



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**TEMA:**

**Propuesta de instalación y operación de grupos electrógenos para evitar pérdidas  
de generación de potencia eléctrica, aplicando norma ISO 8528**

**AUTOR:**

**Riera Chanaluisa, José Cristóbal**

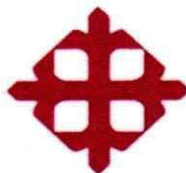
**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**TUTOR:**

**Ing. Bohorquez Escobar Celso Bayardo, Mgs.**

**Guayaquil, Ecuador**

**14 de febrero del 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

### CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por, como requerimiento para la obtención de Título de **Ingeniería en Eléctrico Mecánica**.

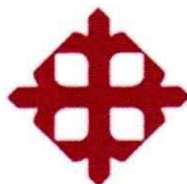
TUTOR

ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR MGS.

DIRECTOR DE CARRERA

ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR MGS.

Guayaquil, a los 14 días de febrero del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

### DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, RIERA CHANALUISA, JOSÉ CRISTÓBAL

#### DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **PROPUESTA DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE GRUPOS ELECTRÓGENOS PARA EVITAR PÉRDIDAS DE GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA, APLICANDO NORMA ISO 8528**, previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecutivamente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

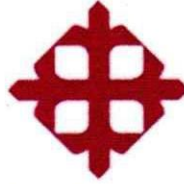
Guayaquil, a los 14 días de febrero del año 2023

EL AUTOR

*Chanaluiza*

---

RIERA CHANALUISA, JOSÉ CRISTÓBAL



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

### AUTORIZACIÓN

Yo, RIERA CHANALUISA, JOSÉ CRISTÓBAL

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación **PROPUESTA DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE GRUPOS ELECTRÓGENOS PARA EVITAR PÉRDIDAS DE GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA, APLICANDO NORMA ISO 8528**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 días de febrero del año 2023

EL AUTOR

*Cristóbal Riera*

---

RIERA CHANALUISA, JOSÉ CRISTÓBAL

## REPORTE URKUND

### Document Information

Analyzed document	TESIS RIERA 23 enero 2023 FINAL CORREGUIDA.docx (D158118344)
Submitted	2023-02-08 03:39:00
Submitted by	
Submitter email	efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com

### Sources included in the report

SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / TESIS RIERA FINAL- CORREGIDA 06 SEP.22.docx	 2
	Document TESIS RIERA FINAL- CORREGIDA 06 SEP.22.docx (D143738270)	
	Submitted by: efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec	
	Receiver: efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com	

Reporte Urkund del trabajo de titulación en ingeniería Eléctrico Mecánica denominado: **PROPUESTA DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE GRUPOS ELECTRÓGENOS PARA EVITAR PÉRDIDAS DE GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA, APLICANDO NORMA ISO 8528** perteneciente al estudiante. **RIERA CHANALUISA, JOSÉ CRISTÓBAL** Una vez efectuado el análisis anti-plagio el resultado indica 0 % de coincidencias.

Atentamente, Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar Mgs.  
Revisor



## **AGRADECIMIENTO**

Cerrando un ciclo de vida agradezco a DIOS todo poderoso que con su infinita bendición me ha permitido llegar hasta este día sin el nada es posible. Ya que ha puesto en mi camino a personas valiosas en el momento exacto.

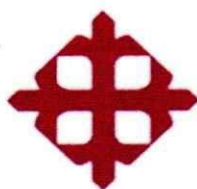
A la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

El Autor

## **DEDICATORIA**

A mis padres, dedico este trabajo de titulación a ellos. También a mi esposa por su comprensión y apoyo para culminar este trabajo de titulación.

El Autor



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

ING. FRANCO RODRIGUEZ, JOHN ELOY PH. D  
DECANO

---

ING. CELSO BAYARDO, BOHORQUEZ ESCOBAR MGS.  
COORDINADOR DE TITULACIÓN

---

ING. HIDALGO AGUILAR, JAIME RAFAEL MGS.  
OPONENTE



## ÍNDICE GENERAL

REPORTE URKUND .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS .....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT .....	XVI
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	2
1.1 Introducción .....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	3
1.3 Justificación .....	3
1.4. Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	4
1.6 Metodología.....	4
CAPÍTULO 2: GENERADORES ELÉCTRICOS .....	6
2.1 Componentes principales de un generador. ....	6
2.2 Motor.....	6
2.3 Alternador .....	8
2.4 Tanque de combustible .....	9
2.5 Regulador de voltaje .....	10
2.6 Sistema de enfriamiento y escape.....	12
2.7 Sistema de lubricación.....	14
2.8 Cargador de batería .....	14
2.9 Panel de control.....	14
2.10 Ensamblaje principal.....	15
2.11 Tipos de grupos electrógenos.....	16
2.11.1 Respaldo de emergencia (Stand By).....	16
2.11.2 Jornada Laboral / Horas Punta (Prime) .....	16
2.12 Clasificación grupos electrógenos.....	17
2.13 Capacidad nominal del generador.....	18
2.13.1 Límites de mapeo del generador.....	20

2.14 Impacto de las condiciones del sitio o lugar .....	21
2.14.1 Altitud.....	22
2.14.3 Atmósferas corrosivas .....	23
2.14.3 Humedad.....	23
2.14.4 Polvo .....	23
2.15 Respuesta transitoria .....	23
2.15.1 Criterio de dimensionamiento .....	24
2.15.2 Arranque de motores.....	25
2.15.3 Carga en bloque.....	27
2.16 Estándares de respuesta transitoria.....	28
2.17 Criterio de sistema de aire .....	29
2.18. Carga de bloque y capacidad transitoria.....	30
2.18.4 Interacción del sistema .....	31
2.18.4.1 Reguladores de voltaje.....	32
2.18.4.2 Regulador de voltaje digital .....	34
2.19 Medición de vibraciones.....	34
2.19.1 Límites de vibración.....	36
2.19.2 Vibración lineal .....	36
2.19 Aislamiento.....	40
2.19.1 Ubicación de aislamiento.....	40
2.19.2 Métodos de aislamiento .....	42
2.19.3 Aisladores de Goma .....	44
2.19.4 Aisladores de resorte.....	44
<b>CAPÍTULO 3: LA NORMA ISO 8528 Y SOFTWARE PARA DIMENSIONAR</b>	
<b>GRUPOS ELECRÓGENOS.....</b>	<b>46</b>
3.1 ISO 8528-1 .....	47
3.1.1 Potencia de operación continua (COP).....	47
3.1.2. Potencia de arranque principal (PRP).....	47
3.1.3. Potencia de funcionamiento por tiempo limitado (LTP) .....	47
3.2 Dimensionamiento de grupo eléctrico.....	47
3.3 SpecSizer para dimensionar grupo eléctrico.....	48
3.3.1 Parámetros de Funcionamiento.....	49
<b>CAPÍTULO 4: OPERACIÓN DEL GENERADOR ELÉCTRICO APLICANDO</b>	
<b>NORMA ISO 8528-5.....</b>	<b>59</b>

4.1 Sistema de arranque del motor.....	59
4.2 Tipos de sistemas de arranque.....	59
4.2.1 Función del sistema de arranque.....	60
4.2.1.1 Par de ruptura.....	60
4.2.2 Par de arranque.....	61
4.2.3 Terminación de arranque.....	62
4.2.3.1 Exceso de velocidad del motor de arranque .....	62
4.2.3.2 Variables que afectan la duración del arranque del motor y el par de arranque .....	63
4.2.4 Requisitos mínimos para el dimensionamiento del equipo de soporte	63
4.2.4.1 Temperatura del aceite.....	64
4.2.4.2 Temperatura del aire.....	64
4.2.5 Arranque Eléctrico.....	65
4.2.6 Tipos de batería.....	66
4.2.6.1 Tamaño y temperatura de la batería.....	67
4.2.6.2 Tamaño del cable de la batería (resistencia máxima permitida)	68
4.2.6.3 Cargadores.....	70
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
5.1 Conclusiones.....	72
5.2 Recomendaciones.....	73
Fuentes consultadas.....	75
Glosario.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2:

Figura 2.1 Generador Caterpillar 2200kw con motor.....	7
Figura 2.2 Alternador de generador Caterpillar DE9.5E3 9.5kVA.....	8
Figura 2.3 Tanque de combustible.....	9
Figura 2.4 Sistema de escape de grupo electrógeno.....	13
Figura 2.5 Panel de control.....	15
Figura 2.6 Mapa del generador para el generador de polos salientes.....	20
Figura 2.7 Tiempo de recuperación de velocidad.....	24
Figura 2.8 Caracterizaciones de respuesta transitoria.....	25
Figura 2.9 Puntos de medición de vibraciones.....	36
Figura 2.10 Sistema masa-resorte.....	37
Figura 2.11 Ilustración de un período.....	37
Figura 2.12 Desplazamiento de pico a pico.....	39
Figura 2.13 Referencias para distancias.....	41
Figura 2.14 Determinación de la ubicación del aislador.....	41
Figura 2.15 Gráfico de transmisibilidad.....	42
Figura 2.16 Gráfica de vibraciones básicas.....	43
Figura 2.17 Soporte de tramos de tubería.....	43
Figura 2.18 Aislador de vibraciones.....	44

### CAPÍTULO 3:

Figura 3.1 Parámetro para dimensionar grupo electrógeno.....	51
Figura 3.2 Visualización de definiciones para parametrizar el dimensionamiento.....	53
Figura 3.3 Selección de requerimiento en software Electric Power SpecSizer.....	53
Figura 3.4 Análisis de carga para un grupo electrógeno con SpecSizer.....	55

### CAPÍTULO 4:

Figura 4.1 Ubicación de la batería.....	65
Figura 4.2 Ejemplo.....	69
Figura 4.3 Dimensionamiento de cables.....	70

Figura 4.4 Puesta a tierra de un generador de media-gran potencia (50-700 KVA)..... 71

## **INDICE DE TABLAS**

### **CAPÍTULO 2:**

Tabla 2. 1 Clase vs Ascenso de temperatura .....	19
Tabla 2.2 Muestra de información técnica comercial.....	22
Tabla 2.3 Mayores fluctuaciones de voltaje permitidas con sistemas de energía de emergencia .....	26
Tabla 2.4 Clase de rendimiento y sus criterios y ejemplos de aplicación.....	28
Tabla 2.5 Porcentajes de Frecuencia y Voltaje según clase de rendimiento	29

### **CAPÍTULO 4:**

Tabla 4.1 Rendimiento de ruptura del arranque eléctrico, gasolina.....	60
Tabla 4.2 Torques de arranque y arranque del motor, gasolina.....	61
Tabla 4.3 Rendimiento del arrancador eléctrico, gas .....	62
Tabla 4.4 Recomendaciones de baterías para motores diésel Caterpillar ....	65
Tabla 4.5 Recomendaciones de baterías para motores de gasolina Caterpillar. .....	66
Tabla 4.6 Temperatura vs salida .....	67
Tabla 4.7 Rendimiento de la batería .....	67
Tabla 4. 8 Resistencia máxima permitida .....	68
Tabla 4. 9 Longitud total máxima recomendada del cable de la batería.....	69

## **RESUMEN**

El presente trabajo tuvo como objetivo principal solucionar pérdidas de potencia eléctrica en los sistemas que requiere la activación de un grupo electrógeno, este aspecto puede variar según el lugar y aplicación donde este va a operar. Se aborda un mecanismo de instalación y mantenimiento de grupos electrógenos para de esta manera evitar pérdidas en la producción o generación de energía eléctrica. La metodología utilizada emplea tres métodos; bibliográfico porque se revisa manuales y guía técnicas del funcionamiento de grupos electrógenos. Es tipo descriptivo porque se detalla la generación y operación del motor y generador para solventar escenarios de suspensión de la energía eléctrica dada por la empresa distribuidora. Finalmente es de tipo analítico sintético por que plantea un mecanismo dimensionamiento con un software de Caterpillar. La contribución de este trabajo de titulación es la propuesta de criterios en instalación de grupos electrógenos para evitar pérdidas de producción en las industrias por daños graves en los equipos de generación.

**PALABRAS CLAVES:** Dimensionamiento, motor, generador, ISO 8528, Grupo electrógeno, Caterpillar

## **ABSTRACT**

The main objective of this work is to solve electrical power losses in systems that require the activation of a generator set, this aspect may vary depending on the place and application where it is going to operate. A mechanism for the installation and maintenance of generator sets is addressed to avoid losses in the production or generation of electrical energy. The methodology used employs three methods; bibliographic because manuals and technical guides on the operation of generator sets are reviewed. It is a descriptive type because it details the generation and operation of the motor and generator to solve scenarios of suspension of electrical energy given by the distribution company. Finally, it is of a synthetic analytical type because it proposes a sizing mechanism with Caterpillar software. The contribution of this titling work is the proposal of criteria in the installation of generator sets to avoid production losses in industries due to serious damage to generation equipment.

**KEY WORDS:** Sizing, Engine, Generator, ISO 8528, Generator set, SpecSizer



# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **1.1 Introducción**

En las instalaciones industriales, sean estas fábricas o industrias de tamaño mediano o grande es fundamental contar con sistemas de generación eléctrica cuando falla la electricidad que viene de la red eléctrica pública. Es este último aspecto se toma en cuenta la calidad de la energía, desde variaciones de voltajes o en su defecto la suspensión de fluido eléctrico. En este contexto los generadores de potencia eléctrica son máquinas que suministran la energía eléctrica durante un corte de energía y evitan la interrupción de las actividades diarias o la interrupción de las operaciones comerciales. Los generadores Están disponibles en diferentes configuraciones eléctricas y físicas, de acuerdo con las necesidades de las empresas.

Un generador eléctrico es un dispositivo que convierte la energía mecánica obtenida de una fuente externa en energía eléctrica como salida. Es importante comprender que un generador en realidad no "crea" energía eléctrica. En cambio, utiliza la energía mecánica que se le suministra para forzar el movimiento de las cargas eléctricas presentes en el alambre de sus devanados a través de un circuito eléctrico externo. Este flujo de cargas eléctricas constituye la corriente eléctrica de salida suministrada por el generador. Este mecanismo puede entenderse considerando que el generador es análogo a una bomba de agua, que provoca el flujo de agua, pero en realidad no "crea" el agua que fluye a través de ella. (Blog Eléctrico, 2022).

El generador moderno funciona según el principio de inducción electromagnética. Aquí, el flujo anterior de cargas eléctricas podría inducirse moviendo un conductor eléctrico, como un cable que contiene cargas eléctricas, en un campo magnético. Este movimiento crea una diferencia de voltaje entre los dos extremos del cable o conductor eléctrico, que a su vez

hace que fluyan las cargas eléctricas, generando así corriente eléctrica. Según Garavito (2018).

En ese contexto los generadores de potencia eléctrica son útiles debido a que suministran la energía eléctrica durante cortes de energía y evitan la interrupción de las actividades diarias y las interrupciones de las operaciones comerciales. Sin embargo, se reconocen escenarios en el cual el generador no produce corriente, arranca bien funciona como que envía corriente y se para, tarda unos segundos vuelve, al intento de producir corriente. pero no es posible ofrecer corriente. Otro caso común el generador funcionaba bien, y de pronto dejo de encender de manera automática, no tiene códigos en la pantalla, se corta la energía y no enciende el generador de manera automática, pareciera no estar recibiendo la señal cuando la energía se corta. O en ciertos casos arranca normal y luego se apaga a minutos del encendido, puede aparecer anomalías como emanación de humo por el tubo de escape.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La incorrecta instalación de los grupos electrógenos produce daños graves o pérdidas totales de los mismos, por lo cual la producción de una industria se ve afectada por la paralización de máquinas eléctrica de un proceso industrial, esto se manifiesta como pérdidas económicas o falta de eficiencia en la producción ante suspensión de la energía eléctrica.

## **1.3 Justificación**

Implementar una instalación de grupos electrógenos con mecanismos para evitar pérdidas graves por daños parciales o totales del mismo, e incluso con cumplimiento de normativas, representa evitar pérdidas económicas. Los grupos electrógenos además deben cumplir con las normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, Society of Automotive Engineers). Así la norma ISO 8528 para el grupo electrógeno.

#### **1.4. Objetivo General**

Efectuar la propuesta de dimensionamiento de grupos electrógenos en base a manejo de software técnico para evitar pérdidas de la producción en las industrias.

#### **1.5 Objetivos Específicos**

1. Describir la operación de grupos electrógenos en la generación de electricidad.
2. Especificar características del estándar ISO 8528 para los grupos electrógenos.
3. Determinar instalación y operación de grupos electrógenos con software SpecSizer para evitar pérdidas en la generación de energía eléctrica.

#### **1.6 Metodología**

El tipo de investigación utilizado en este trabajo es; bibliográfica porque constituye una etapa fundamental de todo proyecto de investigación y debe garantizar la obtención de la información más relevante en el campo de estudio, de un universo de documentos que puede ser muy extenso (Gómez, Navas, Aponte, & Betancourt, 2017). Por consiguiente, se efectúa la gestión de información de sobre generadores eléctricos en bibliotecas digitales y revisión de documentación técnica en manuales sobre puesta en marcha de grupos electrógenos.

Es también descriptiva por cuanto se desea representar en todos sus componentes principales, una realidad. Se encarga de puntualizar las características de la población que está estudiando (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020). Con esta metodología se busca especificar las características de grupos electrógenos según el desempeño. Finalmente, el método analítico sintético ya que estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis) y luego se integran dichas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis) de tal manera se podrá esquematizar la correcta

instalación y mantenimiento de grupos electrógenos, y sintetizar buenas prácticas para evitar pérdidas de la generación de potencia eléctrica (Instituto Tecnológico de Tijuana, 2019).

## **CAPÍTULO 2**

### **GENERADORES ELÉCTRICOS**

#### **2.1 Componentes principales de un generador.**

Los componentes principales de un generador eléctrico se pueden clasificar en términos generales de la siguiente manera:

- Motor
- Alternador
- Sistema de combustible
- Regulador de voltaje
- Sistemas de enfriamiento y escape
- Sistema de lubricación
- Cargador de batería
- Panel de control
- Ensamblaje principal/marco

A continuación, se proporciona una descripción de los componentes principales de un generador.

#### **2.2 Motor**

El motor es la fuente de energía mecánica de entrada al generador. El tamaño del motor es directamente proporcional a la potencia máxima que puede suministrar el generador. Hay varios factores que debe tener en cuenta al evaluar el motor de su generador. Se debe consultar al fabricante del motor para obtener las especificaciones completas de funcionamiento del motor y los programas de mantenimiento. (EACSA, 2017)

- a) Tipo de combustible utilizado: los motores del generador funcionan con una variedad de combustibles, como Diesel, gasolina, propano (en forma licuada o gaseosa) o gas natural. Los motores más pequeños generalmente funcionan con gasolina, mientras que los motores más grandes funcionan con diésel, propano líquido, gas propano o gas natural. Ciertos motores también pueden operar con una alimentación

dual de Diesel y gas en un modo de operación bicomcombustible. Véase en la Figura 2.1 el motor de un generador eléctrico a Diesel.

**Figura 2.1**  
*Generador Caterpillar 2200kw con motor*



Fuente: (CAT, 2018)

b) Motores con válvulas en cabeza (OHV) versus motores que no son OHV: los motores OHV se diferencian de otros motores en que las válvulas de admisión y escape del motor están ubicadas en la cabeza del cilindro del motor en lugar de estar montadas en el bloque del motor. Los motores OHV tienen varias ventajas sobre otros motores, tales como:

- Diseño compacto
- Mecanismo de operación más simple
- Durabilidad
- Fácil de usar en las operaciones
- Bajo nivel de ruido durante las operaciones
- Bajos niveles de emisión

c) Manguito de hierro fundido (CIS) en el cilindro del motor: el CIS es un revestimiento en el cilindro del motor. Reduce el desgaste y garantiza la durabilidad del motor. La mayoría de los motores OHV están equipados con CIS, pero es esencial verificar esta característica en el motor de un generador. El CIS no es una característica costosa, pero

juega un papel importante en la durabilidad del motor, especialmente si necesita usar su generador con frecuencia o por períodos prolongados.

### 2.3 Alternador

El alternador, también conocido como 'genhead', es la parte del generador que produce la salida eléctrica a partir de la entrada mecánica suministrada por el motor. Contiene un conjunto de partes estacionarias y móviles encerradas en una carcasa. Los componentes trabajan juntos para provocar un movimiento relativo entre los campos magnético y eléctrico, que a su vez genera electricidad. Véase en Figura 2.2 el alternador de un grupo electrógeno CAT.

**Figura 2.2**  
*Alternador de generador Caterpillar DE9.5E3 9.5kVA*



Fuente: (CAT, 2019)

- a) Estator: este es el componente estacionario. Contiene un conjunto de conductores eléctricos enrollados en bobinas sobre un núcleo de hierro.
- b) Rotor / Armadura: este es el componente móvil que produce un campo magnético giratorio en cualquiera de las tres formas siguientes:
  1. Por inducción: se conocen como alternadores sin escobillas y generalmente se usan en generadores grandes.
  2. Por imanes permanentes: esto es común en pequeñas unidades de alternador.

