio es muy imperativo.

#### **2.7.7.6. Circuito de mando**

El circuito de mando está separado eléctricamente del circuito de potencia, es decir que ambos circuitos pueden trabajar a diferentes tensiones es decir que el de potencia está a 380 V de C.A. y el de mando a 220 V de C.A.

Los componentes que encontramos en el circuito de mando son:

- Pulsadores
- Interruptores
- Conmutadores
- Detectores de posición
- Contactos y relés

Integran los siguientes elementos el circuito auxiliar de control:

- Componentes de regulación y control
- Equipos de medida
- Dispositivos de señalización
- Contactos auxiliares de mando

#### **2.7.7.7. Circuito de potencia**

El circuito de potencia al cual le corresponde la alimentación a la carga como ser: motores, calefacción, etc.

Es el encargado de alimentar los receptores de gran consumo.

Lo integran los siguientes componentes:

- Elementos de protección
- Elementos de maniobra

Los componentes que encontramos en el circuito de potencia son

- Interruptores
- Seccionadores
- Fusibles
- Interruptores automáticos de protección

### **2.7.7.8. Arranque de los motores asíncronos trifásicos**

Debido a que en el momento en la puesta a tensión de un motor ,la corriente que consume es de consideración y puede provocar la caída de tensión que afecte a los demás receptores, llegando a influenciar a la línea de alimentación. Debido a este problema en el arranque de los motores se ha de utilizar un tipo de arranque para amortiguar la caída de tensión.

#### **2.7.7.8.1. Arranque directo**

Es uno de los métodos de arranque de motores más sencillo en el que el estator se acopla directamente a la red.

La corriente inducida en el rotor es importante, la corriente primaria y la secundaria son prácticamente proporcionales. Por tanto se obtiene una punta de corriente importante en la red.

$$I_{\text{arranque}} = 5 \text{ a } 8 \times I_{\text{nominal}}$$

A pesar de las ventajas que con lleva, solo es posible utilizar el arranque directo en los siguientes casos:

- La máquina accionada no requiere un aumento progresivo de velocidad y dispone de un dispositivo mecánico que impide el arranque brusco.
- El par de arranque es elevado.

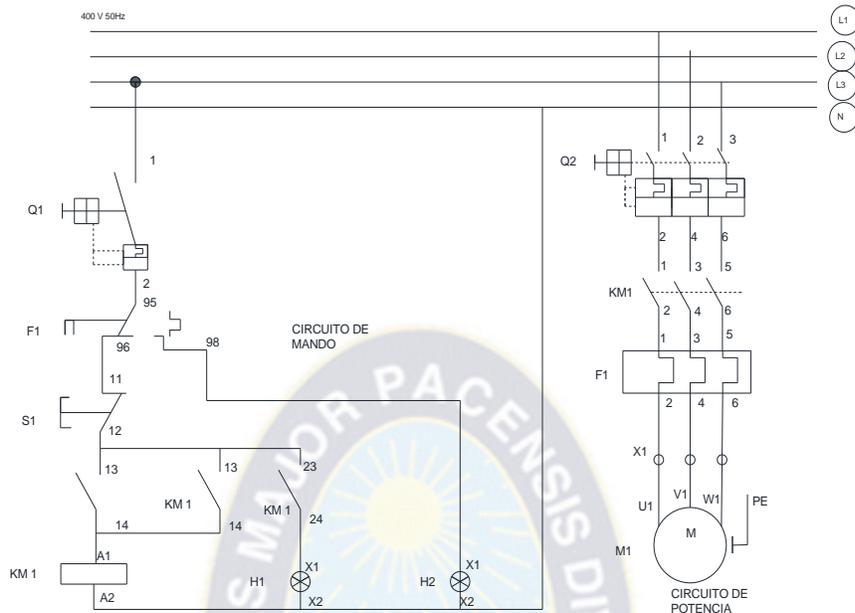
Por el contrario, siempre que:

- La caída de tensión provocada por la corriente solicitada puede perturbar el buen funcionamiento de otros aparatos conectados a la misma línea.
- La máquina accionada no puede admitir sacudidas mecánicas.
- 

Debido a la variación de la tensión de alimentación se tiene consecuencias como:

- La corriente de arranque varía proporcionalmente a la tensión de alimentación.
- El par de arranque varía proporcionalmente al cuadro de la tensión de alimentación.

## CIRCUITO DE MANDO (CONTROL) Y POTENCIA (FUERZA)



### 2.7.7.8.2. Arranque estrella – triángulo

El método de arranque estrella – triángulo podría también ser empleado para proveer voltaje reducido en el arranque. En este método, la conexión normal de los arrollamientos del estator es en delta. Si esos arrollamientos son conectados en estrella en el arranque, el voltaje de fase es reducido, resultando una menor corriente en el arranque.

En una parte, el bobinado debe realizarse de manera que el acoplamiento en triángulo corresponda con la tensión de la red:

En el caso de una red trifásica de 380 V, es preciso utilizar un motor bobinado a 220 V en triángulo y 380 V en estrella. El principio de funcionamiento consiste en arrancar el motor acoplando los devanados en estrella a la tensión de la red, lo que equivale a dividir la tensión nominal del motor en estrella en  $\sqrt{3}$  la punta de la corriente durante el arranque se reduce en

$$I_{\text{arranque}} = 1.5 \times I_{\text{nominal}}$$

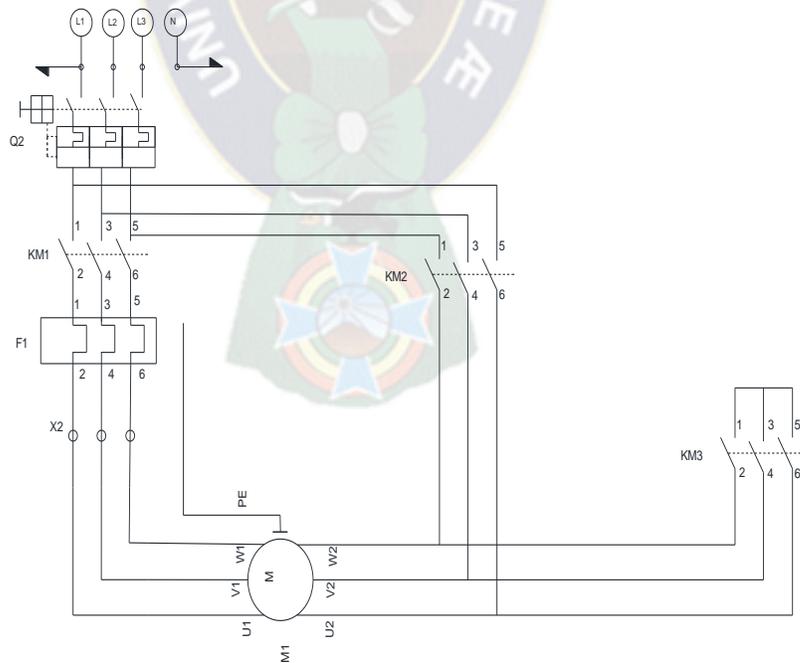
La velocidad del motor se estabiliza cuando se equilibran el par del motor y el par resistente, normalmente entre el (70 a 85) % de la velocidad nominal en ese momento, los devanados se acoplan en triangulo y el motor rinde según sus características naturales.

El temporizador se encarga de controlar la transición del acoplamiento en estrella al acoplamiento en triangulo. El cierre del contactor del triangulo se produce con un retardo de 30 a 50 milisegundos tras la apertura del contactor de estrella, lo que evita un cortocircuito entre fases.

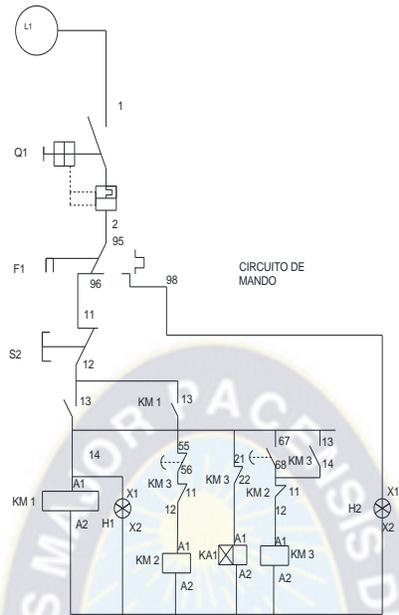
Dependiendo del régimen transitorio en el momento del acoplamiento en triangulo, puede ser necesario utilizar una variante que limite los fenómenos transitorios cuando se recupera cierta potencia:

Temporización de 1 a 5 segundos del paso estrella – triangulo.

## CIRCUITO DE FUERZA



# CIRCUITO DE MANDO (CONTROL)





# CAPITULO 3

# INGENIERIA DE

# PROYECTO

### **3.1. PLANIFICACIÓN**

Para el desarrollo y la ejecución de la instalación eléctrica en los nuevos previos de la empresa lavandería Cochabamba, para poder realizar una adecuada proyección del diseño del sistema eléctrico se deben de tomar consideraciones muy importantes, sabiendo que existen instalaciones de tipo residencial, comercial e industrial, por lo cual se debe considerar desde la planificación de la misma, sin embargo la metodología de cálculo son aplicables en forma indistinta y bajo conceptos de los reglamentos y normas técnicas para instalaciones eléctricas en baja tensión la NB-777.

Hemos de tomar en cuenta los siguientes aspectos.

Entre los factores más importantes podemos mencionar los siguientes:

- 1.- Instalación nueva.
- 2.- Tipo de construcción de la planta.
- 3.- Tipo de servicio de alimentación (voltaje, conexión del transformador, corrientes de cortocircuitos, alimentación aérea, etc.).
- 4.- Voltaje de distribución para alumbrado y fuerza.
- 5.- Elementos de protección.
- 6.- Tableros de Alumbrado y fuerza.
- 7.- Detalles de equipos y maquinarias que serán instalados.
8. Tipos de luminarias, nivel de iluminación.

### **3.2. SISTEMA DE ALIMENTACION**

Para la empresa que cuenta con una serie de equipos industriales se requiere de una alimentación monofásica 220 V y trifásica 380 V, los cuales serán proporcionados por un transformador trifásico.

### **a) Sistema monofásico (F-N)**

El sistema que más común y utilizado para instalaciones residenciales con un número reducido de unidades de consumo y de pequeña carga.

### **b) Sistema trifásico (3F)**

El sistema trifásico puede conectarse en delta o estrella pero con el neutro aislado. El sistema es utilizado principalmente en instalaciones industriales donde la carga que más prepondera es de los motores.

### **c) Sistema trifásico (4 hilos)**

Es uno de los sistemas más utilizados en las instalaciones industriales normalmente se usa estrella con el neutro aterrado.

#### **3.2.1 Distribución del sistema de alimentación**

Para el sistema de alimentación de la planta de producción de prendas de vestir jeans va estar distribuido de la siguiente manera:

**1.- Circuito de iluminación Monofásico 230 V**

**2.- Circuito de tomacorrientes Monofásico 230 V**

**3.- Circuito de fuerza Monofásico 230 V**

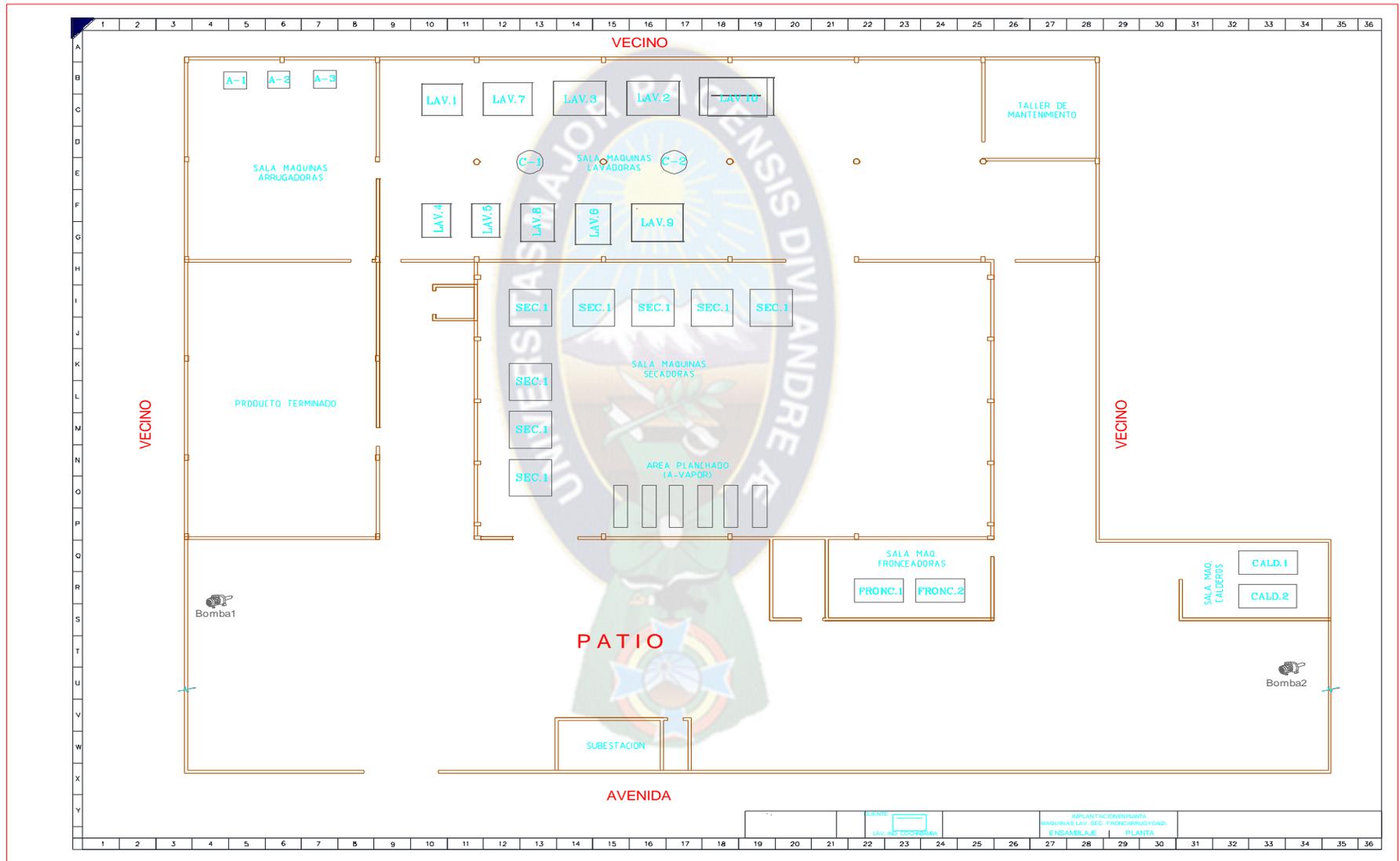
**4.- Circuito de fuerza Trifásico 400 V**

#### **3.3. LEVANTAMIENTO DE CARGA**

Para determinar la demanda se ha de realizar el correspondiente levantamiento de la carga de los equipos industriales (maquinarias).

El levantamiento de cargas se realizara por secciones, se realizara el seccionamiento que continuación se muestra:

## SECCIONAMIENTO DE LA MAQUINAS (motores)



**TABLA N 3.1**  
**Potencia instalada de Lavadoras y Bombas**  
**Cargas trifásicas**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>
1	Maquina Lavadora 1	5.6	11.6
2	Maquina Lavadora 2	7.3	14.8
3	Maquina Lavadora 3	7.3	14.8
4	Maquina Lavadora 4	3.0	7.9
5	Maquina Lavadora 5	3.0	8
6	Maquina Lavadora 6	5.6	11.8
7	Maquina Lavadora 7	7.3	14.8
8	Maquina Lavadora 8	5.6	11.7
9	Maquina Lavadora 9	7.3	14.8
10	Maquina Lavadora 10	9.3	20.5
11	Bomba	1.5	6.3
12	Bomba	1.5	6.3

**TABLA N 3.2**  
**Potencia instalada de Secadoras**  
**Cargas trifásicas**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>
1	Maquina secadora 1	1.5	6.5
	Maquina secadora 1	1.5	6.5
	Maquina secadora 1	3.0	8
2	Maquina secadora 2	1.5	6.5
	Maquina secadora 2	1.5	6.5
	Maquina secadora 2	3.0	8
3	Maquina secadora 3	1.5	6.5
	Maquina secadora 3	1.5	6.5
	Maquina secadora 3	3.0	8
4	Maquina secadora 4	1.5	6.5
	Maquina secadora 4	1.5	6.5
	Maquina secadora 4	3.0	8
5	Maquina secadora 5	1.5	6.5
	Maquina secadora 5	1.5	6.5
	Maquina secadora 5	3.0	8

**TABLA N 3.3**  
**Potencia instalada de Fronceadoras**  
**Cargas trifásicas**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>
1	Maquina Fronceadora 1	3.0	8
2	Maquina Fronceadora 2	3.0	8

**TABLA N 3.4**  
**Potencia instalada de centrifugadora**  
**Cargas trifásicas**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>
1	Maquina Centrifuga 1	5.6	11.5
2	Maquina Centrifuga 2	9.0	20

**TABLA N 3.5**  
**Potencia instalada de caldero**  
**Cargas trifásicas**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>
1	Bomba	3.0	8
2	Turbina	3.0	8

**TABLA N 3.6**  
**Cargas Monofásicas**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>
1	Esmeril	1.5	6
2	Taladro	1.5	6
3	Esmeril	1.5	6

**TABLA N 3.7**  
**Sistema Monofásico**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>
1	Iluminación	4.5
2	tomacorrientes	4.4

### 3.4. EQUILIBRIO DE CARGA

Posterior al levantamiento de la carga se ha de realizar el equilibrio de carga con las tres fases del sistema trifásico.

**Tabla N 3.8**  
**Cuadro de carga de iluminación y tomacorrientes**

CIRCUITO	DESIGNACIÓN DE CARGA	Nº DE POLOS	CANTIDAD	POTENCIA MONOFASICA [W]		
				R	S	T
1	Iluminación	1	3	1357		
2	Iluminación	1	3		1362	
3	Iluminación	1	7			1328
4	Tomacorriente	1	11	1456		
5	Tomacorriente	1	12		1456	
6	Tomacorriente	1	8			1458
	<b>TOTAL</b>			<b>2813</b>	<b>2818</b>	<b>2786</b>

**Tabla N 3.9**  
**Cuadro de carga tomas de Fuerza**

CIRCUITO	DESIGNACIÓN DE CARGA	Nº DE POLOS	CANTIDAD	POTENCIA MONOFASICA [W]		
				A	B	C
1	Esmeril	1	2	1500	1500	
2	Taladro	1	1			1500
			<b>TOTAL</b>	<b>1500</b>	<b>1500</b>	<b>1500</b>

### 3.5. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

#### 3.5.1. Potencia demandada para motores

Para el calcular la demanda se determina con la siguiente expresión:

$$s = \frac{p * 746}{\text{Cos } \alpha * \eta * 1000}$$

Donde:

$\cos \alpha$  = Factor de potencia

$\eta$  = Rendimiento del motor

p = Potencia del motor [HP]

Reemplazando los datos:

$$s = \frac{7.5 * 746}{0.87 * 0.85 * 1000} = 7.6 \text{ [kVA]}$$

Los factores de potencia de cada motor fueron tomados de las placas de características.

