

El programa Powerdim es una herramienta sencilla y fundamental que sirve para calcular la planta eléctrica adecuada para alimentar las instalaciones de una vivienda, negocio, empresa o un equipo eléctrico en particular.

## POWERDIM

Criterios Técnicos y cálculos matemáticos de plantas eléctricas para la Aplicación Powerdim.

[www.fandahe.com](http://www.fandahe.com)

---

## CONTENIDO

<b>CRITERIOS TÉCNICOS Y CÁLCULOS MATEMÁTICOS DE PLANTAS ELÉCTRICAS - PARA LA APLICACIÓN POWERDIM – V1.2.0.0.</b>	<b>4</b>
<b>1. BASES PARA EL USO DE LA APLICACIÓN.</b>	<b>4</b>
1.1 Descripción general:	4
1.2 Resultados:	4
1.3 Respuesta técnica de la planta eléctrica seleccionada:	5
1.4 Prueba en fábrica de la planta eléctrica:	5
1.5 Conocimiento de la instalación eléctrica y alcance de la solución por parte del usuario final:	6
<b>2. PROCESO DE CÁLCULO.</b>	<b>6</b>
2.1 Descripción general del proceso de cálculo:	6
2.2 Estructura del proceso:	7
<b>3. ASPECTOS GENERALES ASUMIDOS.</b>	<b>8</b>
<b>4. DATOS DE INSTALACIONES Y CARGAS.</b>	<b>11</b>
4.1 Frecuencia eléctrica de la instalación = 50Hz/60Hz:	11
4.2 Tipos de Instalaciones eléctricas:	11
4.3 Tensiones de la instalación.	12
4.4 Corrientes eléctrica o amperaje.	12
4.5 La potencia de los equipos eléctricos de la carga.	13
4.6 Grupos de Carga, Multiplicador de Grupo y Factor de Utilización.	13
4.7 Conexión de las cargas dentro de la instalación.	14
4.8 Grupo de cargas1- Residencial y Comercial.	15
4.9 Grupo de cargas 2- Eventos y espectáculos.	15
4.10 Grupo de Cargas 3- Soldadores eléctricos.	16
4.11 Grupo de Cargas 4- Motores eléctricos.	16
4.12 Grupo de Cargas 5- Otros Equipos.	17
<b>5. DEFINICIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS.</b>	<b>19</b>
<b>6. CÁLCULOS DE CONSUMO DE POTENCIA DE LA CARGA EN ESTADO ESTABLE.</b>	<b>20</b>
6.1 Cálculo de potencia consumida por cargas resistivas.	20
6.2 Cálculo de potencia consumida por soldadores eléctricos.	20
6.3 Potencia consumida por motores eléctricos.	20
<b>7. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS PROPUESTA Y CALCULOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA INSTALACIÓN.</b>	<b>21</b>

**8. CONDICIÓN 1 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: CARGA ADECUADA PARA LAS LÍNEAS DEL GENERADOR. ....22**

**9. CONDICIÓN 2 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: OPERAR A UN PORCENTAJE DE CARGA RECOMENDADO. ....22**

**10. CONDICIÓN 3 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: SOPORTAR EL ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS. ....23**

**10.1 Criterios técnicos asumidos para arranque de motores. ....23**

**10.2 Cálculo de potencia de la planta eléctrica para arrancar y alimentar motores de arranque directo. ....24**

**10.3 Cálculo de potencia de la planta eléctrica para arrancar y alimentar motores con arranque a tensión reducida. ....24**

**10.4 Establecer la Condición3 para dimensionamiento: contar con capacidad para soportar el arranque de motores eléctricos. ....25**

**11. CONDICIÓN 4 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DEL VOLTAJE GENERADO. ....25**

**12. CONDICIÓN 5 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: EVITAR RECALENTAMIENTOS O DAÑOS INTERNOS DEL ROTOR. ....26**

**13. ENTREGA DE RESULTADOS. ....27**

**13.1 DIMENSION DE LA PLANTA ELÉCTRICA TRIFÁSICA. ....27**

**13.2 DIMENSION DE LA PLANTA ELÉCTRICA MONOFÁSICA. ....28**

**14. SUGERENCIAS PARA EL CÁLCULO DE LOS CABLES CONDUCTORES ENTRE PLANTA DIESEL Y LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ....29**

**15. CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL.....29**

BIBLIOGRAFÍA:.....30

Derechos de autor: .....30

# CRITERIOS TÉCNICOS Y CÁLCULOS MATEMÁTICOS DE PLANTAS ELÉCTRICAS - PARA LA APLICACIÓN POWERDIM – V1.2.0.0.

*Fecha de publicación: 30 de septiembre de 2021.*

## 1. BASES PARA EL USO DE LA APLICACIÓN.

### 1.1 Descripción general:

La aplicación Powerdim hace el cálculo de la planta eléctrica diesel requerida para alimentar o respaldar la alimentación de una Instalación Eléctrica, siendo aplicable para todas las instalaciones de corriente alterna a 50 o 60 Hertz. Cualquier tipo de proyecto o instalación puede ser estudiado aquí, como los que se listan a continuación:

- ✓ Una vivienda, apartamento, edificio o unidad residencial compuesto básicamente por electrodomésticos y pequeños motores.
- ✓ Pequeños negocios, locales comerciales, Oficinas, edificios de oficinas y centros comerciales.
- ✓ Eventos o espectáculos públicos que involucran equipos fijos o portátiles con luces, sonido, video proyectores, pantallas gigantes, dummies inflables.
- ✓ Hipermercados, Industria, bodegas y centros empresariales que presentan cargas eléctricas de todo tipo.
- ✓ Obras de construcción civil que involucran básicamente equipos portátiles como soldadores eléctricos y motores de todos los tamaños.
- ✓ Proyectos de Exploración y explotación minera y petrolera, dentro de los cuales se tiene cargas combinadas de campamentos y producción e involucran el uso frecuente de equipos variadores de velocidad.

Nota: se exceptúan lugares que puedan demandar dimensionamiento especial para sus plantas eléctricas, consignados en los reglamentos técnicos, como pueden ser hospitales, rascacielos, Data center, etc., para los cuales estos cálculos deberán ser tomados sólo como referencia.

### 1.2 Resultados:

La solución está basada en plantas eléctricas diesel de corriente alterna para una frecuencia de 50Hz o 60 Hz.

Se brindan dos opciones como solución:

- ✓ **Opción 1:** Aplicación de una planta eléctrica Trifásica, con salidas eléctricas de 4 cables: L-L-L-N.

- ✓ **Opción 2:** Aplicación de una planta eléctrica monofásica, con salidas eléctricas de 3 cables L-L-N.

**Parámetros nominales mostrados:** Para cada opción se presentan los principales parámetros eléctricos nominales con los cuales puede iniciarse la búsqueda comercial de las plantas eléctricas requeridas, y que deberían estar presentes en los datos de placa del equipo. Estos son:

- P: Potencia de la planta eléctrica requerida, en kilovatios.
- pf: Factor de potencia nominal.
- V: Tensión nominal [sugerida], en voltios.
- IL: Corriente nominal, en amperios.

De acuerdo con las posibilidades comerciales para la adquisición de equipos, con los espacios físicos disponibles o con las condiciones eléctricas de la instalación, es posible que deba recurrirse al uso de varias plantas eléctricas para cubrir el requerimiento de energía; en este caso, las potencias de las plantas utilizadas debe sumar la misma potencia especificada en estos resultados y éstas deberán ser conectadas en paralelo para alimentar la instalación eléctrica.

TENGA PRESENTE QUE: **Las plantas eléctricas monofásicas** se encuentran disponibles comercialmente para potencias inferiores a 15kW, por lo tanto, aunque los resultados son válidos, la opción 2 de la solución no será aplicable para plantas eléctricas monofásicas mayores a esta potencia.

### 1.3 Respuesta técnica de la planta eléctrica seleccionada:

Como criterio de esta aplicación, la respuesta esperada, tomando como base los parámetros de tensión y frecuencia, de la planta eléctrica diesel ante los arranques de motores y las entradas súbitas de carga, se considera que estará siempre dentro de los rangos normales de operación y de fabricación; esto se asume gracias a que, dentro de los cálculos se asigna una provisión adicional de capacidad para la planta eléctrica diesel, la cual permite prever que no se tendrán caídas o fluctuaciones grandes de éstos dos parámetros eléctricos.

