

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INGENIERÍA ELÉCTRICA

RESIDENCIA PROFESIONAL
DIAGNOSTICO ENERGÉTICO DE LA GRANJA AVÍCOLA “EL
MANANTIAL”, DE GRUPO PECUARIO SAN ANTONIO

RESIDENTE:
FRANCISCO JAVIER BELTRÁN VÁZQUEZ

ASESOR INTERNO:
M.C. KARLOS VELÁZQUEZ MORENO

ASESOR EXTERNO:
ING. ERICK MUÑOZ ABARCA

EMPRESA:
GRUPO PECUARIO SAN ANTONIO
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y PROYECTOS
UNIDAD CHIAPAS

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS. 28 DE ENERO DE 2019

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| CAPITULO I GENERALIDADES..... | 7 |
| 1.1.- Antecedentes..... | 7 |
| 1.2.- Estado del arte | 8 |
| 1.3.- Descripción de la empresa..... | 9 |
| 1.4.- Ubicación geográfica..... | 9 |
| 1.5.- Problemas a resolver..... | 10 |
| 1.6.- Justificación..... | 10 |
| 1.7.- Objetivo | 11 |
| 1.8.- Metodología..... | 11 |
| | |
| CAPITULO II FUNDAMENTO TEORICO | 12 |
| 2.1 Energía y Potencia | 12 |
| 2.1.1.- Energía | 12 |
| 2.1.2.- Clasificación de las fuentes de energía | 12 |
| 2.1.3.- Fuentes de energía solar | 13 |
| 2.1.4.- Potencia..... | 17 |
| 2.1.5.- Relación entre energía y potencia | 18 |
| 2.2.- Motores eléctricos | 18 |
| 2.2.1.- Motores de corriente continua..... | 18 |
| 2.2.2.- Motores de corriente alterna..... | 21 |
| 2.2.3.- Arranque de motores | 28 |
| 2.3.4.- Variadores de frecuencia..... | 37 |
| 2.3.- Diagnostico y ahorro energético..... | 40 |
| 2.3.1.- Diagnostico energético..... | 40 |
| 2.3.2.- Guía para elaborar un diagnóstico energético en inmuebles..... | 41 |
| 2.3.3.- Ahorro y eficiencia energética | 42 |
| 2.4.- Tarifas eléctricas..... | 43 |
| 2.4.1.- Tensión de suministro | 43 |
| 2.4.2.- Estructura de las tarifas finales del suministro básico | 43 |
| 2.4.3.- Componentes de las tarifas finales del suministro básico..... | 45 |
| 2.4.5.- Criterios de cobro | 46 |
| 2.4.5.- Descripción de la tarifa GDMTH..... | 47 |
| | |
| CAPITULO III DESCRIPCIÓN DE LA GRANJA DE ENGORDA AVICOLA..... | 49 |
| 3.1.- Componentes de la granja de engorda avícola. | 49 |
| 3.2.- Suministro de electricidad en media tensión. | 49 |
| 3.2.1.- Medición de la energía eléctrica..... | 49 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.2.- Subestaciones eléctricas..... | 50 |
| 3.2.3.- Banco de capacitores..... | 51 |
| 3.2.4.- Generador eléctrico (planta de emergencia)..... | 51 |
| 3.2.5.- Transferencia eléctrica automática..... | 52 |
| 3.2.6.- Diagrama unifilar..... | 53 |
| 3.6.- Suministro de electricidad en baja tensión..... | 55 |
| 3.6.1.- Diagrama unifilar..... | 57 |
| 3.7.- Sistema de comederos..... | 58 |
| 3.8.- Sistema de bebederos..... | 60 |
| 3.9.- Sistema de gas..... | 61 |
| 3.9.1.- Criadores de gas..... | 62 |
| 3.10.- Sistema de iluminación..... | 62 |
| 3.11.- Sistema de ventilación..... | 63 |
| 3.11.1.- Extractores..... | 63 |
| 3.11.2.- Pared húmeda..... | 64 |
| 3.12.- Sistema de Control..... | 64 |
| | |
| CAPITULO IV DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... | 66 |
| 4.1.- Descripción general del proyecto..... | 66 |
| 4.2.- Dimensión del proyecto..... | 68 |
| 4.3.- Propuestas..... | 72 |
| 4.3.1.- Implementación de variadores de frecuencia en los extractores del sistema de ventilación..... | 72 |
| 4.3.2.- Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red..... | 84 |