Los cálculos se los realizo mediante una tabla EN EXCEL que veremos a continuación:

**TABLA N 3.10**  
**Demanda de motores**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA NOMINAL (HP)	RENDIMIENTO (%)	FACTOR DE POTENCIA (FP)	POTENCIA EN (kVA)
	<b>LAVADORAS</b>				
1	Maquina Lavadora 1	7.5	87	0.85	7.6
2	Maquina Lavadora 2	9.85	77	0.80	11.9
3	Maquina Lavadora 3	9.85	77	0.80	11.9
4	Maquina Lavadora 4	4	83	0.84	4.3
5	Maquina Lavadora 5	4	83	0.84	4.3
6	Maquina Lavadora 6	7.5	87	0.85	7.6
7	Maquina Lavadora 7	9.85	75	0.80	12.2
8	Maquina Lavadora 8	7.5	88	0.84	7.6
9	Maquina Lavadora 9	9.85	74	0.85	11.7
10	Maquina Lavadora 10	12.5	87	0.86	12.5
11	Bomba 1	2	81	0.80	2.3
12	Bomba 2	2	81	0.80	2.3
				<b>TOTAL</b>	<b>96.2</b>
	<b>SECADORAS</b>				
13	Maquina Secadora 1	2	82	0.82	2.2

	Maquina Secadora 1	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 1	4	84	0.85	4.2
<b>14</b>	Maquina Secadora 2	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 2	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 2	4	84	0.85	4.2
<b>15</b>	Maquina Secadora 3	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 3	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 3	4	84	0.85	4.2
<b>16</b>	Maquina Secadora 4	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 4	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 4	4	84	0.85	4.2
<b>17</b>	Maquina Secadora 5	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 5	2	82	0.82	2.2
	Maquina Secadora 5	4	84	0.85	4.2
				<b>TOTAL</b>	<b>43</b>
	<b>FRONCEADORAS</b>				
<b>18</b>	Maquina Fronceadora 1	4	83	0.84	4.3
<b>19</b>	Maquina Fronceadora 2	4	83	0.84	4.3
				<b>TOTAL</b>	<b>8.6</b>
	<b>MAQUINAS CENTRIFUGAS</b>				
<b>20</b>	Maq. Centrifuga 1	7.5	84	0.85	7.8
<b>21</b>	Maq. Centrifuga 2	12	86	0.89	11.7
				<b>TOTAL</b>	<b>19.5</b>
	<b>CALDERO</b>				
<b>22</b>	Bomba	4	83	0.84	4.3
<b>23</b>	Turbina	4	83	0.84	4.3
				<b>TOTAL</b>	<b>8.6</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>175.9</b>

### 3.5.2. Cálculo de la Demanda para motores

La demanda de cada sección se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$D_m = N_m \times D_c \times F_{sim}$$

Donde:

Dm: Demanda media [kVA]

Nm: Numero de motores

Dc: Demanda del motor [kVA]

Fsim: Factor de simultaneidad **tabla N°1 Anexo A**

Ejemplo reemplazando datos:

$$Dm = Nm \times Dc \times Fsim$$

$$Dm = 3 \times 7.6 \times 0.80$$

$$Dm = 18.24 \text{ [kVA]}$$

Los cálculos se los realizo mediante una tabla EN EXCEL que veremos a continuación:

**TABLA N 3.11**  
**Sección de lavadoras**

Nº	DESCRIPCIÓN	POTENCIA [kVA]	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	DEMANDA MEDIA[kVA]
1	Maquina Lavadora 1	7.6	0.80	6.08
2	Maquina Lavadora 2	11.9	0.75	6.08
3	Maquina Lavadora 3	11.9	0.75	6.08
4	Maquina Lavadora 4	4.3	0.85	3.66
5	Maquina Lavadora 5	4.3	0.85	3.66
6	Maquina Lavadora 6	7.6	0.80	8.93
7	Maquina Lavadora 7	12.2	0.75	8.93
8	Maquina Lavadora 8	7.6	0.80	9.15
9	Maquina Lavadora 9	11.7	0.75	8.78
10	Maquina Lavadora 10	12.5	0.75	9.38
11	Bomba 1	2.3	0.85	1.96
12	Bomba 2	2.3	0.85	1.96
			<b>TOTAL</b>	<b>74.61</b>

$$D_m = 3 \times 7.6 \times 0.80 + 2 \times 11.9 \times 0.75 + 2 \times 4.3 \times 0.85 + 1 \times 12.2 \times 0.75 + 1 \times 11.7 \times 0.75 + 1 \times 12.5 \times 0.75 + 2 \times 2.3 \times 0.85 = 74.61 \text{ [KVA]}$$

**TABLA N 3.12**  
**Sección de Secadoras**

N°	DESCRIPCION	POTENCIA [kVA]	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	DEMANDA MEDIA[kVA]
1	Maquina Secadora 1	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 1	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 1	4.2	0.75	3.15
2	Maquina Secadora 2	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 2	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 2	4.2	0.75	3.15
3	Maquina Secadora 3	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 3	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 3	4.2	0.75	3.15
4	Maquina Secadora 4	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 4	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 4	4.2	0.75	3.15
5	Maquina Secadora 5	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 5	2.2	0.70	1.54
	Maquina Secadora 5	4.2	0.75	3.15
		<b>TOTAL</b>		<b>31.15</b>

$$D_m = 10 \times 2.2 \times 0.70 + 5 \times 4.2 \times 0.75 = 31.15 \text{ [KVA]}$$

**TABLA N 3.13**  
**Sección de Fronceadora**

N°	DESCRIPCIÓN	POTENCIA [kVA]	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	DEMANDA MEDIA [kVA]
1	Maquina Fronceadora 1	4.3	0.85	3.66
2	Maquina Fronceadora 2	4.3	0.85	3.66
			<b>TOTAL</b>	<b>7.31</b>

$$D_m = 2 \times 4.3 \times 0.85 = 7,31 \text{ [KVA]}$$

**TABLA N 3.14**  
**Sección de Centrifugas**

Nº	DESCRIPCIÓN	POTENCIA [kVA]	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	DEMANDA MEDIA [kVA]
1	Maquina Centrifugadora 1	7.8	0.85	6.63
2	Maquina Centrifugadora 2	11.7	0.85	9.95
			<b>TOTAL</b>	<b>16.58</b>

$$D_m = 1 \times 7.8 \times 0.85 + 1 \times 11.7 \times 0.85 = 16,58 \text{ [KVA]}$$

**TABLA N 3.15**  
**Sección de Caldero**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA EN kVA]	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	DEMANDA MEDIA[kVA]
1	Bomba	4,3	0,85	3.66
2	Turbina	4,3	0,85	3,66
			<b>TOTAL</b>	<b>7.31</b>

$$D_m = 2 \times 4.3 \times 0.85 = 7.31 \text{ [kVA]}$$

$$\text{Total} = 136.96 \text{ [kVA]}$$

### 3.5.3. Potencia demandada iluminación y tomacorrientes

Para determinar la potencia del circuito de iluminación, se encuentra determinado a partir de los cálculos luminotécnicos respectivos de acuerdo con los niveles de iluminación prescritos por cada tipo de ambiente, tipo de luminaria, etc.

Para los circuitos de tomacorrientes la norma NB 777 sugiere para efectos de cálculo el factor de potencia que deberá adoptarse será 0.95.

**TABLA N° 3.16****Potencia instalada de tomacorrientes**

N°	ITEM	N° DE TOMAS	POTENCIA (VA)
1	Sala de Maq. Lavadoras	6	1200
2	Sala de Maq. Secadoras	4	800
3	Sala de Maq. Centrifugadoras	2	400
4	Sala de Maq. Fronceadora	2	400
5	Sala de Maq. Calderos	2	400
6	Sala de Maq. Compresor de Aire	1	200
7	Sala de Producto Terminado	2	400
8	Sala de Mantenimiento	2	400
		<b>TOTAL</b>	<b>4400</b>

**Tabla N° 3.17****Demanda de la iluminación y tomacorrientes**

N°	ITEM	POTENCIA ACTIVA (kW)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE(kVA)
1	Iluminación	4.5	0.90	5
2	Tomacorrientes	4.4	0.95	4.63

**3.5.4. Potencia demandada tomas de fuerzas monofásica**

Para circuitos de fuerza la norma NB 777 sugiere para efectos de cálculo el factor de potencia que deberá adoptarse será 1 por la diversidad de receptores que estas tomas puedan alimentar serán más resistivas que inductivas.

**TABLA N° 3.18****Demanda de tomas de fuerza**

N°	ITEM	POTENCIA ACTIVA (kW)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE(kVA)
1	Esmeril	1.5	1	1.5
2	Esmeril	1.5	1	1.5

3	Taladro	1.5	1	1.5
			<b>TOTAL</b>	<b>4.5</b>

### 3.6. POTENCIA INSTALADA DEMANDADA TOTAL

De acuerdo a la norma NB 777 la potencia instalada se calcula en kVA. Y la suma de todos los circuitos que interviene en el diseño de la instalación.

Potencia de iluminación	= 5.0 [kVA]
Potencia de Tomacorriente	= 4.63 [kVA]
Potencia de Tomas Monofásicas	= 4.50 [kVA]
Potencia de Motores	= 175.9 [kVA]
<b>Total</b>	<b>= 190.03 [kVA]</b>

### 3.7. FACTOR DE DEMANDA

El factor de potencia es el cociente de las demandas máximas sobre la potencia instalada o de carga conectada.

$$F_d = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst.}}}$$

Donde:

D máx. : Demanda máxima de instalación en kW o kVA

P inst. : Potencia de carga conectada en kW ó kVA

Los factores de demanda para cada circuito que ha establecido NB-777 son los siguientes:

Demanda del Circuito de iluminación:

**Circuitos de iluminación      Fd = 60 %**

**Circuitos de tomacorriente      Fd = 35 %**

**Circuitos de Fuerza      Fd = 75%**

## DETERMINACION DE LAS DEMANDAS

### FACTORES DE DEMANDA PARA ILUMINACION Y TOMACORRIENTES

Potencia Instalada	Factor de Demanda
Los primeros 3000 VA	100%
De 3001 VA a 8000 VA	35%
De 8001 VA ó más	25%

Determinando el factor de demanda de iluminación

En forma práctica se toma un factor de demanda de  $F_d = 60\%$

$$F_d = 60\%$$

$$P_{Inst} = 5000 \text{ [VA]}$$

$$D_{max} = F_d * P_{Inst}$$

$$D_{max} = 0.6 * 5000 \text{ [VA]}$$

$$D_{max} = 3000 \text{ [VA]}$$

Según la NB-777

$$F_d = 60\%$$

$$P_{Inst} = 5000 \text{ [VA]}$$

$$3000 \text{ [VA]} * 1 = 3000 \text{ [VA]}$$

$$2000 \text{ [VA]} * 0.35 = 700 \text{ [VA]}$$

---

$$D_{max} = 3700 \text{ [VA]}$$

### FACTORES DE DEMANDA PARA ILUMINACION Y TOMACORRIENTES

Potencia Instalada	Factor de Demanda
Los primeros 3000 VA	100%
De 3001 VA a 8000 VA	35%
De 8001 VA ó más	25%

Determinando el factor de demanda de tomacorrientes

$$F_d = 35 \%$$

$$P_{Inst} = 4400 \text{ [VA]}$$

$$D_{max} = F_d * P_{Inst}$$

$$D_{max} = 0.35 * 4400 \text{ [VA]}$$

$$D_{max} = 1540 \text{ [VA]}$$

### FACTORES DE DEMANDA PARA TOMAS DE FUERZA

Potencia Instalada	Factor de Demanda
2 ó menos	100%
3 a 5	75%
6 ó más	50%

Determinando el factor de demanda de tomacorrientes

$$F_d = 50 \%$$

$$P_{Inst} = 4400 \text{ [VA]}$$

$$D_{max} = F_d * P_{Inst}$$

$$D_{max} = 0.75 * 4500 \text{ [VA]}$$

$$D_{max} = 3375 \text{ [VA]}$$

Se ha determinado la demanda del circuito de iluminación según NB-777 como también se lo realizo con la forma práctica que se utiliza comúnmente.

Se ha determinado la demanda del circuito de tomacorrientes según NB-777.

Se ha determinado la demanda de las tomas de Fuerza según NB-777.

### 3.7.1 Calculo del factor de demanda de motores

En el cálculo del factor de demanda de motores se han de utilizar la:

$$D_{max}=136.96 \text{ [kVA]}$$

$$P_{inst}=175.9 \text{ [kVA]}$$

$$F_d = \frac{136.96}{175.9} = 0.78$$

### 3.8. POTENCIA MAXIMA DEMANDADA

A continuación se presenta una tabla que refleja la potencia instalada y el factor de demanda correspondiente a los circuitos de la instalación.

**TABLA N° 3.19**  
**Potencia máxima demandada**

N°	CIRCUITOS	POTENCIA INSTALADA (kVA)	FACTOR DE DEMANDA (%)	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA (kVA)
1	Iluminación	5	60	3.00
2	Tomacorrientes	4.6	35	1.61
3	Tomas de fuerza	4.5	0.75	3.375
4	Motores	175.9	0.79	136.96
	<b>Total</b>	<b>185.3</b>		<b>144.95</b>

Debido a que la potencia demandada es superior a 75 KVA y tomando en cuenta lo que establece la norma NB 777<sup>7</sup> es que sea previsto un espacio físico para el puesto de transformación cuyas características sean adecuadas para el transformador a instalar.

<sup>7</sup> NB-777 Punto 4.6 Pág. 14

### 3.9. DETERMINACION DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

La capacidad del transformador se expresa en KVA.

Potencia máxima demandada.....**144.95 kVA**

Estandarizando la capacidad del transformador a los valores comerciales, se elige un transformador de **S=200 (kVA) Potencia normalizada.**

### 3.10. FACTOR DE POTENCIA

#### 3.10.1. El factor de potencia

El factor de potencia de una instalación es el cociente de la potencia activa P (W) consumida por la instalación, en relación a la potencia aparente S (VA) suministrada para esta potencia activa.

$$F_p = \text{Cos}\varnothing = \frac{P(\text{kW})}{S(\text{kVA})}$$

Donde:

P: Potencia activa (W)

S: Potencia aparente (VA)

Fp: Factor de potencia (Cos $\varnothing$ )

#### 3.10.2. Calculo del factor de potencia previsto

##### 3.10.2.1 Determinación de potencias activa y reactiva por sectores de producción.

En base a los datos obtenidos del levantamiento de carga y de la demanda de cada carga se tiene un análisis de cada sección.

El factor de potencia se ha obtenido de la placa de características de cada motor.

**TABLA N° 3.20**  
**Sección de Lavadoras**

N°	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	Fp = CosØ
1	Maquina Lavadora 1	5.6	0.85
2	Maquina Lavadora 2	7.3	0.80
3	Maquina Lavadora 3	7.3	0.80
4	Maquina Lavadora 4	3.0	0.84
5	Maquina Lavadora 5	3.0	0.84
6	Maquina Lavadora 6	5.6	0.85
7	Maquina Lavadora 7	7.3	0.80
8	Maquina Lavadora 8	5.6	0.84
9	Maquina Lavadora 9	7.3	0.85
10	Maquina Lavadora 10	9.3	0.86
11	Bombas	1.5	0.80

**TABLA N° 3.21**  
**Sección de Lavadoras**

N°	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	CosØ		Ø =
1	Maquina Lavadora 1	5.6	0.85	arcos0.85	31.78
2	Maquina Lavadora 2	7.3	0.80	arcos0.80	36.86
3	Maquina Lavadora 3	7.3	0.80	arcos0.80	36.86
4	Maquina Lavadora 4	3.0	0.84	arcos0.84	32.85
5	Maquina Lavadora 5	3.0	0.84	arcos0.84	32.85
6	Maquina Lavadora 6	5.6	0.85	arcos0.85	31.78
7	Maquina Lavadora 7	7.3	0.80	arcos0.80	36.86
8	Maquina Lavadora 8	5.6	0.84	arcos0.84	32.85
9	Maquina Lavadora 9	7.3	0.85	arcos0.85	31.78
10	Maquina Lavadora 10	9.3	0.86	arcos0.86	30.68
11	Bomba	1.5	0.80	arcos0.80	36.86
12	Bomba	1.5	0.80	arcos0.80	36.86

Calculando la potencia activa

$$P_1 = (5.6+7.3+7.3+3.0+3.0+5.6+7.3+5.6+7.3+9.3+1.5+1.5) = 64.3 \text{ (kW)}$$

Calculando la potencia reactiva

$$Q_1 = (5.6 \times \text{tg}31.78 + 7.3 \times \text{tg}36.86 + 7.3 \times \text{tg}36.86 + 3.0 \times \text{tg}32.85 + 3.0 \times \text{tg}32.85 + 5.6 \times \text{tg}31.78 + 7.3 \times \text{tg}36.86 + 5.6 \times \text{tg}32.85 + 7.3 \times \text{tg}31.78 + 9.3 \times \text{tg}30.68 + 1.5 \times \text{tg}36.86 + 1.5 \times \text{tg}36.86)$$

$$Q_1 = 43.13 \text{ [kVAR]}$$

**TABLA N° 3.22**  
**Sección Secadoras**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	Fp = CosØ
1	Maquina Secadora 1	1.5	0.82
	Maquina Secadora 1	1.5	0.82
	Maquina Secadora 1	3.0	0.85
2	Maquina Secadora 2	1.5	0.82
	Maquina Secadora 2	1.5	0.82
	Maquina Secadora 2	3.0	0.85
3	Maquina Secadora 3	1.5	0.82
	Maquina Secadora 3	1.5	0.82
	Maquina Secadora 3	3.0	0.85
4	Maquina Secadora 4	1.5	0.82
	Maquina Secadora 4	1.5	0.82
	Maquina Secadora 4	3.0	0.85
5	Maquina Secadora 5	1.5	0.82
	Maquina Secadora 5	1.5	0.82
	Maquina Secadora 5	3.0	0.85

**TABLA N° 3.23**  
**Sección Secadoras**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	CosØ		Ø =
1	Maquina Secadora 1	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 1	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 1	3.0	0.85	arcos0.85	31.79
2	Maquina Secadora 2	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 2	1.5	0.82	arcos0.82	34.91

	Maquina Secadora 2	3.0	0.85	arcos0.85	31.79
<b>3</b>	Maquina Secadora 3	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 3	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 3	3.0	0.85	arcos0.85	31.79
<b>4</b>	Maquina Secadora 4	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 4	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 4	3.0	0.85	arcos0.85	31.79
<b>5</b>	Maquina Secadora 5	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 5	1.5	0.82	arcos0.82	34.91
	Maquina Secadora 5	3.0	0.85	arcos0.85	31.79

Calculando la potencia activa

$$P_2 = (1.5 \times 10 + 3.0 \times 5) = 30 \text{ (kW)}$$

Calculando la potencia reactiva

$$Q_2 = (1.5 \times \text{tg}34.91 \times 10 + 3.0 \times \text{tg}31.79 \times 5)$$

$$Q_2 = 19.77 \text{ (kVAR)}$$

**TABLA N° 3.24**

**Sección de Fronceadoras**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	Fp = CosØ
<b>1</b>	Fronceadora 1	3.0	0.84
<b>2</b>	Fronceadora 2	3.0	0.84

**TABLA N° 3.25**

**Sección de Fronceadoras**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	CosØ		Ø =
<b>1</b>	Fronceadora 1	3.0	0.84	arcos0.84	32.85
<b>2</b>	Fronceadora 2	3.0	0.84	arcos0.84	32.85

Calculando la potencia activa

$$P_3 = (3.0+3.0) = 6 \text{ (kW)}$$

Calculando la potencia reactiva

$$Q_3 = (3.0 \times \text{tg}32.85 + 3.0 \times \text{tg}32.85)$$

$$Q_3 = 3.87 \text{ (kVAR)}$$

**TABLA N° 3.26**  
**Sección de Maquinas Centrifugadoras**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	Fp = CosØ
1	Maquina Centrifugadora 1	5.6	0.85
2	Maquina Centrifugadora 2	9.0	0.89

**TABLA N° 3.27**  
**Sección de Maquinas Centrifugadoras**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	CosØ		Ø =
1	Maquina Centrifugadora 1	5.6	0.85	arcos0.85	31.79
2	Maquina Centrifugadora 2	9.0	0.89	arcos0.89	27.13

Calculando la potencia activa

$$P_4 = (5.6+9.0) = 14.6 \text{ (kW)}$$

Calculando la potencia reactiva

$$Q_4 = (5.6 \times \text{tg}31.79 + 9.0 \times \text{tg}27.13)$$

$$Q_4 = 8.1 \text{ (kVAR)}$$

**TABLA N° 3.28**  
**Sección de Maquina Caldero**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	Fp = CosØ
1	Bomba	3.0	0.84
2	Turbina	3.0	0.84

**TABLA N° 3.29**  
**Sección de Maquina Caldero**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	CosØ		Ø =
1	Bomba	3.0	0.84	arcos0.84	32.86
2	Turbina	3.0	0.84	arcos0.84	32.86

Calculando la potencia activa

$$P_5 = (3.0+3.0) = 6 \text{ (kW)}$$

Calculando la potencia reactiva

$$Q_5 = (3.0 \times \tan 32.86 + 3.0 \times \tan 32.86)$$

$$Q_5 = 3.87 \text{ (kVAR)}$$

### **Iluminación y Tomacorrientes**

Para la iluminación se tiene un factor de potencia mejorado de 0.90

Calculo de la potencia activa:

$$P_6 = 4.5 \text{ [kW]}$$

Calculo de la potencia reactiva:

$$Q_6 = (4.5 \times \tan 25.84)$$

$$Q_6 = 2.18 \text{ (kVAR)}$$

Para el cálculo de tomacorrientes según norma es de 0.95

$$P_7 = 4.4 \text{ [kW]}$$

Calculo de la potencia reactiva:

$$Q_7 = 4.4 (\text{tg}18.19)$$

$$Q_7 = 1.44 \text{ (kVAR)}$$

**TABLA N° 3.30**  
**Tomas de fuerza Monofásico**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	Fp = CosØ
1	Esmeril	1.5	0.86
2	Esmeril	1.5	0.86
3	Taladro	1.5	0.84

**TABLA N° 3.31**  
**Tomas de fuerza Monofásico**

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	CosØ		Ø =
1	Esmeril	1.5	0.86	arcos0.86	30.68
2	Esmeril	1.5	0.86	arcos0.86	30.68
3	Taladro	1.5	0.84	arcos0.84	32.86

Calculando la potencia activa

$$P_8 = (1.5+1.5+1.5) = 4.5 \text{ (kW)}$$

Calculando la potencia reactiva

$$Q_8 = (2 \times 1.5 \times \text{tg}30.86 + 1.5 \times \text{tg}32.86)$$

$$Q_8 = 2.76 \text{ (kVAR)}$$

$$P_t = \sum_1^8 P = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8)$$

$$P_t = \sum_1^8 P = (64.3 + 30 + 6 + 14.6 + 6 + 4.6 + 4.5 + 4.5)$$

$$P_t = 134.5[\text{kW}]$$

$$Q_t = \sum_1^8 P = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8)$$

$$Q_t = \sum_1^8 P = (43.13 + 19.77 + 3.87 + 8.1 + 3.87 + 2.18 + 1.44 + 2.76)$$

$$Q_t = 85.18 [\text{kVAR}]$$

$$S = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2}[\text{kVAR}]$$

$$S = \sqrt{(134.5^2 + 85.18^2)}[\text{kVAR}]$$

$$S = 159.2[\text{Kva}]$$

$$F_p = \cos\phi = \frac{134.5(\text{kW})}{159.2(\text{kVA})}$$

$$F_p = 0.85$$

Se ha realizado el cálculo del factor de potencia del sistema eléctrico es 0.85, no requiere la mejora del factor de potencia por la razón de que la empresa no está en funcionamiento.