A pesar de lo anterior, las fluctuaciones de tensión y frecuencia propias y normales de las plantas eléctricas diesel generalmente son mayores que las presentadas por las redes públicas de suministro de energía.

### 1.4 Prueba en fábrica de la planta eléctrica:

Los fabricantes de plantas eléctricas diesel están en la obligación de garantizar, con pruebas de fábrica, los valores establecidos de potencia que puede soportar la planta eléctrica diesel ante incrementos súbitos de carga, en kW; es decir, debe garantizar los pasos de carga que la planta puede soportar.

## 1.5 Conocimiento de la instalación eléctrica y alcance de la solución por parte del usuario final:

El usuario final debe conocer básicamente los siguiente:

- Cuáles son de pasos de carga que presenta su instalación eléctrica, ocasionados por entrada y salida de equipos y motores eléctricos.
- Cuáles son los valores de pasos de carga (kW), que puede soportar la planta eléctrica, y que están probados y garantizados por el fabricante.
- Cuál es el nivel de sensibilidad de los equipos de su instalación ante las fluctuaciones de tensión y frecuencia propias y normales de las plantas eléctricas diesel.
- Tener presente que cuanto mayor sea el tamaño de la planta eléctrica diesel, con respecto al valor de la carga de su sistema eléctrico, menores serán las fluctuaciones de voltaje y frecuencia que ésta presente, pero mayores serán los consumos de combustible y menor la eficiencia de la planta eléctrica.

## 2. PROCESO DE CÁLCULO.

### 2.1 Descripción general del proceso de cálculo:

Para dimensionar la planta eléctrica diesel requerida, para alimentar un sistema eléctrico o una carga eléctrica específica, se realizan los cálculos de los parámetros eléctricos en estado estable del sistema, con base en el tipo de instalación eléctrica y en las características de todos los aparatos eléctricos conectados. A partir de este cálculo se aplican cinco condiciones técnicas, que la planta eléctrica debe cumplir en cuanto a su capacidad de suministro de energía, las cuales son:

- *Condición 1.* Contar con una potencia (en kW), tal que ninguna de las corrientes eléctricas de cada uno de los cables de la instalación, supere la capacidad de conducción de ninguna de las líneas del generador.
- *Condición 2.* Contar con una capacidad tal que le permita operar en un porcentaje de carga recomendado por las normas y los fabricantes; lo anterior, en concordancia con la potencia máxima consumida por los equipos de la carga en su funcionamiento normal.
- *Condición 3.* Contar con la capacidad de suministrar la potencia máxima, en kW, consumida por los equipos de la carga en su funcionamiento normal, más la cantidad de potencia que sea requerida para el arranque de todos los motores eléctricos.
- *Condición 4.* El generador eléctrico debe contar con la potencia suficiente (en KVA), para garantizar que el voltaje generado sea estable; lo anterior, en concordancia con la potencia reactiva capacitiva requerida por la carga.
- *Condición 5.* El generador eléctrico debe contar con la potencia suficiente (en KVA), para evitar que se presenten recalentamientos o daños internos en su

rotor; lo anterior, en concordancia con la potencia reactiva inductiva requerida por la carga.

Para que la planta eléctrica cumpla con cada una de estas condiciones, se requiere contar con la potencia nominal de la carga y adicionar una provisión de potencia dentro de los cálculos, cuyo valor es diferente para cada una de las condiciones evaluadas. El resultado o criterio de selección aplicado para el dimensionamiento de la planta eléctrica diesel corresponderá a la mayor potencia calculada, en kW, que permita hacer cumplir simultáneamente estas cinco condiciones técnicas.

## 2.2 Estructura del proceso:

El proceso para dimensionar la planta eléctrica diesel está estructurado de la siguiente manera:

### 2.2.1 Datos de entrada.

Suministrar los datos del requerimiento ( datos de Entrada ):

- Cuál es el régimen de operación diario del sistema eléctrico?
- Cuál es el tipo de instalación eléctrica con la que cuenta el sistema?
- Cuáles son los equipos eléctricos de la carga?
- Cuál es el costo por galón de combustible diesel? (opcional).

### 2.2.2 Proceso de cálculo.

Realizar los cálculos de parámetros de la instalación eléctrica.

- Calcular el consumo de potencia de cada una de las cargas de la instalación eléctrica.
- Distribuir la conexión de cargas eléctricas entre las líneas de la instalación (distribuir kW y kvar).
- Calcular Total kW.
- Calcular Total kVA.
- Calcular Total kvar.
- Calcular Total p.f.
- Determinar las corrientes eléctricas y factor de potencia por las líneas de la instalación.
- Realizar los cálculos de las 5 condiciones técnicas que debe cumplir la planta eléctrica.

### 2.2.3 Entrega de resultados.

- ✓ Entregar el valor de potencia de planta trifásica “Standby”.
- ✓ Entregar el valor de potencia de planta trifásica “Prime”.
- ✓ Entregar el valor de potencia de planta trifásica “Continuous”.

- ✓ Entregar el valor de Potencia de la planta eléctrica monofásica (si aplica).
- ✓ Entregar el resultado de consumo y costos de combustible diesel.

### 3. ASPECTOS GENERALES ASUMIDOS.

Se asumen los siguientes criterios técnicos generales para esta aplicación.

1. La potencia de los equipos de la carga: esta potencia se considera constante, independientemente del valor asignado a la tensión de la instalación; es decir, que sólo serán consideradas y calculadas las respectivas variaciones en la corriente eléctrica ante las modificaciones de la tensión de la instalación.
2. Estados de la carga eléctrica: Se tienen en cuenta dos tipos de estado de la carga para la Instalación Eléctrica:
  - El primero es la condición estable de consumo de potencia cuando la carga se ha estabilizado y llega a sus condiciones normales de funcionamiento,
  - El segundo es la condición transitoria de arranque de motores eléctricos, que demanda alto consumo de potencia para vencer la inercia y llevarlos a sus valores estables de operación.
3. Secuenciación de los arranques de motores eléctricos: Los arranques de motores que puedan ser programados y controlados por el usuario de la instalación, se supondrán realizados secuencialmente para evitar una posible salida de operación de la planta o una sensible disminución de la vida útil de la misma; este criterio se aplica en los cálculos con miras a dimensionar adecuadamente la capacidad de la planta y asegurar su funcionamiento en un punto de operación eficiente.
4. El tipo de motores eléctricos: Dentro de la instalación, tanto los motores trifásicos como los monofásicos, serán tomados como motores de inducción con código NEMA G, con un valor de consumo de 6 KVA / hp en el momento del arranque.
5. Los cálculos de consumo de combustible diesel: estos cálculos serán realizados con base en una ecuación formulada a partir de pruebas de taller y datos de campo, aplicados tanto para plantas con tecnología de inyección electrónica, como para plantas con tecnología de inyección mecánica y para diferentes marcas comerciales. Se asume entonces que esta ecuación aplica para todo tipo de plantas eléctricas diesel, sin presentar variaciones apreciables de consumo entre las diferentes tecnologías y las diferentes marcas.