3. Mediante el uso de un excitador: un excitador es una pequeña fuente de corriente continua (CC) que energiza el rotor a través de un conjunto de escobillas y anillos deslizantes conductores.

El rotor genera un campo magnético en movimiento alrededor del estator, que induce una diferencia de tensión entre los devanados del estator. Esto produce la salida de corriente alterna (CA) del generador.

Los siguientes son los factores que debe tener en cuenta al evaluar el alternador de un generador:

- a) Carcasa de metal versus carcasa de plástico: un diseño totalmente metálico garantiza la durabilidad del alternador. Las carcasas de plástico se deforman con el tiempo y hacen que las partes móviles del alternador queden expuestas. Esto aumenta el desgaste y, lo que es más importante, es peligroso para el usuario.
- b) Cojinetes de bolas versus cojinetes de agujas: se prefieren los cojinetes de bolas y duran más.
- c) Diseño sin escobillas: un alternador que no usa escobillas requiere menos mantenimiento y también produce energía más limpia.

## 2.4 Tanque de combustible

El tanque de combustible generalmente tiene capacidad suficiente para mantener el generador en funcionamiento durante un promedio de 6 a 8 horas.

**Figura 2.3**  
*Tanque de combustible*



Fuente: (Genesal Energy, 2018)



En el caso de unidades generadoras pequeñas, el tanque de combustible es parte de la base del patín del generador o está montado sobre la estructura del generador. Para aplicaciones comerciales, puede ser necesario erigir e instalar un tanque de combustible externo. Las características comunes del sistema de combustible incluyen lo siguiente:

- a) Conexión de tubería del tanque de combustible al motor: la línea de suministro dirige el combustible del tanque al motor y la línea de retorno dirige el combustible del motor al tanque.
- b) Tubería de ventilación para el tanque de combustible: el tanque de combustible tiene una tubería de ventilación para evitar la acumulación de presión o vacío durante el llenado y drenaje del tanque. Cuando llene el tanque de combustible, asegúrese de que haya contacto metal con metal entre la boquilla de llenado y el tanque de combustible para evitar chispas. (Perkins, 2018)
- c) Conexión de desbordamiento del tanque de combustible a la tubería de drenaje: esto es necesario para que cualquier desbordamiento durante el llenado del tanque no provoque un derrame del líquido en el grupo electrógeno.
- d) Bomba de combustible: transfiere el combustible del tanque de almacenamiento principal al tanque diario.
- e) Separador de agua y combustible/filtro de combustible: separa el agua y las materias extrañas del combustible líquido para proteger otros componentes del generador de la corrosión y la contaminación.
- f) Inyector de combustible: atomiza el combustible líquido y rocía la cantidad requerida de combustible en la cámara de combustión del motor.

## **2.5 Regulador de voltaje**

Este dispositivo entrega un voltaje regulado a los elementos que están en su carga. Como su nombre lo indica, este componente regula el voltaje de salida del generador. El mecanismo se describe a continuación contra cada componente que juega un papel en el proceso cíclico de regulación de voltaje (Rodríguez, 2018).

- 1) Regulador de voltaje: conversión de voltaje de CA a corriente de CC: el regulador de voltaje toma una pequeña porción de la salida de voltaje de CA del generador y la convierte en corriente de CC. Luego, el regulador de voltaje alimenta esta corriente continua a un conjunto de devanados secundarios en el estator, conocidos como devanados de excitación.
- 2) Devanados del excitador: conversión de corriente CC a corriente CA: los devanados del excitador ahora funcionan de manera similar a los devanados del estator primario y generan una pequeña corriente CA. Los devanados del excitador están conectados a unidades conocidas como rectificadores giratorios.
- 3) Rectificadores giratorios: conversión de corriente CA a corriente CC: rectifican la corriente CA generada por los devanados del excitador y la convierten en corriente CC. Esta corriente CC se alimenta al rotor/inducido para crear un campo electromagnético además del campo magnético giratorio del rotor/inducido.
- 4) Rotor / Armadura: Conversión de corriente CC a voltaje CA: el rotor / armadura ahora induce un voltaje CA mayor a través de los devanados del estator, que el generador ahora produce como un voltaje CA de salida mayor (Alerce, 2017).

Este ciclo continúa hasta que el generador comienza a producir un voltaje de salida equivalente a su capacidad operativa total. A medida que aumenta la salida del generador, el regulador de voltaje produce menos corriente continua. Una vez que el generador alcanza su capacidad operativa total, el regulador de voltaje alcanza un estado de equilibrio y produce la corriente continua suficiente para mantener la salida del generador a su nivel operativo completo (Tonato, 2020).

Cuando agrega una carga a un generador, su voltaje de salida cae un poco. Esto hace que el regulador de voltaje entre en acción y comienza el ciclo anterior. El ciclo continúa hasta que la salida del generador alcanza su capacidad operativa total original (Fundación Endesa, 2022).

## **2.6 Sistema de enfriamiento y escape**

El sistema de enfriamiento o refrigeración es fundamental como todos los parámetros de temperaturas y presiones para garantizar el correcto funcionamiento de todo el sistema. Es una de las partes más importantes del equipo. De su buen estado depende que todo el sistema mecánico vaya y trabaje de la forma correcta. Esto es así por una razón muy sencilla: los grupos electrógenos son máquinas que tienen un motor que funciona por combustión, con gasolina o con diésel, o lo que es lo mismo, generan calor cuando funcionan. Si todo este proceso no se refrigera como es debido, esto repercute directamente en la salud y la mecánica del grupo (Agresa, 2021).

El uso continuo del generador hace que sus diversos componentes se calienten. Es imprescindible disponer de un sistema de refrigeración y ventilación para retirar el calor producido en el proceso. El agua cruda/dulce a veces se usa como refrigerante para los generadores, pero estos se limitan principalmente a situaciones específicas, como pequeños generadores en aplicaciones urbanas o unidades muy grandes de más de 2.250 kW y más. El hidrógeno se usa a veces como refrigerante para los devanados del estator de grandes unidades generadoras, ya que es más eficiente para absorber calor que otros refrigerantes. El hidrógeno extrae el calor del generador y lo transfiere a través de un intercambiador de calor a un circuito de refrigeración secundario que contiene agua desmineralizada como refrigerante. Esta es la razón por la que los generadores muy grandes y las centrales eléctricas pequeñas suelen tener grandes torres de refrigeración al lado. Para todas las demás aplicaciones comunes, tanto residenciales como industriales, se monta un radiador y un ventilador estándar en el generador y funciona como el principal (Copper Development Association Inc., 2019).

Es esencial verificar diariamente los niveles de refrigerante del generador. El sistema de refrigeración y la bomba de agua sin tratar deben enjuagarse cada 600 horas y el intercambiador de calor debe limpiarse cada 2.400 horas de funcionamiento del generador. El generador debe colocarse en un área abierta y ventilada que tenga un suministro adecuado de aire fresco. El Código Eléctrico Nacional (NEC) exige que se permita un espacio

mínimo de 3 pies en todos los lados del generador para garantizar el libre flujo de aire de refrigeración. En la Figura 2.4 se muestra el sistema de escape de un generador eléctrico (Copper Development Association Inc., 2019).

**Figura 2.4**  
*Sistema de escape de grupo electrógeno*



Fuente: (Copper Development Association Inc., 2019)

En el Sistema de escape los gases de escape emitidos por un generador son como los gases de escape de cualquier otro motor Diesel o de gasolina y contienen sustancias químicas altamente tóxicas que deben manejarse adecuadamente. Por lo tanto, es esencial instalar un sistema de escape adecuado para eliminar los gases de escape. Este punto no se puede enfatizar lo suficiente ya que el envenenamiento por monóxido de carbono sigue siendo una de las causas más comunes de muerte en las áreas afectadas por huracanes porque la gente tiende a ni siquiera pensar en ello hasta que es demasiado tarde (Copper Development Association Inc., 2019).

Los tubos de salida de gases suelen estar hechos de hierro fundido, hierro forjado o acero. Estos deben ser independientes y no deben estar soportados por el motor del generador. Generalmente se conectan al motor mediante conectores flexibles para minimizar las vibraciones y evitar daños en el sistema de escape del generador. El tubo de escape termina en el exterior y se aleja de las puertas, ventanas y otras aberturas de la casa o

edificio. Debe asegurarse de que el sistema de escape de su generador no esté conectado al de ningún otro equipo. También debe consultar las ordenanzas locales de la ciudad para determinar si la operación de su generador necesitará obtener una aprobación de las autoridades locales para asegurarse de que cumple con las leyes locales para protegerse contra multas y otras sanciones (Copper Development Association Inc., 2019).

## **2.7 Sistema de lubricación**

Dado que el generador consta de piezas móviles en su motor, requiere lubricación para garantizar la durabilidad y el buen funcionamiento durante un largo período de tiempo. El motor del generador se lubrica con aceite almacenado en una bomba. Debe comprobar el nivel de aceite lubricante cada 8 horas de funcionamiento del generador. También debe comprobar si hay fugas de lubricante y cambiar el aceite lubricante cada 500 horas de funcionamiento del generador. (Mas ferretería, 2018).

## **2.8 Cargador de batería**

La función principal de un generador funciona con batería. El cargador de batería mantiene cargada la batería del generador al suministrarle un voltaje de "flotación" preciso. Si el voltaje de flotación es muy bajo, la batería permanecerá con poca carga. Si el voltaje de flotación es muy alto, acortará la vida útil de la batería. Los cargadores de batería suelen estar hechos de acero inoxidable para evitar la corrosión. También son completamente automáticos y no requieren que se realice ningún ajuste ni que se cambie ninguna configuración. El voltaje de salida de CC del cargador de batería se establece en 2.33 voltios por celda, que es el voltaje de flotación preciso para las baterías de plomo ácido. El cargador de batería tiene una salida de voltaje de CC aislada que interfiere con el funcionamiento normal del generador (Arrequip, 2019).

## **2.9 Panel de control**

Esta es la interfaz de usuario del generador y contiene provisiones para tomas de corriente y controles. El siguiente artículo proporciona más detalles sobre el panel de control del generador. Diferentes fabricantes tienen variadas

características para ofrecer en los paneles de control de sus unidades. Algunos de estos se mencionan a continuación.

- 1) Arranque y apagado eléctrico: los paneles de control de arranque automático encienden automáticamente su generador durante un corte de energía, monitorean el generador mientras está en funcionamiento y apagan automáticamente la unidad cuando ya no se necesita. Véase en la Figura 2.5 el panel de control de un grupo electrógeno.
- 2) Indicadores del motor: diferentes indicadores indican parámetros importantes como la presión del aceite, la temperatura del refrigerante, el voltaje de la batería, la velocidad de rotación del motor y la duración de la operación. La medición y el monitoreo constantes de estos parámetros permiten el apagado integrado del generador cuando cualquiera de esta cruza sus respectivos niveles de umbral.
- 3) Medidores del generador: el panel de control también tiene medidores para medir la corriente y el voltaje de salida, y la frecuencia de operación.
- 4) Otros controles: interruptor selector de fase, interruptor de frecuencia e interruptor de control del motor (modo manual, modo automático), entre otras.

**Figura 2.5**  
*Panel de control*



Fuente: (Jufend Power, 2021)

## 2.10 Ensamblaje principal

Todos los generadores, portátiles o estacionarios, tienen carcasas personalizadas que brindan un soporte de base estructural. El marco también permite que lo generado se conecte a tierra por seguridad (Garavito, 2018).

## **2.11 Tipos de grupos electrógenos**

El uso de grupos electrógenos es bastante amplio, y se aplica fundamentalmente como una alternativa a la generación de electricidad con la red eléctrica pública. Un grupo electrógeno se refiere a un equipo que tiene como función principal transformar la llamada capacidad calorífica aportada por el combustible en energía mecánica a la salida del eje del cigüeñal del motor y luego en energía eléctrica. De forma sucinta, consiste en un motor y un alternador que están acoplados e insertan en una base con otros elementos. Así, se tiene tres aplicaciones genéricas que pueden definirse como (Garavito, 2018).

### **2.11.1 Respaldo de emergencia (Stand By)**

Este tipo de grupo electrógeno se lo destina para emergencia o en modo Stand By, son los grupos que se manipulan, sólo para uso muy corto, porque la energía principal se ha ido por algún motivo:

- Tiempo uso máximo 50-200 horas.
- Para Industrias pequeñas, negocios, casa, edificios, eventos entre otras.
- Pueden ser alimentados a Gasolina.
- Cargas bajas, medias (no requieren alimentar tanto equipo)

En el momento que la energía principal llegue, dejarán de funcionar, corresponde al uso de Grupos Electrógenos ante cortes inesperados de energía (Garavito, 2018).

### **2.11.2 Jornada Laboral / Horas Punta (Prime)**

Corresponde al uso de grupos electrógenos para trabajar durante la jornada laboral. Así se circunscribe al grupo electrógeno de Potencia Principal, este grupo se utiliza como fuente principal de energía, se le llama también Prime Power. Tiempo de uso en horas ilimitado:

- Carga variable que no puede superar las 25 horas de sobrecarga al Año.
- Para grandes Plantas Industriales, Minas, Obras, Trituradoras, perforadoras de pozo.

- Combustible de tipo Diésel o Gasoil por ser más económico.

Fuente Única (Full Prime), corresponde al uso del grupo electrógeno como única fuente de energía. Este equipo hace la misma función del principal, sólo que sí permanece todo el tiempo en uso, debido a que hay operaciones que jamás se pueden apagar. Se le llama también Continuous Power. Tiempo de uso en horas: Ilimitado (Garavito, 2018).

- Carga fija ya que se calcula al inicio de la operación
- Potencia generalmente a alimentar de uno 80 % – 100 %, mientras que la de Potencia Principal no debe exceder el 70 %
- Se utiliza para estaciones de bombeo de agua, carga base en una central eléctrica, entre otras.

## 2.12 Clasificación grupos electrógenos

Los grupos electrógenos tienen también características especiales según algunas marcas. Así, se tiene los dos siguientes grupos:

- a) **Portátiles:** Están destinados para trabajar en faena o en aplicaciones domésticas. Tienen limitación en las horas de funcionamiento continuo, por no contar con sistema de enfriamiento.
- b) **Estacionarios:** Están destinados a trabajar en faena o como respaldo de procesos productivos. No tienen limitación de horas de funcionamiento continuo (Sánchez, 2014).

Estos últimos, son los que tienen una mayor aplicación industrial, ya que, obligatoriamente, cumplen con la posibilidad de operar de manera continua, gracias a su sistema de enfriamiento autónomo, apoyado en el radiador tropicalizado, permitiendo así utilizarlos en aplicaciones de alta demanda de energía eléctrica. Desde el aspecto comercial, las alternativas se basan en que:

- Sean Abiertos, un poco más económicos y con un nivel de ruido más alto
- Sean Insonorizados, que son equipos cerrados más costosos, pero con un nivel de ruido muy aceptable.



- Son generalmente cabinados (insertos dentro de un gabinete o cabina) y no emiten ruido.

Siguiendo con la clasificación, los Grupos Electrógenos:

- Se consiguen de tipo Diésel o Gasoil, Gas Propano, Gas Butano, entre otras, que dependerá del uso, es decir, si son de uso continuo se buscará que utilicen combustibles más económicos.
- Pueden ser Monofásicos<sup>3</sup> de 1 Fase más neutro, o Trifásico<sup>4</sup> de 3 Fases más neutro. Los Grupos Electrógenos son clasificados técnica y comercialmente de acuerdo con la aplicación requerida (Sánchez, 2014).

### **2.13 Capacidad nominal del generador**

Los grupos electrógenos están limitados en sus valores nominales por las condiciones y aplicaciones tanto del generador como del motor. Los valores nominales del generador suelen estar restringidos térmicamente. Están condicionados por la cantidad de calor interno que se crea y la cantidad que luego se disipa. Una definición más precisa es el aumento de la temperatura del devanado por encima de la temperatura ambiente. En otras palabras, algo de calor se retiene dentro de la unidad, elevando la temperatura de la unidad (Sánchez, 2014).

Los valores nominales del generador se basan en un rango de "aumento de temperatura" de los generadores. Fuera de los Estados Unidos, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) tiene límites en el aumento de temperatura para los generadores Normalmente en el estátor como en el rotor existen devanados hechos con conductores de cobre por los que circulan corrientes suministradas o cedidas a un circuito exterior que constituye el sistema eléctrico. Uno de los devanados crea un flujo en el entre hierro. y se denomina inductor, el otro devanado recibe el flujo del primero y se denomina inducido (Sánchez, 2014).

El incremento de temperatura es el aumento térmico del devanado del estator por encima de la temperatura ambiente. Este aumento de temperatura se produce por el flujo de corriente en los devanados y las pérdidas internas

que se producen en la máquina durante su funcionamiento. Las clases más comunes de generadores son las clases "F" y "H". Para todas las clases, NEMA (National Electrical Manufacturers Association) asume el funcionamiento a una temperatura ambiente de 40 °C o inferior. Los límites de aumento de temperatura también permiten un margen de 10 °C para los puntos calientes. Un lugar caliente es el punto en los devanados del estator con la temperatura más alta, como se observa en la Tabla 2.1 (Tonato, 2020).

*Tabla 2. 1  
Clase vs Ascenso de temperatura*

<b>Clase de Generador</b>	<b>Aumento de la temperatura</b>	<b>Calificación del grupo electrógeno</b>
F	80	Continuo
F	105	Principal
H	125	Principal
F	130	En espera
H	150	En espera

Fuente. (Tonato, 2020)-transcrito por el autor

Si se analiza los resultados de la Tabla 2.1 se concluye que, para la potencia principal, la clase "F" tiene un aumento de 105 °C o un límite de temperatura total de 155 °C (temperatura ambiente de 40 °C + margen de punto caliente de 10 °C) + 105 °C de aumento de temperatura) o menos (Tonato, 2020).

La clase "H" permite un aumento de 125 °C o un límite de temperatura total de 175 °C o menos (40 °C + 10 °C + 125 °C). Para energía de reserva, la clase "F" tiene un límite de aumento de temperatura de 130 °C o una temperatura total de 180 °C (40 °C + 10 °C + 130 °C). La clase "H" tiene un aumento de temperatura de 150 °C o un límite de temperatura total de 200 °C (Tonato, 2020).

El voltaje juega un papel clave en la clasificación del generador y, por tanto, debe tenerse en cuenta. En algunos casos, el voltaje del generador no coincidirá con el voltaje de funcionamiento preferido. El regulador de voltaje proporciona capacidad de ajuste de voltaje. Sin embargo, cuando se "disminuye" el voltaje del generador, la corriente aumentará para una

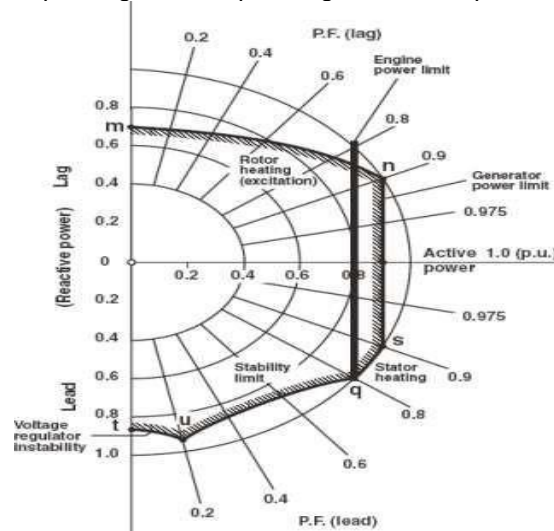
clasificación dada, aumentando el calor del generador y puede requerir una reducción de la potencia del generador. Una alternativa a aceptar la reducción de potencia cuando se reduce es usar un generador más grande para mantener la clasificación estándar (Tonato, 2020).

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, NEMA ha establecido el estándar de que un generador se puede ajustar hacia arriba o hacia abajo  $\pm 5\%$  según esté instalado. Los generadores Caterpillar suelen tener una capacidad de reducción mínima del 10%. En algunos casos, esto puede resultar en una reducción. Algunos generadores están diseñados específicamente como de rango amplio y es posible que no requieran reducción de potencia. Se recomienda verificar los datos del fabricante cuando se usan generadores con voltaje "fuera del diseño" (Tonato, 2020).

### 2.13.1 Límites de mapeo del generador

En la Figura 2.6 se puede observar el esquema de funcionamiento de un generador de polos salientes. Este tipo de generador es uno de los más utilizados en la industria para la generación de energía eléctrica, ya que su diseño permite una alta eficiencia energética y una mayor capacidad de carga (Maloy, 2021).

**Figura 2.6**  
*Mapa del generador para el generador de polos salientes.*



Fuente: (Caterpillar, 2017)

Un punto de carga dentro de esta área define las potencias activa, reactiva y aparente, la corriente, el factor de potencia y la excitación. La línea oscura gruesa (mnpsqt) indica los límites absolutos que se toleran en una máquina. Los generadores están clasificados dentro de estos límites (Maloy, 2021).