## **3.11. CALCULO DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS**

### **3.11.1. Introducción.**

En el cálculo de los conductores sea de realizar un análisis de las condiciones de las cargas existentes. Debido a que un mal dimensionamiento puede provocar fallas del sistema eléctrico lo cual representa un elevado riesgo.

Existen factores que intervienen los cuales son:

Tipo de sistema (Monofásico Trifásico)

- Potencia de carga
- Tensión de carga
- Corriente de carga
- Frecuencia nominal
- Condiciones del ambiente
- Tipo de cargas

### **3.11.2. Tipos de conductores**

Existen dos tipos de conductores los cuales son de aluminio y cobre. Debiendo saber que el aluminio es de menor precio en el mercado, pero aun así en este tipo de instalaciones es muy poco utilizado.

Según las normas se ha identificado a cada conductor con un calibre que se designa AWG (American Wire Gage), como se muestran a continuación 4/0,3/0,2/0,1/0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20 siendo 4/0 , 20 el mayor y el menor correspondientemente.

## **3.12. CIRCUITO DERIVADO**

### **3.12.1. Clasificación**

Según la norma NB 777, diseño y construcción de Instalaciones Eléctricas Interiores de baja tensión se clasifican de la siguiente manera:

- Circuitos de iluminación.
- Circuitos de tomacorrientes.
- Circuitos específicos o de fuerza.

#### **3.12.1.1. Circuitos de iluminación.**

En los circuitos de iluminación deberán utilizarse como mínimo conductores de sección equivalente al **Nº 14 AWG (2.5 mm<sup>2</sup>)**.

En instalaciones interiores de departamentos o casas destinadas a viviendas la potencia total instalada por circuito de iluminación general no deberá exceder los **2500 (VA)** en todos los puntos de iluminación.

Para efectos de cálculo el factor de potencia que deberá adoptarse para la iluminación incandescente será **1.00**.

En caso de iluminación con lámparas de descarga el factor de potencia estará dado por las características de la luminaria y sus equipos asociados.

La caída de tensión en toda la longitud del circuito no deberá exceder el 3% de la tensión nominal de alimentación.

La ubicación de los interruptores debe tener fácil visualización.

Siempre los interruptores deben interrumpir las fases.

#### **3.12.1.2. Circuitos de tomacorriente.**

En todo circuito destinado a tomacorrientes deberá adoptarse **200 VA por toma**, en caso de tomas dobles o triples instaladas en una misma caja, la potencia y cantidad deberán computarse como una simple.

Todos los circuitos de tomacorrientes deben contar con un punto de conexión al conductor de protección PE, conductor de tierra.

El tomacorriente de uso obligatorio es el tipo Euro Americano redondo plano con toma de tierra.

En los circuitos de tomacorrientes deberán utilizarse como mínimo conductores de sección equivalente al **Nº 12 AWG (4 mm<sup>2</sup>)**.

En instalaciones interiores de departamentos o casas destinadas a viviendas, la potencia total instalada por circuito de tomacorrientes deberá ser como máximo **3400 VA**.

Para efectos de cálculo el factor de potencia que deberá adoptarse será **0.95**.

La caída de tensión en toda la longitud del circuito no deberá exceder el **3 %** de la tensión nominal de alimentación.

### **3.12.1.3. Circuito de Fuerza**

Son circuitos de fuerza aquellos destinados a la alimentación de equipos de una potencia igual o mayor a **2000 (VA)**.

Los circuitos de fuerza se clasifican en 2 grupos:

a) Circuitos que alimentan equipos de uso doméstico, tales como: cocinas eléctricas, calentadores eléctricos (calefones, duchas, estufas), secadores de ropa, etc.

En el caso de calefones, las potencias que deberán adoptarse estarán en función de la capacidad del equipo a instalarse.

- Estas cargas deben alimentarse con circuitos derivados individuales.
- Los conductores que alimentan una carga individual, deberán tener una capacidad de conducción permanente no menor al 125 % de la corriente nominal de la carga.
- Para efectos de cálculo el factor de potencia será de 1 por ser más resistivo.
- En toda la longitud del circuito, la magnitud de la caída de tensión no deberá exceder de 3%.
- 

A continuación se presenta la tabla N°16 de conductores seleccionados para los diferentes motores, estos calibres fueron seleccionados de tablas en función a la capacidad de conducción para alambres y cables de cobre aislados con PVC 60°C (TW), PVC 75°C a temperatura ambiente de 30°C (hasta 3 conductores agrupados)<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> NB-777 Tabla 17 Pág. 20

**Tabla N° 3.32**

**Selección de Conductores para Motores**

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA NOMINAL [kW]</b>	<b>CORRIENTE NOMINAL [A]</b>	<b>Inom 1.25</b>	<b>CALIBRE AWG</b>	<b>SECCION mm<sup>2</sup></b>	<b>CAPACIDAD DE CONDUCCION AL AIRE LIBRE</b>
	<b>LAVADORAS</b>						
<b>1</b>	Maquina Lavadora 1	5.6	11.6	14.50	12	3.31	25
<b>2</b>	Maquina Lavadora 2	7.3	14.8	18.50	12	3.31	25
<b>3</b>	Maquina Lavadora 3	7.3	14.8	18.50	12	3.31	25
<b>4</b>	Maquina Lavadora 4	3.0	7.9	9.88	12	3.31	25
<b>5</b>	Maquina Lavadora 5	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>6</b>	Maquina Lavadora 6	5.6	11.8	14.75	12	3.31	25
<b>7</b>	Maquina Lavadora 7	7.3	14.8	18.50	12	3.31	25
<b>8</b>	Maquina Lavadora 8	5.6	11.7	14.63	12	3.31	25
<b>9</b>	Maquina Lavadora 9	7.3	14.8	18.50	12	3.31	25
<b>10</b>	Maquina Lavadora 10	9.3	20.5	25.63	12	3.31	25
<b>11</b>	Bombas 1-2	1.5	6.3	7.88	12	3.31	25
	<b>SECADORAS</b>						
<b>12</b>	Maquina Secadora 1	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 1	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 1	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>13</b>	Maquina Secadora 2	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 2	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 2	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>14</b>	Maquina Secadora 3	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25

	Maquina Secadora 3	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 3	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>15</b>	Maquina Secadora 4	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 4	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 4	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>16</b>	Maquina Secadora 5	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 5	1.5	6.5	8.13	12	3.31	25
	Maquina Secadora 5	3.0	8	10.00	12	3.31	25
	<b>FRONCEADORAS</b>						
<b>17</b>	Maq. Fronceadora 1	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>18</b>	Maq. Fronceadora 2	3.0	8	10.00	12	3.31	25
	<b>MAQUINAS CENTRIFUGAS</b>						
<b>19</b>	Maq. Centrifugadora 1	5.6	11.5	14.38	12	3.31	25
<b>20</b>	Maq. Centrifugadora 2	9.0	20	25.00	12	3.31	25
	<b>CALDERO</b>						
<b>21</b>	Bomba	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>22</b>	Turbina	3.0	8	10.00	12	3.31	25

### 3.12.2. Máxima caída de tensión en conductores

Las correspondientes caídas de tensión en redes de baja tensión son las siguientes:

- 2% para alimentadores
- 3% para circuitos derivados

Para calcular las caídas de tensión de los conductores de energía eléctrica, se han de obtener de la siguiente ecuación:

Para alimentadores trifásicos:

La caída de tensión entre fase es:

$$\Delta V_n = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I}{S} \text{ [V]}$$

Donde:

$\Delta V_n$ : caída de tensión en [V]

P: Resistividad del conductor de cobre  $\left[ \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$

L: Longitud en [m]

I: Corriente nominal [A]

S: Sección del conductor [mm]

La caída de tensión porcentual se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I}{S \times V_n} \times 100$$

Donde:

$\Delta V\%$ : Caída de tensión porcentual

$V_n$ : Voltaje nominal [V]

Resistividad del conductor que será de cobre:

$$\rho = 0.017857 \left[ \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

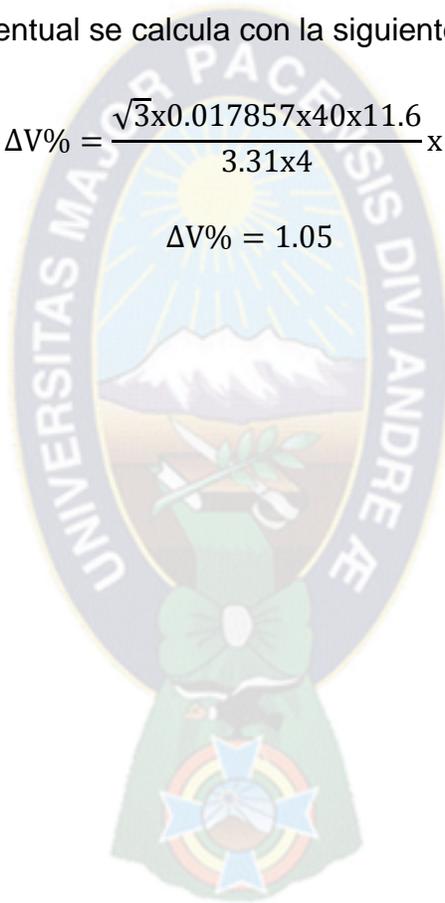
$$\Delta V_n = \frac{\sqrt{3} \times 0.017857 \times 40 \times 11.6}{3.31} [\text{V}]$$

$$\Delta V_n = 4 [\text{V}]$$

La caída de tensión porcentual se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times 0.017857 \times 40 \times 11.6}{3.31 \times 4} \times 100$$

$$\Delta V\% = 1.05$$



**Tabla N° 3.32**

**Máxima caída de tensión en conductores**

N°	DESCRIPCION	POTENCIA NOMINAL [kW]	CORRIENTE NOMINAL [A]	CALIBRE AWG	SECCION [mm²]	DISTANCIA [m]	CAIDA DE TENSION [V]	CAIDA DE TENSION [%]
1	Maquina Lavadora 1	5.60	11.6	12	3.31	40.00	4.00	1.05
2	Maquina Lavadora 2	7.30	14.8	12	3.31	35.00	4.00	1.05
3	Maquina Lavadora 3	7.30	14.8	12	3.31	25.00	3.00	0.79
4	Maquina Lavadora 4	3.00	7.9	12	3.31	20.00	1.00	0.26
5	Maquina Lavadora 5	3.00	8.0	12	3.31	25.00	1.00	0.26
6	Maquina Lavadora 6	5.60	11.8	12	3.31	40.00	4.00	1.05
7	Maquina Lavadora 7	7.30	14.8	12	3.31	40.00	5.00	1.32
8	Maquina Lavadora 8	5.60	11.7	12	3.31	30.00	3.00	0.79
9	Maquina Lavadora 9	7.30	14.8	12	3.31	45.00	6.00	1.58
10	Maquina Lavadora 10	9.30	20.5	12	3.31	40.00	7.00	1.84
11	Bomba 1	1.50	6.3	12	3.31	25.00	2.00	0.25
12	Bomba 2	1.50	6.3	12	3.31	50.00	4.00	0.54

**SECCION DE SECADORAS**

1	Maquina Secadora 1	1.50	6.50	12	3.31	15	2.00	0.26
	Maquina Secadora 1	1.50	6.50	12	3.31	15	2.00	0.26
	Maquina Secadora 1	3.00	8.00	12	3.31	15	1.00	0.26
2	Maquina Secadora 2	1.50	6.50	12	3.31	20	3.00	0.26
	Maquina Secadora 2	1.50	6.50	12	3.31	20	3.00	0.26
	Maquina Secadora 2	3.00	8.00	12	3.31	20	1.00	0.26

3	Maquina Secadora 3	1.50	6.50	12	3.31	30	4.00	0.26
	Maquina Secadora 3	1.50	6.50	12	3.31	30	4.00	0.26
	Maquina Secadora 3	3.00	8.00	12	3.31	30	2.00	0.26
4	Maquina Secadora 4	1.50	6.50	12	3.31	40	6.00	0.50
	Maquina Secadora 4	1.50	6.50	12	3.31	40	6.00	0.50
	Maquina Secadora 4	3.00	8.00	12	3.31	40	2.00	0.50
5	Maquina Secadora 5	1.50	6.50	12	3.31	45	6.00	0.50
	Maquina Secadora 5	1.50	6.50	12	3.31	45	6.00	0.50
	Maquina Secadora 5	3.00	8.00	12	3.31	45	3.00	0.75
<b>SECCION FRONCEADORA</b>								
1	Maq. Fronceadora 1	3.00	8.00	12	3.31	20	1.00	0.26
2	Maq. Fronceadora 2	3.00	8.00	12	3.31	20	1.00	0.26
<b>SECCION CENTRIFUGADORAS</b>								
1	Maq. Centrifugadora 1	5.60	11.50	12	3.31	20	2.00	0.53
2	Maq. Centrifugadora 2	9.00	20.00	12	3.31	20	3.00	0.79
<b>SECCION DEL CALDERO</b>								
1	Maq. Bomba	3.00	8.00	12	3.31	15	1.00	0.26
2	Maq. Turbina	3.00	8.00	12	3.31	15	1.00	0.26

Se observa en la tabla N°17 que la caída de tensión de conductores no es superior al 3%, por lo tanto se cumple lo establecido por la norma NB-777 la caída de tensión de los circuitos derivados no debe superar el 3%.

### 3.13. ALIMENTADORES

Se denominan alimentadores de energía eléctrica, a los conductores que conectan tableros principales

#### 3.13.1. Criterios para el cálculo de la sección mínima de los conductores.

La sección mínima de los conductores debe satisfacer en forma simultánea a 3 criterios.

- Capacidad térmica de conducción (NB 777)
- Máxima caída de tensión permitida
- Máxima corriente de cortocircuito

#### 3.13.2. Criterio de capacidad térmica de conducción

Las fórmulas a utilizarse para tal fin, serán las siguientes:

Alimentadores monofásicos: 
$$I = \frac{P}{V \times \cos\theta}$$

Alimentadores trifásicos: 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \times \cos\theta}$$

Dónde:

P: Demanda máxima en (W)

V: Tensión de alimentación en (V)

Cos $\theta$ : Factor de potencia

I: Intensidad de corriente en (A)

##### 3.13.2.1. Calculo del alimentador de los tableros de distribución

Para el cálculo del alimentador principal de los tableros de distribución, se utilizan las tablas anteriormente calculadas para cada carga. Para tal efecto tomamos en cuenta el criterio de las demandas máximas y exigencias que presentan cada sección o cada departamento que funcione en la nueva planta.

## Tablero de distribución TD1

Tabla N° 3.33

### Cuadro de Carga

#### Sección de Lavadoras

Nº	DESCRIPCION	POTENCIA (kW)	POTENCIA EN [kVA]	Dm [kVA]
1	Maquina Lavadora 1	5.6	7.6	6.08
2	Maquina Lavadora 2	7.3	11.9	10.12
3	Maquina Lavadora 3	7.3	11.9	10.12
4	Maquina Lavadora 4	3.0	4.3	3.65
5	Maquina Lavadora 5	3.0	4.3	3.65
6	Maquina Lavadora 6	5.6	7.6	6.08
7	Maquina Lavadora 7	7.3	12.2	10.37
8	Maquina Lavadora 8	5.6	7.6	6.08
9	Maquina Lavadora 9	7.3	11.7	9.95
10	Maquina Lavadora 10	9.3	12.5	10.63
	<b>TOTAL</b>	<b>61.3</b>	<b>96.2</b>	<b>70.69</b>

$$Fd = \frac{Dm}{P_{inst.}} = \frac{70.69}{96.2} = 0.73$$

Calculando el valor de factor de potencia de la sección lavadoras

El valor de la potencia reactiva

$$Q_1 = 40.88 \text{ [kvar]}$$

$$Q_1 = 85.18 \text{ [kVAR]}$$

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} \text{ [kVAR]}$$

$$S_1 = \sqrt{(61.3^2 + 40.88^2)} \text{ [kVA]}$$

$$S_1 = 73.68 \text{ [kVA]}$$

$$F_p = \cos\theta = \frac{61.3(\text{kW})}{73.68(\text{kVA})}$$

$$F_p = 0.83$$

**Tabla N° 3.34**  
**Potencia demandada en kVA**

N°	ITEM	POTENCIA [KVA]	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE DEMANDA %	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA [KVA]
1	Motores	96.2	1	0.73	73.68

Para la alimentación trifásica la corriente demandada se obtiene de la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Reemplazando datos se obtiene:

$$I = \frac{73680}{\sqrt{3} \times 400} = 106.35 \text{ [A]}$$

Por lo tanto la corriente de protección se calcula:

$$I_{sc} = I \times 1.25$$

$$I_{sc} = 106.35 \times 1.25$$

$$I_{sc} = 132.93 \text{ [A]}$$

El conductor a seleccionar será con aislamiento PVC diseñado para una temperatura máxima de servicio de 75 °C.

El conductor será de cobre **N° 1/0 AWG**

La corriente del conductor neutro será el 70% de la corriente del alimentador.

$$I_{\text{neutro}} = I_{\text{alimentador}} \times 70\%$$

$$I_{\text{neutro}} = 132.93 \times 70\%$$

$$I_{\text{neutro}} = 93.05 \text{ [A]}$$

El conductor será de cobre de **N° 2 AWG**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD1 es del siguiente calibre:

**3x1/0+1x2 AWG**

### Tablero de distribución TD2

#### Tabla N° 3.35

#### Cuadro de Carga

#### Sección de Secadoras

N°	DESCRIPCION	POTENCIA EN [kW]	POTENCIA EN [kVA]	DEMANDA MEDIA[kVA]
1	Maquina Secadora 1	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 1	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 1	3.0	4.2	3.15
2	Maquina Secadora 2	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 2	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 2	3.0	4.2	3.15
3	Maquina Secadora 3	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 3	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 3	3.0	4.2	3.15
4	Maquina Secadora 4	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 4	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 4	3.0	4.2	3.15
5	Maquina Secadora 5	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 5	1.5	2.2	1.54
	Maquina Secadora 5	3.0	4.2	3.15
	<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>4.3</b>	<b>31.15</b>

El valor de la potencia reactiva

$$Q_2 = 19.77 \text{ (kVAR)}$$

$$F_d = \frac{D_m}{P_{\text{inst.}}} = \frac{31.15}{43} = 0.72$$

**Calculando el valor de factor de potencia de la sección lavadoras**

**El valor de la potencia reactiva**

$$Q_2 = 19.77 \text{ [kVAR]}$$

$$Q_2 = 19.77 \text{ [kVAR]}$$

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} \text{ [kVA]}$$

$$S_2 = \sqrt{(30^2 + 19.77^2)} \text{ [kVA]}$$

$$S_2 = 35.93 \text{ [kVA]}$$

$$F_p = \cos \theta = \frac{30 \text{ (kW)}}{35.93 \text{ (kVA)}}$$

$$F_p = 0.83$$

**Tabla N° 3.36**

**Potencia demandada en kVA**

N°	ITEM	POTENCIA [kVA]	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE DEMANDA %	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA [kVA]
1	Motores	43	1	0.72	35.93

Para la alimentación trifásica la corriente demandada se obtiene de la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Reemplazando datos se obtiene:

$$I = \frac{35930}{\sqrt{3} \times 400} = 51.86 \text{ [A]}$$

Por lo tanto la corriente de protección se calcula:

$$I_{sc} = I \times 1.25$$

$$I_{sc} = 51.86 \times 1.25$$

$$I_{sc} = 64.82 \text{ [A]}$$

El conductor a seleccionar será con aislamiento PVC diseñado para una temperatura máxima de servicio de 75 °C.