6. **Los ahorros de combustible:** el grupo moto-generador es una unidad con una eficiencia muy baja que emite gran cantidad de calor, el cual debe ser disipado por medio de accesorios periféricos propios de la planta eléctrica (básicamente por el sistema de refrigeración, y ventilación); estos sistemas para disipar calor pueden ser de dos tipos, de acuerdo con el diseño propio de cada planta eléctrica y su cabina envolvente; a saber: 1) de acción fija constante o 2) de acción análoga graduable y moderada de acuerdo con las condiciones térmicas del grupo. Normalmente los ahorros apreciables de combustible entre las diferentes tecnologías se diferencian por el uso de uno u otro sistema de disipación de calor. De otro lado, hasta ahora, no hemos encontrado, en acuerdo con nuestros reportes de monitoreo de campo, que existan diferencias en el consumo de combustible diesel atribuibles a la ingeniería constructiva interna del motor diesel o de su sistema de inyección de combustible. Para efectos de esta aplicación, se asume que los consumos de combustible de las plantas eléctricas diesel, trabajando en vacío, son del 10% con respecto a su consumo a potencia nominal y se consideran despreciables los ahorros de combustible, para cualquier valor de cargas, con respecto a los consumos aquí calculados.
7. **Los resultados básicos:** Se ha determinado que el tipo de planta eléctrica a implementar en la solución será una planta eléctrica con motor de combustión interna de 4 tiempos, con generador sincrónico a 50 ó 60 Hz. Se entregan aquí dos resultados principales derivados de los cálculos desarrollados y corresponden básicamente a: 1) la potencia “Standby”, dada en kW, de la planta eléctrica diesel trifásica y 2) la potencia de la planta eléctrica monofásica aplicable, dada en kW.
8. **Condiciones ambientales y ubicación de la planta en Altura Sobre el Nivel del Mar (msnm):** generalmente se tienen las siguientes condiciones ambientales dentro de las cuales opera la planta eléctrica:  
 Temperatura ambiente =
- 4°C mínima temperatura para el generador.
  - 10°C mínima temperatura para baterías.
  - 25°C Condición estándar por defecto.
  - 40°C Condición máxima.
- Altitud = 152 msnm. condición asumida por defecto.

Normalmente se aplican derrateos de potencia para diferentes condiciones ambientales (3% por cada 500m arriba de 1000 msnm y 3% por cada 5°C arriba de 40°C). Estos derrateos no serán explícitamente considerados dentro de los cálculos de la aplicación Powerdim.

Sin embargo, la planta eléctrica aquí calculada, se considerará aplicable hasta una altitud de unos 3.500 msnm, lo cual está basado en la provisión de potencia adicional incluida dentro de sus cálculos.

**Nota Importante:** A nivel operativo, se aplican soluciones para compensar condiciones ambientales críticas (especialmente útiles cuando la planta eléctrica permanece apagada en standby), tales como las siguientes:

- Utilizar plantas eléctricas con motores diesel turbo alimentados para mejorar la respuesta en potencia del equipo y compensar las deficiencias de oxígeno al subir la altitud msnm; se presume aquí que los equipos usados en alturas iguales o superiores a los 2.000 msnm han de ser equipos turbo-cargados.
- Para facilitar el arranque del motor diesel se utilizan elementos como los precalentadores de motor; esto a su vez compensa en cierto grado la ocurrencia de bajas temperaturas ambientales.
- Igualmente se utilizan calefactores para las baterías con miras a para compensar las bajas temperaturas.
- Para evitar la caída del nivel de aislamiento eléctrico de los bobinados, ocasionados por la humedad relativa del aire, se utilizan placas resistivas calefactoras ubicadas sobre las cabezas de los bobinados del generador.

9. **Resultados adicionales de Potencias Prime y Continuous:** La aplicación Powerdim entrega adicionalmente los valores sugeridos de potencias “Prime” y “Continuous” en kW, que corresponden a valores hipotéticos para los cuales la planta eléctrica “Standby” seleccionada estaría en condiciones de operar para entregar potencia eléctrica bajo las modalidades “Prime” o “Continuous”; sin embargo, esto debe ser verificado propiamente con los fabricantes de cada planta eléctrica diesel en particular.

10. **Sobre la Norma ISO8528-1:**

La norma ISO-8528-1 es aplicable para las plantas eléctricas diesel, conformadas por un motor de combustión interna recíprocante y un generador de corriente alterna, funcionando éstos como una unidad.

Esta norma define, entre otras, las potencias “Standby”, “Prime” y “Continuous” como valores de potencia que el fabricante de la planta garantiza que ésta entregará a la instalación eléctrica del cliente, para

determinados valores de carga, según el comportamiento de la carga y la cantidad de horas de trabajo diario. Lo anteriormente expuesto se limita, en algunos casos, al suministro de potencia durante un período máximo específico de **horas de trabajo por año**.

Esta norma No hace referencia a la posibilidad de que una planta eléctrica pueda ser rateada simultáneamente para uso con las modalidades de las potencias “Standby”, “Prime” y “Continuous”; tampoco establece condición alguna, matemática o constructiva, que permita relacionar las definiciones de estas potencias.

Queda en manos de los fabricantes definir si una planta eléctrica puede ser utilizada para varias de las aplicaciones definidas en la norma, y presentar sus valores nominales de potencia, o aclarar si la planta sólo puede ser utilizada para una única aplicación específica de las mencionadas en la norma.

No se encuentran establecidos los requisitos que debe cumplir el fabricante en términos de definir y garantizar la duración (por horas de uso), o ciclo de vida útil de las plantas eléctricas, para cada una de las aplicaciones definidas en la norma.

11. **Placa de características de la planta eléctrica:** El fabricante tiene que registrar en esta placa uno, dos o los tres valores de potencia: “Standby”, “Prime” o “Continuous”; esto le permite al usuario de la instalación hacer la selección de la planta eléctrica adecuada, de acuerdo con sus necesidades específicas.

## **4. DATOS DE INSTALACIONES Y CARGAS.**

### **4.1 Frecuencia eléctrica de la instalación = 50Hz/60Hz.**

En esta aplicación, la frecuencia de las instalaciones eléctricas se asume indistintamente como 50 o 60Hz, en acuerdo con las frecuencias de los sistemas públicos de suministro de energía, para corriente alterna. Igualmente, el valor de potencia de la planta eléctrica seleccionada aplica indistintamente para cualquiera de las dos frecuencias que pueda tener la instalación (50Hz o 60Hz). Sin embargo, para las instancias de adquisición y puesta en operación de la planta eléctrica, el usuario tiene que especificar claramente ante su proveedor, el valor de la frecuencia con la que opera su Instalación Eléctrica, pues la planta eléctrica deberá operar ajustada a dicho valor.

### **4.2 Tipos de Instalaciones eléctricas.**

Los cables con los cuales cuenta la Instalación Eléctrica se denominan así:

- Cable de línea viva o activa: L.
- Cable de neutro: N.

*Nota: no se tendrá en cuenta en esta aplicación la presencia del cable conductor de tierra (GND) ni del sistema de aterrizaje de la instalación y la planta eléctrica. Esto debe ser tratado por el usuario al momento de hacer el montaje y conexión de la planta eléctrica.*

La aplicación considera tres tipos de instalación eléctrica, estructuradas de acuerdo con las líneas o cables que las alimentan, así:

- Monofásica 2 hilos L-N. (Su tensión asumida por defecto es 110V).
- Monofásica 3 hilos L-L-N. (Su tensión asumida por defecto es 220V/110V).
- Trifásica 4 hilos L-L-L-N. (Su tensión asumida por defecto es 220V/127V).

El usuario debe seleccionar su instalación verificando que la composición de hilos o Líneas (L-L-...N), seleccionada en la aplicación, refleje exactamente el tipo de instalación de su proyecto.

#### **4.3 Tensiones de la instalación.**

En la planta eléctrica, la tensión o voltaje es un parámetro ajustable que normalmente tiene un rango de  $\pm 10\%$  sobre el valor nominal que aparece en su placa de características. Esto hace que la planta eléctrica pueda adaptarse a funcionar al valor de tensión exacta que requiera la instalación. Si este rango de tensiones no se ajusta a los valores requeridos para la instalación, debe recurrirse a transformadores de potencia para acoplar la planta eléctrica a la instalación.

El usuario debe cambiar las tensiones asignadas por defecto en la aplicación, por las tensiones (VLN y VLL) reales de funcionamiento de la Instalación Eléctrica.

#### **4.4 Corrientes eléctrica o amperaje.**

La aplicación calcula las corrientes que circulan por los cables de la Instalación Eléctrica, con base en:

- a. El tipo de instalación eléctrica.
- b. El valor de la potencia de cada equipo de la carga.
- c. Asumir una repartición equilibrada de cargas entre las líneas de la instalación.
- d. El valor de tensión de la instalación.
- e. El uso de operaciones fasoriales para los cálculos matemáticos.

