



Tecnológico nacional de México
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

DISEÑO DEL SISTEMA DE EMERGENCIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA EN 3 GRANJAS DE BUENAVENTURA, DE ACUERDO A LA NOM-001-SEDE-2012.

PRESENTA:

LUIS DONALDO OVANDO CANCINO
13270950

ASESOR INTERNO:

DR. JOSÉ DEL CARMEN VÁZQUEZ HERNÁNDEZ

ASESOR EXTERNO:

ING. JOSÉ VERMANN ALBORES SÁNCHEZ

EMPRESA:

Buenaventura Grupo Pecuario, S.A. de C.V.

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

17 DE ENERO DEL 2018

Capítulo 1. Generalidades

Introducción

La función principal y primordial de una planta de emergencia es suministrar energía eléctrica a una carga en la cual la interrupción por parte de la línea comercial puede ser crítica o provocar pérdidas cuantiosas en una empresa por detener el proceso de producción, pérdidas de información en equipos de cómputo, o las pérdidas de las comunicaciones como es el caso de estaciones de radio, televisión, etc.

Las plantas de emergencia son de vital importancia dentro de una industria o institución donde se requiere mantener un suministro de energía continuo o donde el equipo o maquinaria no deba suspender su proceso. La función primordial de las plantas de emergencia es suministrar energía cuando falla el sistema principal de alimentación, que es de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y continuar con la producción.

Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico, generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. Otro caso sería en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, etc., que, a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía para abastecerse.

Índice general

Capítulo 1. Generalidades	2
Introducción	3
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Estado del Arte.....	6
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos	7
1.5 Metodología	8
Capítulo 2. Fundamento teórico	10
2.1 Grupo Electrónico.....	11
2.2 Generador.....	14
2.3 Regulación de velocidad de giro	15
2.4 Tablero de transferencia.....	16
2.5 Mantenimiento del motor.....	17
2.6 Mantenimiento del generador	18
2.6 Transformadores.....	20
2.7 Fusibles	20
Capítulo 3. Desarrollo	22
3.1 Levantamiento de cargas	23
3.2 Propuesta.....	25
3.2 Diseños de planos	28
3.3 calculo utilizando software Digsilent	29
Capítulo 4. Resultados y conclusiones	31
Resultados.....	32
Conclusiones.....	33
Capítulo 5. Referencias bibliográficas	34
5.1 Bibliográficas	35
5.2 Consultas en línea	36
Anexos	39

1.1 Antecedentes

Un problema de calidad de la energía eléctrica cuando ocurre cualquier desviación de la tensión, la corriente o la frecuencia que provoque la mala operación de los equipos de uso final y deteriore la economía o el bienestar de los usuarios; asimismo cuando ocurre alguna interrupción del flujo de energía eléctrica.

La electricidad AC tiene, tiene un inconveniente con respecto a otros tipos de energía y es que no permite su almacenamiento, lo cual implica que hay que generarla y transportarla en el preciso momento de su utilización. Al no tener continuidad en el servicio se interrumpe completamente el suministro de energía eléctrica, tal interrupción puede durar segundos, horas o días, deteniendo muchos procesos industriales, que finalmente se traducen en pérdidas económicas para la industria y para el país mismo.

Una interrupción es un evento durante el cual el voltaje, en el punto de conexión del cliente, cae a cero y no retorna a sus valores normales automáticamente. De acuerdo con la IEC, el tiempo mínimo de una larga interrupción es de 3 minutos. Si el tiempo es menor a 3 min. se denomina corta interrupción. Los estándares de la IEEE definen como interrupciones sostenidas a aquellas que duran más de 3 segundos [Std.1159] o más de 2 min. [Std.1250].

Las aplicaciones de los grupos electrógenos son numerosas y muy diversas: pueden actuar como fuente de energía principal cuando en un lugar no existe red eléctrica (gama industrial) o pueden utilizarse como reserva de la misma para sustituirla en caso de fallo en el suministro eléctrico (gama emergencia). Actualmente, la compañía eléctrica suele tener problemas que deriven en eventuales cortes del suministro eléctrico, de ahí la necesidad de los grupos electrógenos de emergencia que equivale a garantía y seguridad.

1.2 Estado del Arte

En 2016, Fernando Ramos y Mónica Brevis, Rodolfo Clementi. Santiago, Chile. Destacan la eficiencia de los grupos electrógenos a gas, alimentados por gas natural, GLP y biogás. “Los grupos electrógenos a gas de combustión eficiente, están diseñados para ofrecer un rendimiento confiable, alta eficiencia de combustible y emisiones muy bajas para aplicaciones como máximo consumo durante las horas punta, potencia principal, calor y electricidad combinados”.

En 2017, Grupo MD. Iztapalapa, Ciudad de México. Proyectos de Generación Solar Fotovoltaica y Proyectos Híbridos en grupos electrógenos. La aplicación de este tipo de sistemas permite desplazar generación diésel en sistemas convencionales mediante la integración de generación solar o eólica con sistemas diésel existentes, para el ahorro de energía y reducir las emisiones de gases. Los costes de generación renovables, permiten un costo global de generación más reducido.

2016, grupo INMESOL y MTU. Pablo Fernández y Héctor López, México. Ingenieros de Aplicación de MTU, desarrollan nuevas aplicaciones específicas para los GE. los nuevos grupos de aplicaciones 3F y 3G, correspondientes a Centros de Datos y aplicaciones en respaldo a la Red respectivamente. Reducción del consumo cumpliendo las normativas de emisiones de gases. Motores con un tamaño más reducido y compacto, dotados de un sistema de inyección common rail aportando ventajas en la operación del motor.

2013, GENERAC, Waukesha, WI 53189, USA. Desarrollan generadores Bi-Fuel de Generac, que funcionan con combustible diésel y gas natural de manera simultánea, se destacan por la confiabilidad que ofrecen en muchas aplicaciones. utilizan combustible diésel como combustible piloto para encender el gas natural y, al final, funcionan principalmente con gas natural (normalmente el 70 %). El gas natural ofrece tiempos de funcionamiento prolongados que no están disponibles en los generadores a combustible diésel únicamente.

2014, Generac Power Systems, 900 North Pkwy, Jefferson, USA. Mobile Link. Esta aplicación móvil permite el monitoreo de los generadores de emergencia mediante dispositivos móviles que estén conectados a internet. pueden ver el estado y las necesidades de mantenimiento del generador, establecer el cronograma de ejercicio de la unidad, revisar el historial de funcionamiento y mantenimiento, y recibir notificaciones automáticas que indiquen los cambios de estado.

1.3 Justificación

Con las nuevas reformas energéticas, se tendrá un impacto en el tiempo de restablecimiento de la energía, causando estragos en las Naves, por ello, es esencial tener plantas de emergencias en las granjas. La planificación de las plantas de emergencia es para bríndales a las granjas continuidad a la producción.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar el nivel de cargas del sistema de las Naves de 3 granjas de buenaventura, haciendo referencia en la norma oficial mexicana nom-001-sede-2012 vigente.

1.4.2 Objetivos Específicos

a) Desarrollar cálculos de ingeniería, memoria técnica, cálculo de alimentador, plano eléctrico de las instalaciones, para lograr calidad y eficiencia energética en las instalaciones eléctricas.

b) Diagnosticar la frecuencia del tiempo de interrupción de la red que alimenta las granjas para obtener datos estadísticos.