El conductor será de cobre **N° 4 AWG**

La corriente del conductor neutro será el 70% de la corriente del alimentador.

$$I_{\text{neutro}} = I_{\text{alimentador}} \times 70\%$$

$$I_{\text{neutro}} = 64.82 \times 70\%$$

$$I_{\text{neutro}} = 45.38 \text{ [A]}$$

El conductor será de cobre de **N° 6 AWG**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD2 es del siguiente calibre:  
**3x2+1x6 AWG**

### Tablero de distribución TD3

Tabla N° 3.37

#### Cuadro de Carga Sección de Fronceadoras

Nº	DESCRIPCIÓN	POTENCIA [KW]	POTENCIA [KVA]	DEMANDA MEDIA [KVA]
1	Maquina Fronceadora	3.0	4.3	3.66
2	Maquina Fronceadora	3.0	4.3	3.66
	<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>8.6</b>	<b>7.31</b>

$$F_d = \frac{D_m}{P_{inst.}} = \frac{7.31}{8.6} = 0.85$$

**Calculando el valor de factor de potencia de la sección lavadoras**

**El valor de la potencia reactiva**

$$Q_3 = 3.87 \text{ (kVAR)}$$

$$Q_3 = 3.87 \text{ [kVAR]}$$

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} \text{ [kVA]}$$

$$S_3 = \sqrt{(6^2 + 3.87^2)} \text{ [kVA]}$$

$$S_3 = 7.13 \text{ [kVA]}$$

$$F_p = \cos \phi = \frac{6 \text{ (kW)}}{7.13 \text{ (kVA)}}$$

$$F_p = 0.84$$

**Tabla N° 3.38**

**Potencia demandada en kVA**

N°	ITEM	POTENCIA [kVA]	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE DEMANDA %	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA [kVA]
1	Motores	8.6	1	0.85	7.13

Para la alimentación trifásica la corriente demandada se obtiene de la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Reemplazando datos se obtiene:

$$I = \frac{7130}{\sqrt{3} \times 400} = 10.29 \text{ [A]}$$

Por lo tanto la corriente de protección se calcula:

$$I_{sc} = I \times 1.25$$

$$I_{sc} = 10.29 \times 1.25$$

$$I_{sc} = 12.86 \text{ [A]}$$

El conductor a seleccionar será con aislamiento PVC diseñado para una temperatura máxima de servicio de 75 °C.

El conductor será de cobre **N° 10 AWG**

La corriente del conductor neutro será el 70% de la corriente del alimentador.

$$I_{neutro} = I_{alimentador} \times 70\%$$

$$I_{neutro} = 12.86 \times 70\%$$

$$I_{neutro} = 9.0 \text{ [A]}$$

El conductor será de cobre de **N° 12 AWG**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD3 es del siguiente calibre:  
**3x10+1x12 AWG**

#### Tablero de distribución TD4

Tabla N° 3.39

#### Cuadro de Carga Sección de Maq. Centrifugadora

N°	DESCRIPCIÓN	POTENCIA [kW]	POTENCIA [kVA]	DEMANDA MEDIA [kVA]
1	Maquina Centrifugadora 1	5.6	7.8	6.63
2	Maquina Centrifugadora 2	9.0	11.7	9.95
	<b>TOTAL</b>	<b>14.6</b>	<b>19.5</b>	<b>16.58</b>

$$F_d = \frac{D_m}{P_{inst.}} = \frac{16.58}{19.5} = 0.85$$

**Calculando el valor de factor de potencia de la sección lavadoras**

**El valor de la potencia reactiva**

$$Q_4 = 8.1 \text{ (kVAR)}$$

$$Q_4 = 8.1 \text{ [kVAR]}$$

$$S_4 = \sqrt{P_4^2 + Q_4^2} \text{ [kVA]}$$

$$S_4 = \sqrt{(14.6^2 + 8.1^2)} \text{ [kVA]}$$

$$S_4 = 16.69 \text{ [kVA]}$$

$$F_p = \cos\phi = \frac{14.6 \text{ (kW)}}{16.69 \text{ (kVA)}}$$

$$F_p = 0.87$$

**Tabla N° 3.40**

**Potencia demandada en KVA**

N°	ITEM	POTENCIA [kVA]	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE DEMANDA %	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA [kVA]
1	Motores	19.5	1	0.85	16.69

Para la alimentación trifásica la corriente demandada se obtiene de la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Reemplazando datos se obtiene:

$$I = \frac{16690}{\sqrt{3} \times 400} = 24.09 \text{ [A]}$$

Por lo tanto la corriente de protección se calcula:

$$I_{sc} = I \times 1.25$$

$$I_{sc} = 24.09 \times 1.25$$

$$I_{sc} = 30.11 \text{ [A]}$$

El conductor a seleccionar será con aislamiento PVC diseñado para una temperatura máxima de servicio de 75 °C.

El conductor será de cobre **N° 10 AWG**

La corriente del conductor neutro será el 70% de la corriente del alimentador.

$$I_{\text{neutro}} = I_{\text{alimentador}} \times 70\%$$

$$I_{\text{neutro}} = 30.11 \times 70\%$$

$$I_{\text{neutro}} = 21 \text{ [A]}$$

El conductor será de cobre de **N° 12 AWG**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD4 es del siguiente calibre:  
**3x10+1x12 AWG**

### Tablero de distribución TD5

Tabla N° 3.41

#### Cuadro de Carga Sección de Maq. Caldero

N°	DESCRIPCION	POTENCIA [kW]	POTENCIA [kVA]	DEMANDA MEDIA[kVA]
1	Bomba	3.0	4,3	3.66
2	Turbina	3.0	4,3	3,66
	<b>TOTAL</b>	<b>6.0</b>	<b>8.6</b>	<b>7.31</b>

$$F_d = \frac{D_m}{P_{inst.}} = \frac{7.31}{8.6} = 0.85$$

**Calculando el valor de factor de potencia de la sección lavadoras**

**El valor de la potencia reactiva**

$$Q_5 = 3.87 \text{ (kVAR)}$$

$$Q_5 = 3.87 \text{ [kVAR]}$$

$$S_5 = \sqrt{P_5^2 + Q_5^2} \text{ [kVA]}$$

$$S_5 = \sqrt{(6^2 + 3.87^2)} \text{ [kVA]}$$

$$S_5 = 7.14 \text{ [kVA]}$$

$$F_p = \cos \phi = \frac{6 \text{ (kW)}}{7.14 \text{ (kVA)}}$$

$$F_p = 0.84$$

**Tabla N° 3.42**

**Potencia demandada en KVA**

N°	ITEM	POTENCIA [KVA]	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE DEMANDA %	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA [KVA]
1	Motores	8.6	1	0.85	7.14

Para la alimentación trifásica la corriente demandada se obtiene de la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Reemplazando datos se obtiene:

$$I = \frac{7140}{\sqrt{3} \times 400} = 10.3 \text{ [A]}$$

Por lo tanto la corriente de protección se calcula:

$$I_{sc} = I \times 1.25$$

$$I_{sc} = 10.3 \times 1.25$$

$$I_{sc} = 12.87 \text{ [A]}$$

El conductor a seleccionar será con aislamiento PVC diseñado para una temperatura máxima de servicio de 75 °C.

El conductor será de cobre **N° 12 AWG**

La corriente del conductor neutro será el 70% de la corriente del alimentador.

$$I_{neutro} = I_{alimentador} \times 70\%$$

$$I_{neutro} = 12.87 \times 70\%$$

$$I_{neutro} = 9 \text{ [A]}$$

El conductor será de cobre de **N° 14 AWG**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD5 es del siguiente calibre:  
**3x12+1x14 AWG**

### Tablero de distribución TD6

#### Tabla N° 3.43

#### Cuadro de Carga Sección de Bombas de agua

N°	DESCRIPCION	POTENCIA [kW]	POTENCIA [kVA]	DEMANDA MEDIA[kVA]
1	Bomba 1	1.5	2.3	1.84
2	Bomba 2	1.5	2.3	1.84
	<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>4.6</b>	<b>3.38</b>

$$F_d = \frac{D_m}{P_{inst.}} = \frac{3.38}{4.6} = 0.73$$

**Calculando el valor de factor de potencia de la sección lavadoras**

**El valor de la potencia reactiva**

$$Q_6 = 2.25 \text{ (kVAR)}$$

$$Q_6 = 2.25 \text{ [kVAR]}$$

$$S_6 = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} \text{ [kVA]}$$

$$S_6 = \sqrt{(3^2 + 2.25)} \text{ [kVA]}$$

$$S_6 = 3.75 \text{ [kVA]}$$

$$F_p = \cos \phi = \frac{3 \text{ (kW)}}{3.75 \text{ (kVA)}}$$

$$F_p = 0.80$$

**Tabla N° 3.44**

**Potencia demandada en KVA**

N°	ITEM	POTENCIA [kVA]	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE DEMANDA %	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA [kVA]
1	Motores	4.6	1	0.73	3.75

Para la alimentación trifásica la corriente demandada se obtiene de la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Reemplazando datos se obtiene:

$$I = \frac{3.75}{\sqrt{3} \times 400} = 5.41 \text{ [A]}$$

Por lo tanto la corriente de protección se calcula:

$$I_{sc} = I \times 1.25$$

$$I_{sc} = 5.41 \times 1.25$$

$$I_{sc} = 6.76 \text{ [A]}$$

El conductor a seleccionar será con aislamiento PVC diseñado para una temperatura máxima de servicio de 75 °C.

El conductor será de cobre **N°12 AWG**

La corriente del conductor neutro será el 70% de la corriente del alimentador.

$$I_{neutro} = I_{alimentador} \times 70\%$$

$$I_{neutro} = 6.76 \times 70\%$$

$$I_{neutro} = 4.73 \text{ [A]}$$

El conductor será de cobre de **N° 12 AWG**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD6 es del siguiente calibre:  
**3x12+1x12 AWG.**

### Tablero de distribución TD7

Tabla N° 3.45

#### Cuadro de carga

#### Iluminación y Tomacorrientes

CIRCUITO	DESIGNACIÓN DE CARGA	N° DE POLOS	CANTIDAD	POTENCIA MONOFASICA [W]		
				R	S	T
1	Iluminación	1	3	1357		
2	Iluminación	1	3		1362	
3	Iluminación	1	7			1328
5	Tomacorriente	1	11	1456		
6	Tomacorriente	1	12		1456	
6	Tomacorriente	1	8			1458
	<b>TOTAL</b>			<b>2813</b>	<b>2818</b>	<b>2786</b>

Si se toma fase más cargada, y el factor de potencia más desfavorable tenemos:

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi} = \frac{2786}{230 \times 0.90} = 13.46 \text{ (A)}$$

Obtenemos de la tabla 17 de la NB-777 la sección es de 3.31 (mm<sup>2</sup>), entonces utilizamos 3 conductores N°12 AWG en ducto.

### Cálculo del TD7

Tabla N° 3.46

#### Sistema Monofásico Iluminación y Tomacorrientes

N°	ITEM	POTENCIA ACTIVA (kW)	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE DEMANDA [%]	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA[kW]
1	Iluminación	4.5	0.90	60	3.0
2	Tomacorrientes	4.6	0.95	35	1.69

Alimentadores trifásicos:  $I = \frac{P}{\sqrt{3} V \times \cos\phi}$

Reemplazando datos: 
$$I = \frac{4690}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.90} = 7.52 \text{ [A]}$$

Aplicando el factor de corrección para 4 conductores instalados tabla N° 19 NB 777

$$I_{TD1} = \frac{I}{0.80} = \frac{7.52}{0.80} = 9.40 \text{ [A]}$$

### Selección del conductor para el alimentador del TD7.

En este caso de aplicación industrial se seleccionaran conductores con aislamiento PVC diseñados para una temperatura máxima de servicio de 75°C.

Para la corriente del alimentador requiere un conductor de cobre **N° 14 AWG.**

Para el alimentador neutro requiere un conductor de cobre **N° 14 AWG.**

La alimentación del TD7 será trifásica con el propósito de equilibrar las cargas.

Entonces la alimentación del tablero de distribución TD7, requiere conductores del siguiente calibre **3x14+1x14 AWG. Cobre**

### Tablero de distribución TD8

Tabla N° 3.47

#### Cuadro de Carga

#### Tomas de fuerza

ITEM	DESIGNACIÓN DE CARGA	N° DE POLOS	CANTIDAD	POTENCIA MONOFASICA [W]		
				A	B	C
1	Esmeril	1	2	1500	1500	
2	Taladro	1	1			1500
			<b>TOTAL</b>	<b>1500</b>	<b>1500</b>	<b>1500</b>

Si se toma fase más cargada, y el factor de potencia más desfavorable tenemos:

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi} = \frac{1500}{230 \times 1} = 6.52 \text{ [A]}$$

Obtenemos de la tabla 17 de la NB-777 la sección es de 3.31 (mm<sup>2</sup>), entonces utilizamos 3 conductores N°12 AWG en ducto.

### Calculo del TD8

#### Tabla N° 3.48

#### Potencia demandada

N°	ITEM	POTENCIA ACTIVA [kW]	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE DEMANDA [%]	POTENCIA MAXIMA DEMANDADA[kW]
1	Esmeril	3.0	1	50	1.5
2	Taladro	1.5	1	50	0.7
	<b>TOTAL</b>	<b>4.5</b>			<b>2.2</b>

Alimentadores trifásicos:  $I = \frac{P}{\sqrt{3}Vx\text{Cos}\theta}$

Reemplazando datos:  $I = \frac{2200}{\sqrt{3}x400x0.1} = 3.71 \text{ [A]}$

Aplicando el factor de corrección para 4 conductores instalados tabla N° 19 NB 777

$$I_{TD1} = \frac{I}{0.80} = \frac{3.71}{0.80} = 3.96 \text{ [A]}$$

#### Selección del conductor para el alimentador del TD8.

En este caso de aplicación industrial se seleccionaran conductores con aislamiento PVC diseñados para una temperatura máxima de servicio de 75°C.

Para la corriente del alimentador requiere un conductor de cobre **N° 10 AWG**.

Para el alimentador neutro requiere un conductor de cobre **N° 10 AWG**.

La alimentación del TD7 será trifásica con el propósito de equilibrar las cargas.

Entonces la alimentación del tablero de distribución TD8, requiere conductores del siguiente calibre **3x10+1x10 AWG. Cobre**

### 3.13.2.2. Calculo del alimentador principal.

Para el caculo del alimentador principal se tomara los datos del transformador:

Potencia del transformador.....200 [kVA]

Factor de potencia.....0.85

Para la alimentación trifásica la corriente demandada se obtiene de la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Reemplazando datos se obtiene:

$$I = \frac{200000}{\sqrt{3} \times 400} = 288.67 \text{ [A]}$$

Por lo tanto la corriente de protección se calcula:

$$I_{sc} = I \times 1.25$$

$$I_{sc} = 288.67 \times 1.25$$

$$I_{sc} = 360.8 \text{ [A]}$$

El conductor a seleccionar será con aislamiento PVC diseñado para una temperatura máxima de servicio de 75 °C.

El conductor será de cobre **N° 4/0 AWG**

La corriente del conductor neutro será el 70% de la corriente del alimentador.

$$I_{neutro} = I_{alimentador} \times 70\%$$

$$I_{neutro} = 360.8 \times 70\%$$

$$I_{neutro} = 252.6 \text{ [A]}$$

El conductor será de cobre de **N° 3/0 AWG**

Decimos que la alimentación del tablero de **distribución general TDG** es del siguiente calibre: **3x4/0 AWG+1x3/0 AWG. COBRE**

### 3.13.2.3. Caída de tensión del alimentador principal

Resistividad del conductor que será de cobre:

Donde:

$$\rho = 0.017857 \left[ \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$S = 107.21 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ (del conductor N}^\circ \text{ 4/0 AWG)}$$

$$I = 305 \text{ [A]}$$

Para alimentadores trifásicos:

La caída de tensión entre fase es:

$$\Delta V_n = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I}{S} \text{ [V]}$$

La caída de tensión porcentual se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I}{S \times V_n} \times 100$$

#### Tabla N° 18 Caída de tensión en conductores

$$\Delta V_n = \frac{\sqrt{3} \times 0.017857 \times 20 \times 305}{107.21} \text{ [V]}$$

$$\Delta V_n = \text{ [V]}$$

La caída de tensión porcentual se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times 0.017857 \times 20 \times 380}{107.21 \times 400} \times 100$$

$$\Delta V\% = 0.44$$

La caída de tensión en el alimentador principal es de aproximadamente 0.44 por lo tanto es menor al 2% por lo tanto es el conductor correcto.

#### **3.13.2.4. Caída de tensión de los alimentadores**

Es la caída de tensión de los alimentadores del tablero principal TDG a los tableros de Distribución.

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD1 es del siguiente calibre:

**3x1/0+1x2 AWG. Cobre**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD2 es del siguiente calibre:

**3x2+1x6 AWG. Cobre**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD3 es del siguiente calibre:

**3x10+1x12 AWG. Cobre**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD4 es del siguiente calibre:

**3x10+1x12 AWG. Cobre**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD5 es del siguiente calibre:

**3x12+1x14 AWG. Cobre**

Decimos que la alimentación del tablero de distribución TD6 es del siguiente calibre:

**3x12+1x12 AWG. Cobre**

Entonces la alimentación del tablero de distribución TD7, requiere conductores del siguiente calibre

**3x14+1x14 AWG. Cobre**

Entonces la alimentación del tablero de distribución TD8, requiere conductores del siguiente calibre

**3x10+1x10 AWG. Cobre**

**TABLA N° 3.49****3.13.2.5. Caída de tensión de los alimentadores principales**

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Inom [A]</b>	<b>CALIBRE AWG</b>	<b>SECCION [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>DISTANCIA [m]</b>	<b>CAIDA DE TENSION [%]</b>
<b>1</b>	<b>TD1 Sección Lavadoras</b>	150	1/0	53.49	42,00	0.91
<b>2</b>	<b>TD2 Sección Secadoras</b>	95	2	33.62	25,00	0.55
<b>3</b>	<b>TD3 Sección Fronceadoras</b>	30	10	5.26	25,00	1.10
<b>4</b>	<b>TD4 Sección Centrifugadoras</b>	30	10	5.26	43,00	1.89
<b>5</b>	<b>TD5 Sección Caldero</b>	20	12	3,31	32,00	1.50
<b>6</b>	<b>TD6 Sección Bombas de agua</b>	20	12	3,31	42,00	1.96
<b>7</b>	<b>TD7 Sección Iluminación y tomacorrientes</b>	15	12	3.31	34,00	1.52
<b>8</b>	<b>TD8 Sección Tomas de Fuerza</b>	30	10	5.26	40,00	1.76

### 3.14. DISEÑO DE PUESTA A TIERRA

Para la puesta a tierra debe tener una resistencia de tierra tan baja como sea posible. En realidad es virtualmente imposible mantener las potencias de tierra dentro de las tolerancias de la seguridad cuando las corrientes de falla son muy intensas.

Lo más importante es que por razones de seguridad todas las estructuras metálicas y cubiertas del equipo, incluyendo las rejillas metálicas ubicadas en área de trabajo, se deben conectar a tierra.

Las normas indican que el diseño de red o malla de tierra debe tener presente las potenciales de paso y contacto para brindar protección a las personas. Los cálculos de la malla de tierra y sus procedimientos en esta sección están de acuerdo con la norma IEEE 80.

Antes de emprender el diseño es necesario efectuar un análisis general de área y del cubrimiento de la malla. Un diseño preliminar incluirá la longitud y el calibre del conductor que se extiende alrededor de la periferia del área, más los más conductores es paralelo para brindar acceso a la conexión de los equipos.

La norma IEEE 80 supone que todo diseño correspondiente a una malla horizontal en forma de retícula conformado por conductores enterrados y complementada por ciertos números de varillas verticales.

Las formulas para el diseño de una malla de puesta a tierra que establece el IEE, son uno de los métodos más usados en el mundo. Las prácticas abaladas establecen ciertos parámetros fundamentales para realizar el cálculo de la malla.

Estos son:

- Valor máximo de resistencia de puesta a tierra.
- Corriente de falla.
- Tiempo máximo de duración de la malla en segundos.
- Resistividad de terreno.

### 3.14.1. Constitución de un sistema de tierra.

Una instalación de puesta a tierra se compone esencialmente de electrodos, que son los elementos que están en íntimo contacto con el suelo (enterrados) y de conductores, utilizados para enlazar a los electros entre si y a estos, con los gabinetes de los equipos y demás instalaciones expuestas a corriente nocivas, manteniendo al mismo tiempo, una superficie equipotencial a su alrededor.

### 3.14.2. Cálculo de la corriente corto-circuito.

La norma ANSI/IEEE 141-1986 del IEEE, establece la siguiente relación matemática.

$$I_{sec} = \frac{KVA \times 1000}{\sqrt{3} \times E}$$

En donde:

KVA: potencia del transformador

E: Voltaje entre fase y fase.

I sec: corriente en el secundario

Procedemos a calcular con los datos:

Potencia del transformador = 200 kVA

Impedancia  $Z = 4 \%<sup>9</sup>$

Tensión secundario  $E = 400 \text{ V}$

La corriente máxima en el secundario será:

$$I_{sec} = \frac{200 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400}$$

---

<sup>9</sup> El dato de la impedancia se obtiene de:

Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales. Enríquez Harper

$$I_{sec} = 288.67 [A]$$

La corriente de cortocircuito máximo será:

$$I_{ccmax} = \frac{100\%}{Z\%} \times I_{sec}$$

$$I_{ccmax} = \frac{100\%}{3.5\%} \times 288.67 A$$

$$I_{ccmax} = 7216.75 A$$

### 3.14.3. Calculo de calibre conductor de puesta a tierra

El calibre del conductor depende del valor de la corriente de falla, el tiempo de duración de esta y el material de que este hecho el conductor la norma a establecido valores mínimos que tiene la capacidad térmica para disipar la corriente de falla impuesta. El se puede determinar utilizando diferentes métodos:

Esta presente el calibre mínimo de los conductores en circular mils<sup>10</sup> por ampere (1 mil=0.0005067mm<sup>2</sup>), en función del tiempo de duración de la falla.