## **2.14 Impacto de las condiciones del sitio o lugar**

Las clasificaciones de grupos electrógenos toma en cuenta condiciones del sitio o el lugar donde el generador debe operar. En el caso de grupos electrógenos de la marca Caterpillar si éste se encontrase a nivel del mar (altitud de instalación) permite una operación del motor muy diferente si éste se encontrase a 2.300 metros sobre el nivel mar. En el caso del motor su clasificación está limitada principalmente por límites estructurales y térmicos. Estos límites incluyen la presión máxima del cilindro durante la combustión, la velocidad del turbo alimentador y la temperatura de los gases de escape. Cuando un motor opera en relación con estos límites, determinará la altitud máxima y la temperatura ambiente para una calificación dada. Cuando un motor supera la altitud máxima o la temperatura ambiente, se debe reducir la potencia del motor (Maloy, 2021).

Las condiciones ambientales o del sitio también afectan la clasificación de un motor o generador, lo cual daña la clasificación de todo el grupo electrógeno. Por tanto, las condiciones que pueden afectar una clasificación incluyen altitud, temperatura, atmósferas corrosivas, humedad y polvo. La altitud y la temperatura son las que más influyen en las clasificaciones del motor. Cuanto mayor sea la altitud, menor será respectivamente la densidad del aire (Maloy, 2021).

Se necesita aire limpio y denso para una combustión eficiente. Asimismo, un aumento de la temperatura reduce la densidad del aire. Por lo tanto, debe ocurrir una reducción de potencia del motor en condiciones de gran altitudy/o alta temperatura para que el grupo electrógeno cumpla con las expectativas de rendimiento (Maloy, 2021).

### 2.14.1 Altitud

Las altitudes superiores a 1.000 m (3.281 pies) requieren una reducción del aumento de temperatura del 1 % por cada 100 m (328 pies) por encima de la base (1.000 m o 3.281 pies). La Tabla 2.1 muestra que la reducción está disponible en TMI (Technical Marketing Information, Información de Mercadotecnia Técnica) para generadores y cada motor específico. En general, el gráfico de reducción de potencia muestra que el motor reduce la potencia más rápidamente que el generador. A una altitud determinada de más de 1.000 m (3.281 pies), la potencia de salida del volante será menor para un generador (Caterpillar, 2017).

**Tabla 2.2**  
Muestra de información técnica comercial

3406C DI TA JW SECO		CANTIDAD DE MANF TURBO1				HIDRAGOBIERNO	
DM2272-01 PGS PRIM	50	hercios					
GEN292.0W/F EKW302.0CON EKW		W/F BHP				433CON BHP @	1500 RPM
CÓDIGO DE INFORMACIÓN 06: DATOS DE CAPACIDAD DE		*****					
ALTITUD TEMPERATURA AMBIENTE DE FUNCIONAMIENTO							
GRADOS F =>	50	68	86	104	122 NORMALES		
ALTITUD - PIES	****	POTENCIA BRUTA DEL MOTOR ESTABLECIDA MÁXIMA - BHP				****	
0	433	433	433	433	433	433	
984	433	433	433	433	433	433	
1640	433	433	433	433	433	433	
3281	433	433	433	432	418	433	
4921	433	433	420	406	394	433	
6562	422	409	396	382	370	412	
8202	397	384	371	359	349	392	
9843	373	361	349	337	327	371	
11483	350	338	327	316	307	353	
13123	329	316	306	296	287	334	
14764	307	296	287	278	270	316	
16404	287	278	268	260	252	300	
18045	268	259	251	243	235	284	
19685	251	241	235	227	220	268	

PRESIONE <ENTRAR> PARA DATOS ADICIONALES

SIGUIENTE TRAN: CÓDIGO DE INFORMACIÓN ( 06) TIPO DE UNIDAD ( mi)

HLP-F1 ACF-F3 PGM-F4 INQ-F5      IDX-F9

Fuente: (Caterpillar, 2017)

### 2.14.2 Calor

Cuando la temperatura del aire de ventilación del generador supere los 40 °C (104 °F), es necesario reducir la potencia del generador. La Tabla 2.2 se puede utilizar para obtener información adecuada sobre la reducción (Camfil, 2019).

### **2.14.3 Atmósferas corrosivas**

La sal y otros elementos corrosivos pueden dañar el aislamiento del devanado, lo que puede ocasionar la falla del generador. La protección contra estos elementos incluye revestimientos adicionales de aislamiento en los devanados durante el proceso de fabricación y compuestos epoxi como recubrimiento final del devanado (Camfil, 2019).

### **2.14.3 Humedad**

La condensación resultante de la humedad puede presentar un problema para las unidades de reserva, las unidades que funcionan con poca frecuencia o las unidades almacenadas. El aumento de temperatura de la máquina y la circulación del aire de refrigeración durante el funcionamiento suele ser suficiente para evitar la condensación. Los calefactores pueden usarse para elevar la temperatura a 5 °C por encima de la temperatura ambiente para evitar la condensación en áreas con mucha humedad. (Altium, 2020).

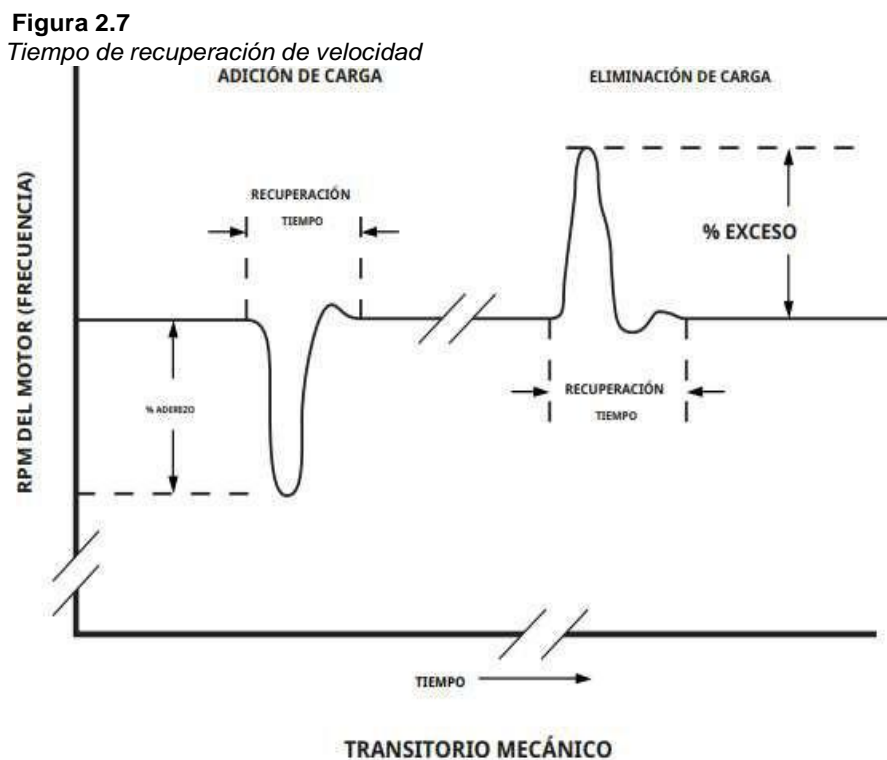
### **2.14.4 Polvo**

El polvo conductivo o abrasivo aspirado a través del ventilador de enfriamiento puede ser muy dañino para el generador. Ejemplos de polvo abrasivo son: polvo de hierro fundido, polvo de carbón, arena, grafito en polvo, polvo de coque, polvo de cal, fibra de madera y polvo de cantera. Los depósitos de estos materiales en el espacio de aire y/o la abrasión resultante del aislamiento pueden causar un corto eléctrico que destruirá el generador. Los filtros que se colocan sobre las aberturas de entrada de aire de la unidad o las aberturas de ventilación del gabinete pueden evitar daños. Cuando se utilizan filtros, es importante que se cambien regularmente para que no impidan el flujo de aire. El uso de un filtro de aire del generador a menudo hace que el generador se reduzca debido al mayor aumento de temperatura que resulta de la reducción del flujo de aire de refrigeración. (Energen, 2017).

## **2.15 Respuesta transitoria**

Cuando se retira o aplica carga de un grupo electrógeno, la velocidad del motor, las rpms (revoluciones por minutos), el voltaje y la frecuencia se

cambian temporalmente de su condición de estado estacionario. Este cambio temporal se llama respuesta transitoria. Cuando se aplica una carga significativa, la velocidad del motor se reduce temporalmente (generalmente conocida como caída de frecuencia o tensión) y luego vuelve a su condición de estado estacionario. El grado de esta caída depende de la cantidad de cambios de potencia activa (kW) y potencia reactiva (kV) en función de la capacidad total y las características dinámicas del grupo electrógeno. Al retirar la carga, la velocidad del motor aumenta momentáneamente (lo que generalmente se conoce como sobre impulso) y luego regresa a su condición de estado estable. El tiempo requerido para que el grupo electrógeno regrese a su velocidad normal de estado estacionario se llama tiempo de recuperación, esto se puede ver en la Figura 2.7 a continuación (Tonato, 2020).



Fuente: (Caterpillar, 2017)

### 2.15.1 Criterio de dimensionamiento

Existen tres criterios para dimensionar con precisión un grupo electrógeno: son:

- El porcentaje aceptable de caída de voltaje y frecuencia.

- La duración aceptable de la caída de voltaje y frecuencia.
- El porcentaje y tipo de carga a conectar.

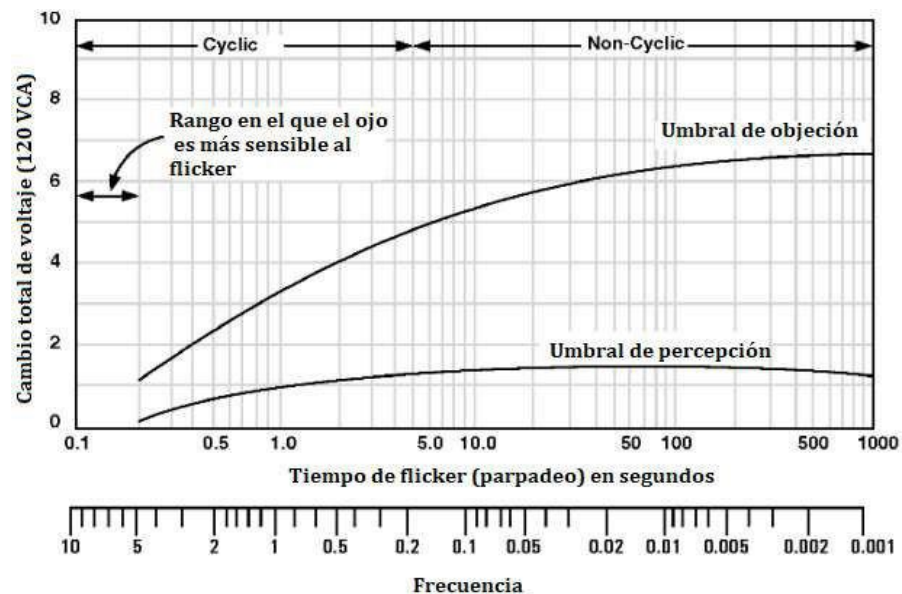
### 2.15.2 Arranque de motores

La capacidad del grupo electrógeno para arrancar motores grandes sin muchas caídas de tensión o frecuencia depende de todo el sistema. Los factores del sistema incluyen:

- Potencia disponible del motor
- Capacidad del generador
- Energía almacenada en la inercia rotatoria del grupo electrógeno
- Aceleración del motor y su carga (características del motor).

Un generador del tamaño adecuado soportará los altos kVA (kilo volts amperios) de arranque requeridos y mantendrá el voltaje de salida adecuado para el motor de modo que pueda producir el par necesario para acelerar su carga a la velocidad nominal. (Eléctrica Aplicada, 2017)

**Figura 2.8**  
Caracterizaciones de respuesta transitoria



Fuente: Caterpillar, 2017 – transcrito por el autor

Después de la caída de voltaje inicial, es importante que el generador restablezca el voltaje al menos al 90 % para desarrollar el par adecuado para



acelerar su carga a la velocidad nominal. El arranque con tensión plena provoca la mayor caída de tensión. Por esta razón, las empresas de servicios públicos no siempre permitirán el arranque a pleno voltaje de motores grandes. Los detalles sobre el arranque del motor se analizan más adelante en la sección "análisis de carga" de este capítulo. La respuesta transitoria de un grupo electrógeno es una descripción del cambio máximo de voltaje y frecuencia en la aplicación de una carga y el tiempo para recuperar las condiciones de voltaje y frecuencia nominales. Por lo general, la caída de voltaje máxima permitida es del 30 %. La caída de frecuencia máxima es de alrededor del 25 %, pero los equipos modernos la restringen a márgenes más estrechos. Es necesario realizar comparaciones de las caracterizaciones de respuesta transitoria y el equipo que se utilizará en la instalación para dimensionar con precisión el grupo electrógeno para las cargas que se aplicarán, véase la Figura 2.9 (Cummins Power Generation, 2017).

Una caída de voltaje máxima del 30 % es estándar para un grupo electrógeno. Las cargas sensibles se pueden escribir en especificaciones para caídas de voltaje mucho más bajas. Los UPS (Uninterruptable Power Supply), también llamado Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI), los variadores de velocidad y los equipos médicos son ejemplos de cargas que necesitan pequeñas caídas de voltaje, las limitaciones típicas de caída de voltaje y para varias instalaciones se pueden ver en la Tabla 2.3 (Blog Soler-Palau, 2020).

**Tabla 2.3**  
*Mayores fluctuaciones de voltaje permitidas con sistemas de energía de emergencia*

<b>Limitaciones típicas de caída de voltaje</b>		
<b>Instalaciones</b>	<b>Solicitud</b>	<b>Voltaje permitido</b>
<b>Aderezo</b>		
<b>Hospitales, hoteles motel, apartamentos, bibliotecas, escuelas, y tiendas</b>	<i>Carga de iluminación, grande. Carga de potencia, grande. Parpadeo altamente objetable.</i>	<i>2 % Infrecuente</i>
<b>Salas de cine (el tono de sonido requiere frecuencia constante) Luces intermitentes de neón erráticas.</b>	<i>Carga de iluminación, grande Parpadeando Objetable.</i>	<i>3 % Infrecuente</i>
<b>Bares y balnearios.</b>	<i>Carga de potencia, grande.</i>	<i>5 % - 10 % Infrecuente</i>

	<i>Algún parpadeo aceptable.</i>	
<b>Tiendas, fábricas, molinos, lavaderos</b>	<i>Carga de potencia, grande. Algún parpadeo aceptable.</i>	<i>3 % - 5 % Frecuente</i>
<b>Minas, campo petrolero, canteras, asfalto, plantas.</b>	<i>Carga de potencia, grande. Parpadeo aceptable.</i>	<i>25 % - 30 % Frecuente</i>

Fuente. E(Blog Soler-Palau, 2020)-transcrito por el autor

No obstante, el ojo humano es sensible a las ligeras fluctuaciones de iluminación; incluso se nota una disminución de 1/2 voltio en una bombilla incandescente de 110 voltios. Una caída de un voltio, si se repite, se vuelve objetable. La Tabla 2.3 muestra el rango de caídas de voltaje observables y objetables, suponiendo iluminación directa y bombillas de tamaño mediano. Si se utiliza iluminación indirecta sin bombillas incandescentes de menos de 100 vatios, estos valores pueden ampliarse. Esto también es cierto si toda la iluminación es fluorescente en lugar de incandescente.

Al respecto, los compresores alternativos afectan seriamente la calidad de la iluminación. Las pulsaciones de torsión varían la corriente del motor, lo que provoca una fluctuación de voltaje suficiente para que las luces parpadeen. Desafortunadamente, esta es una frecuencia a la que los ojos son extremadamente sensibles. Una cifra comúnmente aceptada para los límites de variación de corriente para compresores alternativos accionados por motor es el 66 % de la corriente nominal total del motor. Esto limita la clasificación de potencia de los motores del compresor a aproximadamente el 6 % de la clasificación de kVA del generador, que se encuentra en el límite del parpadeo de luz objetable. Por ejemplo, se puede usar un motor de 30 hp en sistemas que no tengan menos de 500 kVA de capacidad de generador en funcionamiento, el 30 es el 6 % de 500 (Energen, 2017).

### **2.15.3 Carga en bloque**

Una carga de bloque se refiere al porcentaje de potencia nominal en el factor de potencia nominal agregado instantáneamente al grupo electrógeno. Cuando las cargas en bloque son grandes, a veces deben aceptarse en porciones pequeñas en varios pasos más pequeñas en varios pasos. La carga

escalonada es muy común cuando se requieren criterios de rendimiento de aceptación de carga. Por ejemplo, si un grupo electrógeno tiene una potencia nominal de 1.000 ekW (e: eficiencia) a 0,8 pf (Factor de potencia) y se le aplica una carga de 250 ekW a 0,8 pf, una carga de bloque del 25 % (Crushtymks, 2019).

## 2.16 Estándares de respuesta transitoria

Hay estándares en varios países y las industrias que requieren que los grupos electrógenos sean capaces de aceptar y recuperar un paso de carga completa. Sin embargo, muchos no especifican desviaciones de frecuencia y voltios. ISO 8528 ha establecido estándares de respuesta transitoria. En ISO 8528-1-7 se designan cuatro clases de rendimiento para describir un grupo electrógeno en términos de voltaje y frecuencia. En la Tabla 2.4 se enumera la clase de rendimiento y sus criterios y ejemplos de aplicación. Por tanto, se debe seguir la clase de rendimiento relevante para la aplicación para estar dentro del estándar y lograr el máximo rendimiento (Crushtymks, 2019).

**Tabla 2.4**  
*Clase de rendimiento y sus criterios y ejemplos de aplicación.*

G1	Requerido para aplicaciones donde las cargas conectadas son tales, que solo se necesitan especificar parámetros básicos de voltaje y frecuencia.	Aplicaciones de propósito general. Iluminación y cargas eléctricas.
G2	Se requiere para aplicaciones donde la demanda de voltaje es muy similar a la del sistema de energía comercial. Cuando cambia la carga, se aceptan desviaciones temporales en el voltaje y la frecuencia.	Sistemas de iluminación, bombas, ventiladores y montacargas
G3	Requerido para aplicaciones donde el equipo conectado puede hacer demandas severas de voltaje, frecuencia y formas de onda.	Equipos de telecomunicaciones
G4	Requerido para aplicaciones donde las demandas de voltaje, frecuencia y forma de onda son extremadamente severas.	Equipos informáticos y de procesamiento de datos.

Fuente. (Crushtymks, 2019)- transcribido por el autor

En la Tabla 2.5 muestra los parámetros de porcentajes tanto de frecuencia y voltaje de aceptación y rechazo identificados por la norma ISO 8528-5. La clase G4 está reservada para límites que son únicos y deben ser

acordados por el fabricante y el cliente. ISO 8528-5 también establece límites en los tiempos de recuperación para cada clase e identifica cómo se mide el tiempo de recuperación (Crushtymks, 2019).

Al respecto, la norma SAE J1349 especifica las condiciones de prueba del suministro de combustible y aire de entrada. Esta norma tiene como objetivo proporcionar un método para obtener mediciones repetibles que reflejen con precisión el rendimiento real del motor en el servicio al cliente. También proporciona un método para corregir la potencia observada a las condiciones de referencia y un método para determinar la potencia neta del motor a plena carga con un dinamómetro determinado para los motores (Crushtymks, 2019).

**Tabla 2.5**  
*Porcentajes de Frecuencia y Voltaje según clase de rendimiento*

	<b>Clase G1</b>	<b>Clase G2</b>	<b>Clase G3</b>	<b>Clase G4</b>
Frecuencia % Aceptación	- 15	- 10	- 7	AMC
Frecuencia % Rechazo	18	12	10	AMC
Voltaje % Aceptación	- 25	- 20	- 15	AMC
Voltaje % Rechazo	35	25	20	AMC
Tiempo (segundos)	5	5	3	AMC

Nota: AMC (Agreed between Manufacturer and Customer), Acordado entre fabricante  
Fuente. (Crushtymks, 2019)- transcribido por el autor

### **2.17 Criterio de sistema de aire**

El comportamiento de aceptación de carga de un motor también depende del tipo de suministro de aire al sistema de combustión. La potencia máxima del motor puede verse restringida por el flujo de aire. La potencia solo se puede aumentar si se aumentan el flujo de aire y la tasa de combustible. El flujo de aire del motor está determinado por el desplazamiento del motor, la velocidad del motor y la densidad del aire de entrada del motor. El aire más

denso permite que el grupo electrógeno funcione de manera más eficiente; por lo tanto, una respuesta más rápida a las variables (Crushtymks, 2019).

Para una cilindrada dada, o un tamaño de motor dado, más velocidad produce más flujo de aire. La mejor manera de aumentar el flujo de aire a velocidades compatibles con 60 Hz o 50 Hz es aumentar la densidad del aire que ingresa a los cilindros. Un turbocompresor puede aumentar la presión, lo que aumentará la densidad. La densidad del aire también se puede aumentar enfriando el aire comprimido caliente con un intercambiador de calor llamado pos-enfriador. Para este enfriamiento se puede usar un suministro de agua separado, agua de camisa o flujo de aire del radiador (Crushtymks, 2019).