1.5 Metodología

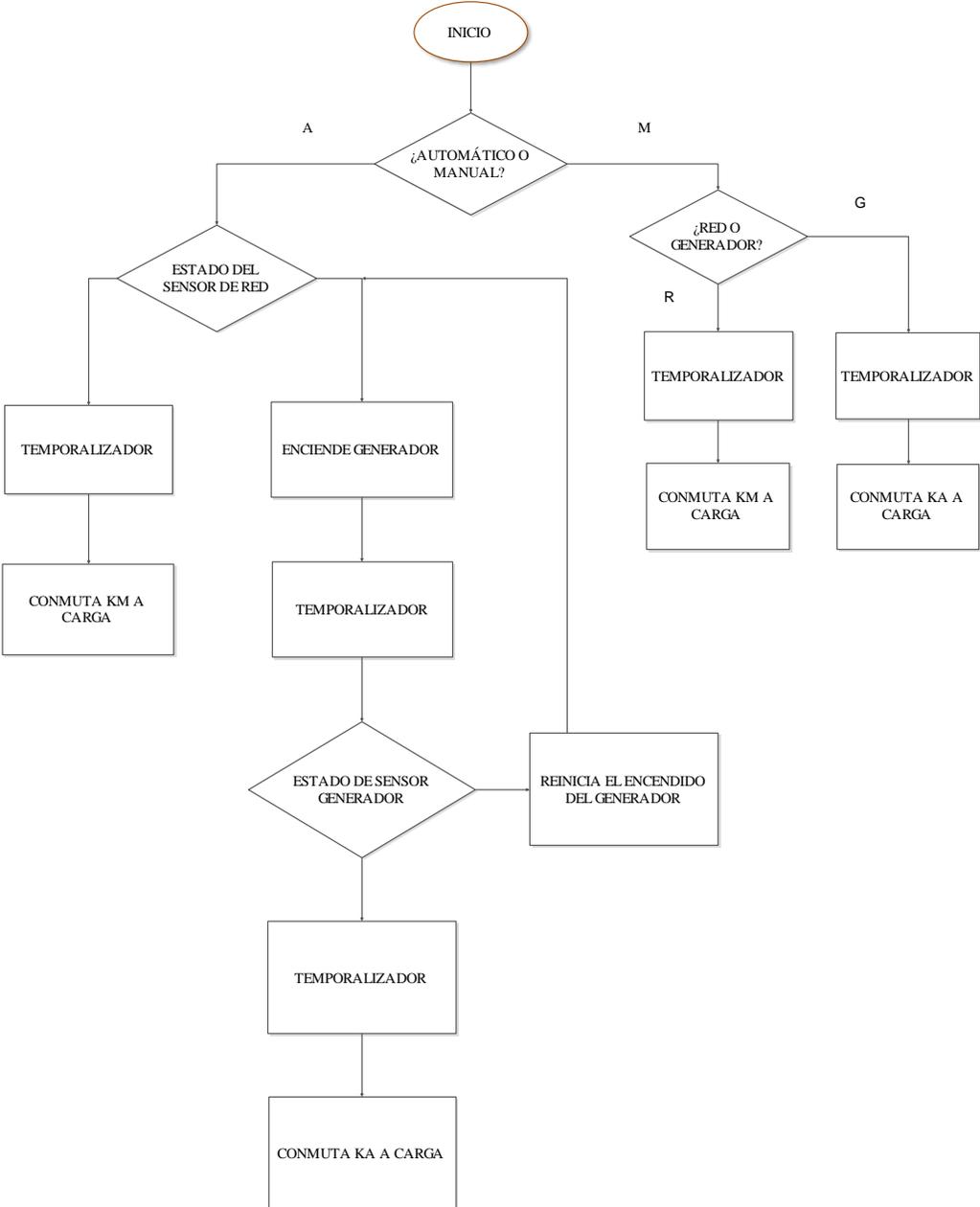


Figura 1 Diagrama a bloques de hardware

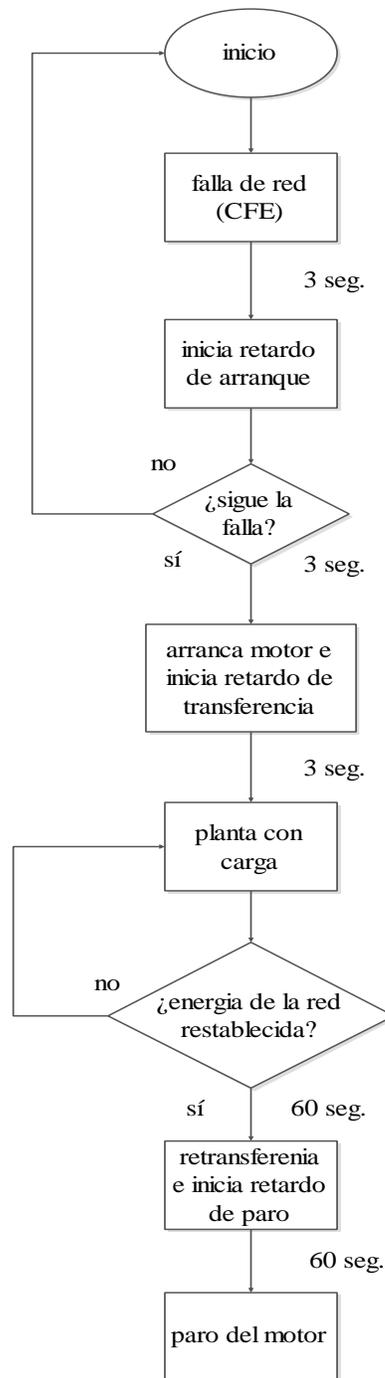


Figura 2 Diagrama a bloques de software

Capítulo 2. Fundamento teórico

2.1 Grupo Electrónico

La función principal y primordial de un grupo electrónico es suministrar energía eléctrica a una carga en la cual la interrupción por parte del suministrador puede ser crítica o provocar pérdidas cuantiosas en una empresa por detener el proceso de producción, pérdida de información, o la pérdida de las comunicaciones.

El grupo electrónico está formado principalmente por un motor de combustión interna el cual puede ser de 2 ó 4 tiempo y puede ser de tipo alimentado por gasolina, diesel o gas natural. El motor diesel normalmente se acopla en forma directa a un generador de corriente alterna trifásico, la función del mismo es transformar la energía mecánica en energía eléctrica disponible en los bornes del generador.

La potencia neta que proporciona el motor de combustión interna en HP medidos en el volante del mismo es igual a la potencia en kWe. que proporciona el generador eléctrico en los bornes del mismo multiplicado por la eficiencia de operación del generador eléctrico. Un grupo electrónico se consta de las siguientes partes:



Ilustración 1 Grupo electrónico

Motor. - El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existe dos tipos de motores: motores de gasolina y de gasoil (diésel). Generalmente los motores diésel son los más utilizados en los grupos electrónicos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.

Regulación del motor. - El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

Sistema eléctrico del motor. - El sistema eléctrico del motor es de 12 V o 24 V, negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, una/s batería/s, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un manocontacto de presión de aceite, un termocontacto de temperatura y un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.

Sistema de refrigeración. - El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.

Generador o Alternador. - La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.

Depósito de combustible y bancada. - El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.

Aislamiento de la vibración. - El grupo electrógeno está dotado de tacos antivibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo motor-alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.

Silenciador y sistema de escape. - El silenciador va instalado al motor para reducir la emisión de ruido y conduce los gases de emisión del motor.

Sistema de control. - Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el grupo electrógeno.

Interruptor automático de salida. - Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno con control manual. Para grupos electrógenos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y régimen de salida.

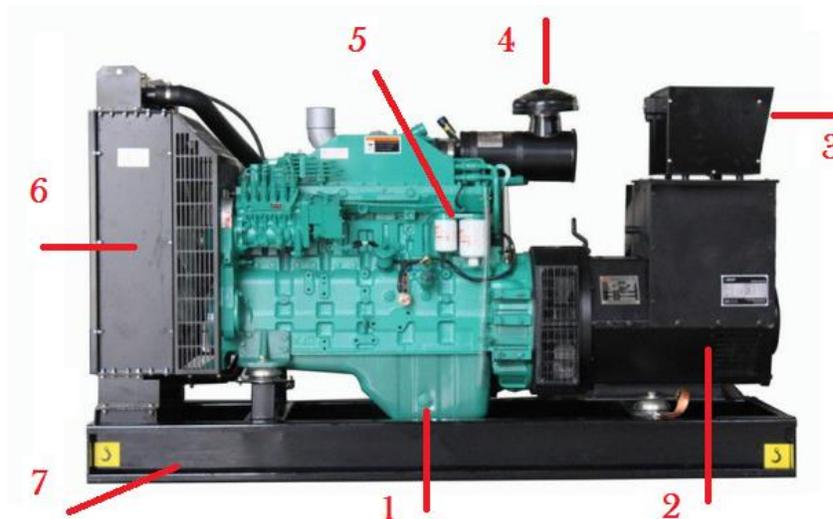


Ilustración 2 Elementos del GE. 1.-Motor, 2.-Generador, 3.-Panel de control, 4.- Escape, 5.- Filtro del motor, 6.- Sistema de enfriamiento, 7.-Base de metal.