**PRECAUCIÓN:** Una vez seleccionada la planta generadora y dado el hecho de que la corriente eléctrica o amperaje, generado por ella, tiene un valor nominal determinado en su placa de características, debe verificarse en la práctica que la corriente medida a través de los cables, que alimentan la Instalación Eléctrica, no supere el valor especificado en la placa; en caso contrario debe adquirir una planta eléctrica de mayor potencia, de tal manera que su corriente sea igual o mayor a la demandada por la instalación.

**Dimensionamiento de cables:** *El dimensionamiento y selección de los cables que deben conectarse entre la planta eléctrica diesel y la instalación eléctrica puede ser realizado con base en el valor de la corriente nominal de la planta eléctrica o con base en la corriente calculada para la Instalación Eléctrica; en cualquiera de los casos, esto debe quedar sustentado dentro del cumplimiento de las normas técnicas y/o sus excepciones.*

#### 4.5 La potencia de los equipos eléctricos de la carga.

El término carga eléctrica se refiere en esta aplicación a aquellos aparatos por los cuales circula corriente eléctrica al ser conectados a una fuente de tensión; esto incluye los equipos que transforman la energía eléctrica en otros tipos de energía como luces, sonido, calor, frío, movimiento y también a aquellos que cumplen alguna función específica dentro de un sistema eléctrico, aunque su función no sea la de transformar la energía eléctrica en otras formas de energía.

Independientemente del tipo de Instalación Eléctrica y de la tensión a la cual se alimente dicha instalación, para esta aplicación se considerará que **la potencia eléctrica de los equipos de la carga permanece constante**, es decir que el producto Tensión x Corriente permanece constante.

#### 4.6 Grupos de Carga, Multiplicador de Grupo y Factor de Utilización.

Las cargas de la aplicación son clasificadas en cinco **Grupos de Carga**, así:

- Grupo 1: Residencial,
- Grupo 2: Eventos,
- Grupo 3: Soldadores,
- Grupo 4: Motores,
- Grupo 5: Otros Equipos.

Esta clasificación de las cargas eléctricas dentro de Grupos de Carga es una forma de organizar el ingreso de datos de la aplicación para facilitar la comprensión y visualización de la Instalación Eléctrica por parte del usuario.

Cuando un Grupo de Cargas cuenta ya con equipos de carga ingresados en la aplicación y dicho grupo se repite dentro de una instalación, esto se puede registrar haciendo uso del factor **Multiplicador de Grupo** (esto es útil, por ejemplo, en casos como el ingreso de cargas de varios apartamentos de un edificio). De otro lado, para indicar el porcentaje de carga que normalmente está encendida en un Grupo de Cargas, se utiliza el **Factor de Utilización**. Cabe resaltar que la carga de un Grupo con Multiplicador de Grupo=1, siendo único en la instalación, se tiene que considerar en su máximo consumo de potencia, debido a que cuando el grupo está funcionando en su carga máxima, la planta eléctrica debe tener plena capacidad para sostenerlo en funcionamiento, lo cual indica que se tiene un Factor de Utilización de 100% de la carga del grupo. Sin embargo, cuando se tiene un grupo de carga repetitivo en la instalación (con Multiplicador de Grupo >1), este se convierte en múltiples grupos de carga cuyo **Factor de Utilización puede ser diferente del 100%**, debido a que normalmente estos grupos de carga no presentan uso máximo consumo

simultáneamente. En estos casos, se convierte en un factor crítico de éxito, en el dimensionamiento de la planta eléctrica adecuada, que el usuario aplique un Factor de Utilización conocido o comprobado, de acuerdo con tablas preestablecidas o con la experiencia y conocimiento de la Instalación Eléctrica ingresada o de otras similares.

#### 4.7 Conexión de las cargas dentro de la instalación.

En la estructura de cálculo de la aplicación, los equipos de la carga pueden ser conectados, dentro de la instalación, en una de estas tres formas:

- Equipos monofásicos que se conectan entre un cable de línea y el cable de neutro (L-N).
- Equipos monofásicos que se conectan entre dos líneas activas(L-L).
- Equipos monofásicos que pueden ser considerados como **Reconectables**; es decir, que se pueden conectar entre un cable de línea y el cable de neutro (L-N), o que pueden ser conectados entre dos cables de línea (L-L).
- Equipos trifásicos que se conectan entre las tres líneas activas (L-L-L)

Dentro de los cuadros de diálogo de los grupos de carga de la aplicación, las cargas monofásicas son marcadas con el nombre del equipo, su potencia y el tipo de conexión; ejemplo: [Computador 150w L-N]

La conexión de cada equipo es asumida en la aplicación de forma automática, de acuerdo con el tipo de instalación eléctrica seleccionado por el usuario; por ejemplo, un equipo de carga que aparece marcado con opción de conexión L-N / L-L, será asumido como conectado entre línea y neutro si la instalación es monofásica(L-N) o será asumido como conectado entre línea y línea si la instalación seleccionada es monofásica(L-L).

Estas consideraciones sobre la conexión hipotética de las cargas eléctricas facilitan la estructuración de los cálculos matemáticos y se considera que no afectan de manera significativa los resultados finales obtenidos sobre el dimensionamiento de la planta eléctrica requerida.

#### 4.8 Grupo de cargas1- Residencial y Comercial.

Lámpara Led	10w L-N	Olla freidora -3 L	2100w L-N/L-L
Toma eléctrica	100w L-N	Estufa eléctrica de 1 puesto	1200w L-N
Tv Led hasta 50"	150w L-N	Horno de Estufa	4800w L-N/L-L
Computador	150w L-N	Lava-vajillas 12 juegos	1500w L-N/L-L
Impresora	60w L-N	Lavadora-ropa 0-22kg	1400w L-N
Equipo de sonido	45w L-N	Ducha personal agua caliente	4000w L-N/L-L
Dispensador de agua	510w L-N	Plancha para ropa	1400w L-N
Cafetera -1.5 L	1000w L-N	Congelador de vitrina horizontal 312 L	434w L-N
Microondas -23 L	1300w L-N	Congelador de vitrina vertical 425 L	520w L-N
Mini Horno de mesa -20 L	1500w L-N	Aire acond. (12.000 BTU)	1560w L-N/L-L
Nevera -500 L	600w L-N	Ventilador/extractor de aire	270w L-N
Licuadaora -1 L	600w L-N	Calefactor interior(+ventilador)	1850w L-N/L-L
Olla Arrocera -1.8 L	500w L-N	Calefactor exterior(sin ventilad)	1300w L-N

#### 4.9 Grupo de cargas 2- Eventos y espectáculos.

Luminarias	Equipos de Sonido	Pantallas Led	Inflables para eventos
20 w L-N	--- 100w rms L-N	44" (0.5m2) 107w L-N	Soplador: 1/4hp L-N
30 w L-N	--- 200w rms L-N	70"(1.35m2) 289w L-N	Soplador: 1/2hp L-N
50 w L-N	--- 300w rms L-N	88" (2m2) 428w L-N	Soplador: 3/4hp L-N
100 w L-N	--- 500w rms L-N	132" (4.5m2) 963w L-N	Soplador: 1 hp L-N
200 w L-N	-- 1.000w rms L-N	176" (8m2) 1.712w L-N/L-L	Soplador: 2 hp L-N/L-L
300 w L-N/L-L	-- 2.000w rms L-N/L-L	199"(12.5m2) 2.675w L-N/L-L	
500 w L-N/L-L	-- 3.000w rms L-N/L-L	264" (18m2) 3.852w L-N/L-L	
1.000 w L-N/L-L	-- 4.000w rms L-N/L-L	308"(24.5m2) 5.243w L-N/L-L	
2.000 w L-N/L-L	-- 5.000w rms L-N/L-L	Video proyectores	
3.000 w L-N/L-L		--- (4mx7m) 310w L-N	
4.000 w L-N/L-L			

#### 4.10 Grupo de Cargas 3- Soldadores eléctricos.

Para este grupo de cargas, todos los soldadores monofásicos se consideran como equipos reconectables; es decir, que pueden ser conectados entre Línea y Neutro L-N o pueden ser conectados entre dos líneas L-L.