La configuración de los sistemas de aire también puede tener un efecto sobre la respuesta transitoria. Un turbocompresor equipado con una válvula de descarga permite usar un turbocompresor más grande, pero limita la presión de sobrealimentación del turbo en condiciones normales de funcionamiento. El motor funciona más rápido y, por lo tanto, aumenta el flujo de aire sin exceso de velocidad. Otro ejemplo es la capacidad de disminuir la respuesta transitoria aumentando el número de turbocompresores. Esto permitiría que el motor funcione con la misma presión media efectiva al freno, es decir con el BMEP (Brake Mean Effective Pressure) pero con una respuesta transitoria diferente (Crushtymks, 2019).

La presión del aire de entrada en un turbocargador también afecta la densidad del aire. Una boquilla más pequeña en la carcasa de la turbina de un turbocompresor aumenta la velocidad del aire, lo que hace que el turbocompresor funcione a mayor velocidad, lo que aumenta el impulso y el flujo de aire. Un motor equipado con colectores de escape enfriados por agua transferirá menos calor al turbocargador, lo que lo hará menos eficiente durante cortos períodos de aceleración (Crushtymks, 2019).

## **2.18. Carga de bloque y capacidad transitoria**

La capacidad de carga de bloque o la respuesta transitoria del paquete del grupo electrógeno con motor de gas es menor que la de su homólogo del motor diésel. La mayor parte de esta diferencia se atribuye directamente a los

sistemas de combustible inherentemente diferentes de los dos motores. Cuando el gobernador solicita más potencia, un motor diésel reacciona agregando combustible directamente al cilindro. Este método permite que el motor diésel acepte 100 % de cargas de bloque con caídas de voltaje y cambios de frecuencia aceptables. Cuando el gobernador de un motor de gasolina requiere más potencia, el acelerador se abre y un mayor flujo de mezcla de aire/combustible comienza a moverse a través del núcleo del pos-enfriador, el colector de admisión de aire y luego hacia el cilindro. Este retraso de tiempo resta valor a la capacidad de los motores de gas para aceptar grandes cargas de bloque (Crushtymks, 2019).

Un modelo Generador eléctrico (G3516B) utiliza un enriquecimiento transitorio, un programa de fábrica del software de control para mejorar la captación de carga de bloques. También hay una línea de derivación desde el pos-enfriador hasta la entrada del turbocargador que está equipada con una válvula electrónica. Este sistema se denomina derivación del turbo y, junto con el software programado de fábrica, permite que se realicen descargas de bloque sin sobretensión del turbo (cambio rápido de velocidad del turbocargador). Con estos 2 sistemas, los grupos electrógenos G3516B son aptos para operación en isla. Los grupos electrógenos G3516B pueden aceptar pasos de carga transitoria de hasta el 50 % de la potencia nominal sin carga y el 25 % de otros puntos de carga. Los grupos electrógenos pueden rechazar pasos de carga transitorios de hasta el 25 % de la potencia nominal desde cualquier punto de carga dado (Crushtymks, 2019).

#### **2.18.4 Interacción del sistema**

El generador y el regulador de voltaje son responsables de la desviación y recuperación del voltaje. La potencia producida por el generador es controlada por la excitación del rotor. El regulador de voltaje controla la excitación. El aumento de la carga extrae más corriente del generador, lo que hace que el voltaje del generador caiga. Como respuesta, el regulador aumenta la excitación del campo giratorio, lo que aumenta su flujo. Este aumento de flujo hace que el voltaje del estator vuelva a subir. Por lo tanto, el

generador puede producir la mayor demanda de corriente y potencia con el mismo voltaje de corriente continua (Crushtymks, 2019).

La potencia máxima del generador está limitada por la temperatura. El calor se produce en el devanado por el flujo de corriente. Los cambios de flujo magnético también provocan la generación de calor en los devanados. La temperatura solo puede alcanzar ciertos parámetros antes de que exceda su límite de diseño. Por lo tanto, la forma más fácil de aumentar la potencia del generador es hacerlo más grande. Más cobre (devanados) puede transportar más corriente sin que aumente la temperatura. Más hierro (laminaciones) pueden manejar más flujo sin aumentar la temperatura (Crushtymks, 2019).

La caída de voltaje o el aumento de temperatura es proporcional al tamaño del generador. Cuando se agrega carga, el voltaje del generador cae a medida que cambia el flujo magnético en el hierro y el entrehierro. Un generador más grande tiene más hierro, por lo que la desviación de flujo y la desviación de voltaje de un kW dado, es menor. La suma de las constantes de tiempo del regulador de voltaje, excitador, rotor y estator principales determina la respuesta y recuperación del voltaje. Por lo general, esto es menos de un segundo, con tiempo adicional para que el regulador se estabilice (Crushtymks, 2019).

#### **2.18.4.1 Reguladores de voltaje**

El regulador de voltaje es un componente clave para determinar la cantidad de desviación de voltaje/frecuencia y el tiempo de recuperación. Hay varios tipos diferentes de reguladores:

1. Constante
2. Voltios/Hercios
3. voltios/hercios
4. Regulador de voltaje digital (voltios/Hz ajustables)

Un regulador de voltaje constante intenta mantener el voltaje nominal a medida que se aplica la carga. Dado que el generador mantiene el voltaje nominal, mantiene la carga aplicada (ekW).

$$bkW = Velocidad \times Par/\lambda \text{ (Ec. 1)}$$

Por lo tanto, cuando se usa un regulador de voltaje constante, impone un par creciente en el motor durante las caídas de frecuencia. Dado que la mayoría de los motores de grupos electrógenos no están diseñados para aumentar el par, pueden producirse caídas de frecuencia significativas. Las rpm de la velocidad del motor disminuyen a medida que se impone cualquier carga en un bus limitado (generador). Esto hace que la frecuencia/voltaje caigan en consecuencia. Cuanto mayor sea la carga, mayor será el porcentaje de caída y más tiempo tardará el motor en recuperarse (Tonato, 2020).

El regulador de “Voltios por Hertz” (1:1 Voltios/Hz) fue diseñado para imponer un torque decreciente en el motor durante las caídas de frecuencia. Los voltios/Hz programan el voltaje proporcionalmente a la velocidad. Si la velocidad cae un 15 %, el regulador de voltios/Hz hará que el voltaje baje un 15 %. Esto reducirá el flujo de corriente hacia la carga en un 15 %. Los kW absorbidos por la carga son entonces 0,85 (85 % de los voltios) multiplicados por 0,85 (85 % de la corriente), o 72,25 % de la potencia nominal. El motor solo tiene que producir el 72,25 % de la potencia nominal. Matemáticamente, la fórmula de este concepto es:

$$V \times I = P \text{ (Ec.2)}$$

$$0.85 \text{ voltios} \times 0.85 \text{ corriente} = 0.7225 \text{ potencia} = 0.85 \text{ velocidad} \times 0.85 \text{ torque}$$

La tecnología ha avanzado vertiginosamente, por lo que las clasificaciones de los motores han aumentado, aumentando la posibilidad de cargas transitorias más severas. En algunos casos, un regulador de voltios/Hz no puede evitar una caída de frecuencia excesiva debido a grandes cambios de carga (el par ha aumentado tanto que la desaceleración con carga es extrema). Cat desarrolló un regulador de 2 voltios/Hz para abordar esta necesidad (Tonato, 2020).

El regulador de 2 voltios/Hz reduce el voltaje al doble de la tasa de caída. Al 15 % de la velocidad del motor, el voltaje caería al 30 % (2215 %) y la carga se reduciría al 70 %. Los kW absorbidos por la carga son entonces 0,7 (70 % de los voltios) multiplicados por 0,7 (70 % de la corriente) o 49 %



de los hp nominales. Si el grupo electrógeno es lo suficientemente grande para soportar la carga de funcionamiento, el regulador de 2 voltios/Hz puede ayudar a arrancar el motor. Es posible que no se requiera un arrancador de motor reducido con el regulador de 2 voltios/Hz al arrancar motores grandes, según el diseño del sistema y los pasos de carga aplicados. Sin embargo, todo el sistema conectado tendría un voltaje reducido, no solo el motor (Tonato, 2020).

#### **2.18.4.2 Regulador de voltaje digital**

El regulador de voltaje digital es un regulador de voltaje basado en un microprocesador. Su propósito principal es regular el voltaje de salida de un grupo electrógeno de motor. Está diseñado para mejorar el rendimiento al permitir modificar características de regulación que antes no eran modificables. Esto permite que el grupo electrógeno del motor funcione de manera más eficiente y brinde un rendimiento mejorado al cliente. El regulador de voltaje digital puede configurarse mediante software para optimizar la respuesta transitoria de cualquier paquete de grupo electrógeno Caterpillar al cambiar las características de baja frecuencia, así como las ganancias del lazo de control. El diseño basado en microprocesador permite una flexibilidad inigualable en diversas aplicaciones (Tonato, 2020).

#### **2.19 Medición de vibraciones**

Las mediciones de vibraciones en unidades de motores grandes deben realizarse con el analizador de vibraciones de Caterpillar, N° de pieza 4C-3030. Si no se dispone de equipos de medición de Caterpillar, se debe utilizar un dispositivo equivalente capaz de medir el desplazamiento de pico a pico a frecuencias seleccionadas, la velocidad y el desplazamiento totales. La vibración debe medirse en nueve puntos en un grupo electrógeno de dos rodamientos. Los puntos comparables en equipos no impulsados por generadores pueden ser importantes. Estos puntos se pueden ver en la Figura 3.4, en donde se especifican a continuación (Tonato, 2020).

- **Punto 1:** Dirección horizontal en la parte delantera del motor; ubicar la sonda en el costado del bloque en la línea central del cigüeñal.

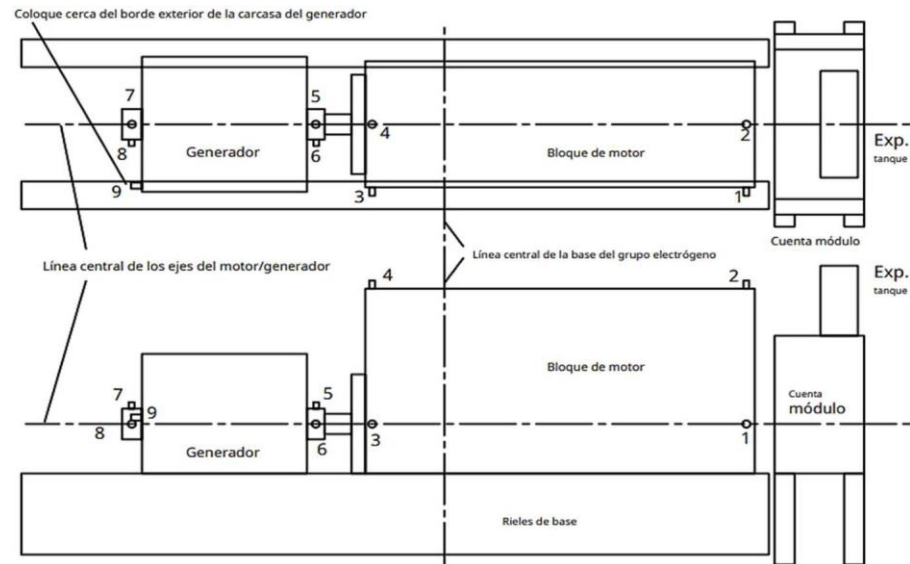
- **Punto 2:** Dirección vertical en la parte delantera del motor; ubicar la sonda en la plataforma superior del bloque en el plano de la línea central del cigüeñal.
- **Punto 3:** Dirección horizontal en la parte trasera del motor; ubicar la sonda en el costado del bloque en la línea central del cigüeñal.
- **Punto 4:** Dirección vertical en la parte trasera del motor; ubicar la sonda en la plataforma superior del bloque (o carcasa trasera) en el plano de la línea central del cigüeñal, véase la Figura 2.12.
- **Punto 5:** Dirección vertical en el cojinete delantero del generador; ubicar la sonda en el alojamiento del cojinete en la línea central del eje.
- **Punto 6:** Dirección horizontal en el cojinete delantero del generador; ubicar la sonda en el costado de la carcasa del cojinete en la línea central del eje.
- **Punto 7:** Dirección vertical en el cojinete trasero del generador; ubicar la sonda en el alojamiento del cojinete en la línea central del eje.
- **Punto 8:** Dirección horizontal en el rodamiento trasero del generador; ubicar la sonda en el costado de la carcasa del cojinete en la línea central del eje.
- **Punto 9:** Dirección axial en la parte trasera del generador; ubicar la sonda en el borde exterior derecho trasero de la estructura del generador (no la hoja de metal) en la línea central del eje.

No obstante, las mediciones de vibración se deben realizar con la clasificación del equipo accionado anunciado (100 % de carga). Si se desea datos adicionales, se recomienda realizar las mediciones con una carga del 0 %, una carga del 50 % y una carga del 75 % (Tonato, 2020).

Los datos deben informarse en términos de desplazamiento de pico a pico (milésimas de pulgada) a frecuencia de medio orden, frecuencia de primer orden, nivel de velocidad general (pulg/s) y desplazamiento general (milésimas de pulgada) para cada una de las nueve ubicaciones de medición (Tonato, 2020).

**Figura 2.9**

*Puntos de medición de vibraciones.*



Fuente. (Tonato, 2020)-transcrito por el autor

### 2.19.1 Límites de vibración

Los niveles de vibración para cualquier condición de carga, en cualquiera de los nueve lugares de medición, no deben exceder los siguientes límites de referencia:

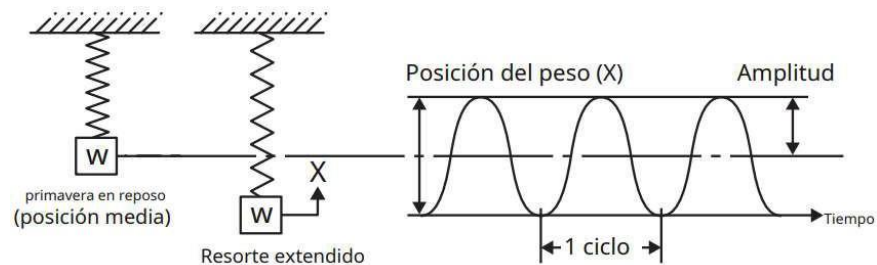
- Desplazamiento de pico a pico a la mitad de la frecuencia de orden = 0,13 mm (5 milésimas de pulgada)
- Desplazamiento de pico a pico en la frecuencia de primer orden = 0,13 mm (5 milésimas de pulgada)
- Desplazamiento total = 0,22 mm (8,5 milésimas de pulgada)
- Velocidad total = 34,3 mm/s (1.35 pulg/s). Esto es aplicable tanto a motores diésel como a gas.

### 2.19.2 Vibración lineal

La vibración lineal es exhibida por máquinas ruidosas o temblorosas, pero su naturaleza exacta es difícil de definir sin instrumentación. Los sentidos humanos son inadecuados para detectar relaciones entre la magnitud de la vibración y el período de ocurrencia. Un primer pedido (12 rpm) la vibración de 0,254 mm (0.010 pulg.) de desplazamiento puede sentirse casi igual que una medición de tercer orden de 0,051 mm (0.002 pulg.). La vibración ocurre cuando una masa se desvía y regresa por el mismo lugar y se puede ver como

un sistema de resorte de una sola masa (véase la Figura 2.13). Sin fuerza externa impuesta sobre el sistema, el peso permanece en reposo y no hay vibración. Pero cuando el peso se mueve o se desplaza y luego se suelta, se produce una vibración. El peso sube y baja a través de su posición original hasta que las fuerzas de fricción hacen que descanse. Cuando fuerzas externas, como la combustión del motor, continúan afectando el sistema mientras vibra, se denomina vibración forzada (Predictiva 21, 2018).

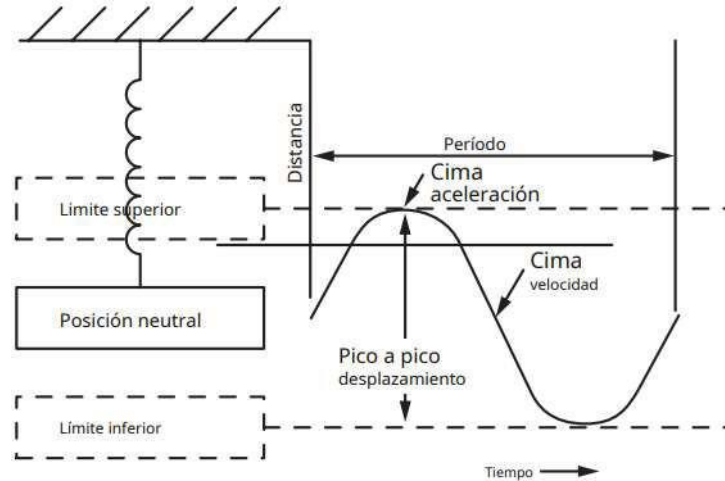
**Figura 2.10**  
Sistema masa-resorte.



Fuente. (Alerce, 2017)

El tiempo requerido para que el peso complete un movimiento se llama período, tal como se puede ver en la Figura 2.14

**Figura 2.11**  
Ilustración de un período



Fuente. (Alerce, 2017)

El desplazamiento máximo desde la posición media es la amplitud; intervalo en el que se repite el movimiento se llama ciclo. Si el peso necesita un segundo para completar un ciclo, la frecuencia de vibración es un ciclo por

segundo. Si se requiriera un minuto, hora, día, entre otras, su frecuencia sería de un ciclo por minuto, hora, día, entre otras. Un sistema que completase su movimiento completo 20 veces en un minuto tendría una frecuencia de 20 ciclos por minuto, o 20 cpm (Predictiva 21, 2018).

Establecer la frecuencia de vibración es necesario cuando se analiza un problema. Eso permite identificación del componente del motor o condición que causa la vibración. La distancia total recorrida por el peso, de un pico al pico opuesto, es el desplazamiento de pico a pico. Esta medida generalmente se expresa en milésimas de pulgada, una mil equivale a una milésima de pulgada [0.025 mm (0.001 pulg.)]. Es una guía para la severidad de la vibración. El promedio y la raíz cuadrada media (rms) se utilizan para medir la vibración (Predictiva 21, 2018).

Otro método para analizar la vibración es medir la velocidad de la masa. Tener en cuenta que el ejemplo no solo se mueve, sino que también cambia de dirección. La velocidad del peso también cambia constantemente. En su límite, la velocidad es "0". Su rapidez o velocidad es máxima al pasar por la posición neutral. La velocidad es extremadamente importante; pero debido a su naturaleza cambiante, se ha elegido un solo punto para la medición. Esta es la velocidad máxima normalmente expresada en pulgadas por segundo. La velocidad es una medida directa de la vibración y proporciona el mejor indicador general del estado de la maquinaria. Sin embargo, no refleja el efecto de la vibración en el material quebradizo (Predictiva 21, 2018).

La relación entre la velocidad máxima y el desplazamiento pico a pico se compara mediante:

$$Pico V = 52.3 \times D \times F \times 10^{-6} \text{ (Ec. 3)}$$

Dónde:

*Pico V* = Velocidad de vibración en pulgadas por segundo pico

*D* = Desplazamiento de pico a pico, en milésimas de pulgada  
(1mil- 0,001 pulg.)

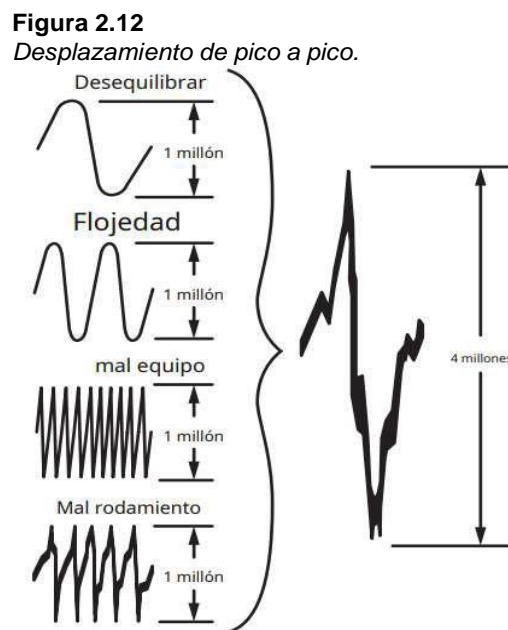
*F* = Frecuencia en ciclos por minuto (cpm)

La aceleración es otra característica de la vibración. Es la tasa de cambio de velocidad. En el ejemplo, hay que tener en cuenta que la aceleración máxima se encuentra en el límite extremo del recorrido, donde la velocidad es "0". A medida que aumenta la velocidad, la aceleración disminuye hasta llegar a "0" en el punto neutro. La aceleración está dimensionada en unidades de "g" (pico), donde "g" es igual a la fuerza de la gravedad ( $980 \times 6650 \text{ mm}/S^2 = 386 \text{ pulg.}/S^2 = 32,3 \text{ pies}/S^2$ ).