2.2 Generador.

Un generador de corriente es también conocido como alternador. El elemento rotatorio se denomina rotor. Lo hacen girar turbinas de vapor, hidroturbinas o motores diesel. Estos alternadores producen energía eléctrica empleada en las casas o en la industria.

Un generador es un conjunto de devanados y un par de anillos colectores produce solo una onda de voltaje, y a este arreglo se le conoce como alternador monofásico. Un alternador trifásico tiene tres conjuntos separados de devanados, un extremo de cada devanado está conectado a un anillo colector (figura 2.x a), y de tal manera que; cada vuelta completa del rotor produce tres voltajes diferentes (figura 2.x b), las cuales se aplican a una carga por medio de una línea de alimentación de tres conductores.

Un sistema trifásico entrega un suministro de energía eléctrica más estable a una carga balanceada, ya que ésta absorbe la misma cantidad de potencia de cada una de las tres fases. Cuando uno de los voltajes es cero, la relación de fases (figura 2.x b) es tal que el voltaje de las otras dos fases se encuentra a la mitad de su amplitud, por lo cual, el valor instantáneo de la potencia absorbida por la carga total nunca es cero.

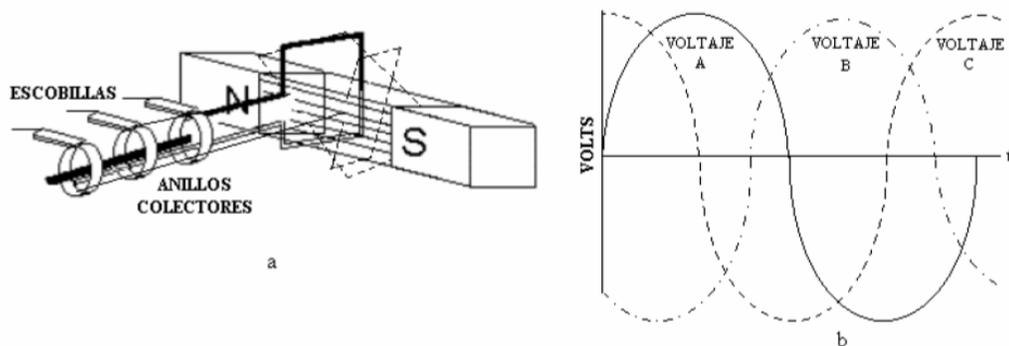


Ilustración 3 Alternador trifásico. a) estructura básica, b) forma de onda de voltaje de las 3 tres fases.

2.3 Regulación de velocidad de giro

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta en la generación de energía eléctrica mediante grupos electrógenos es el de mantener tanto la tensión de salida como la frecuencia de salida lo más constantes posible (y obviamente a los valores que la carga requiera), donde la tensión de salida es función tanto de la velocidad de giro del generador como de la corriente de excitación del campo del generador y la frecuencia es función solo de la velocidad de giro del generador.

Para ello se cuenta con dispositivos de control electrónicos y mecánicos y tanto para el motor de fuerza como para el generador de corriente eléctrica. El tipo de dispositivo de control dependerá de cada grupo en particular y de las necesidades de calidad de energía eléctrica de cada carga.

El regulador de velocidad (electrónico) que actúa sobre el motor controla básicamente la alimentación de este, en función de la velocidad, tensión y frecuencia de salida del generador; es decir que ante un régimen distinto del síncrono el controlador actuara sobre la admisión del motor para llevar los parámetros nuevamente a los valores correctos.

Otro dispositivo de control puede ser un acumulador de energía (volante de inercia). Por ejemplo, ante la conexión de una gran carga, la velocidad de giro del grupo tiende a disminuir (y sus parámetros a variar), pero al estar el acumulador de energía, esta entrega en forma parcial o total, el defecto de energía producido por dicha carga, llevándolo nuevamente a los valores nominales.

El regulador electrónico que actúa sobre el generador (llamados AVR: Regulador Automático de Tensión) sirve para que, ante la caída de frecuencia motivada por la aplicación de una carga de importancia, la frecuencia se recupere rápidamente para volver a alcanzar los 60 Hz.

El controlador electrónico presenta ventajas sobre el mecánico y es que puede tener en consideración otros factores que hacen a la calidad de energía en servicio y vida útil del grupo. Algunos aspectos son, por ejemplo:

Arranque en frío. -El AVR en el momento de arranque de la máquina, esta se deberá excitar a partir de pequeñas tensiones generadas por el magnetismo remanente, con frecuencias inferiores a la nominal.

Protección por baja frecuencia. - Para evitar daños por sobre excitación en los bobinados y dispositivos electrónicos, en los momentos de arranque, parada o falla del motor impulsor, se mantendrá baja la tensión de salida mientras la frecuencia este por debajo del valor nominal

Compensación de frecuencia. - En el caso de una sobrecarga transitoria que le haga perder velocidad al motor impulsor más allá de un límite deseado, este deberá disminuir la tensión de salida proporcional a la perdida de velocidad. Así de este modo se disminuye la potencia generada dando la posibilidad al motor impulsor de recuperarse más rápidamente. Esto le permite al grupo electrógeno soportar impactos de carga mayores.

Frecuencia del alternador. - La frecuencia de la corriente alterna generada por un alternador depende del número de polos magnéticos formados por los devanados de campo y de la velocidad del rotor.

2.4 Tablero de transferencia

Un tablero de transferencia es un interruptor eléctrico que cambia una carga entre dos fuentes, son automáticas y pueden cambiar cuando detecta la interrupción del sistema. Un interruptor de transferencia automática (ATS), se instala a menudo donde se encuentra un generador de respaldo, para que el generador puede proporcionar energía eléctrica temporal si la fuente de energía falla.

Un ATS también puede comandar el generador de copia de seguridad para iniciar, basado en la tensión monitorizada en el suministro primario, el interruptor de transferencia aísla el generador de respaldo de la empresa eléctrica cuando el generador está encendido y proporcionando energía temporal, la capacidad de control de un interruptor de transferencia puede ser manual solamente, o una combinación de automático y manual.

Por ejemplo, en una casa equipada con un generador de respaldo y un ATS y se produce un corte de energía eléctrica, el ATS le dirá al generador de respaldo cuando comenzar, una vez que el ATS ve que el generador está listo para proveer de energía eléctrica, el ATS rompe la conexión del hogar de la compañía eléctrica y se conecta el generador al panel eléctrico principal de la casa y el generador suministra energía a la carga eléctrica de la casa, pero no está conectado a las líneas de servicios eléctricos.



Ilustración 4 Pantalla del tablero de transferencia automática.

2.5 Mantenimiento del motor.

Aunque cada motor incluye un manual de operación para su correcto mantenimiento, destacaremos los aspectos principales para un buen mantenimiento del motor.

Controlar el nivel de aceite. -El motor debe estar nivelado horizontalmente, se debe asegurar que el nivel está entre las marcas MIN y MAX de la varilla. Si el motor está caliente se habrá de esperar entre 3 y 5 minutos después de parar el motor.

Aceite y filtros de aceite. -Respete siempre el intervalo de cambio de aceite recomendado y sustituya el filtro de aceite al mismo tiempo. En motores parados no quite el tapón inferior. Utilice una bomba de drenado de aceite para absorber el aceite.

Filtro del aire. Compruebe/sustituya. -El filtro del aire debe sustituirse cuando el indicador del filtro así lo indique. El grado de suciedad del filtro del aire de admisión depende de la concentración del polvo en el aire y del tamaño elegido del filtro. Por lo tanto, los intervalos de limpieza no se pueden generalizar, sino que es preciso definirlos para cada caso individual.

Correas de elementos auxiliares. Comprobación y ajuste. -La inspección y ajuste deben realizarse después de haber funcionado el motor, cuando las correas están calientes. Afloje los tornillos antes de tensar las correas del alternador. Las correas deberán ceder 10 mm entre las poleas. Las correas gastadas que funcionan por pares deben cambiarse al mismo tiempo. Las correas del ventilador tienen un tensor automático y no necesitan ajuste. Sin embargo, el estado de las correas debe ser comprobado.