Soldadores tipo Electroodos		Soldadores Tipo MIG		Soldadores tipo TIG	
Monofásico con salida:	100 A	Monofásico con salida:	70 A	Monofásico con salida:	170 A
Monofásico con salida:	180 A	Monofásico con salida:	180 A	Monofásico con salida:	220 A
Monofásico con salida:	225 A	Trifásico con salida:	255 A	Trifásico con salida:	300 A
Monofásico con salida:	270 A	Trifásico con salida:	300 A	Trifásico con salida:	400 A
Monofásico con salida:	300 A	Trifásico con salida:	420 A		
Trifásico con salida:	450 A	Trifásico con salida:	500 A		
Trifásico con salida:	520 A				
Trifásico con salida:	600 A				

#### 4.11 Grupo de Cargas 4- Motores eléctricos.

Se ha asumido que todos los motores eléctricos tienen un factor de potencia igual a 0.8. y una eficiencia del 85%.

**MOTORES MONOFÁSICOS**

Cant.	hp	
0	0	
Conexión L-N <input type="radio"/>		
Conexión L-L <input type="radio"/>		
Ingresar >>		
<< Retirar		

**MOTORES TRIFÁSICOS: ARRANQUE Y-D O ARRANQUE SUAVE**

Cant.	hp	
0	0	
Ingresar >>		
<< Retirar		

**MOTORES TRIFÁSICOS: ARRANQUE DIRECTO**

Cant.	hp	
0	0	
Ingresar >>		
<< Retirar		

**MOTORES TRIFÁSICOS: CON VARIADOR DE FRECUENCIA**

Cant.	hp	
0	0	
Ingresar >>		
<< Retirar		

Dentro del grupo de cargas de motores eléctricos se clasificaron los motores, de acuerdo con el número de fases y el tipo de arranque, así:

- 1 Motores monofásicos.
- 2 Motores trifásicos arranque directo.
- 3 Motores trifásicos arranque Y-D o arranque suave.

Para efectos de cálculo, dentro de esta clasificación se han agrupado los siguientes tipos de motores:

- Motores con arrancador estrella- delta.
  - Motores con arrancador electrónico suave.
  - Motores con arrancador por autotransformador.
  - Motores de rotor devanado con arrancador por resistencias.
- 4 Motores eléctricos con variador de frecuencia.

#### 4.12 Grupo de Cargas 5- Otros Equipos.

Este grupo corresponde a equipos que deben ser ingresado de acuerdo con sus datos de placa o por lectura de sus parámetros eléctricos. Pueden ingresarse dentro de este Grupo de Cargas, los siguientes tipos de equipos:

- 5 Equipo resistivo.
- 6 Soldador eléctrico.
- 7 Motor de arranque directo a plena tensión.
- 8 UPS -sin carga-.
- 9 Transformador -Con carga-.
- 10 Inductancias L o capacitancias C, en paralelo.
- 11 Circuito eléctrico parametrizado por V,I,pf.

De acuerdo con el número de fases, los anteriores tipos de equipos pueden ser registrados como

- Monofásico: LN.
- Monofásico: LL.
- Trifásico: LLL.

TIPO DE EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD	LISTA DE EQUIPOS
Equipo resistivo <input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> Monofásico: L-N <input type="radio"/> Monofásico: L-L <input type="radio"/> Trifásico: L-L-L	<input type="text" value="0"/> Ingresar >>	
Soldador eléctrico <input type="radio"/>			
Motor de arranque directo a plena tensión <input type="radio"/>	Voltios entrada (V) <input type="text" value="0"/>		
U P S -Sin carga- <input type="radio"/>	Amperios entrada (A) <input type="text" value="0"/>	<< Retirar	
Transformador -Con carga- <input type="radio"/>	kVA <input type="text" value="0"/>		
Inductancias:L o Capacitancias:C en paralelo <input type="radio"/>	kVAR <input type="text" value="0"/> <input type="radio"/> L <input type="radio"/> C		
Circuito Eléctrico parametrizado por V-I-pf <input type="radio"/>	pf <input type="text" value="0"/> <input type="radio"/> L <input type="radio"/> C		

**Los equipos resistivos:** se parametrizan por tensión y corriente.

**Los soldadores eléctricos:** se parametrizan por tensión de entrada y corriente de entrada. Si se requiere ingresar los parámetros de salida de un soldador, debe ingresar al cuadro de Grupo de Cargas 3.

**Los motores de arranque directo:** se parametrizan por tensión y corriente.

**Las UPS -sin carga-** se parametrizan por kVA. Se ha asumido, para las UPS que su consumo de potencia propio es de un 10%, lo anterior debido a sus pérdidas de energía. Para esta aplicación, también los equipos respaldados por la UPS deben ser ingresados en los Grupos de Carga.

**Los transformadores-con carga-** se parametrizan por kVA. Se ha incluido en la aplicación el ingreso de los transformadores, considerándolos como equipos compactos, compuestos por el transformador y su carga; estos se asumen como cargados al 125% y con un factor de potencia total  $pf=0.8$ . Para cada transformador aparecerá una nota en el cuadro de diálogo de Grupo de Carga 5, pidiendo al usuario que revise si el transformador se encuentra alimentando motores con potencias superiores a las siguientes:

- a. Motores de arranque directo con  $hp > 12\% \times KVA$  del transformador.
- b. Motores con cualquier tipo de arranque con  $hp > 82,42\% \times KVA$  del transformador.

Si se confirma la presencia de alguna de estas dos condiciones, el usuario deberá retirar el transformador de la lista de equipos y sus cargas deberán ser ingresadas una a una por separado dentro de los Grupos de Carga 1,2,3,4,5.

**Las inductancias y capacitancias:** se parametrizan por kvar.

**Los circuitos eléctricos:** se parametrizan por tensión, corriente y factor de potencia. Para cada Circuito ingresado aparecerá una nota en el cuadro de diálogo de Tipo de Carga 5, pidiendo al usuario que revise si el circuito se encuentra alimentando motores con potencias superiores a las siguientes:

- a. Motores de arranque directo con  $hp > 12\%KW$  del circuito.
- b. Motores con cualquier tipo de arranque con  $hp > 82,42\%KW$  del circuito.

Si se confirma la presencia de alguna de estas dos condiciones, el usuario deberá retirar el Circuito de la lista de equipos y sus cargas deberán ser ingresadas una a una por separado dentro de los Grupos de Carga 1,2,3,4,5.

## 5. DEFINICIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS.

Las variables eléctricas utilizados para los cálculos son las siguientes:

$I_{eqp}$ :	Corriente nominal de un equipo o carga.
$V_{eqp}$ :	Tensión nominal de un equipo o carga.
$I_i$ :	Corriente de alimentación de entrada (input) de soldador.
$V_i$ :	Tensión de alimentación de entrada (input) de soldador.
$I_{weld}$ :	Corriente de salida de arco, para soldador.
$V_{weld}$ :	Tensión de salida de arco, para soldador.
$KW_{WeldLoss}$ :	Pérdidas en soldadores.
$hp_m$ :	Potencia en hp de salida mecánica de motor eléctrico.
$hp_{mg}$ :	Potencia en hp del motor de mayor tamaño en el montaje.
$hp_{mt}$ :	Suma de potencia en hp de todos los motores del montaje.
$KW_{Stm}$ :	Potencia en kW consumida por el mayor arranque de motor.
$I_L$ :	Corriente de línea.
$I_{LM}$ :	Corriente de línea máxima de la instalación eléctrica.
$I_N$ :	Corriente de neutro de la instalación eléctrica.
$V_{LN}$ :	Tensión de fase (Línea-Neutro).
$V_{LL}$ :	Tensión línea-línea.
$P_R$ :	Potencia en KW de cargas residenciales y comerciales.
$P_E$ :	Potencia en KW de cargas de espectáculos públicos.
$P_S$ :	Potencia en KW de soldadores eléctricos.
$P_M$ :	Potencia en KW consumida por motores eléctricos.
$P_O$ :	Potencia en KW de otros equipos ingresados.
$KW_p$ :	Potencia en KW de la planta eléctrica.
$KVA_p$ :	KVA de la planta eléctrica.
$PF_p$ :	Factor de potencia con el que viene diseñada la planta eléctrica.
$KVAR_{capFM}$ :	Mayor potencia reactiva capacitiva por fase o línea de la instalación, en kvar.
$KVAR_{indFM}$ :	Mayor potencia reactiva inductiva por fase o línea de la instalación, en kvar.
$Cons_{Diesel}$ :	Consumo de combustible diesel en gal / h.