Las medidas de aceleración, o "g", se utilizan cuando se encuentran fuerzas relativamente grandes. A frecuencias muy altas (60.000cpm), es quizás el mejor indicador de vibración. La aceleración de la vibración se calcular a partir del desplazamiento máximo:

$$g \text{ Pico} = 1.42 \times D \times F^2 \times 10^{-8}$$

La vibración de la maquinaria es compleja y consta de muchas frecuencias. El desplazamiento, la velocidad y la aceleración se utilizan para diagnosticar problemas particulares, véase la Figura 2.15 (Predictiva 21, 2018).



Fuente. (Blog Soler-Palau, 2020)

En el desplazamiento, las mediciones son mejores indicadores de las tensiones dinámicas, por lo que se utilizan comúnmente. Hay que tener en

cuenta que el desplazamiento total, o total de pico a pico, es aproximadamente la suma de las vibraciones individuales (Predictiva 21, 2018).

## **2.19 Aislamiento**

Los grupos electrógenos no necesitan aislamiento para protegerse de las vibraciones autoinducidas. Pues, soportan fácilmente cualquier vibración que crean. Sin embargo, se requiere aislamiento si la vibración del motor debe separarse de las estructuras del edificio, o si las vibraciones de los equipos cercanos se transmiten a los grupos electrógenos que no funcionan. Los grupos electrógenos Caterpillar con soportes de aislamiento entre el grupo electrógeno y la base ya cumplen con estos requisitos. Las unidades en funcionamiento rara vez se ven afectadas por las vibraciones exteriores. Los métodos de aislamiento son los mismos para vibraciones externas o autogeneradas (Cummins Power Generation, 2017).

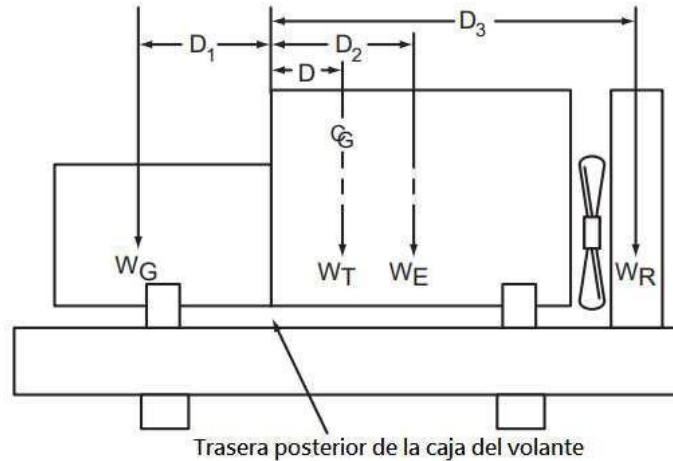
### **2.19.1 Ubicación de aislamiento**

Varios aisladores comerciales proporcionan varios grados de aislamiento. Generalmente, cuanto menor sea la frecuencia natural del aislador, mayor será la deflexión (suave) y más eficaz el aislamiento. El peso de los grupos electrógenos puede estar desigualmente equilibrado dentro de los límites de los aisladores. Sin embargo, la sobrecarga eliminará los beneficios del aislador. Los aisladores son más efectivos cuando se ubican debajo del montaje del generador y el soporte delantero del motor. Si se desea un soporte adicional, colocar un aislador a mitad de camino entre los soportes delantero y trasero y debajo del radiador. Para aplicar aisladores, se debe establecer el peso húmedo y el centro de gravedad de la unidad ensamblada, véase la Figura 2.16 (Cummins Power Generation, 2017).

Suponiendo que el motor y el generador están ensamblados en una base, el peso húmedo ( $W_T$ ) y se puede calcular el centro de gravedad ensamblado. Se necesita una referencia común (ver Figura 2.17). En este caso, utilizar la cara trasera de la caja del volante. Debido a que las medidas

son a ambos lados de la referencia, una dirección puede considerarse negativa (Cummins Power Generation, 2017).

**Figura 2.13**  
Referencias para distancias



Fuente. (Cummins Power Generation, 2017)- transcrito por el autor

$$W_T(D) = W_E(D_2) - W_G(D_1) + W_R(D_3)$$

$$D = \frac{W_E(D_2) - W_G(D_1) + W_R(D_3)}{W_T}$$

$W_T$  = peso húmedo

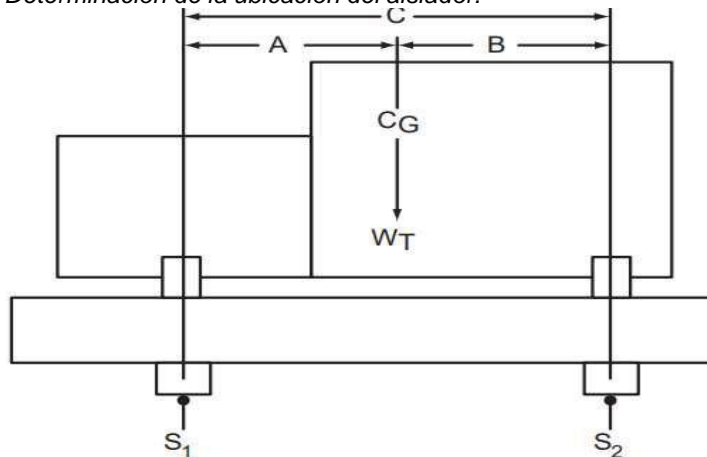
$W_E$  = peso del motor

$W_G$  = peso del generador

$W_R$  = peso del radiador

$D_{1,2,3}$  = distancias

**Figura 2.14**  
Determinación de la ubicación del aislador.



Fuente. (CAT, 2018)



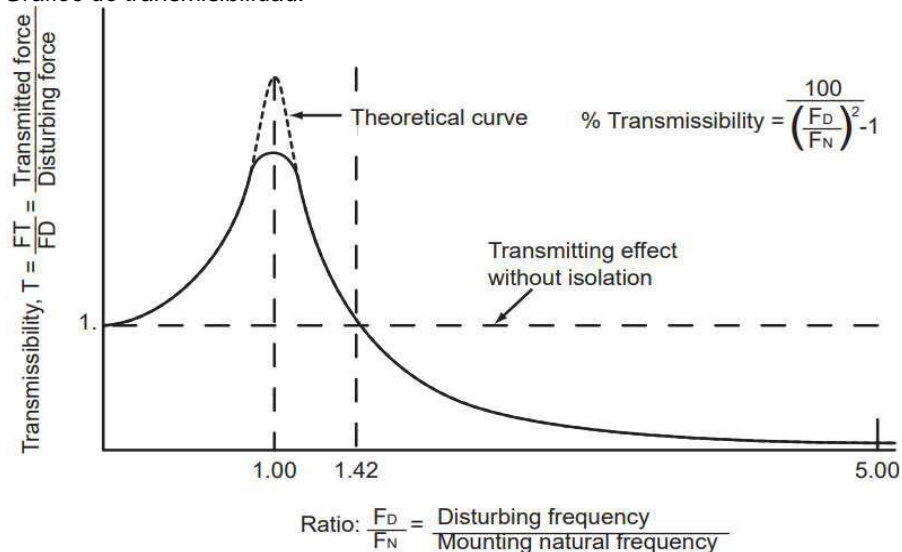
Si se agrega un equipo adicional, el proceso se repite para determinar un nuevo centro de gravedad. Habiendo establecido el centro de gravedad para la unidad total, la carga en cada par de aisladores está determinada por:

$$S_1 = W_T C^B \qquad S_2 = W_T C^A$$

Los aisladores están dimensionados para tener frecuencias naturales muy alejadas de las frecuencias de excitación del motor. Si estas frecuencias fueran similares, toda la unidad resonaría. El gráfico de transmisibilidad en la Figura 2.18 representa esta condición. También muestra la mejora significativa causada por la disminución de la frecuencia natural de montaje para permitir un aumento de la relación por encima de  $\sqrt{2}$ , o 1.414 (Cummins Power Generation, 2017).

**Figura 2.15**

Gráfico de transmisibilidad.



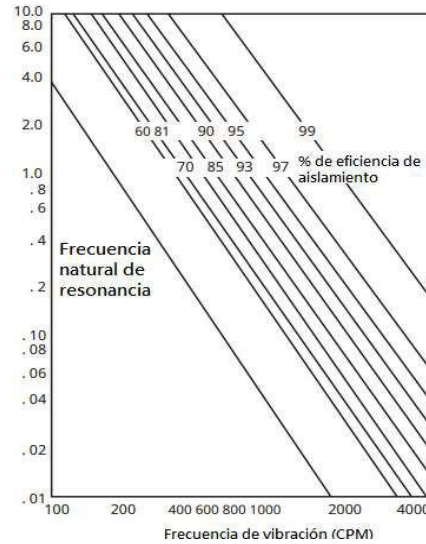
Fuente. (CAT, 2018)

### 2.19.2 Métodos de aislamiento

La vibración se reduce con aisladores fabricados, disponibles comercialmente o aisladores a granel. Ambas técnicas utilizan la deflexión estática, con una mayor deflexión que resulta en un mayor aislamiento. Aunque la amortiguación interna de varios materiales provoca diferencias de rendimiento, el gráfico de vibraciones de la Figura 2.19 describe el efecto

general que tiene la deflexión en el aislamiento. Usando los rpm del motor como la frecuencia de vibración nominal, se puede estimar la magnitud de la compresión en los materiales aislantes.

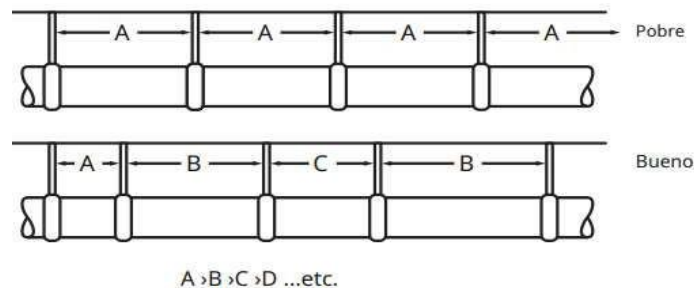
**Figura 2.16**  
Gráfica de vibraciones básicas.



Fuente. (CAT, 2018)

Las tuberías conectadas a los grupos electrógenos requieren aislamiento, especialmente cuando los grupos electrógenos se montan sobre aisladores de resorte. Las líneas de combustible y agua, los tubos de escape y los conductos podrían transmitir vibraciones a largas distancias. Si se utilizan colgadores de tubería aisladora, deben tener resortes para atenuar las bajas frecuencias y caucho o corcho para minimizar las transmisiones de alta frecuencia. Para evitar la acumulación de vibraciones resonantes en la tubería, sostenga tramos largos de tubería a distancias desiguales (véase la Figura 2.20).

**Figura 2.17**  
Soporte de tramos de tubería.



Fuente. (INSST,2016) - transcrito por el autor

### 2.19.3 Aisladores de Goma

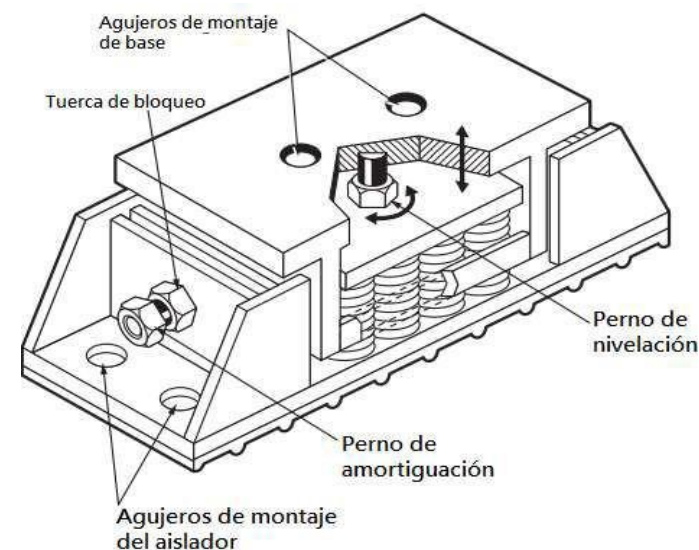
Los aisladores de goma son adecuados para aplicaciones donde el control de vibraciones no es severo. Mediante una cuidadosa selección, es posible un aislamiento del 90 %. Aíslan el ruido creado por la transmisión de fuerzas vibratorias. Se recomienda evitar el uso de aisladores de goma con frecuencias naturales cerca de las frecuencias de excitación del motor. En concomitante, agregar placas de goma debajo de los aisladores de resorte bloquea las vibraciones de alta frecuencia transmitidas a través del resorte. Estas vibraciones no son dañinas, pero provocan un ruido (INSST, 2016).

### 2.19.4 Aisladores de resorte

Los aisladores más efectivos tienen un diseño de resorte de acero. Aíslan más del 96 % de todas las vibraciones y ruidos transmitidos desde la maquinaria giratoria a la base o superficie de montaje. Por el contrario, los aisladores pueden absorber las perturbaciones generadas por la maquinaria adyacente y evitar que los daños se transmitan a los equipos inactivos.

**Figura 2.18**

*Aislador de vibraciones*



Fuente. (INSST,2016) - transcrito por el autor

Los aisladores de vibraciones lineales tipo resorte están disponibles como accesorios (no instalados) para todos los grupos electrógenos que se utilizarán en aplicaciones estacionarias. Estos aisladores permiten montar el

grupo electrógeno sobre una superficie capaz de soportar únicamente la carga estática. Un detalle de un aislador tipo resorte muestra la adición de bloques de empuje para restringir el movimiento lateral sin interferir con la función del resorte. Véase la Figura 2.21.

No se requiere ningún margen de torsión o cargas vibratorias. Al igual que con los montajes directos, generalmente no se requieren pernos de anclaje. Sin embargo, cuando se opera en paralelo, se recomiendan restricciones verticales y el aislador firmemente sujeto a la cimentación. Los aisladores de resorte están disponibles con amortiguador para usar cuando los motores tienen carga lateral o están ubicados en superficies móviles (INSST, 2016).

### **CAPÍTULO 3**

## **LA NORMA ISO 8528 Y SOFTWARE PARA DIMENSIONAR GRUPOS ELECRÓGENOS**

En la práctica, casi todos los grupos electrógenos experimentan una carga de factor de potencia sin unidad en su funcionamiento normal. Todas las cargas típicas de cualquier grupo electrógeno, excepto los más pequeños, incluyen cargas inductivas y del motor. Incluso las cargas como la iluminación fluorescente, que tienen componentes capacitivos, tienen transformadores reductores de resistencia para garantizar que su factor de potencia esté casi en la unidad o con un retraso leve (Asco Power Technologies, 2019).

La Organización Internacional de Normalización (ISO) 8528-1 del 2005, especifica el rendimiento de potencia del motor alternativo de combustión interna de grupos electrógenos accionados por corriente alterna. Todos los grupos electrógenos, excepto los más pequeños, se diseñan y se clasifican con un factor de potencia atrasado, normalmente 0.8, y prácticamente todos los fabricantes de grupos operan con sistemas de calidad en conformidad con ISO 9001:2000. Aunque esta norma permite que las organizaciones establezcan sus propios sistemas y procedimientos, es difícil discutir el concepto de que un producto se puede equipar con una placa de calificación, que indique una capacidad de carga con un factor de potencia de 0.8, si no se ha probado en la capacidad nominal de la placa de identificación. (Asco Power Technologies, 2019).

Cuando los ingenieros y técnicos participan en la especificación de un grupo electrógeno para un proyecto, requieren que un grupo se pruebe según las normas y en la capacidad nominal de la placa de identificación. Esto significa pruebas sin unidad, o de carga resistiva e inductiva. La ISO 8528 especifica que los informes de las pruebas deben indicar si estas se realizaron con un factor de potencia diferente al valor nominal. Normalmente, esto significa que las pruebas realizadas con una carga puramente resistiva se pueden considerar incompletas. Tanto las normas de calidad como la norma ISO 8528 para las pruebas de grupos electrógenos impulsados por motor

exigen que se realice una prueba completa (Asco Power Technologies, 2019).

### **3.1 ISO 8528-1**

Se define tres tipos:

- Potencia de funcionamiento continuo (COP)
- Potencia de arranque principal (PRP Prime Running Power)
- Potencia de funcionamiento por tiempo limitado (LTP)

#### **3.1.1 Potencia de operación continua (COP)**

La potencia de operación continua es la potencia que un generador puede operar en una carga continua por un número ilimitado de horas bajo condiciones ambientales establecidas. Se debe seguir el mantenimiento de acuerdo con el fabricante para alcanzar estos estándares (Asco Power Technologies, 2019).

#### **3.1.2. Potencia de arranque principal (PRP)**

La potencia de arranque principal es la potencia máxima que tiene un grupo electrógeno. durante una secuencia de potencia variable durante un número ilimitado de horas bajo condiciones ambientales establecidas. Se debe seguir el mantenimiento de acuerdo con el fabricante para alcanzar estos estándares (Asco Power Technologies, 2019).

#### **3.1.3. Potencia de funcionamiento por tiempo limitado (LTP)**

La potencia de funcionamiento de tiempo limitado es la potencia máxima que entrega un grupo electrógeno Hasta 500 horas al año. bajo condiciones ambientales establecidas. Sólo 300 horas pueden ser de funcionamiento continuo. Se debe seguir el mantenimiento de acuerdo con el fabricante para alcanzar estos estándares (Asco Power Technologies, 2019).

### **3.2 Dimensionamiento de grupo electrógeno**

La determinación del tamaño o capacidad del grupo electrógeno y su configuración, son parte del proyecto eléctrico, mecánico o de obra civil, el cual definirá (Asco Power Technologies, 2019):

- Potencia necesaria para cubrir necesidades presentes y futuras.
- Elementos que debe incorporar el equipo (arranque manual o automático, operación en paralelo con otros equipos o con la red pública, insonorización, depósito de combustible auxiliar, calefactores, entre otras).
- Normativas legales para cumplir (eléctrica, ruido, emisión de gases y partículas).
- Lugar donde serán instalados el o los equipos (bajo techo, intemperie, elevación sobre el nivel del mar, ambientes polvorientos, entre otras)

### **3.3 SpecSizer para dimensionar grupo electrógeno**

SpecSizer es una herramienta de software para PC gratuita que permite a los usuarios seleccionar el grupo electrógeno diésel del tamaño más apropiado para prácticamente cualquier proyecto de energía eléctrica. Los usuarios pueden dimensionar para sus necesidades de energía con grupos electrógenos tan pequeños como 14 KW o tan grandes como 4000 KW, y la herramienta SpecSizer puede conectar en paralelo hasta 25 grupos electrógenos. Los usuarios ingresan los detalles de la energía en el sitio requerida, incluidos el voltaje, la demanda de carga, los tipos de carga, la aplicación de servicio, la temperatura ambiente máxima, la altitud, las emisiones de la EPA y más. Como resultado, esta herramienta de software permite a los usuarios determinar una solución de energía completa y verdaderamente personalizada (Asco Power Technologies, 2019).

El software SpecSizer ha revolucionado el dimensionamiento de grupos electrógenos al simplificar el proceso. No solo incluye procesos de filtrado para alinear la selección del grupo electrógeno con las opciones disponibles, sino que también proporciona enlaces web y herramientas, como optimización de voltios/hercios, porcentaje de motores intermitentes y porcentaje de capacidad utilizada del grupo electrógeno (ekW) para ayudar con análisis y análisis. decisiones estratégicas. Uno de los enlaces web incluso proporciona la hoja de especificaciones precisa que necesita para la especificación de su trabajo (Asco Power Technologies, 2019).

El programa SpecSizer de manera efectiva puede dimensionar un grupo electrógeno para la aplicación de un cliente. Tanto el motor como el generador partes principales de un grupo electrógeno, tiene características únicas, pero estas cualidades juntas determinan el rendimiento y el tamaño del sistema de grupo electrógeno. Hay que indicar que los motores producen potencia de frenado (o kilovatios, potencia real) mientras controlan la velocidad o la frecuencia a través de su gobernador. Los generadores son los principales responsables de convertir la potencia del motor en kilovoltios-amperios (kVA) y kilovatios eléctricos (kW) mientras controlan el voltaje a través del regulador de voltaje. También deben satisfacer un alta "corriente de magnetización" (kVAR) para cargas de tipo inductivo, como motores y transformadores. Juntos, los kW, kVA y kVAR representan los tres lados de un triángulo rectángulo, y el coseno del ángulo entre kVA y kW define el factor de potencia del sistema. Cada uno de estos términos aparece con frecuencia (Asco Power Technologies, 2019).

Los motores se dimensionan de acuerdo con la potencia real en kW necesaria para satisfacer las necesidades de la instalación, y el generador se dimensiona para igualar o superar la capacidad de potencia del motor. La potencia requerida por la instalación se puede calcular sumando los valores nominales de la placa de identificación del equipo en el sitio, considerando las eficiencias y los factores de potencia del equipo accionado. Hay muchos tipos de cargas comunes a considerar (motores, luces, computadoras, entre otras) y, a menudo, tienen impactos sustancialmente diferentes en el tamaño del grupo electrógeno. Sin embargo, todos se miden con los mismos parámetros, y lo siguiente pretende brindar una perspectiva de alto nivel de los parámetros de carga importantes para el dimensionamiento (Asco Power Technologies, 2019).