Sistema de refrigeración. -El sistema de refrigeración debe llenarse con un refrigerante que proteja el motor contra la corrosión interna y contra la congelación si el clima lo exige. Nunca utilice agua sola. Los aditivos anticorrosión se hacen menos eficaces con el tiempo. Por tanto, el refrigerante debe sustituirse. El sistema de refrigeración debe lavarse al sustituir el refrigerante. Consulte en el manual del motor el lavado del sistema de refrigeración.

Filtro de combustible. Sustitución. -Limpieza: no deben entrar suciedad o contaminantes al sistema de inyección de combustible. La sustitución del combustible debe llevarse a cabo con el motor frío para evitar el riesgo de incendio causado al derramarse combustible sobre superficies calientes. Quite los filtros. Lubrique la junta del filtro con un poco de aceite. Enrosque el filtro a mano hasta que la junta toque la superficie de contacto. Después apriete otra media vuelta, pero no más. Purgue el sistema de combustible. Deshágase del filtro antiguo de forma apropiada para su eliminación.

2.6 Mantenimiento del generador

Durante el mantenimiento rutinario, se recomienda la atención periódica al estado de los devanados (en especial cuando los generadores han estado inactivos durante un largo tiempo) y de los cojinetes. Para los generadores con escobillas se habrá de revisar el desgaste de las escobillas y la limpieza de los anillos rozantes. Cuando los generadores están provistos de filtros de aire, se requiere una inspección y mantenimiento periódico de los mismos.

Estado de los devanados. - Se puede determinar el estado de los devanados midiendo la resistencia de aislamiento a tierra, es decir, la resistencia óhmica que ofrece la carcasa de la máquina respecto a tierra. Esta resistencia se altera cuando hay humedad o suciedad en los devanados, por lo tanto, la medición de aislamiento del generador nos indicará el estado actual del devanado. El aparato utilizado para medir aislamientos es el megóhmetro. La AVR (regulador automático del voltaje) debe estar desconectado en el caso de que el generador sea del tipo autoexcitado. Para que las medidas tengan su valor exacto la máquina debe estar parada.

Cojinetes. -Todos los cojinetes son de engrase permanente para un funcionamiento libre de mantenimiento. Durante una revisión general, se recomienda, sin embargo, comprobarlos por desgaste o pérdida de aceite y reemplazarlos si fuese necesario. También se recomienda comprobar periódicamente si se recalientan los cojinetes o si producen excesivo ruido durante su funcionamiento útil. En caso de verificar vibraciones excesivas después de un cierto tiempo. Esto sería debido al desgaste del cojinete, en cuyo caso conviene examinarlo por desperfectos o pérdida de grasa y reemplazarlo si fuese necesario. En todo caso se deben reemplazar los cojinetes después de 40.000 horas en servicio.

Cojinetes en generadores accionados por polea están sometidos a más fuerzas que cojinetes en generadores accionados directamente. Por lo tanto, los cojinetes deben ser reemplazados después de 25.000 horas en servicio.

Anillos rozantes y Escobillas. -Muy a menudo el chisporroteo en las escobillas se debe a la suciedad en los anillos rozantes, o alguna otra causa mecánica. Hay que examinar la posición de las escobillas de manera que han de tocar los anillos rozantes en toda su superficie, asimismo deben reemplazarse cuando se ha gastado una cuarta parte de su longitud. Se han de limpiar a fondo los anillos rozantes de forma cíclica, quitándoles todo el polvo o suciedad que los cubra, y en especial cuando se cambian las escobillas.

2.6 Transformadores

El transformador es un dispositivo que permite modificar potencia eléctrica de corriente alterna con un determinado valor de tensión y corriente en otra potencia de casi el mismo valor, pero, generalmente con distintos valores de tensión y corriente. Es una máquina estática de bajas pérdidas y tiene un uso muy extendido en los sistemas eléctricos de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Cuando se requiere transportar energía eléctrica, desde los centros de generación (Centrales eléctricas) a los centros de consumo, se eleva la tensión (desde unos 15 kV hasta 132, 220 o 500 kV) y se efectúa la transmisión mediante líneas aéreas o subterráneas con menor corriente, ya que la potencia en ambos lados del transformador es prácticamente igual, lo cual reduce las pérdidas de transmisión ($R I^2$). En la etapa de distribución se reduce la tensión a los valores normales (380/220 V), mediante los transformadores adecuados.



Ilustración 5 transformadores

2.7 Fusibles

Se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un soporte adecuado y un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda (por *Efecto Joule*) cuando la intensidad de corriente supere (por un cortocircuito o un exceso de carga) un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

El fusible de media tensión es de alta capacidad de ruptura para la protección de Transformadores de Medición de Tensión, es un fusible que reúne la capacidad de interrumpir corrientes de falla, prácticamente sin límite, con el agregado de ser capaz de detectar sobre corrientes de manera de evitar la explosión del transformador protegido. La sobretensión producida al operar bajo condiciones más desfavorables, nunca supera a tres veces la tensión del sistema en el cual se encuentra funcionando.

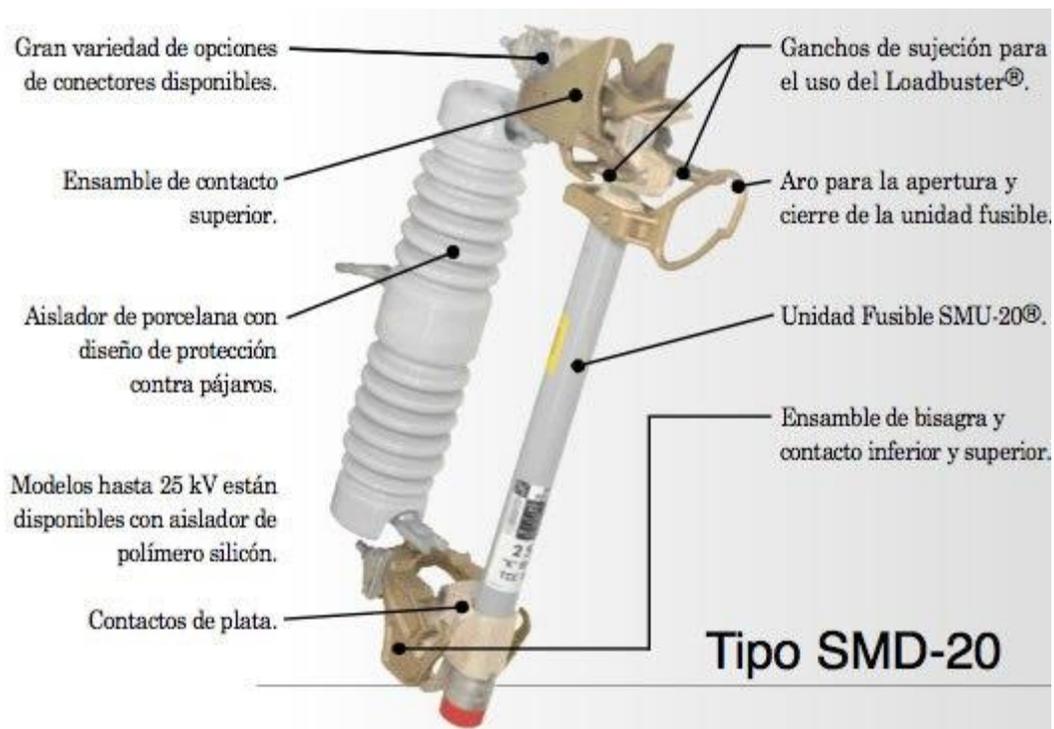


Ilustración 6 componentes de la protección fusible

Capítulo 3. Desarrollo

La realización del proyecto consiste en realizar un análisis integral, de las cargas existentes de la empresa GRUPO BUENAVENTURA, S.A de C.V., con el objetivo de ampliar la capacidad de potencia en 3 granjas, para mantener la operatividad del proceso de producción, a continuación, se explicará de forma más específico las actividades a realizar.

3.1 Levantamiento de cargas

Las granjas donde se realizó el trabajo son: rinconada, placer y paraíso, cada una de ellas cuenta con distintos números de naves y de diferentes tamaños, en la tabla 1, se especifica esa información de las granjas.

El levantamiento de carga se realizó mediante la revisión de cada nave de cada granja. Verificado los centros de cargas, los motores, luminarias y receptáculos. Cada nave cuenta con dos contactos trifásicos, y estos son utilizados, únicamente cuando se lava la nave, para el uso de 2 hidrolavadoras de 10hp. Únicamente la carga existente en ese momento es de las luminarias y de las hidrolavadoras. Tabla 1.