## 6. CÁLCULOS DE CONSUMO DE POTENCIA DE LA CARGA EN ESTADO ESTABLE.

### 6.1 Cálculo de potencia consumida por cargas resistivas.

Si la potencia del equipo no se encuentra en su placa de características, los cálculos son los siguientes.

Cargas resistivas monofásicas  $PR = (V_{eqp} \times I_{eqp}) / 1000$

Cargas resistivas trifásicas  $PR = (V_{eqp} \times I_{eqp} \times 1,732) / 1000.$

### 6.2 Cálculo de potencia consumida por soldadores eléctricos.

Se va a considerar que el factor de potencia del soldador a plena carga es uno ( $pf=1$ ). De acuerdo con los datos que tenga disponible el usuario de la aplicación, hay dos opciones de cálculo:

- **En el Grupo de Carga 5**, si se conocen los datos de voltaje y corriente de alimentación del soldador, los cálculos de potencia consumida son los siguientes:

Soldadores monofásicos.  $P_s = (V_i \times I_i) / 1000$

Soldadores trifásicos.  $P_s = (V_i \times I_i \times 1,732) / 1000$

- **En el Grupo de Carga 3**, se utilizará el dato de tensión y corriente de salida de soldadura del equipo y se considerarán unas pérdidas  $KW_{WeldLoss} = 10\%$ , para lo cual, los cálculos son los siguientes:

$P_s = (I_{weld} \times V_{weld} \times 1,1) / 1000,$

Válida para soldadores monofásicos y trifásicos.

### 6.3 Potencia consumida por motores eléctricos.

Comúnmente, la potencia de salida de un motor eléctrico está dada en hp.

Su valor en kW se determina como  $1hp = 0.746Kw$ ; sin embargo, su consumo de energía eléctrica se ve afectado por la eficiencia propia del motor. A continuación, se presentan los cálculos de consumo de energía considerados para esta aplicación para motores trifásicos y monofásicos.

- **Cálculo de consumo para motores trifásicos sin variador de frecuencia.**

Considerando una eficiencia promedio de 0.85 para motores trifásicos, se tiene que

Consumo eléctrico del motor trifásico =  $hp_m \times (0.746 / 0,85),$

Consumo eléctrico del motor trifásico =  $hpm \times 0,877.$

- **Cálculo de consumo para motores trifásicos con variador de frecuencia.**

Se ha asumido que el consumo de potencia del conjunto variador-motor aumenta un 10% en razón a las pérdidas de energía del variador y los posibles equipos auxiliares requeridos.

Consumo del motor trifásico

con variador de frecuencia =  $h_{pm} \times 0,877 \times 1,1$ .

- **Cálculo de consumo para motores monofásicos.**

Considerando una eficiencia promedio de motores monofásicos igual a 0.659, se tiene:

consumo eléctrico del motor monofásico =  $h_{pm} \times (0.746 / 0.659)$ ,

consumo eléctrico del motor monofásico =  $h_{pm} \times 1,132$

Por lo tanto, el consumo eléctrico de un motor monofásico será considerado como 29% mayor que el de un motor trifásico de la misma potencia.

- **Fórmula de cálculo general para consumo de motores eléctricos.**

En adelante, para efectos de cálculo, la variable  $h_{pm}$  se considerará corregida al valor ( $h_{pm} \times 1.1$ ) cuando se trate de motores con variador de frecuencia y al valor ( $h_{pm} \times 1.29$ ) cuando se trate de motores monofásicos. Sentando este precepto, la fórmula de cálculo de consumo será la siguiente:

$$P_M = h_{pm} \times 0,877$$

Factor de corrección  $h_{pm} = h_{pm} \times 1,00$  para motores trifásicos sin variador de frecuencia.

Factor de corrección  $h_{pm} = h_{pm} \times 1,10$  para motores trifásicos con variador de frecuencia.

Factor de corrección  $h_{pm} = h_{pm} \times 1,29$  para motores monofásicos.

## 7. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS PROPUESTA Y CALCULOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA INSTALACIÓN

Debido a que la modelación real de los circuitos de carga de la instalación eléctrica y, en muchos casos, el levantamiento de datos de campo, son procesos dispendiosos, la aplicación Powerdim hace y asume una distribución de cargas ideal, siguiendo estos pasos:

1. Calcular la potencia de todas las cargas ingresadas.
2. Hallar la carga de mayor potencia y evaluar las líneas o fases menos cargadas de la instalación.
3. Asignar la conexión de la carga de mayor potencia a la línea o líneas menos cargadas de la instalación eléctrica.

4. Repetir los pasos 2 y 3 para las cargas restantes, hasta que todas sean asignadas a las líneas de la instalación.

Este procedimiento se aplica tanto para potencia activa como para potencia reactiva (distribución de kW y distribución de kvar).

La compañía propietaria o usuaria de la instalación eléctrica debe garantizar que su distribución de cargas real dentro de la instalación sea muy similar a la propuesta en esta aplicación; si el desequilibrio de fases es mayor, deberá aplicarse un factor de sobredimensionamiento adicional a la potencia de la planta eléctrica.

Una vez realizada la distribución de cargas, se realizan los cálculos fasoriales para determinar los parámetros eléctricos totales y la corriente y factor de potencia por cada fase de la instalación eléctrica; estos parámetros son presentados en el cuadro de diálogo principal de la aplicación Powerdim.

Distribución de Cargas en la Instalación			Total kW =
L-1	L-2	L-3	Total pf =
I1:	I2:	I3:	Total kVA =
pf1:	pf2:	pf3:	Total Kvar =

**NOTA:** Los parámetros de la Instalación Eléctrica están calculados incluyendo aquellos Grupos de Carga que tienen activada su casilla de verificación en el Cuadro de Diálogo principal de la aplicación; si esta casilla está desactivada para alguno de los grupos, aunque su carga se encuentre ingresada en la aplicación, no será tomada en cuenta para la realización de los cálculos ni para el dimensionamiento de la planta eléctrica requerida.

**8. CONDICIÓN 1 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: CARGA ADECUADA PARA LAS LÍNEAS DEL GENERADOR.**

Con base en los parámetros de la instalación, se determina la corriente más alta de las líneas de la instalación ( $I_{LM}$ ), la cual deberá ser soportada por el generador y con base en este parámetro se calcula el valor de la planta eléctrica requerida para cumplir esta condición.

$KW_p = V_{LL} \times I_{LM} \times 1,0 \times PF_p$  Esta es la potencia de planta monofásica (LLN) para cumplir la condición1

$KW_p = V_{LL} \times I_{LM} \times 1,732 \times PF_p$  Esta es la potencia de planta trifásica para cumplir la condición1

**9. CONDICIÓN 2 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: OPERAR A UN PORCENTAJE DE CARGA RECOMENDADO.**

La planta eléctrica debe ser de una capacidad tal que opere en un valor de carga (en kW), recomendado por las normas y los fabricantes, al ser conectada a la

instalación eléctrica; En este caso el valor de carga será considerado del 70% para adaptarse a las definiciones de la norma sobre Potencia Standby. Este porcentaje se aplica sobre la suma de las potencias en estado estable de los Grupos de Carga habilitados dentro de la instalación eléctrica.

$$KWp = (P_R + P_E + P_S + P_M + P_O) / 0.7$$

Esta es la potencia de planta para cumplir la condición 2  
 Valido para planta monofásica y trifásica.

## 10. CONDICIÓN 3 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: SOPORTAR EL ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS.

Además de contar con la capacidad de suministrar la potencia máxima, en kW, consumida por los equipos de la carga en su funcionamiento normal, la planta eléctrica debe estar en condiciones de soportar el mayor de los arranques de motor eléctrico que se presente en la Instalación. A continuación, se establecen las consideraciones sobre arranque de motores eléctricos y los cálculos de la potencia eléctrica requerida por la planta diesel para soportar dichos arranques.