### **3.3.1 Parámetros de Funcionamiento**

- **El kW de funcionamiento (RkW):** Esta es la potencia eléctrica de funcionamiento constante necesaria para impulsar todas las cargas que están conectadas al grupo electrógeno al mismo tiempo. Esta potencia, cuando se divide por la eficiencia del generador, es la



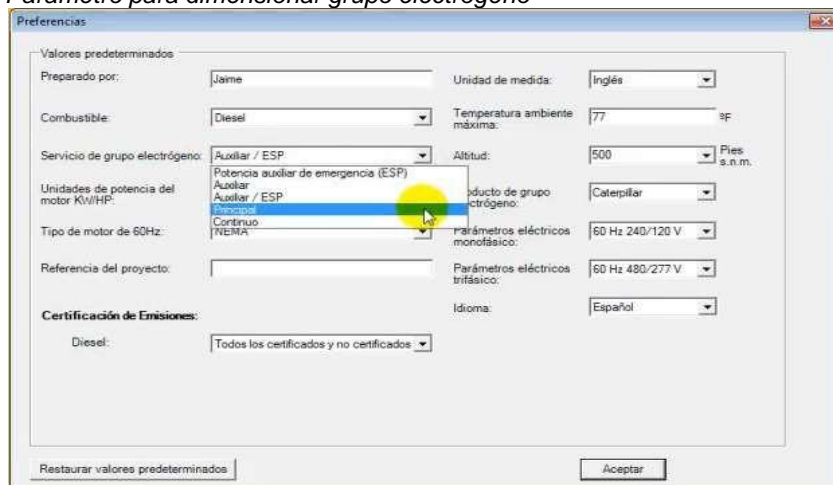
cantidad de kW de freno (BkW) que se requiere del motor para accionar el generador. El KVA de funcionamiento (RkVA): esta es otra medida de la potencia eléctrica de funcionamiento constante requerida del generador. Todas las cargas suelen tener el mismo voltaje y cada una requiere una cierta cantidad de corriente en amperios. El producto de los voltios y los amperios, dividido por 1 000, es el RkVA requerido por el sitio y es la medida principal del tamaño del generador (Asco Power Technologies, 2019).

- **Factor de potencia de funcionamiento (RPF):** debido a que las cargas generalmente tienen cierta inductancia o capacitancia, la onda sinusoidal de corriente generalmente no está en fase exacta con la onda sinusoidal de voltaje. Como se indicó anteriormente, el coseno de la diferencia de ángulo de fase resultante es el factor de potencia de la carga. Esto es importante, porque la relación entre la potencia real (RkW) y RkVA es el factor de potencia:
  - $kW = kVA * RPF$
- **Ejecución de cargas no lineales:** cada vez más, los sitios contienen muchas cargas que se clasifican como no lineales. Por lo general, estos son dispositivos que contienen circuitos de estado sólido que se encienden y apagan a alta frecuencia, como los convertidores de CA/CC. El ejemplo más simple es un cargador de batería. Esta conmutación hace que las formas de onda armónicas se superpongan a la onda sinusoidal primaria, lo que da como resultado una forma de onda de voltaje distorsionada que puede perturbar tanto las cargas en el sistema como el sistema de control del generador. Además, estos pulsos de interruptor pueden hacer que el voltaje y la corriente no estén sincronizados, de modo que no varíen proporcionalmente, de ahí el término cargas no lineales. Esto da como resultado un mayor calentamiento del generador y reduce la vida útil del aislamiento del generador (Asco Power Technologies, 2019).
- El estudio del dimensionamiento aumenta el tamaño especificado del alternador en cantidades definidas para mitigar los efectos nocivos de

la distorsión de la forma de onda y el calentamiento del aislamiento causado por las cargas no lineales (Asco Power Technologies, 2019).

- **Cargas desequilibradas:** se deben tener en cuenta los efectos de una carga monofásica. Su demanda de kW no se trata de manera diferente a una carga trifásica. Sin embargo, la carga de kVA se aplica a una sola fase del generador, lo que provoca calentamiento en esa fase. Por lo tanto, todo el generador debe dimensionarse para adaptarse a la fase "caliente". El dimensionamiento permite al usuario distribuir una carga monofásica en cualquiera o todas las fases L-L y L-N. Las cargas de iluminación se dimensionan como una carga trifásica distribuida (Asco Power Technologies, 2019).
- **Parámetros de Inicio:** Cada uno de los parámetros anteriores (RkW, RkVA, RPF y Cargas no lineales en funcionamiento describen los requisitos del sistema de carga en condiciones de funcionamiento en estado estable. Además, cada uno de estos parámetros tiene un valor que puede diferir significativamente mientras la carga se está arrancando o energizando. Por lo tanto, existen términos análogos, como SkW, SkVA, SPF y carga no lineal de arranque que también deben tenerse en cuenta para el dimensionamiento del grupo electrógeno. En la Figura 3,1 se muestra configuración para dimensionar el grupo electrógeno con el software Electric Power SpecSizer de Caterpillar (Asco Power Technologies, 2019).

**Figura 3.1**  
*Parámetro para dimensionar grupo electrógeno*



Fuente: programa speceizer – transcrito por el autor

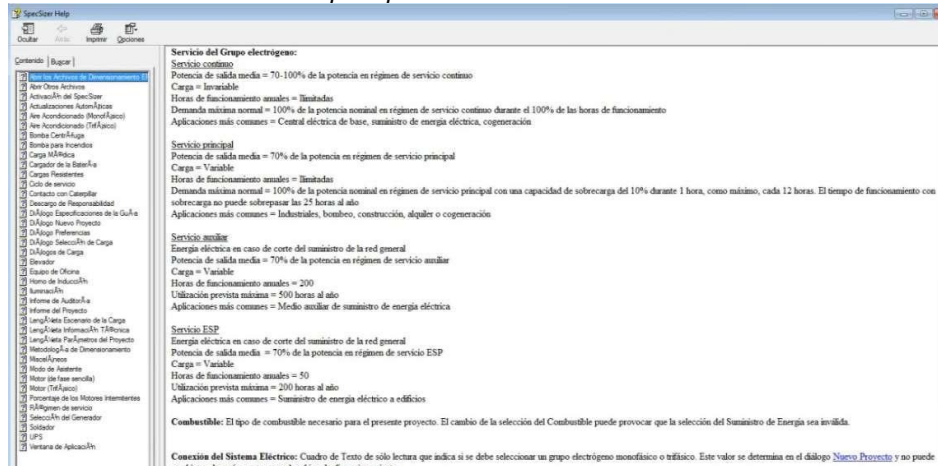
Se debe considerar que las cargas iniciales suelen ser tan breves que es poco probable que causen daños como el sobrecalentamiento. Sin embargo, pueden tener efectos graves en el rendimiento transitorio del grupo electrógeno y, por lo tanto, a menudo son responsables del dimensionamiento del grupo electrógeno. Los efectos de sobredimensionamiento de las cargas de arranque con alta irrupción pueden mitigarse arrancando cargas en múltiples pasos de carga, o el uso de arrancadores de voltaje reducido o limitación de corriente para motores. Además, iniciar cargas con requisitos de caída transitoria más bajos (más bajos) en pasos de carga posteriores a menudo puede reducir el requisito de tamaño del grupo electrógeno. Si una carga puede considerarse ligera (inercia mínima para moverse), el requisito de kW de arranque también puede reducirse (Asco Power Technologies, 2019).

kW (SkW) de arranque y caída de frecuencia: Los kW al arrancar suelen ser diferentes a los requeridos mientras la carga está en funcionamiento constante. Los motores suelen ser los peores infractores, ya que a menudo requieren de 2 a 3 veces más potencia del motor cuando arrancan que cuando están funcionando. Dado que los arranques del motor pueden persistir durante muchos segundos, esta demanda de potencia adicional debe incluirse en el tamaño del grupo electrógeno para evitar caídas de frecuencia excesivas o incluso la parada del grupo electrógeno (Asco Power Technologies, 2019).

El KVA de arranque (SkVA) y caída de voltaje: Los kVA al arrancar también a menudo difieren del valor de funcionamiento y, de nuevo, el peor infractor suele ser el motor. Debido a que los motores tienen una resistencia tan baja a baja velocidad, su demanda de kVA puede ser del orden de seis veces mayor que cuando funcionan en régimen permanente. Aunque estos kVA elevados suelen ser demasiado breves para causar daños por sobrecalentamiento, los kVA elevados de irrupción se producen de forma instantánea. El generador y su sistema de control tienen retrasos inevitables, lo que resulta en una caída de voltaje significativa antes de que los controles del generador puedan ponerse al día y devolver el voltaje a los valores

normales. Si es excesiva, esta caída de voltaje puede hacer que las luces se atenúen y otras cargas funcionen mal. Como mínimo, puede haber una especificación del sitio que limite la caída de voltaje a un valor aceptable. En la Figura 3.2 se muestra las definiciones del servicio del grupo electrógeno, esto es una ayuda para llenar requerimientos solicitados por el software Electric Power SpecSizer (Asco Power Technologies, 2019).

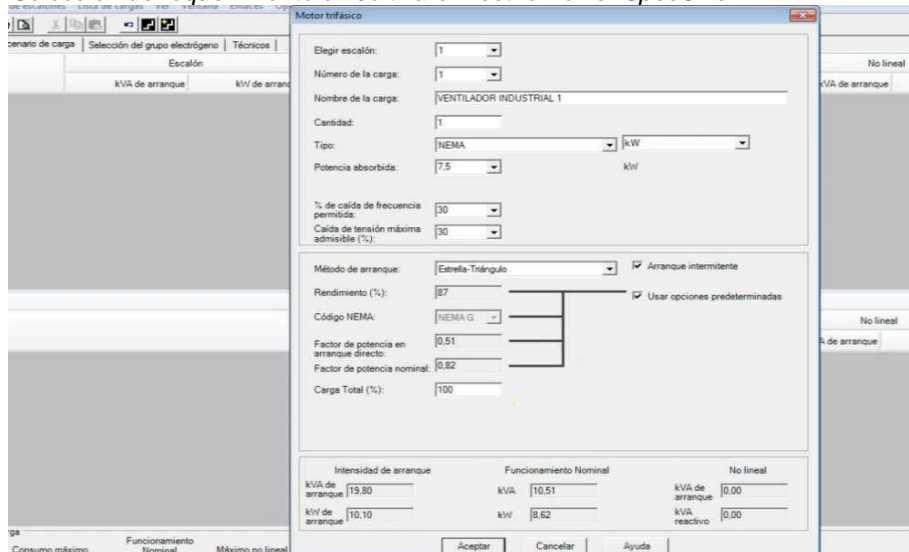
**Figura 3.2**  
Visualización de definiciones para parametrizar el dimensionamiento



Fuente: programa speceizer – transcrito por el autor

En la Figura 3.3 se muestra la configuración del motor según requerimiento del proyecto o cliente.

**Figura 3.3**  
Selección de requerimiento en software Electric Power SpecSizer



Fuente: programa speceizer – transcrito por el autor

Finalmente, algunas cargas en su sitio pueden tener requisitos estrictos de caída de voltaje. Las bombas contra incendios, por ejemplo, están limitadas por los códigos locales a una caída de voltaje de no más del 15 %. Se tendrá en cuenta que todas las cargas y los pasos de carga secuenciados después de una carga con una caída de frecuencia o caída de voltaje más restrictiva (es decir, 15 %) adoptarán esa caída más restrictiva. Por ejemplo, los motores, otras cargas, entre otras, que requieran solo una caída del 30 %, una caída del 20 %, entre otras, deberán dimensionarse para una caída del 15 % (Asco Power Technologies, 2019).

Esto casi siempre aumentará el tamaño de la selección de grupos electrógenos. Inicie y secuencie las cargas con voltaje restrictivo y caída de frecuencia en pasos de carga posteriores, si es posible. Cargas no lineales de arranque: Excepto en casos extremos, los efectos de las cargas no lineales no son lo suficientemente diferentes durante el arranque como para justificar un tratamiento especial en el dimensionamiento del grupo eléctrico. Sin embargo, las cargas no lineales aumentan la demanda de kVA de funcionamiento (RkVA) del alternador. El software SpecSizer indicará esta mayor demanda de kVA con el valor de kVA total (TkVA) aumentado del valor RkVA en el "Resumen del Análisis de Carga" del dimensionamiento. La diferencia es la carga adicional kVA resultante de la(s) carga(s) no lineal(es) (Asco Power Technologies, 2019).

**Entrada vs. Salida:** Ninguna carga es perfectamente eficiente y la pérdida de eficiencia es la diferencia entre las cargas descritas con un tamaño denominado "entrada" versus "salida". Los dispositivos resistivos, por ejemplo, tienen un tamaño basado en la entrada al dispositivo, como un calefactor o una luz incandescente. Los motores, por otro lado, a menudo se dimensionan según los HPs que proporcionan a su carga impulsada, por lo que su tamaño se expresa en términos de salida. La carga demandada del grupo eléctrico para tales cargas es su salida dividida por su eficiencia. (Tipo de carga de referencia en los diálogos de carga del dimensionamiento). El grupo eléctrico seleccionado debe ser absolutamente lo suficientemente grande para proporcionar los valores totales de RkW y RkVA, más cualquier

capacidad adicional del generador necesaria para cargas no lineales o cargas desequilibradas. Esto representa el tamaño mínimo absoluto del grupo electrógeno que se puede especificar, suponiendo que el análisis de carga del sitio esté completo. Por otro lado, las cargas con alto SkW o SkVA pueden requerir un grupo electrógeno más grande, para evitar excesos de frecuencia o caídas de voltaje cuando las cargas están arrancando. En la Figura 3.4 se muestra el ejemplo de análisis de carga (Asco Power Technologies, 2019).

**Figura 3.4**  
*Análisis de carga para un grupo electrógeno con SpecSizer*

Número de escalón	Consumo máximo		Nominal		No lineal		% de caída máxima permitida	
	kVA de arranque	kV de arranque	kVA de arranque	kV de arranque	kVA de arranque	kVA reactivo	Frecuencia	Voltaje
Paso1	19.8	10.1	19.8	10.1	10.5	8.6	0.0	30.0
Intermitente	19.8	10.1	19.8	10.1	10.5	8.6	0.0	30.0

Datos de la carga	Intensidad de arranque		Nominal		No lineal		% de caída máxima permitida	
	kVA de arranque	kV de arranque	kVA	kV	kVA de arranque	kVA reactivo	Frecuencia	Voltaje
INDUCTOR INDUSTRIAL 1 NEMA, Motor industrial, Estrella-TRIángulo, Intermitente 1 X 7.50 kW (Carga#1 of 1)	19.8	10.1	10.5	8.6	0.0	0.0	30.0	30.0

Resumen del análisis de carga		Funcionamiento		Máximo no lineal	
Escalón máximo	Consumo máximo	Nominal	Máximo no lineal	kVA	kV
kVA d	kV d	kVA	kV	kVA	kV
19.8	10.1	19.8	10.1	10.5	8.6
Factor de potencia		0.82			

Fuente: programa speceizer – transcrito por el autor

Nuevamente, siempre que sea posible, las cargas con demandas de arranque altas o con restricciones de caída de voltaje o caída de frecuencia deben arrancarse en varios pasos (p. ej., arranque primero el motor grande y luego la carga sensible a la caída de voltaje). Si las condiciones del sitio lo permiten, el tamaño del grupo electrógeno idealmente se puede minimizar al requerido por las cargas en funcionamiento. El dimensionamiento incluye la optimización que ayudará a distribuir las cargas de forma lógica en hasta cuarenta pasos de carga, para minimizar el tamaño del grupo electrógeno requerido. El Optimizer se ejecuta automáticamente en segundo plano al avanzar a la página "Seleccionar grupo electrógeno" de SpecSizer desde la página "Agregar cargas". Si existe un escenario de carga optimizado, esa

opción se indica en una barra amarilla superior en la página "Seleccionar grupo electrógeno". Desde la página "Seleccionar grupo electrógeno", puede "Ir al escenario optimizado", que volverá a secuenciar sus cargas y pasos de carga, así como también determinará su número óptimo de pasos de carga en la página "Agregar cargas", y luego le permitirá " Continuar" y regresar a la página "Seleccionar grupo electrógeno" (Asco Power Technologies, 2019).

Se recomendará un grupo electrógeno EkW/kVA más pequeño (posiblemente incluso el modelo), así como también una cantidad menor de pasos de carga junto con la re-secuenciación de cargas en los pasos de carga. Sin embargo, puede deshacer la optimización seleccionando "Volver al escenario original" en la página "Seleccionar grupo electrógeno"... antes de guardar el archivo... o guardar y aceptar el escenario optimizado. Si lo hace, SpecSizer agregará el texto "-Optimized" después de su nombre de archivo original, y guardará (y no eliminará) su archivo original como su propio nombre de archivo (Asco Power Technologies, 2019).

Pasos de dimensionamiento: el dimensionamiento de un grupo electrógeno generalmente implica cuatro pasos principales, la mayoría de los cuales SpecSizer automatiza para usted:

- Paso 1: Defina cada una de las cargas individuales; introduzca su tamaño, (entrada o salida). SpecSizer proporcionará eficiencias predeterminadas apropiadas, factores de potencia, entre otras, pero puede cambiar la mayoría de ellos si su información (especificaciones) así lo requiere. Defina otros parámetros requeridos por el diálogo de carga, como el número de fases, las unidades de tamaño (kW, kVA, amperios) o la caída de voltaje y la caída de frecuencia permitidas. Los resultados finales son los requisitos del grupo electrógeno para cada carga (Asco Power Technologies, 2019).
- Paso 2: Reúna estas cargas en pasos de carga lógicos. La distribución puede estar dictada por la urgencia de vida y seguridad (primero el equipo de soporte vital) o problemas de tamaño (primero grandes cargas). En algunos casos, una especificación puede requerir que

todas las cargas comiencen en un solo paso de carga. El resultado de este proceso de distribución es el requisito del grupo electrógeno para cada paso de carga (Asco Power Technologies, 2019).

- Nota: si su sitio tiene motores que arrancan y se detienen de forma intermitente (ascensores, acondicionadores de aire), SpecSizer los recopila en un paso "intermitente" adicional que se supone que arranca en último lugar. Esto a veces puede determinar el tamaño de su grupo electrógeno, ya que los motores pueden causar caídas de voltaje altas y es posible que ya haya iniciado cargas que son sensibles a las caídas de voltaje y frecuencia. Establece el porcentaje de paso intermitente en la página "Definir condiciones del sitio" de SpecSizer, y el 25 % es el valor predeterminado. Un mayor porcentaje de motores que arrancan de forma intermitente suele dimensionar un grupo electrógeno más grande. Consulte el tema de ayuda en SpecSizer para obtener más información sobre los motores y el paso intermitentes (Asco Power Technologies, 2019).
- Paso 3: Identifique los requisitos máximos resultantes de la combinación de estos pasos de carga. Por ejemplo, un motor grande que arranca en el paso de carga n.º 3 puede requerir un requisito de kW de arranque pico más alto del motor que cuando se encienden las luces en el paso subsiguiente (Asco Power Technologies, 2019).
- Paso 4: Teniendo en cuenta cada uno de los factores de tamaño (RkW, RkVA con tolerancias de carga no lineal y desequilibrada, SkW, SkVA, caída de tensión y caída de frecuencia permitidas en cada paso, entre otras), seleccione un grupo electrógeno que los cumpla todos. Se recomienda una comparación de los requisitos en la parte inferior de la pantalla de selección, en el Resumen del Análisis de Carga, con los parámetros del grupo electrógeno propuesto, ya que puede hacer que reconsidere su elección final. Por ejemplo, si el conjunto seleccionado es apenas lo suficientemente grande (EkW/kVA) y es probable que el sitio crezca, es posible que desee aumentar el tamaño un paso. Nota: puede hacer esto manualmente desde la página "Seleccionar grupo electrógeno" o agregar "Capacidad de expansión (%)" adicional a la



selección final del grupo electrógeno utilizando esa función ubicada en la página "Definir condiciones del sitio" (Asco Power Technologies, 2019).

Lo mismo podría ser cierto si tiene una carga significativa (grande) que puede tener incertidumbre en cuanto a su tamaño o servicio. Alternativamente, si ha sido muy generoso en sus estimaciones de carga y su selección apenas se desliza hacia un tamaño de paso de EkW/kVA, posiblemente podría seleccionar un grupo electrógeno más pequeño al volver a examinar algunas de sus suposiciones más conservadoras (Asco Power Technologies, 2019).