Este valor en cmils de acuerdo con el código equivalente a un conductor calibre **N° 2 AWG.**

El siguiente método es una forma práctica aproximada de calcular la corriente máxima de un conductor de sección transversal en Cmils antes de que sufra daños:

$$I_{ccmax} = \frac{\text{seccion transversal (cmils)}}{42.25 \text{ (cmils)}}$$

b) Para calcular la sección del conductor de puesta a tierra a plantas industriales se puede calcular de la siguiente manera:

$$A = I_{cc} \times \left[ \frac{33 \times t}{\log \left( \frac{T_m - T_a}{234 + T_a} \right) + 1} \right]$$

<sup>10</sup> Circular mils-milésima circular=área de un círculo que tiene un diámetro de una milésima de pulgada.

En donde:

A: Área del conductor en milésima circulares (cmils)

I: Corriente máxima de falla a tierra en amperes

t: tiempo durante el cual influye la corriente de falla.

T<sub>m</sub>: Temperatura máxima de de fusión, en °C.

T<sub>m</sub>: Temperatura ambiente en °C.

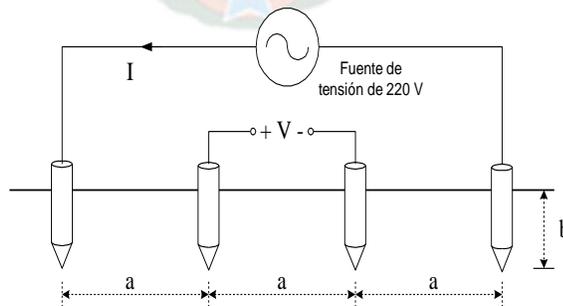
T<sub>a</sub>=16 °C Temperatura ambiente

Reemplazando tenemos.

$$A = 6571.42 \times \left[ \frac{33 \times 1}{\log\left(\frac{1083-16}{234+16}\right)+1} \right]^{\frac{1}{2}} \rightarrow A = 29597.42 \text{ [cmil]}$$

#### 3.14.4. Medida de la resistividad del terreno

Un gran número de técnicas de medición se describen con detalles en el estándar 81-1973 del IEEE. El método de cuatro electrodos de Werner, como se muestra en la grafica a, generalmente es la técnica que más se utiliza. En resumen, se realiza cuatro pruebas dentro de la tierra a lo largo de una línea estrecha, a una distancia igual "a" una de la otra, y a una profundidad "b" se mide el voltaje entre los dos electrodos (de potencial) interno y luego es dividido entre la corriente de los electrodos (de corriente) externos, para así, dar el valor de la resistencia R.



**Grafica a. Método de Wenner de cuatro pines**

El método de cuatro electrodos de Wenner, es el método más utilizado en la actualidad, debido a muchas razones. El método de cuatro elementos obtiene datos de la resistividad del suelo de capas más profundas, sin tener que introducir los electrodos hasta esas capas. No se necesita equipo pesado para ejecutar la prueba de cuatro electrodos. Los resultados no serán afectados grandemente por la resistencia de los electrodos de la tierra o de los orificios creados por los electrodos de prueba al ser introducido al suelo.

La medición se realizó con un medidor de tierra marca GEOM 33D.

Para una distancia y profundidad de los electrodos.

$$a = 0.20 \text{ [m]}$$

$$b = 0.25 \text{ [m]}$$

Tenemos una resistencia de  $R = 213.6 \text{ } [\Omega\text{-m}]$

Para una resistencia y profundidad de los electrodos.

$$a = 0.50 \text{ [m]}$$

$$b = 0.25 \text{ [m]}$$

Tenemos una resistencia de  $R = 201.2 \text{ } [\Omega\text{-m}]$

La resistividad de diseño a una profundidad de 0.25 [m]

$$a = 1 \text{ [m]}$$

$$b = 0.25 \text{ [m]}$$

Tenemos una resistencia de  $R = 194.4 \text{ } [\Omega\text{-m}]$

Para una resistencia y profundidad de los electrodos.

$$a = 2 \text{ [m]}$$

$$b = 0.25 \text{ [m]}$$

Tenemos una resistencia de  $R=184.5 \text{ } [\Omega\text{-m}]$

La resistividad de diseño a una profundidad de  $0.25 \text{ } [m]$

$$P = \frac{P_1+P_2+P_3+P_4}{4} \rightarrow P = \frac{213.6+201.2+194.4+184.5}{4} \text{ } [\Omega - m]$$

$$P = 198.43 \text{ } [\Omega - m]$$

### 3.14.5. Calculo del electrodo vertical

Se la calcula con la siguiente expresión:

$$R = \frac{P}{2\pi L} \left[ \ln \frac{4L}{a} - 1 \right]$$

Donde:

R: resistencia del electrodo en  $[\Omega]$

a: Radio equivalente en  $[m]$

P: Resistividad del terreno  $[\Omega - m]$

L: Longitud en La barra en  $[m]$

Reemplazando datos tenemos

Para una jabalina Cu INTELLI de  $5/8'' \times 2,40 \text{ } [m]$

Donde:

$$a = 15.87 \text{ } [mm]$$

$$R = \frac{174.05}{2 \times \pi \times 2.40} \left( \ln \frac{4 \times 2.40}{0.0158} - 1 \right) \rightarrow R = 70.68 \text{ } [\Omega]$$

Se puede que la resistencia es un poco elevado para obtener una índice de reducción de resistencia se logra teniendo un espaciamiento mínimo entre jabalinas igual al doble de su longitud con el fin de elevar zonas de interferencia.

### 3.14.6. Resistencia de tierra de dos o más jabalinas en paralelo

La instalación de jabalinas en paralelo disminuye sensiblemente el valor de la resistencia de la puesta a tierra pues aumenta la superficie de dispersión, baja la densidad de corriente y en consecuencias disminuye la resistencia de la puesta a tierra.

Entonces se añade otra jabalina en paralelo para reducir la resistencia.

Para el cálculo de la resistencia equivalente de jabalinas en paralelo, se define el índice de reducción K como:

$$R_{N^{\circ}\text{de jabalinas}} = K \times R_{\text{jabalina}}$$

Donde:

$R_{N^{\circ}\text{de jabalinas}}$  : Resistencia de puesta a tierra de una jabalina

$R_{\text{jabalina}}$  : Resistencia de puestas a tierra de n jabalina

El valor de K es dado x medio de tablas como se muestra a continuación en la tabla N°1

Tabla 1: resistencia de puesta a tierra de electodos paralelos, alineados e igualmente espaciados (L=2,4m,  $\emptyset = 5/8 R$  pulg. R1 = 0,425p Y  $\emptyset =$  pulg. R2 = 0,413p)

**Tabla**

L = 2.4 m		d=5/8"				R1 =0.425			
Separación	2.5 m		3 m		4 m		5 m		
Numero de Jabalinas	Req [ $\Omega$ ]	K	Req [ $\Omega$ ]	K	Req [ $\Omega$ ]	K	Req [ $\Omega$ ]	K	
2	0,241pa	0,566	0,237pa	0,557	0.231pa	0,511	0.228pa	0,536	
3	0,173pa	0,408	0,169pa	0,397	0,163pa	0,383	0,159pa	0,374	
4	0,137pa	0,324	0,133pa	0,313	0,127pa	0,296	0,123pa	0,289	
5	0,115pa	0,270	0,110pa	0,260	0,105pa	0,246	0,101pa	0,237	
6	0,099pa	0,233	0,095pa	0,223	0,089pa	0,210	0,086pa	0,202	
7	0,087pa	0,206	0,083pa	0,196	0,078pa	0,184	0,075pa	0,176	
8	0,078pa	0,186	0,075pa	0,176	0,070pa	0,164	0,066pa	0,156	
9	0,071pa	0,168	0,068pa	0,159	0,063pa	0,148	0,060pa	0,141	
10	0,065pa	0,154	0,062pa	0,140	0,057pa	0,135	0,054pa	0,128	
11	0,060pa	0,142	0,057pa	0,134	0,053pa	0,124	0,050pa	0,116	
12	0,056pa	0,132	0,053pa	0,125	0,049pa	0,115	0,046pa	0,109	
13	0,053pa	0,124	0,050pa	0,117	0,046pa	0,107	0,043pa	0,101	
14	0,049pa	0,117	0,047pa	0,110	0,043pa	0,101	0,040pa	0,095	
15	0,047pa	0,110	0,044pa	0,103	0,040pa	0,095	0,038pa	0,089	

La resistencia del electrodo o jabalina es  $R=70.68 \Omega$

De la tabla N° 1 se halla K, para cuatro jabalinas a una distancia de 3m tenemos  $K=0.313$ .

Reemplazando en la ecuación:

$$R_{N^{\circ} \text{de jabalinas}} = 0.313 \times 70.68 [\Omega]$$

$$R_{N^{\circ} \text{de jabalinas}} = 0.313 \times 70.68 [\Omega]$$

$$R_{N^{\circ} \text{de jabalinas}} = 22.12 [\Omega]$$

Se puede ver que la resistencia ha disminuido en un porcentaje, por cual se tendrá que hacer un tratamiento del terreno con Geo gel 8 Y Bentonita súper gel de 100 lb para reducir la resistencia del terreno.

Se debe tomar en cuenta que la Resistencia se reducirá a un 30% - 40% si se realiza el tratamiento del terreno.

**Ref. Aterramiento eléctrico de Kinderman Campagnolo.**



### 3.15. CALCULO LUMINOTECNICO

En el cálculo luminotécnico el principal objetivo es de proveer de niveles mínimos de de iluminación establecidos de acuerdo a la norma con un mínimo consumo de energía. Los circuitos de iluminación serán diseñados para ser alimentados en 220 V, 50 Hz, sistema monofásico (fase neutro).

#### 3.15.1. Tipo de lámpara

Las lámparas de descarga de haluro metálico son de aplicación industrial con un excelente rendimiento de color combinada con una alta eficiencia.

Las lámparas de haluro metálico se caracterizan por tener:

Cuerpo: En inyección de aluminio con aletas de enfriamiento.

Reflector: Poliéster microtexturada horneada de alta resistencia.

Equipo: Balastro, ignitor electrónico, capacitor y bornera de conexión.

Alimentación 230/ 50 Hz.

Portalámparas de tipo cerámico con resorte bajo el contacto central, ranura inferior para el paso del cable por el centro.

Cableado: Interno con aislación de silicona y terminal.

Montaje: Brida de suspensión Ø int. 19 mm.

#### Características Técnicas y Energéticas

Los datos que se ofrecen a continuación corresponden lámparas de Haluro Metálico marca BLV Alemania

POTENCIA [W]	VIDA UTIL [HORAS]	LUMENES	BASE
70	8000	6000	RX7s
150	8000	12000	RX7s
150	8000	14000	E-27
250	8000	20000	Fc2/E-40
400	8000	42000	E-40

### 3.15.2. Nivel de iluminación

Según la Norma Boliviana NB 777 Diseño y construcción de Instalaciones Eléctricas interiores en baja tensión, Anexo a, página 97 para el tipo de ambiente recomienda un valor de máximo de servicio de iluminación de 100 Lux.



**TABLA N° 3.50****3.15.2.1. Índice del local K**

Para el cálculo del índice del local se requiere de la altura el ancho el largo y el nivel iluminación requerida

<b>ESPACIO</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>LARGO (m)</b>	<b>ALTURA DE COLOCACION EN (m)</b>	<b>ALTURA SOBRE PLANO DE TRABAJO (m)</b>	<b>NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDA</b>	<b>SUPERFICIE DEL LOCAL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>INDICE DEL LOCAL</b>
<b>Sala de Maq. Lavadoras</b>	10.00	31.00	3.5	3.2	100	310.00	2.36
<b>Sala de Maq. Secadoras</b>	13.64	22.30	3.5	3.2	100	304.17	2.64
<b>Sala de Maq. Centrifugadoras</b>	8.17	9.88	3.5	3.2	100	80.72	1.40
<b>Sala de Maq. Fronceadoras</b>	3.89	7.00	3.5	3.2	100	27.23	0.78
<b>Sala de Maq. Calderos</b>	3.75	6.30	3.5	3.2	100	23.63	0.73
<b>Sala de Maq. Compresor de Aire</b>	2.24	3.88	3.5	3.2	100	8.69	0.44
<b>Sala de Producto Terminado</b>	8.17	13.64	3.5	3.2	100	8.69	1.60dd
<b>Sala de Mantenimiento</b>	4.80	4.88	3.5	3.2	100	23.42	0.76
<b>Pasillo</b>	4.44	13.6	3.5	3.2	100	60.38	1.00
<b>Pasillo</b>	4.11	13.6	3.5	3.2	100	55.90	1.00
<b>Oficina</b>	5.00	5.00	3.5	3.2	400	25.00	0.80

**TABLA N° 3.51****3.15.2.2. Coeficiente de utilización**

<b>ESPACIO</b>	<b>INDICE DEL LOCAL</b>	<b>PISO</b>	<b>TECHO</b>	<b>PARED</b>	<b>SEGÚN TABLAS C.U.</b>
<b>Sala de Maq. Lavadoras</b>	2.36	20	70	50	0.66
<b>Sala de Maq. Secadoras</b>	2.64	20	70	50	0.67
<b>Sala de Maq. Centrifugadoras</b>	1.40	20	70	50	0.61
<b>Sala de Maq. Fronceadoras</b>	0.78	20	70	50	0.47
<b>Sala de Maq. Calderos</b>	0.73	20	70	50	0.47
<b>Sala de Maq. Compresor de Aire</b>	0.44	20	70	50	0.47
<b>Sala de Producto Terminado</b>	1.60	20	70	50	0.64
<b>Sala de Mantenimiento</b>	0.76	20	70	50	0.47
<b>Pasillo</b>	1.0	20	70	50	0.52
<b>Pasillo</b>	1.0	20	70	50	0.52
<b>Oficina</b>	0.8	20	70	50	0.47

**TABLA N° 3.52**

**3.15.2.3. Calculo del flujo total requerido**

<b>ESPACIO</b>	<b>SUPERFICIE DEL LOCAL (m)</b>	<b>INTENSIDAD DE ILUMINACION LUXES</b>	<b>FACTOR DE MANTENIMIENTO</b>	<b>COEFICIENTE DE UTILIZACION</b>	<b>FLUJO TOTAL REQUERIDO (LUMEN)</b>
<b>Sala de Maq. Lavadoras</b>	310.00	100	0.85	0.66	55258.47
<b>Sala de Maq. Secadoras</b>	304.17	100	0.85	0.67	53410.36
<b>Sala de Maq. Centrifugadoras</b>	80.72	100	0.85	0.61	15567.91
<b>Sala de Maq. Fronceadoras</b>	27.23	100	0.85	0.47	6816.02
<b>Sala de Maq. Calderos</b>	23.63	100	0.85	0.47	5913.64
<b>Sala de Maq. Compresor de Aire</b>	8.69	100	0.85	0.47	2175.52
<b>Sala de Producto Terminado</b>	111.44	100	0.85	0.64	20485.07
<b>Sala de Mantenimiento</b>	23.42	0	0.85	0.47	5863.33
<b>Pasillo</b>	60.38	100	0.85	0.52	13661.54
<b>Pasillo</b>	55.90	100	0.85	0.52	12646.15
<b>Oficina</b>	25.00	400	0.85	0.47	6257.82

**TABLA N° 3.53**

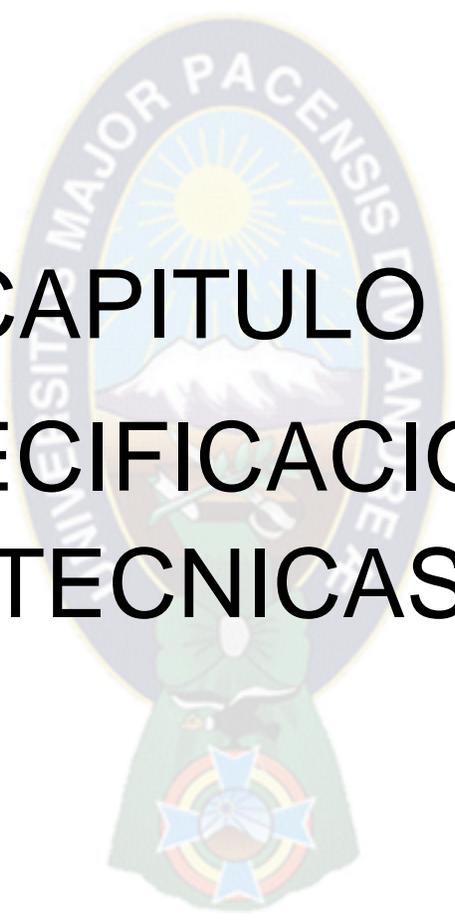
**3.15.2.4. Calculo del N° de luminarias**

<b>ESPACIO</b>	<b>FLUJO TOTAL REQUERIDO (LUMEN)</b>	<b>LUMEN</b>	<b>No DE LUMINARIAS LAMPARAS</b>	<b>No</b>	<b>WATTS</b>	<b>POTENCIA TOTAL (W)</b>
<b>Sala de Maq. Lavadoras</b>	55258.47	20000	3	3	250	750
<b>Sala de Maq. Secadoras</b>	53410.36	20000	3	3	250	750
<b>Sala de Maq. Centrifugadoras</b>	15567.91	6000	3	3	70	210
<b>Sala de Maq. Fronceadoras</b>	6816.02	6000	1	1	70	70
<b>Sala de Maq. Calderos</b>	5913.64	6000	1	1	70	70
<b>Sala de Maq. Compresor de Aire</b>	2175.52	2000	1	1	18	18
<b>Sala de Producto Terminado</b>	20485.07	6000	3	3	70	210
<b>Sala de Mantenimiento</b>	5863.33	6000	1	1	70	70
<b>Pasillo</b>	13661.54	6000	2	2	70	140
<b>Pasillo</b>	12646.15	6000	2	2	70	140
<b>Oficina</b>	6257.82	6000	1	1	70	70
					<b>TOTAL</b>	<b>2498</b>

Una vez determinada la potencia nominal de 2498 [W] lo multiplicamos por el factor de 1.8 veces la potencia nominal de toda la planta

$$P = 2498 \times 1.8 = 4496,4 \text{ [W]}$$





**CAPITULO 4**  
**ESPECIFICACIONES**  
**TECNICAS**

#### 4.1. Introducción

Las características de los aparatos son fijadas por la norma IEC 947. La operación de los sistemas se realizara por personal e idóneo.

A continuación se muestra las características técnicas del tablero general de distribución que contiene los aparatos de corte y seccionamiento que alimentan a los tableros secundarios.

#### 4.2. Transformador Trifásico

El transformador es de refrigeración natural en baño de aceite de 200 [kVA] con tensión primaria nominal de 6900 [V] tensión secundaria nominal 400/230 [V] y arrollamientos de cobre del tipo circular en capa. Viene provisto de relé de Bucholz, termómetro y respectivos contactos para comando y señalización.

El transformador deberá proporcionar servicio continuo y seguro, teniendo en cuenta las sobretensiones de maniobra en las redes, particularmente las originadas por la apertura de circuitos.

**TABLA N° 4.1**  
**Especificaciones del Transformador.**

Ítem	Especificaciones técnicas
Marca	ABB
Potencia Nominal	200 [kVA]
Numero de fases	3
Conexión	Triangulo-Estrella
Temperatura de Aceite	60°
Temperatura del Bobinado	65°
Nivel de Aislamiento	78 [KV]BIL
Tipo de Refrigeración	Por aire y baño de aceite (OA)
Bushings de baja tensión con neutro accesible	4 Bushings para una tensión Nominal de 400/230 [V]

Tensión primaria	6900 [V]
Tensión Secundaria	400/230 [V] en vacío
Frecuencia	50 [Hz]
Temperatura ambiente	20°
Instalación	4000 msnm
Grado de protección	IP 43
Factor de potencia	0.90
Impedancia	3.5 %

### 4.3. Tableros de distribución

El tablero es un recinto que aloja un equipo eléctrico con el objetivo de protegerlo contra condiciones externas y prevenir contactos accidentales de partes energizadas (activas) con personas.

#### 4.3.1. Características de los tableros eléctricos.

##### a) Características eléctricas

- Tensión Nominal: 400 V
- Tensión de aislamiento: 600 V a frecuencia industrial 50 Hz, entre parte viva cualquier parte metálica perteneciente al tablero.
- Resistencia de aislamiento mínima de 5 [MΩ]

##### b) Características Físicas

- Tablero exterior, fabricado de chapa metálica de 1mm de espesor, recubierto de una capa interior de antioxidante y una de acabado.
- El tablero eléctrico principal se instala en las proximidades del transformador de alimentación, las uniones con cables y barra colectoras son cortas.

#### 4.3.2. Tablero de distribución general TDG.

El tablero de distribución general de la nueva planta de producción, está diseñado para una futura ampliación, por tal razón se deja suficiente espacio para incorporar un disyuntor destinado para un nivel más que se instalara posteriormente.