### 10.1 Criterios técnicos asumidos para arranque de motores.

Se establecen las siguientes consideraciones:

- **Factor de potencia de un motor eléctrico en el momento del arranque.**  
 El factor de potencia de un motor eléctrico en el momento del arranque oscila entre 0.2(caso más severo de arranques directos) y 0.4(caso arranques a tensión reducida), lo cual significa que los KVA de la planta eléctrica requerida oscilan entre 2.5 y 5 veces el valor de los KW requeridos para el primo-motor de esta.
- **Máxima corriente que puede entregar la planta eléctrica.**  
 En todos los casos, la máxima corriente entregada a la carga durante el arranque nunca puede exceder los valores de sobrecarga dados para el generador, es decir, a las condiciones de Standby máximas sostenidas; el criterio para calcular la planta eléctrica se tomará con base en su capacidad de sobrecarga permisible. Este valor de sobrecarga se tomará del 20%.
- **Tipo de motor eléctrico seleccionado para los cálculos.**  
 Los KVA que consume un motor eléctrico en el momento del arranque con relación a sus hp de salida se expresan con una letra de código NEMA (esta letra no debe confundirse con la que indica la clase de diseño), y sus valores se indican en la tabla siguiente; en esta tabla cada código tiene un rango que se extiende hasta el límite inferior del código siguiente, pero no incluye ese valor. Para los cálculos del generador adecuado, vamos a suponer que los motores a arrancar, tanto trifásicos como monofásicos, corresponden a

motores de inducción con código G para un valor de consumo de 6 KVA/hp en el momento del arranque.

Letras de código indicadoras para rotor bloqueado							
Letra nominal	Código	KVA con frenado / hp	rotor	Letra nominal	Código	KVA con frenado / hp	rotor
A		0	- 3.15	L		9.00	- 10.00
B		3.15	- 3.55	M		10.00	- 11.20
C		3.55	- 4.00	N		11.20	- 12.50
D		4.00	- 4.50	P		12.50	- 14.00
E		4.50	- 5.00	R		14.00	- 16.00
F		5.00	- 5.60	S		16.00	- 18.00
<b>G</b>		<b>5.60</b>	<b>- 6.30</b>	T		18.00	- 20.00
H		6.30	- 7.10	U		20.00	- 22.40
J		7.10	- 8.00	V		22.40	en adelante
K		8.00	- 9.00				

### 10.2 Cálculo de potencia de la planta eléctrica para arrancar y alimentar motores de arranque directo.

Los cálculos son los siguientes:

$$KVA_p = (6 \times hp_m) / 1,2 \quad \text{donde } 1,2 \text{ es el factor de sobrecarga del generador.}$$

$$KVA_p = 5 \times hp_m.$$

$$KW_p = KVA_p \times PF_p \quad \text{donde } PF=0,8 \text{ rateado para plantas trifásicas.}$$

(Se asumirá también  $PF=0.8$  para plantas monofásicas).

$$KW_p = 5 \times hp_m \times 0,8$$

$$KW_p = 4 \times hp_m.$$

Para expresarlo de otra manera, tenemos

$$KW_p = (4,56 \times hp_m) \times 0,877$$

Si la carga consta de varios motores trifásicos, el cálculo se transforma en:

$$KW_p = (3,56 \times hp_{mg} + hp_{mt}) \times 0,877. \quad \text{Donde el valor } hp_{mg} \text{ se encuentra también incluido dentro del valor de } hp_{mt}.$$

En este caso, la potencia que adicional que requiere la planta eléctrica diesel para arrancar los motores de Arranque Directo es:

$$KW_{Stm} = 3,56 \times hp_{mg} \times 0,877$$

### 10.3 Cálculo de potencia de la planta eléctrica para arrancar y alimentar motores con arranque a tensión reducida.

En esta aplicación se considera que todos los arrancadores tipo Y-D, arrancador electrónico suave o arrancador por variador de frecuencia para motores trifásicos, son tipos de arranque a tensión reducida, es decir, que el motor arranca a un 58% de su tensión nominal. Con esto se pretende que la

corriente de arranque se reduzca igualmente a un 58% de la corriente de arranque directo del motor.

Retomando el tipo de motor trifásico seleccionado (Nema código G), se tiene la siguiente expresión:

$$KVA_p = (6 \times hp_m) / (1,2 \times 3)$$

$$KVA_p = 1,66 \times hp_m$$

$$KW_p = KVA_p \times PF_p$$

$$KW_p = 1,66 \times hp_m \times PF_p$$

$$KW_p = 1,66 \times hp_m \times 0,8$$

$$KW_p = 1,33 \times hp_m \quad \text{aplica sólo para plantas trifásicas.}$$

Para expresarlo en términos del consumo eléctrico del motor trifásico, tenemos

$$KW_p = (1,52 \times hp_m) \times 0,877 \quad \text{para plantas trifásicas}$$

Si la carga consta de varios motores, el cálculo anterior se transforma en:

$$KW_p = (0,52 \times hp_{mg} + hp_{mt}) \times 0,877. \quad \text{Donde el valor } hp_{mg} \text{ se encuentra también incluido dentro del valor de } hp_{mt}.$$

En este caso, la potencia que adicional que requiere la planta eléctrica diesel para arrancar los motores con Arranque a Tensión reducida es:

$$KW_{Stm} = 0,52 \times hp_{mg} \times 0,877$$

#### 10.4 Establecer la Condición3 para dimensionamiento: contar con capacidad para soportar el arranque de motores eléctricos.

Una vez calculado el valor de potencia adicional requerida en el arranque de cada uno de los motores presentes en la Instalación Eléctrica, se establece el mayor de estos valores ( $KW_{Stm}$ ), como la potencia adicional que debe tener la planta eléctrica diesel para cumplir la condición de arranque de motores dentro de la instalación. Este valor se adiciona sobre la suma de las potencias en estado estable de los Grupos de Carga habilitados dentro de la instalación eléctrica.

$$KW_p = (P_R + P_E + P_S + P_M + P_O) + KW_{Stm}$$

Esta es la potencia de planta monofásica y trifásica para cumplir la condición3

### 11. CONDICIÓN 4 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DEL VOLTAJE GENERADO.

Esta condición debe ser evaluada para evitar que el generador eléctrico pierda control sobre su sistema de excitación para generación de voltaje y sufra algún deterioro, por efecto de las cargas capacitivas presentes en la instalación eléctrica. El generador eléctrico debe contar con la potencia suficiente (en KVA), para garantizar que el voltaje generado sea estable; lo anterior debe estar en

concordancia con la potencia reactiva capacitiva requerida por la carga. La zona de operación de la planta eléctrica diesel con estado estable en tensión se da en el rango de factor de potencia entre  $pf=0,8$  inductivo y  $pf=0,99$  capacitivo (ver bibliografía "APPLICATION MANUAL T-030", Cummins Power Generation, Pag64-65). La condición más crítica con carga capacitiva, sin perder la estabilidad en la tensión se da cuando por cada 14,1kvar capacitivos resultantes de la carga instalada, la planta eléctrica cuenta con 100kW de potencia activa. En esta aplicación, la evaluación de esta condición se hace con base en los kvar capacitivos máximos encontrados en cada fase o línea de la instalación ( $KVAR_{capFM}$ ), calculados al hacer la distribución ideal de cargas, con lo cual el cálculo de la planta eléctrica requerida para cumplir esta condición queda así:

$$KW_p = (KVAR_{capFM} \times 100 \times 2) / 14,1$$

Esta es la potencia de planta monofásica (LLN) para cumplir la condición 4.

$$KW_p = (KVAR_{capFM} \times 100 \times 3) / 14,1$$

Esta es la potencia de planta trifásica para cumplir la condición4

## 12. CONDICIÓN 5 PARA DIMENSIONAR LA PLANTA ELÉCTRICA: EVITAR RECALENTAMIENTOS O DAÑOS INTERNOS DEL ROTOR.

Esta condición debe ser evaluada para evitar que el generador eléctrico presente sobre excitaciones y recalentamientos en el bobinado del rotor, condición que se puede presentar cuando el factor de potencia de la carga es inferior a 0,8 ( $pf < 0,8$ ), lo cual ocurre por la presencia de cargas altamente inductivas (ver bibliografía "APPLICATION MANUAL T-030", Cummins Power Generation, Pag64-65). Para evaluar la condición que debe cumplir la planta eléctrica diesel, sin ingresar en la región de sobrecalentamiento del rotor, la aplicación Powerdim toma como base los kvar inductivos máximos encontrados en cada fase o línea de la instalación eléctrica ( $KVAR_{indFM}$ ), calculados al hacer la distribución ideal de cargas y aplica la siguiente tabla para calcular la potencia de la planta eléctrica, de acuerdo con el valor del factor de potencia inductivo que presente la Instalación Eléctrica.