De manera similar, si sospecha que una gran carga no lineal puede ser responsable del sobredimensionamiento, probar esa carga con un filtro de armónicos ocasionalmente puede resultar en una recomendación de grupo electrógeno más pequeño. O puede utilizar un rectificador de pulso más alto, digamos 24 pulsos frente a 6 pulsos. El grupo electrógeno más pequeño podría compensar con creces el costo del filtro adicional. Esta situación también puede presentarse con motores grandes. Si un arrancador de motor es aceptable en la aplicación, podría ser menos costoso que un grupo electrógeno más grande. VFD/VSD, arrancador suave, Wye Delta, entre otras, frente al arranque directo (o directo en línea) reducen en gran medida la demanda de irrupción (SkW y SkVA) de un motor grande, aunque VFD/VSD y arrancador suave contribuyen con algunos armónicos adicionales. Por ejemplo, Wye Delta reduce la demanda de arranque del motor en un 67 % (Asco Power Technologies, 2019).

## **CAPÍTULO 4**

### **OPERACIÓN DEL GENERADOR ELÉCTRICO APLICANDO NORMA ISO 8528-5**

#### **4.1 Sistema de arranque del motor**

Un sistema de arranque del motor debe arrancar el motor a la velocidad suficiente para que la combustión del combustible comience a funcionar normalmente y mantenga el motor en marcha. Los tres tipos comunes de sistemas de arranque del motor que se usan normalmente para los motores Caterpillar son eléctricos, aire e hidráulico, los cuales se describen a continuación. La elección de los sistemas depende de la disponibilidad de la fuente de energía, la disponibilidad de espacio para el almacenamiento de energía y la facilidad para recargar los bancos de energía necesarios para arrancar el motor (CAT, 2018).

#### **4.2 Tipos de sistemas de arranque**

- **Sistemas de arranque eléctrico:** Utiliza energía química almacenada en baterías, recargadas automáticamente por un alternador accionado por motor o por una fuente externa.
- **Sistemas de arranque de aire o neumáticos:** Se usa aire comprimido en tanques a presión, recargados automáticamente por un compresor de aire accionado por un motor eléctrico.
- **Sistemas de arranque hidráulico:** Se usa aceite hidráulico almacenado en recipientes a presión de acero a alta presión, recargados automáticamente por una pequeña bomba hidráulica accionada por motor con válvula de alivio de presión integral.

La tecnología de los sistemas está bien desarrollada. Cualquiera de los sistemas se controla y aplica fácilmente de forma manual o automática. Los arrancadores eléctricos y de aire se pueden utilizar tanto en motores diésel como de gas. Los arrancadores hidráulicos solo se pueden utilizar con

motores diésel. La capacidad de arranque de un motor diésel se ve afectada principalmente por la temperatura ambiente, la temperatura del agua de la camisa del motor y la viscosidad del aceite lubricante. Cualquier carga parásita (generalmente asociada con el equipo impulsado) también puede influir en gran medida en la capacidad de arranque (CAT, 2018).

## 4.2.1 Función del sistema de arranque

### 4.2.1.1 Par de ruptura

El par de arranque del motor se refiere al par requerido para comenzar a girar el cigüeñal. El arrancador debe poder exceder el torque del motor y auxiliar para comenzar a girar el motor. Con un arrancador eléctrico, el voltaje y el amperaje son importantes para que el arrancador eléctrico pueda alcanzar todo su potencial, el cual se enumera en la Tabla 4.1 (CAT, 2018).

**Tabla 4.1**  
*Rendimiento de ruptura del arranque eléctrico, gasolina.*

	Voltios en el arranque	Amperios al motor de arranque	Velocidad de arranque/arranque del motor (rpm)	Torque potencial del motor de arranque N . m (lb . ft)	Par potencial en el volante N . m (lb . ft)
<b>G3304, G3306</b> (156 dientes volante)	Número de pieza del motor de arranque: 1W5516 (12 dientes de piñón)				
Ruptura*	17	1400	0/0	129 (95)	1674.4 (1235)
<b>G3406</b> (113 dientes volante)	N.º de pieza del motor de arranque: 2S7227 y 6V0927 (11 dientes de piñón)				
Ruptura*	12.5	1400	0/0	135.6 (100)	1392.4 (1027)
<b>G3408, G3412</b> (136 dientes volante)	Número de pieza del motor de arranque: 4N1062 (11 dientes de piñón)				
Ruptura*	12.5	1400	0/0	135.6 (100)	1675.8 (1236)
<b>G3508, 12, 16</b> (183 dientes volante)	Número de pieza del motor de arranque: 7C0527, 6V4246 (11 dientes de piñón)				
Ruptura*	13	1400	0/0	124.7 (92)	2074.4 (1530)
	12.5	1400	0/0	135,6/2250,7 (100/1660)	135,6/2250,7 (100/1660)

Fuente. (CAT, 2018)

El par de ruptura del motor de arranque se refiere al par máximo que un motor de arranque puede generar a o cerca de cero rpm. Es importante asegurarse de que el par de ruptura del motor de arranque sea mayor que la suma del par de arranque del motor y la carga auxiliar. Dado que el par de ruptura puede variar mucho, es mejor incluir un margen de par de ruptura al manejar cargas auxiliares. La siguiente ecuación se debe utilizar como guía

para asegurar un margen de par de arranque adecuado. Los valores utilizados para  $T_{eng\ brk}$  y  $T_{aux\ brk}$  deben ser valores que representen las peores condiciones en las que se espera que arranque un motor (CAT, 2018).

$$T_{par\ ruptura} > (1.4) [T_{par\ arranque} + T_{arranque\ aux.}]$$

Dónde:

$T_{par\ ruptura}$  = salida de par de arranque del motor de arranque

$T_{par\ arranque}$  = par de arranque del motor requerido

$T_{arranque\ aux.}$  = par de arranque auxiliar requerido

La relación entre el par de arranque y el par aplicado al motor (y al equipo auxiliar si está acoplado directamente) es:

*Torque del motor de arranque = Torque al motor y al equipo accionado × Número de dientes del piñón/dientes del volante*

Esta fórmula funciona para determinar las necesidades de par de ruptura o las necesidades de par de arranque del motor de arranque (CAT, 2018).

#### 4.2.2 Par de arranque

En la Tabla 4.2 muestra los requisitos de torsión para arrancar un motor de gasolina sin carga.

**Tabla 4.2**

*Torques de arranque y arranque del motor, gasolina.*

Modelo de motor	Par de ruptura	Par de arranque (@ 100 o 150 rpm)				
		Aceite SAE 30 en peso				
		0°C (32°F)		10°C (50°F)		
	N•m	(ft-lbs)	N•m	(ft-lbs)	N•m	(ft-lbs)
<b>G3304</b>	149	110	217	160	149	110
G3306	244	180	278	205	203	150
G3406	366	270	508	375	305	225
G3408	420	310	597	440	352	260
G3412	644	475	813	600	521	385
G3508	1016	750	1085	800	854	630
G3512	1247	920	1573	1160	1037	765
G3516	1545	1140	1898	1400	1288	950

Nota: La temperatura y la viscosidad del aceite son los principales contribuyentes a la cantidad real de par necesario para arrancar el motor a la velocidad específica. El par de arranque es independiente de la viscosidad o la temperatura del aceite.

En la Tabla 4.3 proporciona un caso de estudio en el rendimiento de arranque de los arrancadores eléctricos utilizados en los motores G3500-G3300 de grupo electrógenos de marca Caterpillar. Obsérvese la Tabla para determinar la velocidad del arrancador, los voltios y amperios del arrancador y la capacidad de torque del arrancador a 100 rpm y 1500 rpm del motor (se deben usar 150 rpm para motores magnéticos y 100 rpm para motores equipados con sistema de encendido electrónico Caterpillar). La capacidad del arrancador eléctrico se puede comparar con el total de las necesidades de par de arranque de cualquier modelo de motor y equipo auxiliar en particular (CAT, 2018).

**Tabla 4.3**  
*Rendimiento del arrancador eléctrico, gas*

	Voltios en el arranque	Amperios al motor de arranque	Torque potencial del motor de arranque N . m (lb . ft)	Torque potencial en el volante N . m (lb . ft)
<b>G3304, G3306</b> (156 dientes volante)	N° de pieza del motor de arranque — 1W5516 (12 dientes de piñón)			
Arranque* @100 rpm del motor	19	800	70.5 (52)	916.5 (676)
@150 rpm del motor	22	500	30 (22)	387.8 (286)
<b>G3406</b> (113 dientes volante)	N° de pieza del motor de arranque — 2S7227 y 6V0927 (11 dientes de piñón)			
Arranque* @100 rpm del motor	17	900	73 (54)	745.7 (550)
@150 rpm del motor	19	600	49 (36)	501.7 (370)
<b>G3408, G3412</b> (136 dientes volante)	N° de pieza del motor de arranque— 4N1062 (11 dientes de piñón)			
Arranque* @100 rpm del motor	17	860	70.5 (52)	867.7 (640)
@150 rpm del motor	19	580	40.7 (30)	488 (360)
<b>G3508, 12, 16</b> (183 dientes volante)	Motor de arranque N° de pieza — 7C0527, 6V4246 (11 dientes de piñón) [Valores para 1 motor de arranque]			
Arranque* @ 100 rpm del motor	19	600	40.7 (30)	678 (500)
	Motor de arranque N° de pieza — 6V0927 (11 dientes de piñón) [Valores para 1 motor de arranque]			
	18.5	600	49 (36)	813.5 (600)

Fuente. (CAT, 2018)

Nota: \* El par de arranque es a 100 rpm del motor. El par de arranque depende mucho de la viscosidad y la temperatura del aceite. Al resolver un problema de arranque, aumentar la temperatura del motor y del aceite, además de reducir la viscosidad del aceite, mejorará drásticamente el rendimiento del arranque.

## 4.2.3 Terminación de arranque

### 4.2.3.1 Exceso de velocidad del motor de arranque

El exceso de velocidad del motor puede deberse a un mal funcionamiento del regulador o a que se atasque la rejilla de combustible. Sin

protección contra sobre velocidad, un motor diésel puede acelerar rápidamente hasta el punto de destrucción (CAT, 2018).

#### **4.2.3.2 Variables que afectan la duración del arranque del motor y el par de arranque**

Dimensionar el sistema de arranque de un motor para cumplir con las condiciones más exigentes en las que se espera que arranque un motor específico. Para tener en cuenta la variabilidad, tener en cuenta las siguientes pautas:

- 1) **Tamaño de la maquina:** A medida que aumenta el número de cilindros, aumentan los requisitos de par para arrancar el motor. Las curvas de torque del cigüeñal para cada motor deben consultarse al dimensionar un sistema de arranque.
- 2) **Aplicación del motor:** Varias aplicaciones tienen diferentes cargas auxiliares durante el arranque. La curva de par de carga auxiliar afectará el tiempo para acelerar el motor al rpm de arranque mínimas recomendadas.
- 3) **Composición del combustible:** La composición del combustible varía ampliamente de un sitio a otro. Los combustibles con bajo contenido de energía prolongarán el tiempo de arranque ya que estos combustibles se queman más lentamente y el encendido del cilindro durante el arranque es más errático que cuando se usa gas natural.
- 4) **Condiciones ambientales frías:** La temperatura fría aumenta la viscosidad del aceite del motor. La demanda de torque del motor de arranque aumenta a medida que disminuye la temperatura del aceite. La duración de la salida aumentará debido a las bajas temperaturas. Nota: El par de arranque no se ve afectado por la temperatura del aceite.

#### **4.2.4 Requisitos mínimos para el dimensionamiento del equipo de soporte**

Al dimensionar el equipo de apoyo de una instalación para un sistema de arranque (es decir, volumen del tanque de aire, ubicación del tanque de aire, diámetro de la tubería, longitud de la tubería, tamaño del compresor,

cantidad y capacidad de la batería), el equipo debe ser capaz de cumplir con los siguientes requisitos mínimos para un intento de arranque:

- El sistema de arranque debe acelerar el motor y su carga auxiliar a las RPM mínimas de arranque en cinco segundos.
- Los motores de arranque deben poder mantener las RPM mínimas de arranque durante un mínimo de 25 segundos.

Las activaciones del arrancador eléctrico de más de 30 segundos o los intentos repetidos de arranque de 30 segundos sobrecalentarán los arrancadores. Los intentos de arranque de más de 30 segundos pueden indicar problemas en el motor. Algunas aplicaciones pueden requerir múltiples funciones de inicio consecutivas. En este caso, multiplique lo anterior requisitos mínimos de un inicio por el número total de intentos de arranque requeridos. Por lo tanto, si un sitio debe ser capaz de realizar tres intentos de arranque consecutivos, el equipo de apoyo debe ser capaz de realizar tres intervalos de aceleración de 5 segundos y 3 intervalos de 25 segundos de velocidad sostenida del motor igual o superior a las RPM mínimas de arranque (CAT, 2018).

#### **4.2.4.1 Temperatura del aceite**

El motor diésel se basa en el calor de la compresión para encender el combustible. Cuando el motor está frío, se necesitan períodos de arranque más largos o velocidades de arranque más altas para desarrollar temperaturas de ignición adecuadas. El arrastre debido al aceite lubricante frío impone una gran carga en el motor de arranque. El tipo de aceite y la temperatura alteran drásticamente la viscosidad. El aceite SAE 30 se acerca a la consistencia de la grasa por debajo de 0 °C (32 °F).

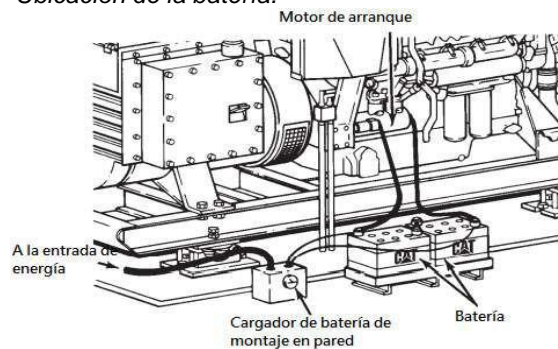
#### **4.2.4.2 Temperatura del aire**

La temperatura ambiente es extremadamente importante para el sistema de arranque. Cuanto más frío hace, mayor par es necesario para arrancar el motor.

## 4.2.5 Arranque Eléctrico

El arranque eléctrico es el más conveniente de usar. El almacenamiento de energía es compacto. Sin embargo, cargar el sistema es lento y difícil en emergencias. El arranque eléctrico se vuelve menos eficaz a medida que baja la temperatura debido a la pérdida de la capacidad de descarga de la batería y al aumento de la resistencia del motor al arranque en esas condiciones. Es el sistema menos costoso y el más adaptable al control remoto y la automatización, véase la Figura 4.1

**Figura 4.1**  
*Ubicación de la batería.*



Fuente. (CAT, 2019)

Sin embargo, se pueden producir daños si entra agua y se retiene en el solenoide del motor de arranque. Para evitar esto, los motores almacenados en el exterior deben estar provistos de una cubierta de la carcasa del volante (CAT, 2018).

**Tabla 4.4**  
*Recomendaciones de baterías para motores diésel Caterpillar*

Amperios mínimos de arranque en frío de la batería a -18 °C (0 °F)				
Modelo	Voltaje	- 0,5°C (31°F) y arriba*	-18°C (0°F) a -1°C (30°F)**	- 31,6°C (-25°F) a -18,3°C (-1°F)
3208	12	1140	1460	1600
	24	570	730	800
3304	12	1140	1500	1740
	24/30/32	570	750	870
3306	12	1140	1500	2000
	24	570	750	1000
	30/32	570	750	870
3406	12	1740	1800	2000
	24	800	870	1000
	30/32	800	870	870
3408/ 3412	24	870	1000	1260
	30/32	870	870	1260
D348	24	870	1000	1260
	30/32	870	870	1260
D349	24/30/32	1260	1260	1260
	24	1000	1260	1260
D353	30/32	1260	1260	1260
	24/30/32	1260	1260	1260
D379/ 398	24/30/32	1260	1260	1260
D399	24/30/32	1260	1260	—

Fuente. (CAT, 2019)



Si es posible, el motor de arranque debe montarse con el solenoide en una posición hacia arriba, lo que proporcionaría drenaje y evitaría que se acumule agua en el solenoide. Los motores que están sujetos a una carga de impulsión pesada durante el arranque en frío deben estar provistos de un motor de arranque de servicio pesado (CAT, 2018).

#### 4.2.6 Tipos de batería

Las baterías proveen energía suficiente para hacer girar los motores muy rápido y durante el tiempo suficiente para arrancar (ver las recomendaciones de baterías para diésel en la Tabla 4.4 y gasolina en la Tabla 4.5).

**Tabla 4.5**  
*Recomendaciones de baterías para motores de gasolina Caterpillar.*

Amperios mínimos de arranque en frío de la batería				
Modelo	Voltaje	15,5°C (60°F) y arriba	- 1°C (30°F) a 15,5°C (60°F)	- 29°C (-20°F) a -1°C (30°F)
G3304	12 24-32	725	1450 925	1225
G3306	12 24-32	725	1450 925	1225
G3406	24-32		925	1225
G3408	24-32	925	1225	1300
G3412	24-32	925	1225	1300
G3508	24-32	925	1225	1300
G3517*	30-32	725	910	1300
G3516*	30-32	725	910	1300

Fuente. (CAT, 2019)

Los tipos de plomo-ácido son comunes, tienen altas capacidades de producción y el costo inicial más bajo. Las baterías de níquel-cadmio son costosas, pero tienen una larga vida útil y requieren un mantenimiento mínimo. Los tipos de níquel-cadmio están diseñados para una vida útil prolongada y pueden incorporar placas gruesas que disminuyen la capacidad de descarga alta. Las dos consideraciones para seleccionar la capacidad de batería adecuada son:

- La temperatura más baja a la que se puede arrancar el motor.

- La carga parásita impuesta al motor. Una buena regla general es seleccionar un paquete de batería que proporcione al menos cuatro períodos de arranque de 30 segundos (un total de 2 minutos de arranque). Un motor no debe arrancarse continuamente durante más de 30 segundos o los motores de arranque pueden sobrecalentarse.

No obstante, las temperaturas ambientales afectan drásticamente el rendimiento de la batería y la eficiencia de carga. Es recomendable, mantener una temperatura máxima de 32 °C (90 °F) para garantizar la salida nominal. El impacto de las temperaturas más frías se muestra en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6**  
*Temperatura vs salida*

°C	°F	27 °C (80 °F) °C °F
		Capacidad nominal de salida de amperios hora
27	80	100 %
0	32	65 %
-18	0	40 %

Fuente. (Cat, 2019)-transcrito por el autor

#### 4.2.6.1 Tamaño y temperatura de la batería

Las bajas temperaturas ambientales afectan drásticamente el rendimiento de la batería y la eficiencia de carga, así como la viscosidad del aceite (véase la Tabla 4.7).

**Tabla 4.7**  
*Rendimiento de la batería.*

Gravedad específica	% Cargo	Tensión por celda	Congela	
			°C	°F
1.260	100	2.10	-94	-70
1.230	75	2.07	-56	-39
1.200	50	2.04	-27	-16
1.170	25	2.01	-19	-2
1.110	cumplido	1.95	-8	+17

Fuente. (Cat, 2019)-transcrito por el autor

También se deben evitar las altas temperaturas.

- Mantener una temperatura máxima de 32 °C (90 °F) para asegurar la salida nominal.

- Las altas temperaturas también reducen la duración de la batería.
- Idealmente, las temperaturas alrededor de la batería no deben exceder los 25 °C (77 °F). La duración de la batería se reduce aproximadamente a la mitad por un aumento de temperatura de 10 °C (17 °F); duplicado si los ambientes se reducen 10 °C.

#### 4.2.6.2 Tamaño del cable de la batería (resistencia máxima permitida)

El circuito de arranque entre la batería y el motor de arranque y el circuito de control entre la batería, el interruptor y el solenoide del motor deben estar dentro de los límites máximos de resistencia, véase la Tabla 4.8.

**Tabla 4.8**  
*Resistencia máxima permitida.*

<b>Interruptor Magnético y Circuito Serie-Paralelo</b>	<b>Circuito del interruptor de solenoide</b>	<b>Circuito del motor de arranque</b>
Sistema de 12 voltios 0,048 ohmios	0.0067 Ohm	0.0012 Ohm
Sistema de 24 voltios 0,10 ohmios	0.030 Ohm	0.002 Ohm
Sistema de 32 voltios 0,124 ohmios	0.070 Ohm	0.002 Ohm

Fuente. (Cat, 2019)-transcrito por el autor.

No toda esta resistencia está permitida para los cables. Las conexiones y los contactores, excepto el contactor del solenoide del motor, se incluyen en la resistencia total permitida. Las asignaciones de resistencia fija adicionales son:

#### **Contactores**

Relés, Solenoide, Interruptores  
0,0002 ohmios cada uno.

#### **Conexiones**

(conector en serie)  
0,00001 ohmios cada uno.

La resistencia fija de las conexiones y los contactores están determinada por el enrutamiento de los cables (véase la Tabla 4.9). La resistencia fija ( $R_f$ ) restada de la resistencia total ( $R_t$ ) es igual a la resistencia permitida del cable ( $R_c$ ):  $R_t - R_f = R_c$ .