Tabla 1 Dimensiones de las naves

GRANJAS	N.º DE NAVES	MEDIDAS(m)
PARAISO	1-4,11	125 x 10
	5-8	130 x 10
	9,10,12-16,19,20	120 x 10
	17,18,21,22	125 x 13
	23,24	80 x 13
	25-27	85 x 13
PLACER	1-20	135 x 13
RINCONADA	1-13,16,17	120 x 13
	14,15,18	150 x 13

En el recorrido se obtuvieron los siguientes resultados, que se muestran en la tabla 2. Hay naves que presentan con cagas mayores o menos, ya que se debe a los diferentes tamaños que existen, y por lo consiguiente, llevan más equipos, como motores o iluminarias, por ello la carga se incrementa. Por preferencia la empresa, para determinar el consumo en watts de los motores, se utilizó una tabla de CFE (Anexo 1), donde determina el consumo dependiendo de la potencia del motor. Tabla 2.

Tabla 2 Cargas por naves.

CARGAS			
GRANJA	NAVES	W	VA
PARAISO	1-8,11	8,646	9,607
	9,10,12-16,19,20	8,121	9,023
	17,18,21,22	12,008	13,342
	23,24,	13,409	14,899
	25	14,652	16,280
	26,27	13,003	14,448
PLACER	1-20	14,136	15,706
RINCONADA	1-13,16,17	11,653	12,947
	14,15,18	15,232	16,924

Para abastecer del subministro eléctrico a las naves, se tienen transformadores de uso propio, con una relación de transformación de 13.2 kV – 220/127 V, las capacidades varían dependiendo de la carga, por ello en la tabla 3 se demuestra el orden de las cargas y el transformador utilizado para abastecerlo. Tabla 3.

Tabla 3 Abastecimiento a las naves

GRANJA	NAVES	CARGA (W)	CARGA (VA)	TRAFO ¹ (kVA)
PARAISO	1-4	34,584	38,427	75
	5-8	34,584	38,427	75
	9-10	16,208	18,008	45
	11-14	32,938	36,597	75
	15-22	79,088	87,875	150
	23-27	65,776	73,084	112.5
PLACER	1-10	143,050	158,944	225
	11-20	143,050	158,944	225
RINCONADA	1-2	23,306	25,895	30
	3-5,11,12	58,265	64,738	112.5
	6-10	58,265	64,738	112.5
	13-18	80,655	89,616	150

3.2 Propuesta

Con estos resultados se realizará la propuesta, que será el cálculo de la planta de emergencia, para su respectiva selección, dependiendo de la carga que se tendrá que alimentar. Las plantas de emergencia deberán ser trifásicas y con un voltaje de 220/127 v, 60 Hz, ya que con esos parámetros se trabaja en las naves.

Para la selección de grupo electrógeno, se le aplica un 40%, ya que con esa especificación se maneja en la empresa, ya que les ha brindado mejores resultados, sin comprometer a los equipos. El cálculo y su selección del grupo electrógeno se realiza en watts. En la tabla 4 se demuestra la información. Tabla 4.

$$GE^2 = W + (40\% \text{ de } W) \text{ ECUACIÓN N}^\circ 1$$

W= watts.

¹ TRAFO: transformador

² GE: Grupo electrógeno.

Tabla 4 grupos electrógenos para las granjas

GRANJA	NAVES	CARGA (W)	40% (W)	GE(kW)
PARAISO	1-4	34,504	48,306	50
	5-8	34,504	48,306	50
	9-10	16,208	22,691	30
	11-14	32,938	46,113	50
	15-22	79,088	110,723	125
	23-27	65,776	92,086	100
PLACER	1-10	143,050	200,270	200
	11-20	143,050	200,270	200
RINCONADA	1-2	23,306	32,628	30
	3-5,11,12	58,265	81,571	80
	6-10	58,265	81,571	80
	13-18	80,655	112,917	125

Con estos resultados, se realizarán unas modificaciones, ya que se pretende reorganizar el suministro de la energía a diferentes naves de las granjas y ampliar la carga instalada, ya que en la granja placer se aumentará la carga, en rinconada y paraíso se ordenarán para reducir las pantallas a instalar y abastecer lo necesario para que las granjas no presenten ningún imprevisto en la producción.

En placer se aumentará una carga de 3,626 watts, en cada NAVES, por lo tanto, la carga instalada actual, será afectada, en la siguiente tabla se demuestra. Tabla 5.

Tabla 5 Ampliación de carga de granja placer

Cargas			
NAVES	W instalado	W ampliación	W total
1	28,050	6,355	34,405

$$\text{Trafo}^3 = VA + (20\% \text{ de } VA) \text{ ECUACIÓN N}^\circ 2$$

VA: potencia aparente
20%: factor

³ TRAF0: TRANSFORMADOR.

Se reordenará las naves y quedaran 4 grupos de 5 naves, esto ayudara en dada una contingencia, sean menos las naves que se vean afectadas, y por ello se propone el reordenamiento. El abastecimiento quedaría de la siguiente forma, como se demuestra en la tabla 6 y 5.

Tabla 6 selección de transformadores de la granja placer

NAVES	W	VA	20%	CALC.	TRAFO
1-5	85,280	76,752	15,350	100,630	112.5
6-10	85,280	76,752	15,350	100,630	112.5
11-15	85,280	76,752	15,350	100,630	112.5
16-20	85,280	76,752	15,350	100,630	112.5

Tabla 7 selección de GE de la granja placer

NAVES	W	40%	CALC.	GE
1-5	85,280	34,112.0	119,392.0	125
6-10	85,280	34,112.0	119,392.0	125
11-15	85,280	34,112.0	119,392.0	125
16-20	85,280	34,112.0	119,392.0	125

En la granja rinconada, se reordenarán las cargas, las naves de la 1 a las 12, se organizarán para estar conectadas en 2 transformadores, con 6 naves cada transformador, y el transformador donde estaban las naves 1 y 2, quedara exclusivamente para el cuarto de vigilancia. Se demuestra en la tabla 8 y 9.

Tabla 8 selección de transformador. Granja rinconada

NAVES	W	VA	20%	CALC.	TRAFO
1-4, 11,12	93,126	83,813	16,763	109,889	112.5
5-10	93,126	83,813	16,763	109,889	112.5

Tabla 9 selección de GE. Granja rinconada

NAVES	W	40%	CALC.	GE
1-4, 11,12	93,126	37,250.4	130,376.4	125
5-10	93,126	37,250.4	130,376.4	125

En la granja paraíso se tiene planeado abastecer a las naves 9 y 10, y la oficina, con un mismo transformador y planta de emergencia. Tabla 10 y 11.

Tabla 10 selección de transformador. Granja paraíso

NAVES	W	VA	20%	CALC.	TRAFO
9,10, OFIC.	29,177	26,259	5,252	34,429	45

Tabla 11 selección de GE. Granja paraíso

NAVES	W	40%	CALC.	GE
9,10, OFIC.	29,177	11,670.8	40,847.8	40

3.2 Diseños de planos

AutoCAD es un programa de dibujo por computadora CAD 2 y 3 dimensiones, puedes crear dibujos o planos genéricos, documentar proyectos de ingeniería, arquitectura, mapas o sistemas de información geográfica por mencionar algunas industrias y aplicaciones. Los archivos generados por AutoCAD tienen el formato DWG propietario de Autodesk, este es el programa pionero representante de la tecnología CAD (Computer Aided Design).

En este software se realizaron los planos eléctricos consiguientes del proyecto, tales como diagrama unifilar y cuadro de cargas. En los planos, se muestra en los cuadros de cargas como están conectados los diversos equipos que se encuentran en las naves de las granjas, también se cuenta con los valores de potencia, voltajes y corrientes de operación de los motores.

En el diagrama unifilar general se puede ver de una forma la conexión de las naves, con sus respectivos valores reales de voltajes, distancias, caída de tensión, y corriente, especificando calibre del conductor, si es aérea o subterránea.

3.3 calculo utilizando software Digsilent

En el software, se introdujeron los datos recopilados que se obtuvo en el levantamiento de cargas, se realizaron los diagramas unifilares de las 3 granjas que se trabajaron. En donde se obtuvo valores casi reales, con estos datos se asignan las diferentes protecciones adecuadas para el sistema.