El TDG consta de los siguientes elementos:

- Dimensiones 80x120x30 [cm]
- 3 Amperímetros de tablero 400/5 [A]
- 1 Seccionador porta fusible NH en retardo trifásico de 400 [A]
- 2 Voltímetros de tablero 380/220 [V]
- 1 Breacker  $I_{\text{nominal}} = 360[\text{A}], I_{\text{cc}} = 10[\text{KA}]$
- 1 Juego de barras 1 1/2"x1/16"
- 3 Transformadores de corriente CT 400/5
- 1 Frecuencímetro 45-55 [Hz]
- 1 Disyuntor trifásico  $I_{\text{nominal}} = 150 [\text{A}], I_{\text{cc}} = 10[\text{KA}]$  TD1
- 1 Disyuntor trifásico de  $I_{\text{nominal}} = 95 [\text{A}], I_{\text{cc}} = 10[\text{KA}]$  TD2
- 1 Disyuntor trifásico  $I_{\text{nominal}} = 30 [\text{A}], I_{\text{cc}} = 6 [\text{KA}]$  TD3
- 1 Disyuntor trifásico de  $I_{\text{nominal}} = 30 [\text{A}], I_{\text{cc}} = 6 [\text{KA}]$  TD4
- 1 Disyuntor trifásico  $I_{\text{nominal}} = 20 [\text{A}], I_{\text{cc}} = 6 [\text{KA}]$  TD5
- 1 Disyuntor trifásico de  $I_{\text{nominal}} = 20 [\text{A}], I_{\text{cc}} = 6[\text{KA}]$  TD6
- 1 Disyuntor trifásico  $I_{\text{nominal}} = 15 [\text{A}], I_{\text{cc}} = 6[\text{KA}]$  TD7
- 1 Disyuntor trifásico de  $I_{\text{nominal}} = 30 [\text{A}], I_{\text{cc}} = 6 [\text{KA}]$  TD8

#### **4.3.3. Tablero de Distribución de la sección de Lavadoras TD1**

El TD1 está destinado a los motores de la sección de lavadoras.

El TD1 consta de los siguientes elementos:

Dimensiones: 40x50x21 [cm]

- 10 Guardamotores
- 30 borneras universales
- Barra de ½"x 1/8"

#### **4.3.4. Tablero de Distribución de la sección de Secadoras TD2**

El TD2 está destinado a los motores de la sección de secadoras.

El TD2 consta de los siguientes elementos:

Dimensiones: 40x50x21 [cm]

- 5 Guardamotores
- 10 Guardamotores
- 45 borneras universales
- Barra de ½"x 1/16"

#### **4.3.5. Tablero de Distribución de la sección de Fronceadoras TD3.**

El TD3 está destinado para los motores de la sección de Fronceadoras.

El TD3 consta de los siguientes elementos:

Dimensiones: 38x38x21 [cm]

- 2 Guardamotores
- 6 borneras universales

- Barra de  $\frac{1}{2}$ "x 1/16"

#### **4.3.6. Tablero de Distribución de la sección de las Maquinas Centrifugadoras TD4.**

El TD4 está destinado para los motores de la sección de centrifugadoras.

El TD4 consta de los siguientes elementos:

Dimensiones: 38x38x21 1 [mm] IP65

- 2 Guardamotores
- 6 borneras universales
- Barra de cobre  $\frac{1}{2}$ "x 1/16"

#### **4.3.7. Tablero de Distribución de la sección de maquina Caldero TD5**

El TD5 está destinado a los motores de la sección de maquina caldero.

El TD5 consta de los siguientes elementos:

Dimensiones: 38x38x21 [cm]

- 2 Guardamotores
- 6 borneras universales
- Barra de  $\frac{1}{2}$ "x 1/16"

#### **4.3.8. Tablero de Distribución de la sección de Bombas TD6**

El TD6 está destinado a los motores de la sección de bombas.

El TD6 consta de los siguientes elementos:

Dimensiones: 38x38x21 [cm]

- 2 Guardamotores
- 6 borneras universales

- Barra de ½"x 1/16"

#### **4.3.9. Tablero de Distribución de la iluminación y tomacorrientes TD7.**

El TD7 está destinado para la iluminación y tomacorrientes.

El TD7 consta de los siguientes elementos:

Dimensiones: 40x50x21 [cm]

- 3 interruptores Termomagnéticos bipolares de 15[A]
- 3 interruptores Termomagnéticos bipolares de 20[A]
- Barra de ½"x 1x1/16"

#### **4.3.10. Tablero de Distribución de la sección de cuadro de Fuerza TD8.**

El TD8 está destinado para los motores de los esmeriles y taladro.

El TD8 consta de los siguientes elementos:

Dimensiones: 45x50x15 1 [mm] IP65

- 3 interruptores Termomagnéticos trifásicos de 25[A]
- Barra de cobre 1/2"x 1/16"

#### **4.4. Alimentadores**

Los conductores que se han de utilizar serán de cobre, flexibles, del tipo THW, cuya resistividad es  $0.0172 \left[ \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$ .

En la norma NB 777 tabla 17 se especifica las capacidades de conducción para alambres y cables de cobre aislados con PVC 60° (THW) a temperatura ambiente de 30°C.

Para un mejor control se ha de colocar conductores de colores para una rápida inspección y así permitir un control de las instalaciones.

Circuitos de corriente alterna trifásica

Fase R: castaño o marrón

Fase s: negro

Fase T: azul

Tierra: verde/amarillo

### **Tablero de distribución general**

La alimentación del tablero de distribución TDG, requiere conductores del siguiente calibre: **3x4/0 AWG+1x3/0 AWG. COBRE**

### **Tablero de la sección de lavadoras TD1**

La alimentación del tablero de distribución TD1, requiere conductores del siguiente calibre: **3x1/0+1x2 AWG. Cobre**

### **Tablero de la sección de Secadoras TD2**

La alimentación del tablero de distribución TD2, requiere conductores del siguiente calibre: **3x2+1x4 AWG. Cobre**

### **Tablero de la sección de Fronceadoras TD3**

La alimentación del tablero de distribución TD3, requiere conductores del siguiente calibre: **3x14+1x16 AWG. Cobre**

### **Tablero de la sección de Maquinas Centrifugadoras TD4**

La alimentación del tablero de distribución TD4, requiere conductores del siguiente calibre: **3x10+1x12 AWG. Cobre**

### **Tablero de la sección de Maquina de caldero TD5**

La alimentación del tablero de distribución TD5, requiere conductores del siguiente calibre: **3x14+1x16 AWG. Cobre**

### **Tablero de la sección Bombas de agua TD6**

La alimentación del tablero de distribución TD6, requiere conductores del siguiente calibre: **3x14+1x14 AWG. Cobre**

### **Tablero de la carga de iluminación y tomacorrientes TD7**

La alimentación del tablero de distribución TD7, requiere conductores del siguiente calibre: **3x12+1x14 AWG. Cobre**

### **Tablero de la Toma de Fuerza TD8**

La alimentación del tablero de distribución TD8, requiere conductores del siguiente calibre: **3x10+1x10 AWG. Cobre**



**TABLA N° 4.2**

A continuación en la tabla se muestra el calibre de los conductores para los motores eléctricos.

Nº	MAQUINA	POTENCIA NOMINAL [kW]	CORRIENTE NOMINAL [A]	Inom 1.25	CALIBRE AWG	SECCION mm <sup>2</sup>	CAPACIDAD DE CONDUCCION AL AIRE LIBRE
	<b>LAVADORAS</b>						
1	Maquina Lavadora 1	5.6	11.6	14.50	12	3.31	25
2	Maquina Lavadora 2	7.3	14.8	18.50	12	3.31	25
3	Maquina Lavadora 3	7.3	14.8	18.50	12	3.31	25
4	Maquina Lavadora 4	3.0	7.9	9.88	12	3.31	25
5	Maquina Lavadora 5	3.0	8	10.00	12	3.31	25
6	Maquina Lavadora 6	5.6	11.8	14.75	12	3.31	25
7	Maquina Lavadora 7	7.3	14.8	18.50	12	3.31	25
8	Maquina Lavadora 8	5.6	11.7	14.63	12	3.31	25
9	Maquina Lavadora 9	7.3	14.8	18.50	12	3.31	25
10	Maquina Lavadora 10	9.3	20.5	25.63	12	3.31	25
11	Bombas 1-2	1.5	6.3	7.88	14	2.08	15
	<b>SECADORAS</b>						
12	Maquina Secadora 1	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 1	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 1	3.0	8	10.00	12	3.31	25
13	Maquina Secadora 2	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 2	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 2	3.0	8	10.00	12	3.31	25

<b>14</b>	Maquina Secadora 3	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 3	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 3	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>15</b>	Maquina Secadora 4	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 4	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 4	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>16</b>	Maquina Secadora 5	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 5	1.5	6.5	8.13	16	1.31	15
	Maquina Secadora 5	3.0	8	10.00	12	3.31	25
	<b>FRONCEADORAS</b>						
<b>17</b>	Maq. Fronceadora 1	3.0	8	10.00	12	3.31	25
<b>18</b>	Maq. Fronceadora 2	3.0	8	10.00	12	3.31	25
	<b>MAQUINAS CENTRIFUGAS</b>						
<b>19</b>	Maq. Centrifugadora 1	5.6	11.5	14.38	12	3.31	25
<b>20</b>	Maq. Centrifugadora 2	9.0	20	25.00	12	3.31	25
	<b>CALDERO</b>						
<b>21</b>	Bomba	3.0	8	10.00	14	3.31	25
<b>22</b>	Turbina	3.0	8	10.00	14	3.31	25

#### **4.5. Accesorios para la canalización eléctrica**

En la presente instalación se necesita de accesorios para la canalización eléctrica los cuales son elementos cuya función es interconectar las canalizaciones entre sí, o también para los elementos que contienen a los dispositivos de control, protección o salidas para receptores.

##### **4.5.1. Cajas de conexión**

En cuanto a las cajas de conexión, estas pueden ser de forma cuadrada, rectangular y octogonal. Estas cajas deben ser de material no flamable, en ningún caso se aceptan cajas de madera o de plástico.

Las usadas serán:

Rectangulares de 4"x2"x1 1/2", con orificios de 3/4"

Ortogonales de 3"x3"x1 1/2", con orificios de 3/4"

Rectangulares de 4"x4"x2", con orificios de 3/4"

##### **4.5.1.1. Cajas para puntos de luz**

Las cajas son ortogonales y las dimensiones mínimas serán de 85x85x38 [mm].

Estas cajas de fondo fijo usadas para techo, debe ser galvanizada en chapa de hierro.

##### **4.5.1.2. Cajas para los interruptores y tomacorrientes**

Deben ser rectangulares y de chapa de hierro galvanizado y llevan perforaciones troqueladas laterales y de fondo, las dimensiones mínimas deberán ser de 98x55x38 [mm].

#### **4.6. Puesta a Tierra**

En el sistema de aterramiento que se ha adoptado se compone de un conjunto de 4 jabalinas. La instalación en general será mediante cable de cobre desnudo 2/0 AWG.

Las uniones se realizarán con soldadura cupro-aluminotérmica y se dispondrán de 4 jabalinas de Cu Intelli de 2,4mx5/8", a una distancia de tres metros

A continuación se muestra las características del sistema:

4 jabalinas de Cu de INTELLI de 5/8"x 2.4"m.

8 Conectores para jabalina INTELLI de 5/8".

Cable desnudo de cobre N° 2/0 AWG.

Geo Gel 8

Bentonita súper Gel de 100 Lbs.

Molde Jabalina-Cable T 5/8" 2/0(90) Thermoweld.

Soldadura N° 90 Thermoweld.

#### **4.7. Instalación y mantenimiento de aparatos de maniobra**

##### **4.7.1. Instalación**

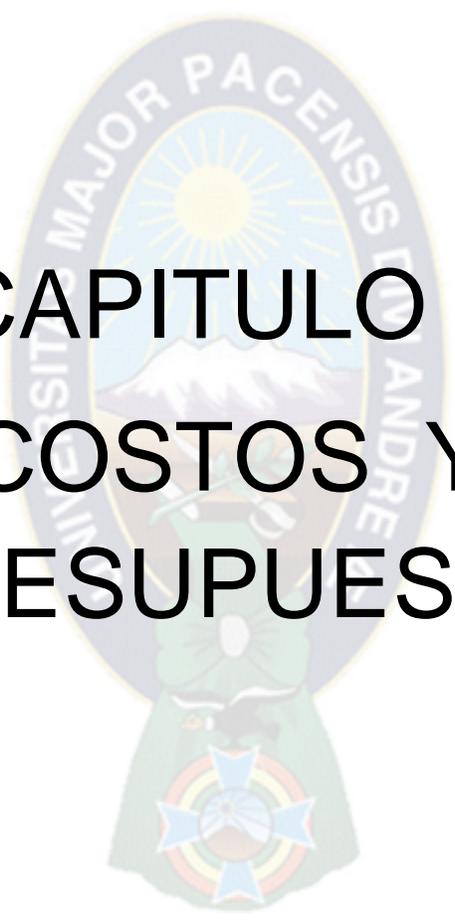
- Instalar los aparatos en tableros con el grado de protección adecuado y condiciones de humedad y temperatura admisibles.
- La elección del calibre de los aparatos, sus protecciones, la asociación de productos, debe estar basados en las consideraciones correspondientes y en las recomendaciones de los catálogos.
- Usar terminales de cableado, para las conexiones de potencia.
- Ajustar todos los bornes de conexión

##### **4.7.2. Mantenimiento**

- En una salida, ante un cortocircuito, verificar el tipo de coordinación, puede ser necesario el cambio de uno o más aparatos.

- Ante un cortocircuito o sobrecarga verificar el origen de la falla y solucionar el problema.
- En todos los aparatos de corte (interruptores, guarda motores, contactores).
- No limar ni engrasar los contactos.
- No reemplazar los contactos.
- Resetear y habilitar un circuito cuando estén establecidas todas las condiciones de la carga y de los aparatos que componen la salida, o volver a ajustar las protecciones de sobrecarga.





**CAPITULO 5**  
**COSTOS Y**  
**PRESUPUESTO**

## **5.1. GENERALIDADES**

En el presente capítulo se hace la inversión que se realiza para la ejecución del proyecto, la inversión fija y la inversión diferida.

## **5.2. Inversión Fija**

En la inversión de activos fijos se tiene las características de inversión de capital y consiste en el equipo electromecánico, herramientas, mano de obra e instalación.

## **5.3. Inversión Diferida o activo intangible**

Estas inversiones se realizan en bienes y servicios intangibles que son indispensables para el estudio y desarrollo del proyecto. Este ítem abarca los gastos realizados durante todo el proceso de desarrollo del proyecto desde la parte de recopilación de datos, evaluación de la información, preparación y elaboración del planteado de planos, informe final del proyecto.

**Tabla N° 5.1 Costos de Guardamotores**

ITEM	MAQUINA	POTENCIA NOMINAL [kW]	CORRIENTE NOMINAL [A]	TIPO DE ARRANQUE	CONTACTO AUXILIAR	TENSION DE BOBINA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO [Bs]	COSTO TOTAL [Bs]
	<b>LAVADORAS</b>									
1	Lavadora 1	5.6	11.6	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	15	474
2	Lavadora 2	7.3	14.8	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	229	687
3	Lavadora 3	7.3	14.8	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	229	687
4	Lavadora 4	3	7.9	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
5	Lavadora 5	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
6	Lavadora 6	5.6	11.8	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	15	474
7	Lavadora 7	7.3	14.8	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	229	687
8	Lavadora 8	5.6	11.7	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	158	474
9	Lavadora 9	7.3	14.8	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	229	687
10	Lavadora 10	9.3	20.5	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	312	936
11	Bomba 1	1.5	6.3	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
12	Bomba 2	1.5	6.3	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	<b>SECADORAS</b>									5.618
1	Secadora 1	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 1	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 1	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
2	Secadora 2	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 2	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 2	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
3	Secadora 3	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128

	Secadora 3	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 3	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
4	Secadora 4	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 4	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 4	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
5	Secadora 5	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 5	1.5	6.5	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	Secadora 5	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	<b>FRONCEADORAS</b>									1.920
1	Fronceadora 1	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
2	Fronceadora 2	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
	<b>CENTRIFUGADORAS</b>									256
1	Centrifugadora 1	5.6	11.5	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	158	474
2	Centrifugadora 2	9	20	Y / Δ	1NA	220 VAC	3	PZA	312	936
	Bombas									1.410
1	Bomba	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
2	Turbina	3	8	DIRECTO	1NA	220 VAC	1	PZA	128	128
										256
									<b>TOTAL</b>	<b>9.460,00</b>

Tabla N° 5.2 Costos de Equipos de Control y Mando								
ITEM	MAQUINA	UTILIZABLE CON CONTACTOR	TIPO DE ARRANQUE	CONTACTOR	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO [Bs]	COSTO TOTAL [Bs]
1	Lavadora 1	DILM9- DILM32	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
2	Lavadora 2	DILM9- DILM33	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
3	Lavadora 3	DILM9- DILM34	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
7	Lavadora 7	DILM9- DILM35	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
8	Lavadora 8	DILM9- DILM36	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
9	Lavadora 9	DILM9- DILM37	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
10	Lavadora 10	DILM9- DILM38	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
1	Centrifugadora 1	DILM9- DILM39	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
2	Centrifugadora 2	DILM9- DILM40	Y / Δ	1 NA / 1NC	1	PIEZA	62	62
							<b>TOTAL</b>	<b>558,00</b>

**Tabla N° 5.3 Costos de Equipos de Control y Mando**

ITEM	MAQUINA	POTENCIA NOMINAL [kW]	CORRIENTE NOMINAL [A]	TIPO DE ARRANQUE	RELES TERMICOS	N° DE CONTACTO AUXILIAR	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO [Bs]	COSTO TOTAL [Bs]
	<b>LAVADORAS</b>				DESCRIPCION					
1	Lavadora 1	5.6	11.6	Y / Δ	ZB32-16	1NA-1NC	1	PZA	293	293
2	Lavadora 2	7.3	14.8	Y / Δ	ZB32-16	1NA-1NC	1	PZA	293	293
3	Lavadora 3	7.3	14.8	Y / Δ	ZB32-16	1NA-1NC	1	PZA	293	293
4	Lavadora 4	3	7.9	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
5	Lavadora 5	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
6	Lavadora 6	5.6	11.8	Y / Δ	ZB32-16	1NA-1NC	1	PZA	293	293
7	Lavadora 7	7.3	14.8	Y / Δ	ZB32-16	1NA-1NC	1	PZA	293	293
8	Lavadora 8	5.6	11.7	Y / Δ	ZB32-16	1NA-1NC	1	PZA	293	293
9	Lavadora 9	7.3	14.8	Y / Δ	ZB32-16	1NA-1NC	1	PZA	293	293
10	Lavadora 10	9.3	20.5	Y / Δ	ZB32-24	1NA-1NC	1	PZA	293	293
11	Bomba 1	1.5	6.3	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
12	Bomba 2	1.5	6.3	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	<b>SECADORAS</b>									3.516
1	Secadora 1	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 1	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 1	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
2	Secadora 2	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 2	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 2	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
3	Secadora 3	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 3	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293

	Secadora 3	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
4	Secadora 4	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 4	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 4	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
5	Secadora 5	1.5	6.5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 5	1.5	6,5	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	Secadora 5	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	<b>FRONCEADORAS</b>									4.395
1	Fronceadora 1	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
2	Fronceadora 2	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	<b>CENTRIFUGADORAS</b>									586
1	Centrifugadora 1	5.6	11,5	Y / Δ	ZB32-16	1NA-1NC	1	PZA	293	293
2	Centrifugadora 2	9	20	Y / Δ	ZB32-24	1NA-1NC	1	PZA	293	293
	<b>BOMBAS</b>									586
1	Bomba	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
2	Turbina	3	8	DIRECTO	ZB12-10	1NA-1NC	1	PZA	293	293
										586
									<b>TOTAL</b>	<b>9.669,<sup>00</sup></b>

Tabla N° 5.4 Costos Accesorios de Control de Motores

ITEM	DESCRIPCION	CORRIENTE DE EMPLEO	TENSION DE ACCIONAMIENTO	MARGEN DE TIEMPO	TEMPORIZADOR	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO [Bs]	COSTO TOTAL [Bs]
					DESCRIP.				
1	TEMPORIZADOR	3ª	230 VAC	1,5-3 s	DIL ET 11-30A	11	PIEZA	610	6.710
2	PULSADOR NA	VERDE			M22-D-G-X1	32	PIEZA	97	3.104
3	PULSADOR NC	ROJO			M22-D-R-XO	32	PIEZA	97	3.104
4	LUZ DE SEÑAL VERDE	VERDE	110/230		M22-RL-GN	32	PIEZA	157	5.024
5	LUZ DE SEÑAL ROJO	ROJO	110/230		M22-RL-RD	32	PIEZA	157	5.024
								<b>TOTAL</b>	<b>22.955,00</b>