**Tabla 4.9**

*Longitud total máxima recomendada del cable de la batería*

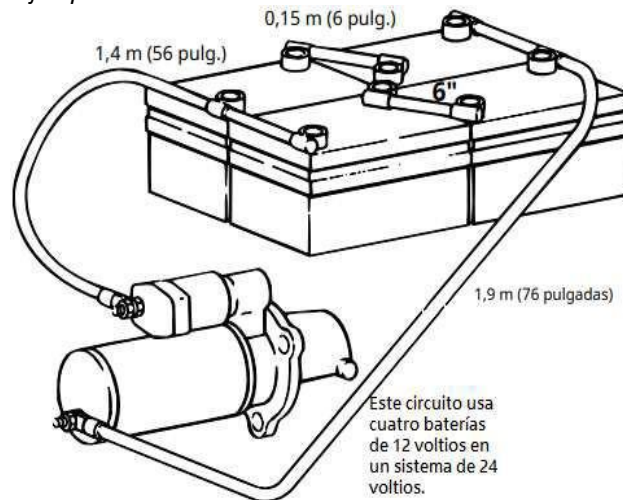
Tamaño del cable		12 voltios		24-32 voltios	
AWG	mm <sup>2</sup>	Pies	Metros	Pies	Metros
0	50	4.0	1.22	15.0	4.57
00	70	5.0	1.52	18.0	5.49
000	95	6.0	1.83	21.0	6.40
0000	120	7.5	2.29	27.0	8.24

Fuente. (Cat, 2019)-transcrito por el autor

A continuación, en la Figura 4.2 se puede ver un ejemplo con la longitud del cable y la resistencia fija determinadas.

**Figura 4.2**

*Ejemplo*

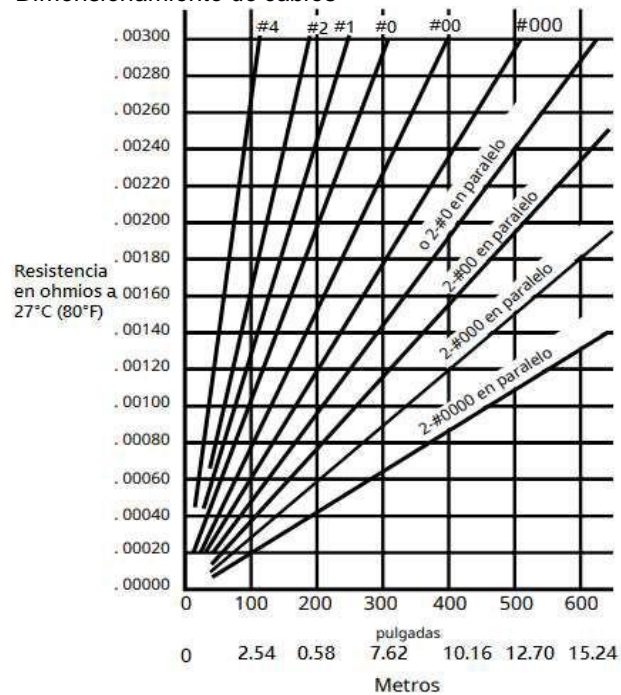


Fuente. (CAT, 2019)

En cambio, el tamaño de cable apropiado se puede apreciar en la Figura 4.3. Solo se debe usar cable de cobre trenzado completo. El cable de soldadura por arco es mucho más flexible y fácil de instalar que el cable de alambre de cobre trenzado completo, pero el cable de soldadura no es tan duradero y se dañará por la corrosión en mucho menos tiempo.

Para cumplir con los requisitos de longitud y resistencia del cable, el tamaño del cable debe ser el N°1. Para determinar la resistencia fija en un circuito paralelo, solo se cuentan las conexiones en serie en una rama del circuito paralelo.

**Figura 4.3**  
Dimensionamiento de cables



Fuente. (CAT, 2019)

#### 4.2.6.3 Cargadores

**Cargadores de batería:** Hay varios cargadores disponibles para recargar una batería. Los cargadores lentos están diseñados para un servicio continuo con baterías descargadas y se apagan automáticamente a una corriente de miliamperios cuando las baterías están completamente cargadas. La sobrecarga acorta la vida útil de la batería y se reconoce por pérdidas excesivas de agua. Las baterías de plomo-ácido convencionales requieren menos de 59.2 ml (2 oz) de agua adicional durante 30 horas de funcionamiento. Los cargadores de ecualización flotante son más caros que los cargadores lentos y se utilizan en aplicaciones que exigen la máxima duración de la batería. Estos cargadores incluyen regulación de línea y carga, y dispositivos limitadores de corriente que permiten cargas continuas a la salida nominal.

Tanto los cargadores lentos como los cargadores de ecualización de flotación requieren una fuente de alimentación de A/C mientras el motor no está funcionando. Los cargadores deben ser capaces de limitar las corrientes

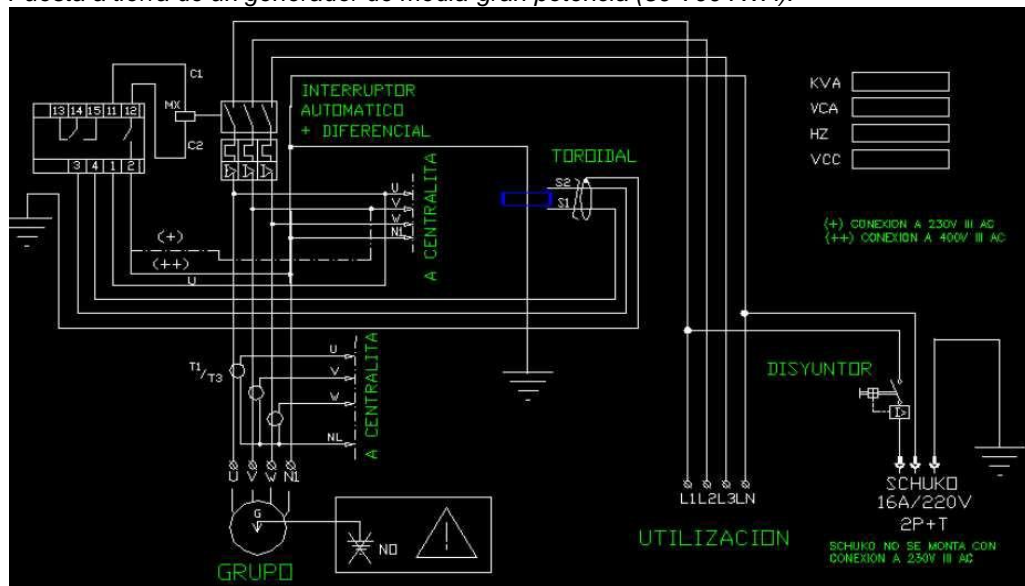
máximas durante los ciclos de arranque o tener un relé para desconectar durante los ciclos de arranque. Cuando se utilizan alternadores accionados por motor y cargadores de batería, el relé de desconexión generalmente se controla para desconectar el cargador de batería durante el arranque y el funcionamiento del motor.

### 4.3 Puesta a tierra

Cuando se adquiere un generador de cualquier tamaño encontramos fácilmente un tornillo identificado con el símbolo de tierra. Lo correcto es utilizar un cable verde-amarillo y conectarlo a una pica introducida en el terreno circundante. Se acaba de realizar una puesta a tierra de las masas metálicas del generador.

**Figura 4.4**

*Puesta a tierra de un generador de media-gran potencia (50-700 KVA).*



Fuente: (BeBravo, 2019)

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Un grupo electrógeno es una combinación de un motor principal (típicamente un motor) y un alternador. Un motor convierte la energía química de un combustible en energía mecánica. Esa energía mecánica se utiliza para hacer girar el rotor del alternador; conversión de energía mecánica en energía eléctrica.
- Los grupos electrógenos deben ser robustos y de gran fiabilidad y, por supuesto, estar disponibles de forma inmediata, respondiendo a la demanda de potencia requerida y ante cualquier necesidad que se presente.
- En el caso de grupos electrógenos de emergencia, estos deben ser capaces de detectar un fallo de red y ponerse en marcha en cuestión de segundos. También deben poder operar continuamente hasta que se resuelva la falla o hasta que se guíe la planta de energía a un estado seguro y se garantice la seguridad de quienes trabajan en su interior.
- La norma ISO 8528 facilita métodos de prueba de grupos electrógenos impulsados por motores de combustión. Establece los requisitos generales de las pruebas y define una prueba funcional y una prueba de aceptación.
- La norma define tres clases de rendimiento: G1, G2 y G3. Una clase adicional, G4, está reservada para los criterios de desempeño acordados entre el proveedor y el comprador.
- G1 es el más estricto y, por lo general, se aplica a grupos electrógenos pequeños y simples, destinados a suministrar cargas poco sofisticadas. G2 es ampliamente equivalente a la potencia disponible comercialmente, mientras que G3 está destinado a grupos electrógenos que alimentan cargas estratégicamente críticas, o aquellas que requieren una fuente de alimentación particularmente estable y precisa, como hospitales y centros de datos.

- El Informe de dimensionamiento de un proyecto con el software Electric Power SpecSizer proporciona datos técnicos del motor, el alternador y el grupo electrógeno, y el Informe de rendimiento transitorio proporciona la respuesta transitoria del grupo electrógeno seleccionado en incrementos de cambio de carga del 25 % hasta una carga completa.
- Sin embargo, en la implementación de este, se debe aplicar normas técnicas y sobre todo procedimientos dados por el fabricante. De tal manera, se debe prestar también atención a otras variables como: el factor de potencia en el arranque, la potencia en el arranque, el factor de potencia nominal, la potencia nominal, la eficiencia y el número de arranques.

## **5.2 Recomendaciones**

- Si bien SpecSizer hace el trabajo al recopilar información y recomendar con precisión un grupo electrógeno que mejor se adapte al sitio y las especificaciones de carga que se proporcione, es prudente volver a examinar los supuestos de carga y sitio cuando termine, especialmente si ve que re en un límite de EkW/kVA para el grupo electrógeno recomendado.
- Es importante que un usuario pueda producir una especificación de guía con el Informe de dimensionamiento del proyecto y el Informe de rendimiento transitorio para cualquier grupo electrógeno seleccionado manualmente en la pestaña Selección de grupo electrógeno.
- En caso de instalación de un grupo electrógeno, se recomienda:
- Las pruebas de aceptación son optativas, pueden realizarse en in situ y a menudo en presencia del cliente o un representante.
- En todos los casos, las pruebas se deben realizar con referencia a la especificación acordada del grupo electrógeno.
- Antes de las pruebas operativas, se deben registrar los datos ambientales y se especifica una inspección preliminar. Esto incluye comprobaciones de seguridad, conexiones a tierra y protecciones,



pruebas de aislamiento, comprobaciones de niveles de líquido, entre otras.

- En el arranque inicial, primero se debe revisar el sistema de parada de emergencia, seguido de comprobaciones de frecuencia, voltaje y rotación de fase, y una inspección para detectar fugas y vibraciones.
- El manejo del motor se mide probando la frecuencia, mientras que la regulación de tensión del alternador se mide directamente. Las características especificadas relacionadas con la frecuencia incluyen variación del estado estacionario, caída cuando se aplica el aumento máximo de potencia, aumento cuando se quita el 100 % de la potencia y el tiempo antes de que la frecuencia regrese dentro de los límites en ambos casos.
- Las características de tensión nuevamente incluyen la caída cuando se aplica el aumento máximo de potencia, el aumento cuando se quita el 100 % de la potencia y el tiempo de recuperación.

## Referencias

- Agresa. (2021). *Sistemas de refrigeración de tu grupo electrógeno. ¿Qué debes tener en cuenta?* Obtenido de <https://www.agresa.es/blog/sistema-de-refrigeracion-grupo-electrogeno/>
- Alerce. (2017). *GENERADORES*. Obtenido de <http://alerce.pntic.mec.es/~hmartin/electr%F3nica/componentes/generadores.htm>
- Altium. (2020). *Consejos para el diseño de circuitos: protección de los circuitos eléctricos frente a la humedad*. Obtenido de <http://huiwenedn.com/circuit-design-tips-pcb-moisture-protection-humid-environments.html>
- Arrequip. (2019). *CÓMO FUNCIONAN LOS GENERADORES, PARTE 3*. Obtenido de <https://arrequip.cl/como-funcionan-los-generadores-parte-3/>
- Asco Power Technologies. (2019). *Prueba de grupos electrógenos diésel en conformidad con ISO8528*. Obtenido de Prueba de grupos electrógenos diésel en conformidad con ISO8528
- BeBravo. (2019). *Instalar en generador la puesta a tierra*. Obtenido de <https://www.gebravo.com/puesta-a-tierra-de-generadores-electricos-grupos-electrogenos.php>
- Blog Eléctrico. (2022). *Partes de un motor generador electrico*. Obtenido de <https://neumaticosparacoches.com/electrico/partes-de-un-motor-generador-electrico/>
- Blog Soler-Palau. (2020). *¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?* Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
- Camfil. (2019). *(¿Cuáles son los efectos de la corrosión?* Obtenido de <https://www.camfil.com/es-es/novedades/electronica-y-optica/what-are-the-effects-of-corrosion>
- CAT. (2018). *Grupo electrógeno con motor Caterpillar*. Obtenido de [https://es.made-in-china.com/co\\_sa-equipment/product\\_2200kw-](https://es.made-in-china.com/co_sa-equipment/product_2200kw-)

Caterpillar-Generator-Cat-Genset-with-Caterpillar-Engine\_uroohrsyog.html

- CAT. (2019). *Grupos electrógenos diesel »Generador Caterpillar DE9.5E3 9.5kVA*. Obtenido de <http://www.caterpillargenset.com/es/caterpillar-de9-5e3-9-5kva-generator.html>
- Caterpillar. (2017). *Dimensionamiento de los motores y generadores en aplicaciones de energía eléctrica*. Obtenido de LSBE5294.
- Copper Development Association Inc. (2019). *Calidad energética*. Obtenido de <https://www.copper.org/applications/electrical/pq/primer.html>
- Crushtymks. (2019). *Las condiciones del sitio tienen un impacto en las clasificaciones de grupos electrógenos de Caterpillar*. Obtenido de <https://crushtymks.com/es/energy-and-power/375-site-conditions-impact-on-caterpillar-genset-ratings.html>
- Cummins Power Generation. (2017). *Grupo electrógeno y compatibilidad del UPS*. Obtenido de <https://incal.cummins.com/www/literature/technicalpapers/PT-6014-genset-ups-compatibility-es.pdf>
- EACSA. (2017). *Tipos de secadores de aire comprimido*. Obtenido de <https://energiaenaire.com.mx/tipos-secadores-aire-comprimido/>
- Eléctrica Aplicada. (2017). *Qué significa los kV y kVA en un generador eléctrico?* Obtenido de <https://www.electricaplicada.com/kva-kw-generador/>
- Energen. (2017). *Grupo Electrógeno*. Obtenido de <https://energen.com.ar/static/uploads/pdf/manual-grupos-electrogenos-new-holland-diesel.pdf>
- Fundación Endesa. (2022). *El generador eléctrico*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/generador-electrico>
- Garavito, M. (2018). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA FLOTA DE GENERADORES EMPRESA GENERACIÓN Y SISTEMAS S.P.A*. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45813/3560901544009UTFSM.pdf>

- Genesal Energy. (2018). *La puesta en marcha, el mejor protocolo de seguridad de los grupos electrógenos*. Obtenido de <https://genesalenergy.com/comunicacion/articulos/puesta-en-marcha-grupos-electrogenos/>
- Gómez, E., Navas, D., Aponte, G., & Betancourt, L. (2017). *Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405022.pdf>
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. Obtenido de RECIMUNDO; Editorial Saberes del Conocimiento: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7591592.pdf>
- Ingeniería Mecafenix. (2019). *Tipos de compresores y como funcionan*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tipos-de-compresores/>
- INSST. (2016). *Ruido y vibraciones*. Obtenido de <https://www.insst.es/riesgos-ergonomicos-factores-ambientales-ruido-y-vibraciones>
- Instituto Tecnológico de Tijuana. (2019). *Fundamentos de la investigación*. Obtenido de Tipos de métodos: <https://sites.google.com/site/fundamentosdelainvestigacion1a/unidad-2-la-investigacion-como-un-proceso-de-construccion-social/2-3-tipos-de-metodos-inductivo-deductivo-analitico-sintetico-comparativo-dialectico-entre-otros>
- Jufend Power. (2021). *Compresor integrado de tornillo rotativo (con inyección de aceite)*. Obtenido de <http://factory-compressor.com.ar/1-2-3-oil-injected-rotary-screw-compressor.html>
- Maloy, G. (2021). *¿Qué es el análisis de potencia y la medición de potencia eléctrica con Analizador de Potencia?* Obtenido de <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-analisis-de-potencia>
- Mas ferretería. (2018). <https://www.masferreteria.com/blog/generadores-de-corriente/>. Obtenido de [https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12176285\\_02.pdf](https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12176285_02.pdf)

- Perkins. (2018). *Manual de Operación y Mantenimiento*. Obtenido de <https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10337781>
- Predictiva 21. (2018). *Vibraciones Mecánicas*. Obtenido de <https://predictiva21.com/vibraciones-mecanicas/>
- Rodriguez, M. (2018). *Máquinas Eléctricas II*. Obtenido de [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2806/course/section/2597/02\\_Maquinas%20de%20Corriente%20Continua.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2806/course/section/2597/02_Maquinas%20de%20Corriente%20Continua.pdf)
- Sánchez, J. (2014). *Supervisión de la temperatura en los bobinados y estator en un generador eléctrico*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/783/supervision%20de%20la%20temperatura%20en%20los%20bobinados%20y%20estator%20en%20un%20generador%20electrico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tonato, J. (2020). *Manual de operación y mantenimiento eléctrico del generador síncrono de una unidad de generación de la Central Hidroeléctrica Paute Sopladora*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18457/1/UPS-CT008706.pdf>
- Society of Automotive Engineers. (2018). J3016\_201806 Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. SAE International. Obtenido de [https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_201806/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/)

## **Glosario**

BMEP (Brake Mean Effective Pressure): Presión Media Efectiva al Freno

BkW = (Brake Kilo Watts) Freno de potencia del motor (freno kW)

EKV: eficiencia de potencia eléctrica

ISO (International Standards Organization): Organización Internacional de Normalización

KW: Kilo Vatios

KVA = Kilo Voltios Amperio de salida del generador

NEMA (National Electrical Manufacturers Association): Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.

OHV (Over Head Valves) Motores con válvulas en cabeza.

PF = factor de potencia de la carga conectada

SAE (Society of Automotive Engineers) Sociedad de ingenieros automotrices.

SKVA (Starting KVA) Arranque en kilo Voltios Amperios del generador

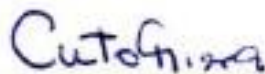
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Riera Chanaluisa, José Cristóbal** con C.C: 0914880109 autor del Trabajo de Titulación **PROPUESTA DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE GRUPOS ELECTRÓGENOS PARA EVITAR PÉRDIDAS DE GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA, APLICANDO NORMA ISO 8528**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de febrero de 2023



---

**Riera Chanaluisa, José Cristóbal**

C.C: 0914880109

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Propuesta de instalación y operación de grupos electrógenos para evitar pérdidas de generación de potencia eléctrica, aplicando norma ISO 8528		
<b>AUTOR(ES)</b>	Riera Chanaluisa, José Cristóbal		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar MGS.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Eléctrico Mecánico		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de febrero del 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	78
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Máquinas eléctricas, Generación eléctrica, Mediciones Eléctricas		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Dimensionamiento, motor, generador, ISO 8528, Grupo electrógeno, Caterpillar.		
<b>RESUMEN:</b>	<p>El presente trabajo tuvo como objetivo principal solucionar pérdidas de potencia eléctrica en los sistemas que requiere la activación de un grupo electrógeno, este aspecto puede variar según el lugar y aplicación donde este va a operar. Se aborda un mecanismo de instalación y mantenimiento de grupos electrógenos para de esta manera evitar pérdidas en la producción o generación de energía eléctrica. La metodología utilizada emplea tres métodos; bibliográfico porque se revisa manuales y guía técnicas del funcionamiento de grupos electrógenos. Es tipo descriptivo porque se detalla la generación y operación del motor y generador para solventar escenarios de suspensión de la energía eléctrica dada por la empresa distribuidora. Finalmente es de tipo analítico sintético por que plantea un mecanismo dimensionamiento con un software de Caterpillar. La contribución de este trabajo de titulación es la propuesta de criterios en instalación de grupos electrógenos para evitar pérdidas de producción en las industrias por daños graves en los equipos de generación.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono: +593-999606293</b>	<b>E-mail: jose.riera@cu.ucsg.edu.ec</b>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre: Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo MGS.</b> <b>Teléfono: +593-995147293</b> <b>E-mail: <a href="mailto:celso.bohorguez@cu.ucsg.edu.ec">celso.bohorguez@cu.ucsg.edu.ec</a></b>		
<b>SECCION PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>No. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>No. DE CLASIFICACION:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			