pf Inductivo	Cálculo de planta monofásica para cumplir la condición 5
$0 \leq pf < 0,1$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 104,125$
$0,1 \leq pf < 0,2$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 102,500$
$0,2 \leq pf < 0,3$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 98,750$
$0,3 \leq pf < 0,4$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 95,825$
$0,4 \leq pf < 0,5$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 92,500$
$0,5 \leq pf < 0,6$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 88,750$
$0,6 \leq pf < 0,7$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 83,333$
$0,7 \leq pf < 0,75$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 80,000$
$0,75 \leq pf < 0,78$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 77,500$
$0,78 \leq pf < 0,8$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 2) / 76,250$

pf Inductivo	Cálculo de planta trifásica para cumplir la condición 5
$0 \leq pf < 0,1$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 104,125$
$0,1 \leq pf < 0,2$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 102,500$
$0,2 \leq pf < 0,3$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 98,750$
$0,3 \leq pf < 0,4$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 95,825$
$0,4 \leq pf < 0,5$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 92,500$
$0,5 \leq pf < 0,6$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 88,750$
$0,6 \leq pf < 0,7$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 83,333$
$0,7 \leq pf < 0,75$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 80,000$
$0,75 \leq pf < 0,78$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 77,500$
$0,78 \leq pf < 0,8$	$KW_p = (KVAR_{indFM} \times 100 \times 3) / 76,250$

## 13. ENTREGA DE RESULTADOS.

### 13.1 DIMENSION DE LA PLANTA ELÉCTRICA TRIFÁSICA.

Una vez calculadas las cinco condiciones técnicas que debe cumplir la planta eléctrica trifásica, la dimensión de la planta eléctrica diesel seleccionada será la que corresponda al mayor valor de potencia en kW y que consecuentemente le permitirá cumplir las cinco condiciones técnicas simultáneamente. Los resultados son los siguientes:

**Potencia de planta seleccionada  $KW_{p\text{sel}}$** = El mayor entre los siguientes valores:

- $KW_p$  Condición 1 (Carga adecuada para las líneas del generador).
- $KW_p$  Condición 2 (Operar en un porcentaje de carga recomendado por normas)
- $KW_p$  Condición 3 (Soportar el arranque de motores eléctricos).

- KW<sub>p</sub> Condición 4 (Garantizar la estabilidad del voltaje generado).
- KW<sub>p</sub> Condición 5 (Evitar recalentamientos y daños internos del rotor).

$$\text{Potencia Standby} = \text{KW}_{\text{psel}} \times 1,0$$

$$\underline{V_{LL \text{ nominal}}}_{\text{de planta eléctrica trifásica}} = V_{LN} \text{ (V de la instalación)} \times 2$$

Si la instalación es monofásica L-N.

$$\underline{V_{LL \text{ nominal}}}_{\text{de planta eléctrica trifásica}} = V_{LL} \text{ (V de la instalación)}$$

Si la instalación es monofásica L-L o Trifásica.

$$\underline{V_{LN \text{ nominal}}}_{\text{de planta eléctrica trifásica}} = V_{LL \text{ nominal}} / 1,732.$$

$$\underline{\text{Factor de potencia } pf}_{\text{de planta eléctrica trifásica}} = 0,8 \text{ Valor por diseño de fábrica.}$$

$$\underline{I_L \text{ nominal calculada}}_{\text{de planta eléctrica trifásica}} = \text{KW}_{\text{psel}} \times 1000 / (V_{LL} \times 1,732 \times 0,8).$$

Los datos de tensión de la planta eléctrica diesel se obtienen directamente del tipo de instalación que el usuario ha seleccionado para El Caso.

$$\text{Potencia Prime} = \text{KW}_{\text{psel}} \times 0,9.$$

$$\text{Potencia Continua} = \text{KW}_{\text{psel}} \times 0,7.$$

### 13.2 DIMENSION DE LA PLANTA ELÉCTRICA MONOFÁSICA.

Si la Instalación Eléctrica es trifásica, no aplica el uso de planta eléctrica monofásica; de lo contrario, una vez calculadas las cinco condiciones técnicas que debe cumplir la planta eléctrica monofásica, la dimensión de la planta eléctrica diesel seleccionada será la que corresponda al mayor valor de potencia en kW y que consecuentemente le permitirá cumplir las cinco condiciones técnicas simultáneamente. Los resultados son los siguientes:

**Potencia de planta seleccionada KW<sub>psel</sub>**= El mayor entre los siguientes valores:

- KW<sub>p</sub> Condición 1 (Carga adecuada para las líneas del generador).
- KW<sub>p</sub> Condición 2 (Operar en un porcentaje de carga recomendado por normas)
- KW<sub>p</sub> Condición 3 (Soportar el arranque de motores eléctricos).
- KW<sub>p</sub> Condición 4 (Garantizar la estabilidad del voltaje generador).
- KW<sub>p</sub> Condición 5 (Evitar recalentamientos y daños internos del rotor).

$$\underline{V_{LL \text{ nominal}}}_{\text{de planta eléctrica monofásica}} = V_{LN} \text{ (V de la instalación)} \times 2.$$

Si la instalación es monofásica L-N.

$V_{LL}$  nominal de planta eléctrica monofásica =  $V_{LL}$  (V de la instalación).

Si la instalación es monofásica L-L.

$V_{LN}$  nominal de planta eléctrica monofásica =  $V_{LL}$  nominal / 2,0.

Factor de potencia  $pf$  de planta eléctrica monofásica = 1,0 Valor por diseño de fábrica.

$I_L$  nominal calculada de planta eléctrica monofásica =  $KW_{pse} \times 1000 / V_{LL}$ .

Los datos de tensión se obtienen directamente del tipo de instalación que el usuario ha seleccionado para el Caso de Estudio.

#### **14. SUGERENCIAS PARA EL CÁLCULO DE LOS CABLES CONDUCTORES ENTRE PLANTA DIESEL Y LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

En el cuadro de diálogo principal de la aplicación, el usuario puede observar simultáneamente los valores de las corrientes de la instalación eléctrica y las corrientes nominales de la planta eléctrica diesel. Con base en estos valores deben aplicarse las normas técnicas y sus excepciones para sustentar el cálculo de los conductores eléctricos a instalar y conectar entre la planta eléctrica diesel y la instalación eléctrica.

#### **15. CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL.**

Para realizar el cálculo del consumo de combustible diesel, de una planta eléctrica con motor recíprocante de combustión interna de 4 tiempos, se utilizará la fórmula determinada experimentalmente por Motoplantas Bristol, así:

$$\text{Cons}_{\text{Diesel}} = \{ [(9 \times \% \text{Carga}) + 100] / 1000 \} \times [KW_p / 14]. \quad \text{Valor En gal / h.}$$

Donde las unidades son: galones / hora; 1gal = 3,785 L.

## BIBLIOGRAFÍA:

- a. ELECTRICAL MACHINERY FUNDAMENTALS, Stephen J. Chapman, pag 530,531 Copyright 1987, Editorial McGraw-Hill Inc.
- b. PLANT SELECTION CRITERIA, Technical report of Caradon company, England.
- c. GUÍA PARA CALCULAR EL DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS ELÉCTRICAS, Motoplantas Bristol. [www.bristol.la](http://www.bristol.la).
- d. CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO (NTC2050) primera actualización, Cap4, Pag 327.
- e. APPLICATION MANUAL LIQUID COOLED GENERATOR SETS - "APPLICATION MANUAL T-030", Cummins Power Generation, Pag64-65.

### Autor:

Documento elaborado por Fabián Darío Henao.

Ing. Electricista Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Matrícula Profesional AN205-3480.

Especialista en Mantenimiento industrial Universidad Eafit sede Medellín.

fabianhenao@msn.com

Medellín, Colombia.

Sep30-2021.