**Tabla N° 5.5 Costo de Conductores Eléctricos**

ITEM	CALIBRE AWG	CANTIDAD	UNIDAD [m]	COSTO UNITARIO [Bs]	COSTO TOTAL[Bs]
ILUMINACION	14	700	m	2,1	1.470
TOMACORRIENTES	12	450	m	3,3	1.485
TOMAS DE FUERZA	10	200	m	5,9	1.180
ALIMENTADOR PRINCIPAL					
TDG					
FASE	4/0	20	m	120	2.400
NEUTRO	2/0	20	m	80	1.600
ALIMENTADORES SECUNDARIOS					
TD1					
FASE	1/0	50	m	80	4.000
NEUTRO	2	50	m	60	3.000
TD2					

<b>FASE</b>	2	30	m	60	1.800
<b>NEUTRO</b>	6	30	m	15	450
<b>TD3</b>					
<b>FASE</b>	10	30	m	5,9	177
<b>NEUTRO</b>	12	30	m	3,3	99
<b>TD4</b>					
<b>FASE</b>	10	50	m	5,9	295
<b>NEUTRO</b>	12	50	m	3,3	165
<b>TD5</b>					
<b>FASE</b>	12	40	m	3,3	132
<b>NEUTRO</b>	12	40	m	3,3	132
<b>TD6</b>					
<b>FASE</b>	12	50	m	3,3	165
<b>NEUTRO</b>	12	50	m	3,3	165
<b>TD7</b>					
<b>FASE</b>	12	40	m	3,3	132
<b>NEUTRO</b>	12	40	m	3,3	132
<b>TD8</b>					
<b>FASE</b>	10	50	m	5,9	295
<b>NEUTRO</b>	10	50	m	5,9	295

<b>CONDUCTORES</b>					
<b>MOTORES</b>					
	14	420	m	2,1	882
	12	2460	m	3,1	7.630
				<b>TOTAL</b>	<b>28.119,<sup>00</sup></b>

**Tabla N° 5.6 Costos de Disyuntores, Tableros, Transformadores y Equipo Eléctrico**

ITEM	DESCRIPCION	SECTOR	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO [Bs]	COSTO TOTAL [Bs]
1	DISYUNTOR TERMICO	PRINCIPAL	250-320 A, 10[Ka]	1	PZA	7.171	7.171
2	DISYUNTOR TERMICO	TD1	80-100 A, 10[Ka]	1	PZA	1.315	1.315
3	DISYUNTOR TERMICO	TD2	15-40A, 6[Ka]	1	PZA	1.279	1.279
4	DISYUNTOR TERMICO	TD3	15-40A, 6[Ka]	1	PZA	1.279	1.279
5	DISYUNTOR TERMICO	TD4	15-40A, 6[Ka]	1	PZA	1.279	1.279
6	DISYUNTOR TERMICO	TD5	15-40A, 6[Ka]	1	PZA	1.279	1.279
7	DISYUNTOR	TD6	15-40A, 6[Ka]	1	PZA	1.279	1.279

	TERMICO						
<b>8</b>	DISYUNTOR TERMICO	TD7	15-40A, 6[Ka]	1	PZA	1.279	1.279
<b>9</b>	DISYUNTOR TERMICO	TD8	15-40A, 6[Ka]	1	PZA	1.279	1.279
<b>10</b>	DISYUNTOR TERMICO	LAVADORAS	5- 25 A, 6[Ka]	10	PZA	1.150	11.500
<b>11</b>	DISYUNTOR TERMICO	SECADORAS	5- 25 A, 6[Ka]	15	PZA	1.150	17.250
<b>12</b>	DISYUNTOR TERMICO	FRONCEADORAS	5- 25 A, 6[Ka]	2	PZA	1.150	2.300
<b>13</b>	DISYUNTOR TERMICO	CENTRIFUGADORAS	5- 25 A, 6[Ka]	2	PZA	1.150	2.300
<b>14</b>	DISYUNTOR TERMICO	CALDERO	5- 25 A, 6[Ka]	2	PZA	1.150	2.300
<b>15</b>	DISYUNTOR TERMICO	BOMBAS	5- 25 A, 6[Ka]	2	PZA	1.150	2.300
<b>16</b>	AMPERIMETROS	TDG	0-300 A	3	PZA	80	240
<b>17</b>	TRANS. DE CORRIENTE	TDG	300/5 A	3	PZA	100	300
<b>18</b>	VOLTIMETRO	TDG	380 V	1	PZA	50	50
<b>19</b>	VOLTIMETRO	TDG	220 V	1	PZA	50	50
<b>20</b>	FRECUENCIMETRO	TDG	45-55 Hz	1	PZA	210	210
<b>21</b>	BARRAS DE CU	TDG	11/2X1/16"	1	3 m	560	560

<b>22</b>	BARRAS DE CU	TD1	1/2X1/16"	1	3 m	90	90
<b>23</b>	BARRAS DE CU	TD2	1/2X1/16"	1	3 m	90	90
<b>24</b>	BARRAS DE CU	TD3	1/2X1/16"	1	3 m	90	90
<b>25</b>	BARRAS DE CU	TD4	1/2X1/16"	1	3 m	90	90
<b>26</b>	BARRAS DE CU	TD5	1/2X1/16"	1	3 m	90	90
<b>27</b>	BARRAS DE CU	TD6	1/2X1/16"	1	3 m	90	90
<b>28</b>	BARRAS DE CU	TD7	1/2X1/16"	1	3 m	90	90
<b>29</b>	BARRAS DE CU	TD8	1/2X1/16"	1	3 m	90	90
<b>30</b>	AISLADORES		30X30	30	PZA	8	240
<b>31</b>	Terminales del 16 AWG			20	PZA	8	160
<b>32</b>	Terminales del 14 AWG			40	PZA	12	480
<b>33</b>	Terminales del 12 AWG			200	PZA	12	2.400
<b>34</b>	Terminales del 10 AWG			100	PZA	16	1.600
<b>35</b>	Terminales del 8 AWG			50	PZA	16	800
<b>36</b>	Terminales del 6 AWG			40	PZA	20	800
<b>37</b>	Terminales del 4 AWG			20	PZA	20	400
<b>39</b>	Terminales del 2 AWG			20	PZA	24	480

42	Terminales del 1/0 AWG			12	PZA	24	288
43	Terminales del 4/0 AWG			12	PZA	35	420
44	Tomacorrientes dobles	monofásicos		31		22	682
45	Lámparas de hal. metálico	iluminación	220 de 250W	6	PZA	350	2.100
46	Lámparas de hal. metálico	iluminación	220 de 70W	14	PZA	220	3.080
47	accesorios	iluminación				200	200
48	Riel DIN				15 metros	35	35
49	interruptor simple	iluminación		20	PZA	16	320
50	interruptor doble	iluminación		4	PZA	20	80
51	conmutador simple	iluminación		4	PZA	24	96
52	TABLERO TDG		80X120X30 1.5mm IP55	1	PZA	4.206	4.206
53	TABLERO TD1	LAVADORAS	40x50x21 1.5mm IP55	1	PZA	1.180	1.180
54	TABLERO TD2	SECADORAS	40x50x21 1.5mm IP55	1	PZA	1.180	1.180
55	TABLERO TD3	FRONCEADORAS	38x38x21 1.5mm IP55	1	PZA	1.045	1.045
56	TABLERO TD4	CENTRIFUGADORAS	38x38x21 1.5mm IP55	1	PZA	1.045	1.045,00
57	TABLERO TD5	CALDERO	38x38x21 1.5mm	1	PZA	1.045	1.045

			IP55				
58	TABLERO TD6	BOMBAS	38x38x21 1.5mm IP55	1	PZA	1.045	1.045
59	TABLERO TD7	ILUMINACION TOMACORRIENTES	40x50x21 1.5mm IP55	1	PZA	1.180	1.180
60	TABLERO TD8	FUERZA	40x50x21 1.5mm IP55	1	PZA	1.180	1.180
61	Transformador trifásico	PRINCIPAL	200kVA	1	PZA	70.000	70.000
62	Accesorios del trans.			1	PZA	40.000	40.000
63	Jab. De Cu INTELLI	5/8"x2.40 [m]		4	PZA	85	340
64	Conectores para 5/8"			12	PZA	8	96
65	Cable desnudo de Cu	Nº2/0 AWG		20	metros	800	16.000
66	Geo gel 8			2	PZA	135	270
67	Bentonita súper gel	de 100 Lbs		2	PZA	140	280
68	Molde jabalina	Cable T 5/8"-2/0 (90) Thermoweld		2	PZA	800	1.600
69	Soldadura	Nº 90 Thermoweld		1	PZA	105	105
70	Chispero	T- 320 38-03309-00		1	PZA	80	80
						<b>TOTAL</b>	<b>158.668,<sup>00</sup></b>

<b>Tabla N° 5.7 Costos de Mano de Obra e Instalación</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO [Bs]</b>	<b>TOTAL [Bs]</b>
1	INSTALACION DE MOTORES	35	PIEZA	250	8.750
2	INSTALACION DE TABLEROS	9	PIEZA	350	3.150
3	INSTALACION DE LUMINARIAS	20	PIEZA	150	3.000
4	INSTALACION DE TOMACORRIENTES	31	PIEZA	120	3.720
5	INSTALACION DE TUBOS PVC			400	400
6	INST. DEL SIST. PUESTA A TIERRA	1	PIEZA	800	800
7	INSTALACION DEL TRANSFORMADOR	1	PIEZA	1000	1.000
				<b>TOTAL</b>	<b>20.820,00</b>

<b>Tabla N° 5.8 Costos total inversión fija</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TOTAL [Bs]</b>
<b>1</b>	EQUIPOS DE CONTROL DE MOTORES	42.653
<b>2</b>	COSTOS DE CONDUCTORES	28.119
<b>3</b>	DISYUNTORES, TABLEROS, TRANSF.	15.8668
<b>4</b>	COSTO DE MANO DE OBRA	20.820
<b>5</b>	IMPREVISTOS 5%	12.513
	<b>TOTAL DE INVERSION FIJA</b>	<b>262.773,<sup>00</sup></b>

<b>Tabla N° 5.9 Costos inversión diferida</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO [Bs]</b>
<b>1</b>	ELABORACION DEL PROYECTO	7.000
	<b>TOTAL</b>	<b>7.000,<sup>00</sup></b>

#### 5.4. Plan de inversiones

**PROYECTO: Diseño de la instalación eléctrica para la empresa “LAVANDERIA COCHABAMBA”**

<b>TABLA N° 5.10 PLAN DE INVERSIONES</b>			
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>MONTO [Bs]</b>	<b>TOTAL [Bs]</b>
<b>1</b>	<b>INVERSION EN ACTIVOS FIJOS</b>		<b>262.773,<sup>00</sup></b>
	EQUIPOS DE CONTROL DE MOTORES	42.653	
	COSTOS DE CONDUCTORES	28.119	
	DISYUNTORES, TABLEROS, TRANSF.	158.668	
	COSTO DE MANO DE OBRA	20.820	
	IMPREVISTOS 5%	12.513	
<b>2</b>	<b>INVERSION EN ACTIVOS DIFERIDOS</b>		<b>7.000,<sup>00</sup></b>
	ELABORACION DEL PROYECTO	7.000	
	<b>TOTAL</b>		<b>269.773,<sup>00</sup></b>



**CAPITULO 6**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

- El proyecto cumplió con el objetivo planteado, porque se logró concluir con el Diseño de la Instalación Eléctrica Industrial “Lavandería Cochabamba”.
- En el diseño se comprende la nueva instalación eléctrica, con lo cual se pretende dar mayor seguridad y protección tanto de los equipos como del personal ante posibles fallas.
- Los materiales eléctricos son de buena calidad, con lo cual se pretende una larga duración con un adecuado mantenimiento.
- El presente proyecto comprende íntegramente el diseño de una instalación eléctrica industrial empezando desde la parte del puesto de transformación, alimentadores control y protección.
- El presente proyecto puede ser tomado con un modelo básico para el diseño de plantas industriales (Lavanderías) como también de referencia.

## 6.2. Recomendaciones

- Se tiene que realizar un cronograma de mantenimiento preventivo de todas las maquinas instaladas como también de los circuitos de iluminación y tomacorrientes, así se pretende evitar posibles fallas en el sistema eléctrico.
- En cuanto se refiere al manipuleo de los tableros de distribución, estos deben ser por personal adecuado e idóneo, que este calificado, como el personal de mantenimiento.
- Se deberá capacitar al personal para el área de mantenimiento, para que así se lleve el manejo adecuado de los equipos.
- Se recomienda en el futuro sustituir el arranque estrella-triángulo de los motores por un arranque suave (arrancador suave).

## Bibliografía

(2014). *Catalogo de la HILLER ELECTRIC* . Bolivia.

(2014). *Catalog de iluminacion LUMENAC* . La Paz, Bolivia.

Campagnolo, G. K. (1991). *Aterramiento electrico* . Porto Alegre.

Catalogo de Servicios Tecnicos y de Ingeniería. (s.f.). *Iluminacion profesional* . Bolivia.

Harper, E. (2006). *ELEMENTOS DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES*. Mexico.

Harper, I. G. (1987). *EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES*. Mexico: Lago Chalco.

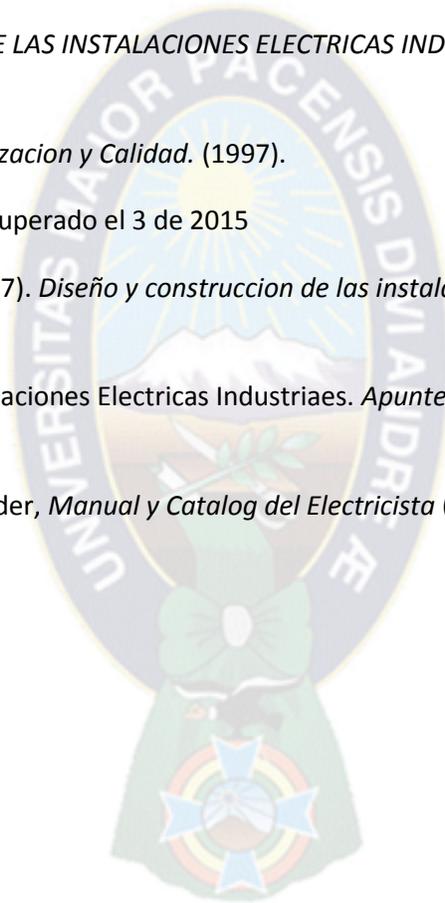
*Instituto Boliviano de Normalizacion y Calidad*. (1997).

Internet. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 3 de 2015

Norma Boliviana NB 777. (1997). *Diseño y construccion de las instalaciones electricas interiores en baja tension*.

Pillco, I. R. (11 de 2011). *Instalaciones Electricas Industriaes. Apuntes de Clases Infocal* . La Paz, Bolivia.

Manual y Catalogo. En Schneider, *Manual y Catalog del Electricista* (págs. 4-7).



# ANEXOS



## Anexo A

### TABLA Nº 1 FACTOR DE SIMULTANEIDAD

Aparatos	NÚMERO DE APARATOS							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores de $\frac{3}{4}$ a 2.5 CV	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60	0.55	0.50	0.40
Motores de 3ª 15 CV	0.85	0.80	0.75	0.75	0.70	0.65	0.55	0.45
Motor de 20 a 40 CV	0.80	0.80	0.80	0.75	0.65	0.60	0.60	0.50
Arriba de 40 CV	0.90	0.80	0.70	0.70	0.65	0.65	0.65	0.60
Rectificadores	0.90	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.70	0.70
Soldadores	0.45	0.45	0.45	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30
Hornos resistivos	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-
Hornos de inducción	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-

### TABLA Nº 2 FACTOR DE UTILIZACIÓN

APARATOS	FACTOR DE UTILIZACIÓN
Horno	1.00
Secadores, calderas	1.00
Hornos de inducción	1.00
Motores de $\frac{3}{4}$ a 2.5 CV	1.70
Motores de 3 a 15 CV	0.83
Motores de 20 a 40 CV	0.85
Arriba de 40 CV	0.87
Rectificadores	1.00
Soldadores	1.00

**TABLA N° 3 valores normalizados de Ti y Tf**

<b>SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES FASE (<math>mm^2</math>)</b>	<b>SECCIÓN MÍNIMA DE CONDUCTOR (<math>mm^2</math>)</b>
S<35	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120

**TABLA N° 4 SECCIÓN DEL CONDUCTOR NEUTRO**

<b>TIPO DE AISLAMIENTO</b>	<b>Tf (°C)</b>	<b>Tl (°C)</b>
<b>P.V.C</b>	160	70
<b>Polietileno reticulado (XLPE)</b>	250	90
<b>Goma etileno propileno (EPR)</b>	250	90

**TABLA Nº 5 SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN**

<b>SELECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE FASE (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN (mm<sup>2</sup>)</b>
S ≤ 16	S
16 < S < 35	16
S > 35	0.5 × S

**TABLA Nº 6 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN PARA ALAMBRES Y CABLES DE COBRE CON PVC.**

**PVC 75°C (THW) A TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C**

<b>CALIBRE AWG</b>	<b>SECCIÓN mm<sup>2</sup></b>	<b>CAPACIDAD DE CORRIENTE</b>	
		<b>EN DUCTO</b>	<b>AIRE LIBRE</b>
16	1.31	10	15
14	2.08	15	20
12	3.31	20	25
10	5.26	30	40
8	8.36	40	60
6	13.28	55	80
4	21.15	70	105
2	33.62	95	140
1	42.37	110	160
1/0	53.49	150	195
2/0	67.43	175	225
3/0	85.01	200	255
4/0	107.21	230	305
250	126.69	255	335
300	151.86	285	375
350	177.43	310	405
400	202.69	335	435
500	253.06	380	500
600	304.24	420	555
700	354.45	460	600

**TABLA N° 7 COMPARATIVA ESCALA AWG/CM \*SERIE MÉTRICA IEC**

AWG/CM		IEC	AWG/CM		IEC
Nº	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	Nº	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
40	0.0050		9	6.65	
39	0.0062		8	8.35	
		0.0072			10
38	0.0082		7	10.52	
37	0.010		6	13.27	
		0.012			16
36	0.013		5	16.77	
35	0.016		4	21	
		0.018			25
34	0.020		3	27	
33	0.025		2	34	
		0.029			35
32	0.032		1	42	
31	0.040				50
		0.046	1.0	53	
30	0.051		2.0	67	
29	0.065				70
		0.073	3.0	85	
28	0.080				95
27	0.102		4.0	107	
		0.12			120
26	0.128		250000	127	
25	0.163				150
		0.18	300000	152	
24	0.20		350000	177.3	
23	0.26				185
		0.3	400000	2027	
22	0.32				240
21	0.41		500000	253.4	
		0.5			300
20	0.52		600000	304.0	
19	0.65		700000	354.7	
		0.75	750000	380.0	
18	0.82				400
		1	800000	405.4	
17	1.04		900000	455.0	
16	1.31				500
		1.5	1000000	505.7	
15	1.65				630
14	2.09		1250000	633.4	
		2.5	1500000	760.1	
13	2.63				800
12	3.30		1750000	886.7	
		4			1000

**TABLA N° 8 FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTES DE 30°C A SER APLICADAS A LAS CAPACIDADES DE CONDUCCION DE CORRIENTE**

TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	TIPO DE AISLAMIENTO	
	PVC/70°C	EPR O XLPE
°C		
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.07	1.04
35	0.93	0.98
40	0.87	0.96
45	0.79	0.94
50	0.71	0.92
55	0.61	0.87
60	0.50	0.84
65		0.82
70		0.80
75		0.72
80		0.61

**TABLA N° 9 FACTORES DE CORRECCIÓN A APLICAR CUANDO HUBIERA AGRUPAMIENTO DE MÁS DE 3 CONDUCTORES SIN ESPACIAMIENTO, O MÁS DE 3 CONDUCTORES INSTALADOS EN CABLES MULTIPOLAR**

NÚMERO DE CONDUCTORES INSTALADOS	FACTOR DE CORRECCIÓN
4 a5	0.80
7 a24	0.70
25 a 42	0.60
Más de 42	0.50

**TABLA Nº 10 BARRAS DE COBRE**

DIMENSIONES		CORRIENTE	RESISTENCIA	REACTANCIA
pulgadas	milímetros	(A)	mΩ/m	mΩ/m
1/2×1/16	12.7×1.59	96	0.8843	0.2130
3/4×1/16	19.0×1.59	128	0.8591	0.2300
1×1/16	25.4×1.59	176	0.4421	0.2280
1/2×1/8	12.7×3.18	144	0.4421	0.2430
3/4×1/8	19.0×3.18	208	0.2955	0.2330
1×1/8	25.4×3.18	250	0.2210	0.2070
1 1/2×1/16	38.1×3.18	370	0.1447	0.1880
1×3/16	25.4×4.77	340	0.1447	0.2100
1 1/2×3/16	38.1×4.77	460	0.0982	0.1880
2×3/16	50.8×4.77	595	0.0836	0.1700
1×1/4	25.4×6.35	400	0.1110	0.2100
1 1/2×1/4	38.1×6.35	544	0.0738	0.1870
2×1/4	50.8×6.35	700	0.0553	0.1670