Al realizar la simulación con el programa Digsilent se obtuvieron los siguientes resultados, que se muestra en las siguientes tablas. A continuación, se declara el significado de los siguientes parámetros.

Donde:

SK: potencia de corto circuito

IK: corriente de corto circuito subtransitoria

IK DEG: Angulo de corriente de corto circuito subtransitoria

IP: corriente pico de corto circuito

IB: corriente de corto circuito de interrupción

Tabla 12 resultados de Digsilent, granja paraíso

BARRA	V	SK	IK	IK DEG	IP	IB
BT1	220	1934.93	5.08	88.9	13.97	5.08
BT2	220	1934.93	5.08	88.9	13.97	5.08
BT3	220	1934.93	5.08	88.9	13.97	5.08
BT4	220	2857.35	7.5	88.37	20.36	7.5
BT5	220	3492.63	9.17	88.01	24.67	9.17
BT6	220	1962.61	5.15	88.88	14.16	5.15

Para la barra BT1, BT2 Y BT3, se requiere un interruptor termomagnético principal de 200 amperes, y en el lado de media tensión, un fusible de 15 amperes. Para la barra BT4, se requiere un interruptor termomagnético principal de 400 amperes, y en el lado de media tensión, un fusible de 20 amperes. Para la barra BT5, se requiere un interruptor termomagnético principal de 500 amperes, y en el lado de media tensión, un fusible de 25 amperes. Para la barra BT6, se requiere un interruptor termomagnético principal de 300 amperes, y en el lado de media tensión, un fusible de 15 amperes.

Tabla 13 resultados de Digsilent, granja placer

BARRA	V	SK	IK	IK DEG	IP	IB
BT1	220	2609.09	6.85	88.51	18.66	6.85
BT2	220	2609.09	6.85	88.51	18.66	6.85
BT3	220	2609.09	6.85	88.51	18.66	6.85
BT4	220	2609.09	6.85	88.51	18.66	6.85

Para la barra BT1, BT2, BT3, BT4, se requiere un interruptor termomagnético principal de 300 amperes, y en el lado de media tensión, un fusible de 15 amperes.

Tabla 14 resultados de Digsilent, granja rinconada

BARRA	V	SK	IK	IK DEG	IP	IB
BT1	220	2456.59	6.45	88.6	17.6	6.45
BT2	220	508.66	1.33	89.71	3.75	1.33
BT3	220	2869.44	7.53	88.36	20.44	7.53
BT4	220	2869.44	7.53	88.36	20.44	7.53

Para la barra BT1, se requiere un interruptor termomagnético principal de 500 amperes, y en el lado de media tensión, un fusible de 15 amperes. Para la barra BT2, se requiere un interruptor termomagnético principal de 100 amperes, y en el lado de media tensión, un fusible de 5 amperes. Para la barra BT3 Y BT4, se requiere un interruptor termomagnético principal de 400 amperes, y en el lado de media tensión, un fusible de 20 amperes.

Capítulo 4. Resultados y conclusiones

Resultados

Con la información obtenida, se llegó a los siguientes resultados, para cada una de las granjas. Como la selección de las plantas de emergencia (GE), transformadores, protecciones y banco de capacitores. Se proponen los siguientes equipos dependiendo de la carga utilizada en la granja.

Para la granja paraíso, en la sección 1 ,2 y 4, se propone 3 GE de 50 kW, 3 transformadores de 45 kVA, 3 interruptores generales de 200 amp. Y 9 fusibles de 15 amp para la media tensión. En la sección 3, se propone un GE de 30 kW, un transformador de 30 kVA, un interruptor general de 100 amp. Y 3 fusibles de 10 amp para la media tensión. En la sección 5, se propone un GE de 125 kW, un transformador de 112.5 kVA, un interruptor general de 500 amp. Y 3 fusibles de 15 amp para la media tensión. La sección 6 cuenta con el sistema de emergencia adecuado, como no tendrá crecimiento, por ello no se modificará y se dejará como está constituido.

Para la granja placer, en las secciones 1,2,3,4 se propone 4 GE de 125 kW, 4 transformadores de 112.5 kVA, 4 interruptor generales de 300 amp. Y 12 fusibles de 15 amp para la media tensión.

Para la granja rinconada. En la sección 1, se propone un GE de 125 kW, un transformador de 112.5 kVA, un interruptor general de 500 amp. y 3 fusibles de 15 amp para la media tensión. En la seccion 2, se propone un transformador de 15 kVA y un interruptor general de 100 amp. y 3 fusibles de 5 amp para la media tensión. esta sección no llevara GE porque solo alimentara a la oficina de vigilancia. En las secciones 3 y 4 se propone 3 GE de 125 kW, 3 transformadores de 112.5 kVA, 3 interruptor generales de 400 amp. Y 9 fusibles de 20 amp. para la media tensión.

El ordenamiento propuesto en las granjas ayudara a que el impacto en una interrupción de energía, la producción no se va afectada, y se minorice las pérdidas de producción.

Estudio de fallos de energía.

Las interrupciones por fallo de energía por parte de CFE, son muy pocas en el mes, hablando por granja estudiada, en promedio la falla se presenta de 1 a 2 veces en el mes, pero la interrupción es muy prolongada, en ocasiones la falla es por horas, y hasta que arreglen la falla y se restablezca la energía, afecta la producción y genera grandes pérdidas cuantiosas que representa un impacto grande para la empresa.

Conclusiones

De acuerdo al objetivo planteado del proyecto, se logró realizar los cálculos para determinar la capacidad de los equipos, así con ello, realizar el diseño del sistema de emergencia de plantas generadoras de energía de acuerdo a la NOM-001-sede-2012. El sistema de emergencia propuesto, cuenta con todos los elementos de protección y medidas de seguridad, para el sistema como para el operador.

Las plantas de emergencias propuestas, se utilizarán para la producción en las granjas y evitar las interrupciones de energía. El beneficio del sistema de emergencia es minimizar el costo de operación y maximizar la producción de la empresa. Con la nueva propuesta el sistema eléctrico coadyuvara al programa de mantenimiento.

Capítulo 5. Referencias bibliográficas

5.1 Bibliográficas

1. BECERRIL L. DIEGO ONESIMO (2005). INSTALACIONES ELÉCTRICAS PRACTICAS. EDITORIAL: DIEGO O. BECERRIL L. MÉXICO. 12ª EDICIÓN.
2. OTTOMOTORES, S.A. DE C.V. (2000). MANUAL TÉCNICO DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, Y SERVICIO DE PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON LOS SISTEMAS DE CONTROL DALE 2001. OTTOMOTORES, S.A. DE C.V. MÉXICO.
3. OTTOMOTORES, S.A. DE C.V. (2002). MANUAL TÉCNICO DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, Y SERVICIO DE PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON LOS SISTEMAS DE CONTROL DALE 3100. OTTOMOTORES, S.A. DE C.V. MÉXICO.
4. OTTOMOTORES, S.A. DE C.V. (2008). MANUAL TÉCNICO DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, Y SERVICIO DE PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON LOS SISTEMAS DE CONTROL MCM 500. OTTOMOTORES, S.A. DE C.V. MÉXICO.
5. VELASCO SOLÍS, JESÚS (2011). EL PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS. EDITORIAL. JESÚS VELASCO SOLÍS. MÉXICO. 1ª EDICIÓN.
6. VOLAÑOS VÁSQUEZ, JEREMY (2009). ESPECIFICACION E IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS ELECTRICAS PARA BAJA TENSION. EDITORIAL JEREMY LOLAÑOS VÁSQUEZ. COSTA RICA. 1ª EDICIÓN.
7. YESCAS MENDOZA, EDGARDO (2012). CONTROL DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA. EDITORIAL EDGARDO YESCAS MENDOZA. OAXACA, MEXICO. 2ª EDICIÓN.

5.2 Consultas en línea

1. ALVAREZ, JULIO. TRANSFORMADORES. NOVIEMBRE 2009. CONSULTADO 29 DE NOVIEMBRE DE 2017. https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/electrotecnica_y_maquinas_electricas/apuntes/7_transformador.pdf
2. CFE. CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES AEREAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN. ESPECIFICACIÓN CFE DCCIAMBT. FEBRERO 2014. CONSULTADO 29 DE OCTUBRE DE 2017. <http://lapem.mx/normas/construccion/pdfs/T/DCCIAMBT.pdf>
3. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION). NOVIEMBRE 2012. CONSULTADO EN LINEA 20 DE AGOSTO DE 2017. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280607&fecha=29/11/2012
4. GENERAC, OTTOMOTORES, MOBILE LINK. JULIO 2016, CONSULTADO EN LÍNEA 4 DE SEPTIEMBRE 2017. <http://generaclatam.com/index.php/home/category/1/14/15/17999>
5. GURRÍA TREVIÑO, JOSÉ ANGEL. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS A LAS TARIFAS PARA SUMINISTRO Y VENTA DE ENERGIA ELECTRICA. 27 DE OCTUBRE DE 2000. CONSULTADO EN LÍNEA 13 DE SEPTIEMBRE DE 2017. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2062903&fecha=31/12/1969
6. GRUPO EDITORIAL EMB. LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE GENERADORES MÁS EFICIENTES PARA LA INDUSTRIA. ABRIL 2016. CONSULTADO EN LINEA 9 DE OCTUBRE DE 2017. <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2757&tip=9&xit=la-tecnologia-al-servicio-de-generadores-mas-eficientes-para-la-industria>

7. GRUPO DE GESTIÓN EFICIENTE DE ENERGÍA, KAI: CAMPOS AVELLA, JUAN CARLOS. LORA FIGUERO, EDGAR. MERIÑO STAND, LOURDES. TOVAR OSPINO, IVÁN. NAVARRO GÓMEZ, ALFREDO. CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA. 2008. CONSULTADO 18 DE SEPTIEMBRE DE 2017.
<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf>
8. INMESOL. SISTEMA DSEWEBNET PARA CONTROLAR LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS INMESOL .MARZO 2013.
<http://www.inmesol.es/blog/innovador-sistema-de-control-remoto>
9. INMESOL. APLICACIONES: CUANDO NO EXISTE RED ELÉCTRICA O CUANDO NO PODEMOS ASUMIR EL RIESGO DE CORTES EN EL SUMINISTRO ELÉCTRICO. FEBRERO 2013. CONSULTADO 25 DE SEPTIEMBRE DE 2017.
<http://www.inmesol.es/blog/aplicaciones-de-los-grupos-electrogenos>
10. INMESOL. CURSO MTU EN INMESOL. MAYO 2016. CONSULTADO EN LINEA 16 DE NOVIEMBRE 2017.
<http://www.inmesol.es/blog/curso-mtu-inmesol>
11. MOITRE, DIEGO. EL COSTO DE INTERRUPCIONES DE ENERGÍA. 2013. CONSULTADO 21 DE SEPTIEMBRE DE 2017.
https://prezi.com/huq7ubsikuv_/el-costo-de-interrupciones-de-energia/
12. QUINTANA TAMAYO, JABIEL FELIPE. MARTÍNEZ PÉREZ, FRANCISCO. VÁZQUEZ JORGE, YANIRA GUADALUPE. RAMÍREZ ARZUAGA, JORGE. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA OPTIMIZAR FRECUENCIA DE REEMPLAZO DEL LUBRICANTE, EN GRUPOS ELECTRÓGENOS. JULIO 2014. CONSULTADO 30 DE SEPTIEMBRE DE 2017.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000300010

13. S&C ELECTRIC COMPANY. FUSIBLES DE POTENCIA. 2015. CONSULTADO
EN LINEA 28 DE NOVIEMBRE DE 2017.
[http://www.sandc.com/es/productos-y-servicios/productos/fusibles-de-
potencia-smd-para-distribucion-en-exteriores/](http://www.sandc.com/es/productos-y-servicios/productos/fusibles-de-potencia-smd-para-distribucion-en-exteriores/)

Anexos

Anexo 1 EQUIVALENCIAS DE POTENCIAS DE MOTORES

6.- EQUIVALENCIAS PARA LA DETERMINACION DE LA POTENCIA EN WATTS

a) Para motores de hasta 50 (cincuenta) caballos de potencia, incluido el rendimiento de los motores.

Capacidad en Caballos de Potencia	Capacidad en Watts		Capacidad en Caballos de Potencia	
	Motores Monofásicos	Motores Trifásicos	en Watts	en Watts
1/20	60	-	4.50	4 074
1/16	80	-	4.75	4 266
1/8	150	-	5.00	4 490
1/6	202	-	5.50	4 945
1/5	233	-	6.00	5 390
0.25	293	264	6.50	5 836
0.33	395	355	7.00	6 293
0.50	527	507	7.50	6 577
0.67	700	668	8.00	7 022
0.75	780	740	8.50	7 458
1.00	993	953	9.00	7 894
1.25	1 236	1 190	9.50	8 340
1.50	1 480	1 418	10.00	8 674
1.75	1 620	1 622	11.00	9 535
2.00	1 935	1 844	12.00	10 407
2.25	2 168	2 067	13.00	11 278
2.50	2 390	2 290	14.00	12 140
2.75	2 574	2 503	15.00	12 860
3.00	2 766	2 726	16.00	13 720
3.25	-	2 959	20.00	16 953
3.50	-	3 182	25.00	21 188
3.75	-	3 415	30.00	24 725
4.00	-	3 618	40.00	32 609
4.25	-	3 840	50.00	40 756

Anexo 2 resistencias y reactancia de conductores

Tabla 9. Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C. Tres conductores individuales en un tubo conduit.

Área mm ²	Tamaño (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro													
		X _L (Reactancia) para todos los conductores		Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de aluminio		
		Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero
2.08	14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	8.9	8.9	8.9	—	—	—
3.31	12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	5.6	5.6	5.6	—	—	—
5.26	10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—
8.36	8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.26	2.26	2.30	—	—	—
13.30	6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36
21.15	4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51
26.67	3	0.154	0.194	0.82	0.82	0.82	1.31	1.35	1.31	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21
33.62	2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98
42.41	1	0.151	0.187	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82
53.49	1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66
67.43	2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52
85.01	3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.289	0.302	0.308	0.43	0.43	0.46
107.2	4/0	0.135	0.167	0.203	0.220	0.207	0.33	0.36	0.33	0.243	0.256	0.262	0.36	0.36	0.36
127	250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.217	0.230	0.240	0.308	0.322	0.33
152	300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.194	0.207	0.213	0.269	0.282	0.289
177	350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.174	0.190	0.197	0.240	0.253	0.262
203	400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.161	0.174	0.184	0.217	0.233	0.240
253	500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.141	0.157	0.164	0.187	0.200	0.210
304	600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.131	0.144	0.154	0.167	0.180	0.190
380	750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.118	0.131	0.141	0.148	0.161	0.171
507	1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.105	0.118	0.131	0.128	0.138	0.151

Nota:

Anexo 3 Ampacidades de conductores desnudos

Tabla 310-15(b)(17) Ampacidades permisibles de conductores individuales aislados para tensiones hasta e incluyendo 2000 volts al aire libre, basadas en una temperatura ambiente de 30 °C*.

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Vease la Tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18	—	—	14	—	—	—
1.31	16	—	—	18	—	—	—
2.08	14**	25	30	35	—	—	—
3.31	12**	30	35	40	—	—	—
5.26	10**	40	50	55	—	—	—
8.37	8	60	70	80	—	—	—
13.3	6	80	95	105	60	75	85
21.2	4	105	125	140	80	100	115
26.7	3	120	145	165	95	115	130
33.6	2	140	170	190	110	135	150
42.4	1	165	195	220	130	155	175
53.5	1/0	195	230	260	150	180	205
67.4	2/0	225	265	300	175	210	235
85.0	3/0	260	310	350	200	240	270
107	4/0	300	360	405	235	290	315
127	250	340	405	455	265	315	355
152	300	375	445	500	290	350	395
177	350	420	505	570	330	395	445
203	400	455	545	615	355	425	480
253	500	515	620	700	405	485	545
304	600	575	690	780	455	545	615
355	700	630	755	850	500	595	670
380	750	655	785	885	515	620	700
405	800	680	815	920	535	645	725
456	900	730	870	980	580	700	790
507	1000	780	935	1055	625	750	845
633	1250	890	1065	1200	710	855	965
780	1500	980	1175	1325	795	950	1070
887	1750	1070	1280	1445	875	1050	1185
1013	2000	1155	1385	1580	960	1150	1295

* Véase 310-16(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.

** Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Anexo 4 ampacidades de conductores aislados

Tabla 310-15(b)(16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18 ^{**}	—	—	14	—	—	—
1.31	16 ^{**}	—	—	18	—	—	—
2.08	14 ^{**}	15	20	25	—	—	—
3.31	12 ^{**}	20	25	30	—	—	—
5.26	10 ^{**}	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.
 ** Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Anexo 5 resultados Digsilent, granja paraíso (1)

Grid: DU	System Stage: DU				Annex: / 1							
	rtd.V. [MV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [MVA/MVA]	Ik" [kA/kA]	[deg]	ip [kA/kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]
BARRA BT1	0.22	0.00	0.00	1.10	1934.93 MVA	5.08 kA	-88.90	13.97 kA	5.08	1934.93	5.08	5.44
LINEA 4H(1)	NODO15(1)				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(2)	NODO15(2)				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(3)	NODO15(3)				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T1	BARRA MT 1				1934.93 MVA	5.08 kA	91.10	13.97 kA				
LINEA 4H(38)	NODO15				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(4)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT2	0.22	0.00	0.00	1.10	1934.93 MVA	5.08 kA	-88.90	13.97 kA	5.08	1934.93	5.08	5.44
LINEA 4H(4)	NODO15(4)				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(5)	NODO15(5)				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(6)	NODO15(7)				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T2	BARRA MT 1				1934.93 MVA	5.08 kA	91.10	13.97 kA				
LINEA 4H(7)	NODO15(6)				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(1)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT3	0.22	0.00	0.00	1.10	1934.93 MVA	5.08 kA	-88.90	13.97 kA	5.08	1934.93	5.08	5.44
LINEA 4H(8)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T3	BARRA MT 1				1934.93 MVA	5.08 kA	91.10	13.97 kA				
LINEA 4H(9)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(2)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT4	0.22	0.00	0.00	1.10	2857.35 MVA	7.50 kA	-88.37	20.36 kA	7.50	2857.35	7.50	7.86
LINEA 4H(10)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(12)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(13)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T4	BARRA MT 1				2857.35 MVA	7.50 kA	91.63	20.36 kA				
LINEA 4H(11)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(3)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				

Anexo 6 resultados Digsilent, granja paraíso (2)

Grid: DU	System Stage: DU				Annex: / 2							
	rtd.V. [MV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [MVA/MVA]	Ik" [kA/kA]	[deg]	ip [kA/kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]
BARRA BT5	0.22	0.00	0.00	1.10	3492.63 MVA	9.17 kA	-88.01	24.67 kA	9.17	3492.63	9.17	9.53
LINEA 4H(14)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(16)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(17)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(18)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(19)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(20)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(21)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(15)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T5	BARRA MT 1				3492.63 MVA	9.17 kA	91.99	24.67 kA				
Shunt/Filter(5)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT6	0.22	0.00	0.00	1.10	1962.61 MVA	5.15 kA	-88.88	14.16 kA	5.15	1962.61	5.15	5.51
LINEA 4H(22)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(24)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(25)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T6	BARRA MT 1				1962.61 MVA	5.15 kA	91.12	14.16 kA				
LINEA 4H(26)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(23)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(6)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA MT 13.2 kVA	13.20	0.00	0.00	1.10	10000.00 MVA	0.44 kA	-84.29	1.08 kA	0.44	10000.00	0.44	0.44
T1	BARRA BT1				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T2	BARRA BT2				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T6	BARRA BT6				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T5	BARRA BT5				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T4	BARRA BT4				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T3	BARRA BT3				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
SEP(1)					10000.00 MVA	0.44 kA	-84.29	1.08 kA				

Anexo 7 resultados Digsilent, granja placer (1)

Grid: DU	System Stage: DU										Annex:	/ 1
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]		c- Factor	Sk" [MVA/MVA]	Ik" [kA/kA]		ip [kA/kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]
BARRA BT1(2)	220.00	0.00	0.00	1.10	2609.09 MVA	6.85 kA	-88.51	18.66 kA	6.85	2609.09	6.85	7.21
T1	BARRA MT 1				2609.09 MVA	6.85 kA	91.49	18.66 kA				
LINEA 4H(24)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(20)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(21)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(22)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(23)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(2)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT1(3)	220.00	0.00	0.00	1.10	2609.09 MVA	6.85 kA	-88.51	18.66 kA	6.85	2609.09	6.85	7.21
T4	BARRA MT 1				2609.09 MVA	6.85 kA	91.49	18.66 kA				
LINEA 4H(30)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(31)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(32)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(33)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(34)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(3)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT1(4)	220.00	0.00	0.00	1.10	2609.09 MVA	6.85 kA	-88.51	18.66 kA	6.85	2609.09	6.85	7.21
T3	BARRA MT 1				2609.09 MVA	6.85 kA	91.49	18.66 kA				
LINEA 4H(35)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(36)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(37)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(38)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(39)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(4)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT1(5)	220.00	0.00	0.00	1.10	2609.09 MVA	6.85 kA	-88.51	18.66 kA	6.85	2609.09	6.85	7.21
T2	BARRA MT 1				2609.09 MVA	6.85 kA	91.49	18.66 kA				
LINEA 4H(29)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				

Anexo 8 resultados Digsilent, granja placer (2)

Grid: DU	System Stage: DU										Annex:	/ 2
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]		c- Factor	Sk" [MVA/MVA]	Ik" [kA/kA]		ip [kA/kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]
LINEA 4H(25)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(26)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(27)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(28)	NODO 220V(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(5)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA MT 13.2 kVA	13200.00	0.00	0.00	1.10	10000.00 MVA	0.44 kA	-84.29	1.08 kA	0.44	10000.00	0.44	0.44
T3	BARRA BT1(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T4	BARRA BT1(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T1	BARRA BT1(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T2	BARRA BT1(				0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
SEP(1)					10000.00 MVA	0.44 kA	-84.29	1.08 kA				

Anexo 9 resultados Digsilent, granja rinconada (1)

	rtd.V. [MV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [MVA/MVA]	Ik" [kA/kA]	[deg]	ip [kA/kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]
BARRA BT1	0.22	0.00	0.00	1.10	2456.59 MVA	6.45 kA	-88.60	17.60 kA	6.45	2456.59	6.45	6.81
LINEA 4H(1)					NODO13 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T1					BARRA MT 1 2456.59 MVA	6.45 kA	91.40	17.60 kA				
LINEA 4H(35)					NODO18 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(36)					NODO17(1) 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(37)					NODO17 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(38)					NODO15 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(39)					NODO14 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(4)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT2	0.22	0.00	0.00	1.10	508.66 MVA	1.33 kA	-89.71	3.75 kA	1.33	508.66	1.33	1.66
T2					BARRA MT 1 508.66 MVA	1.33 kA	90.29	3.75 kA				
LINEA 4H(2)					NODOV 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT3	0.22	0.00	0.00	1.10	2869.44 MVA	7.53 kA	-88.36	20.44 kA	7.53	2869.44	7.53	7.90
LINEA 4H(5)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(6)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(7)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(8)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(15)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T3					BARRA MT 1 2869.44 MVA	7.53 kA	91.64	20.44 kA				
LINEA 4H(4)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(1)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA BT4	0.22	0.00	0.00	1.10	2869.44 MVA	7.53 kA	-88.36	20.44 kA	7.53	2869.44	7.53	7.90
LINEA 4H(10)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(11)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(12)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(13)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
LINEA 4H(14)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				

Anexo 10 resultados Digsilent, granja rinconada (2)

Grid: DUP System Stage: DUP Annex: / 2												
	rtd.V. [MV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [MVA/MVA]	Ik" [kA/kA]	[deg]	ip [kA/kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]
T4					BARRA MT 1 2869.44 MVA	7.53 kA	91.64	20.44 kA				
LINEA 4H(9)					NODO 220V(0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
Shunt/Filter(2)					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
BARRA MT 13.2 kVA	13.20	0.00	0.00	1.10	10000.00 MVA	0.44 kA	-84.29	1.08 kA	0.44	10000.00	0.44	0.44
T1					BARRA BT1 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T3					BARRA BT3 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T4					BARRA BT4 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
T2					BARRA BT2 0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA				
SEP(1)					10000.00 MVA	0.44 kA	-84.29	1.08 kA				