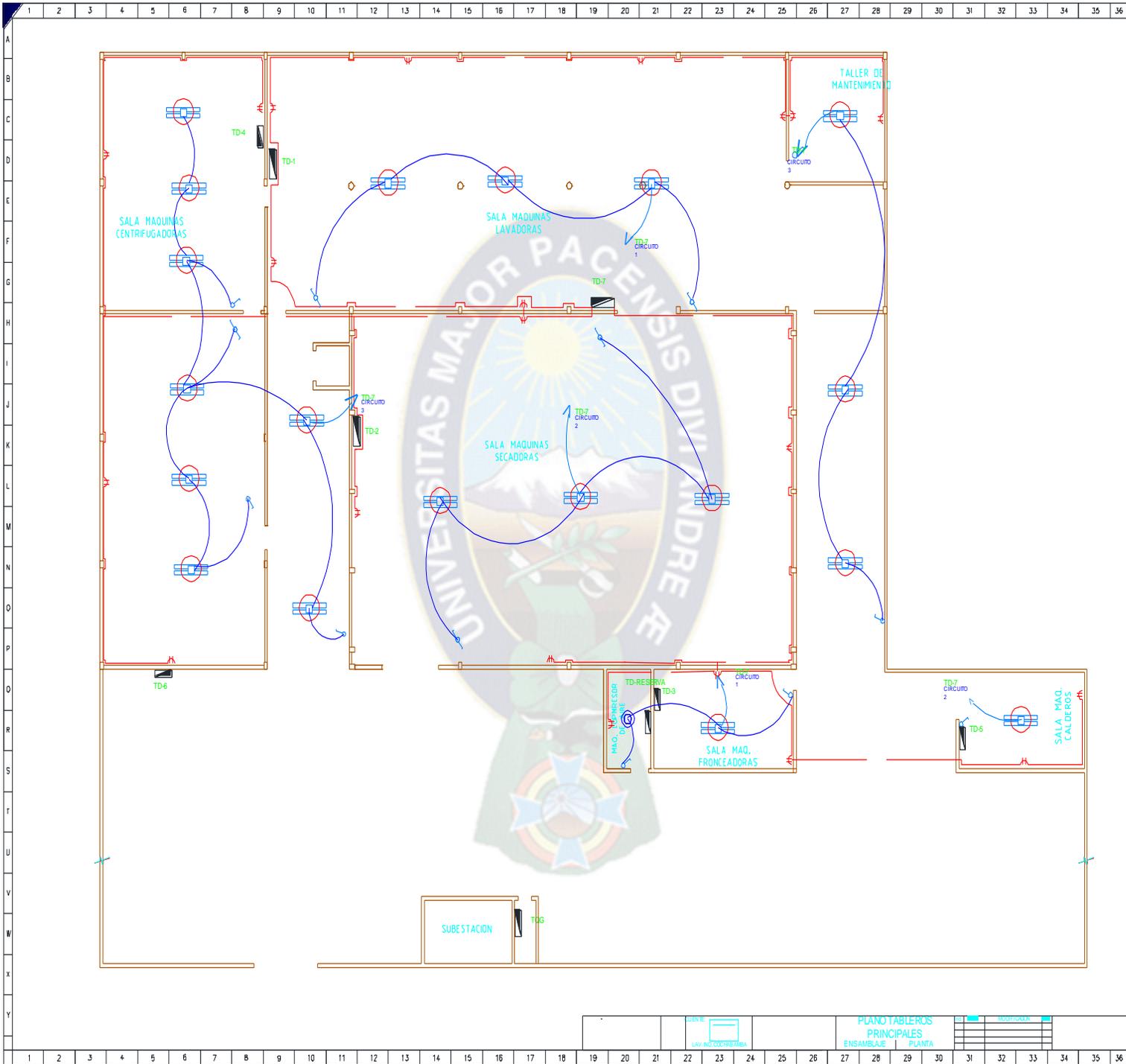
**TABLA N° 11 CAPACITORES TRIFÁSICOS DE BAJA TENSIÓN**

TENSIÓN DE LÍNEA	POTENCIA (KVAR)		CAPACITANCIA NOMINAL (MF)	CORRIENTE NOMINAL		FUSIBLE NH O DZ (A)	HILOS DE COINEXION $mm^2$
	50 Hz	60 Hz		50 Hz	60 Hz		
220	2.10	2.50	137.01	6.6	6.6	10	2.5
	4.20	5.00	274.03	10.9	13.1	25	2.5
	6.30	7.50	411.04	16.4	19.7	36	6.0
	8.30	10.0	548.05	21.8	26.2	50	10
	10.40	12.5	685.07	27.3	32.8	63	16
	12.50	15.0	822.08	32.8	39.4	63	16
	14.60	17.5	956.09	38.2	45.9	80	25
	16.60	20.0	1096.12	43.7	52.5	100	25
	18.70	22.5	1233.12	49.1	59.0	100	35
20.80	25.0	1370.14	54.6	65.6	125	35	
380	2.10	2.5	45.92	3.2	3.8	10	2.5
	4.20	5.0	91.85	6.3	7.6	16	2.5
	6.30	7.5	137.77	9.5	11.4	20	2.5
	8.30	10.0	183.70	12.7	15.8	25	4.0
	10.40	12.5	229.62	15.8	19.0	36	6.0
	12.50	15.0	275.55	19.6	22.8	36	6.0
	14.60	17.5	321.47	22.2	26.6	50	10
	16.60	20.0	367.39	25.3	30.4	50	10
	18.70	22.5	413.32	28.5	34.21	63	16
	20.80	25.0	459.24	31.7	38.0	63	16
	25.00	30.0	551.09	38.0	45.6	80	25
	29.20	35.0	642.94	44.3	53.2	100	25
	33.30	40.0	734.79	50.6	60.8	100	35
	37.50	45.0	826.64	57.0	68.4	125	50
41.60	50.0	918.48	63.3	76.0	125	50	

**TABLA Nº 12 DATOS CARACTERÍSTICOS DE LOS TRANSFORMADORES  
TRIFASICO EN OLEO**

**CLASE 15 KV- PRIMERO EN ESTRELLA O DELTA Y SECUNDARIO EN  
ESTRELLA**

POTENCIA (KVA)	TENSIÓN V	PERDIDAS (W)		RENDIMIENTO (%)	IMPEDANCIA
		En vacío	Cobre		
15	220 a 440	120	300	96.24	3.5
30	220 a 440	200	570	96.85	3.5
45	220 a 440	260	770	97.09	3.5
75	220 a 440	390	1200	97.32	3.5
112.5	220 a 440	520	1650	97.51	3.5
150	220 a 440	640	2050	97.68	3.5
225	220 a 440	900	2800	97.96	4.5
300	220 - 380 a 440	1120	3900	97.96	4.5
			3700	98.04	4.5
500	220 - 380 a 440	1700	6400	98.02	4.5
			6000	98.11	4.5
750	220 - 380 a 440	2000	10000	98.04	5.5
			8500	98.28	5.5
1000	220 - 380 a 440	3000	12500	98.10	5.5
			11000	98.28	5.5
1500	220 - 380 a 440	4000	18000	98.20	5.5
			16000	98.36	5.5



LEGENDA		PLANO TABLEROS PRINCIPALES ENSAMBLAJE PLANTA	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	1	2	3	4												
1	2			3	4														

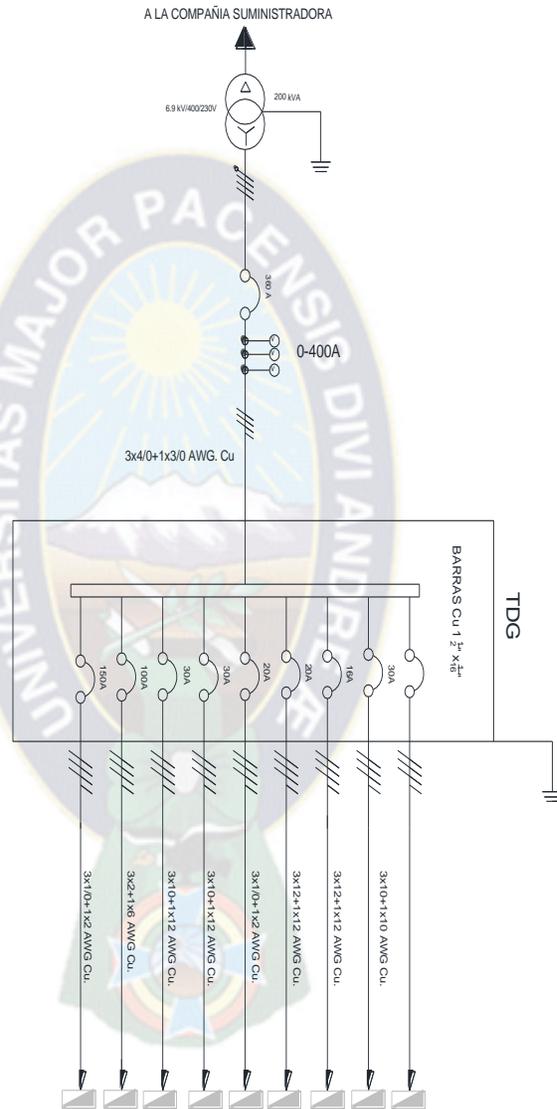


DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

ELABORADO POR : JOSE LUIS QUISPE MENDOZA

UMSA

REVISADO. MSc. Ing. NESTOR S. MAMANI VILLCA

fecha:28/07/16

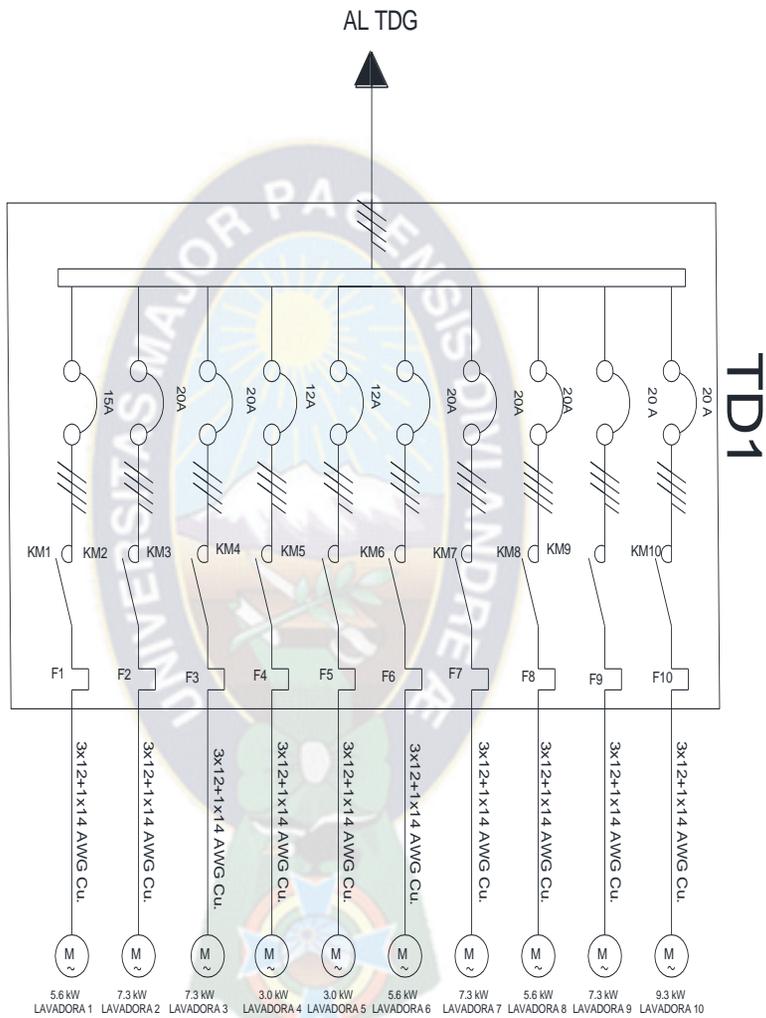


DIAGRAMA UNIFILAR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 1

ELABORADO POR : JOSE LUIS QUISPE MENDOZA

UMSA

REVISADO. MSc. Ing. NESTOR S. MAMANI VILLCA

fecha:28/07/16

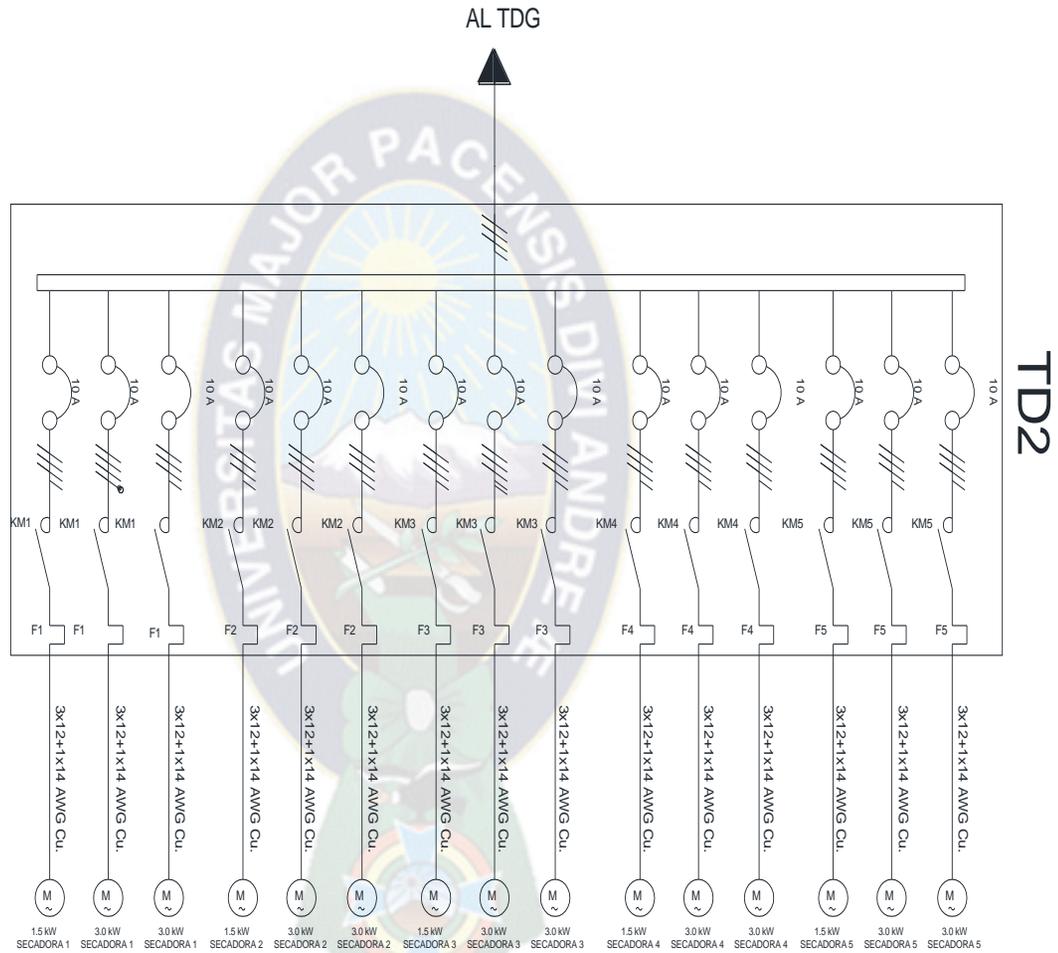


DIAGRAMA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 2

ELABORADO POR : JOSE LUIS QUISPE MENDOZA

**UMSA**

REVISADO. MSc. Ing. NESTOR S. MAMANI VILLCA

fecha:28/07/16

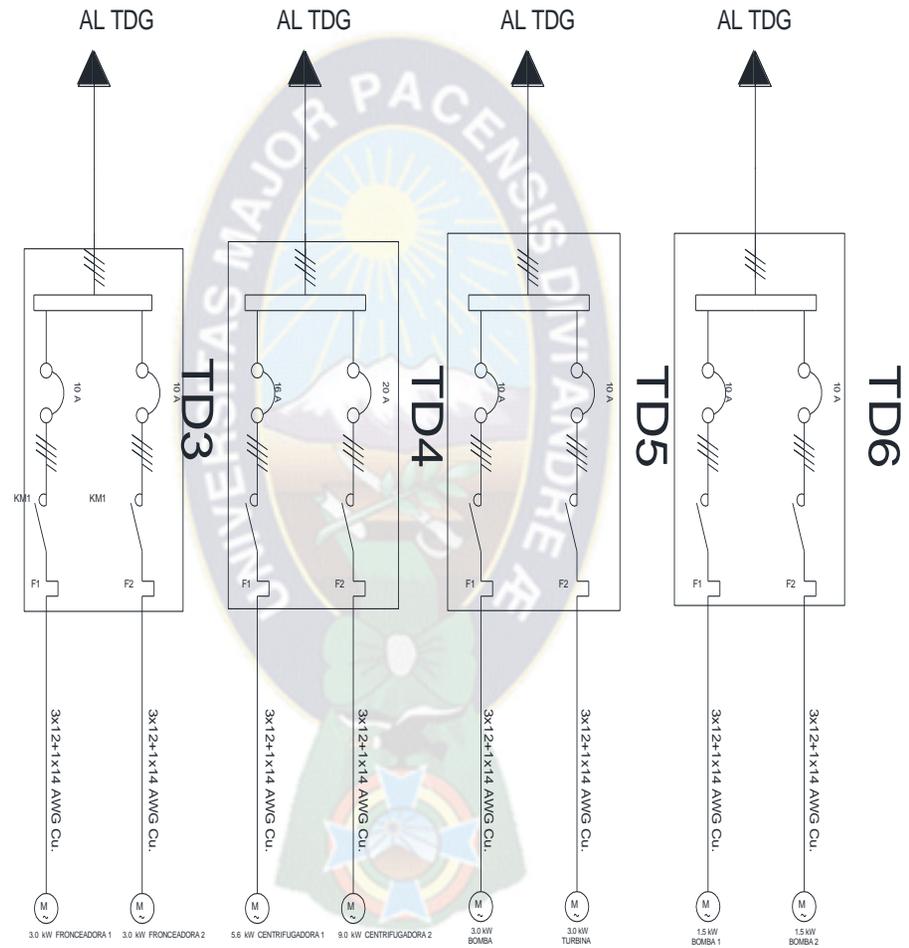


DIAGRAMA DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN 3-4-5-6

ELABORADO POR : JOSE LUIS QUISPE MENDOZA

UMSA

REVISADO. MSc. Ing. NESTOR S. MAMANI VILLCA

fecha:28/07/16

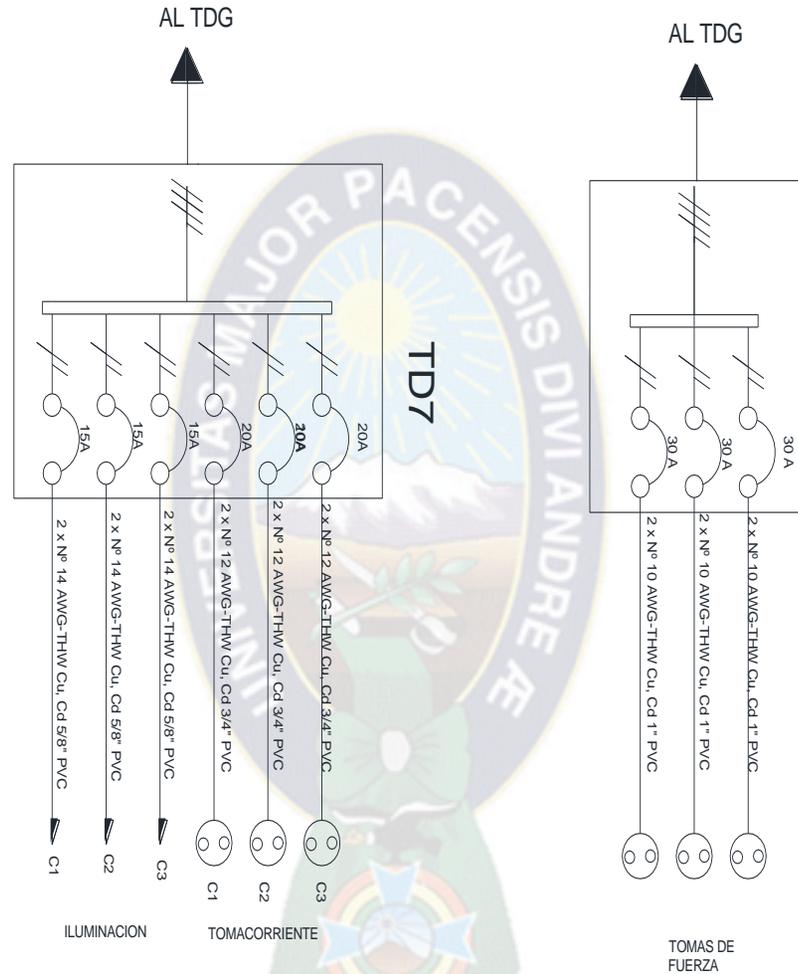


	DIAGRAMA TABLERODE DISTRIBUCIÓN 7-8	<b>UMSA</b>	fecha:28/07/16
	ELABORADO POR : JOSE LUIS QUISPE MENDOZA	REVISADO. MSc. Ing. NESTOR S. MAMANI VILLCA	