| 4.3.3.- Propuestas sin inversión..... | 91 |
| | |
| CAPITULO V RESULTADOS..... | 93 |
| | |
| CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 94 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 95 |
| | |
| ANEXOS..... | 97 |
| Ficha técnica del Variador de Frecuencia Altivar ATV12HU15M3..... | 97 |
| Ficha técnica del Contador de Energía A9MEM3355..... | 100 |
| Ficha técnica del Variador de Frecuencia ABB ACS-150-03E-07A5-2..... | 102 |
| Ficha técnica del Variador de Frecuencia EATON MMX32AA7D0N0-0..... | 104 |
| Ficha técnica del Inversor Solar ABB TRIO-TM-60.0-480..... | 106 |
| Ficha técnica de la Estación Meteorológica ABB VSN800..... | 111 |
| Ficha técnica del Kit de Tierra Física TG45AB..... | 113 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Granja avícola El Manantial..... | 10 |
| Figura 2 Paneles fotovoltaicos..... | 13 |
| Figura 3 Tipos de celdas fotovoltaicas. | 14 |
| Figura 4 Sistemas Fotovoltaico Autónomo. | 15 |
| Figura 5 Diagrama de bloques de un SFIR. | 17 |
| Figura 6 Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red. | 17 |
| Figura 7 Producción de un par en un motor de corriente continua..... | 20 |
| Figura 8 Reglas de los tres dedos. | 22 |
| Figura 9 Principio de funcionamiento de un motor asíncrono trifásico. | 23 |
| Figura 10 Campos generados por las tres fases..... | 23 |
| Figura 11 Red trifásica alterna..... | 24 |
| Figura 12 Componentes de un motor asíncrono de jaula. | 27 |
| Figura 13 Principio de funcionamiento de un motor asíncrono monofásico..... | 28 |
| Figura 14 Diagrama de arranque directo de un motor trifásico..... | 30 |
| Figura 15 Curvas de tensión e intensidad del arranque directo..... | 31 |
| Figura 16 Diagrama de arranque por resistencias en serie con el estator de un motor trifásico..... | 32 |
| Figura 17 Diagrama de arranque por autotransformador de un motor trifásico..... | 34 |
| Figura 18 Diagrama de arranque por conmutación estrella-delta de un motor trifásico. | 36 |
| Figura 19 Diagrama de arranque mediante arrancador suave de un motor trifásico..... | 37 |
| Figura 20 Curvas de tensión e intensidad de un arranque mediante arrancador suave. | 37 |
| Figura 21 Partes de un variador de frecuencia. | 39 |
| Figura 22 Diagrama de arranque por variador de frecuencia de un motor trifásico..... | 40 |
| Figura 23 Curvas de tensión e intensidad del arranque mediante variador de frecuencia.... | 40 |
| Figura 24 Divisiones tarifarias. | 45 |
| Figura 25 Murete de medición..... | 49 |
| Figura 26 Transformadores de corriente para la medición en media tensión..... | 50 |
| Figura 27 Subestación tipo poste de 150 kVA. | 50 |
| Figura 28 Banco de capacitores de 25 kVAR..... | 51 |
| Figura 29 Planta de emergencia de 125 kW..... | 52 |
| Figura 30 Modulo de transferencia automática. | 52 |
| Figura 31 Diagrama Unifilar IE-00..... | 53 |
| Figura 32 Diagrama Unifilar IE-01..... | 54 |
| Figura 33 Tablero principal y Tablero de control Chore Tronics..... | 55 |
| Figura 34 Tablero de pared húmeda y túnel. | 55 |
| Figura 35 Tablero de Extractores y Luminarias. | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 36 Diagrama Unifilar IE-02 | 57 |
| Figura 37 Diagrama Unifilar IE-03 | 58 |
| Figura 38 Sistema de comederos..... | 59 |
| Figura 39 Silo de almacenamiento de alimento..... | 60 |
| Figura 40 Sistema de bebederos. | 60 |
| Figura 41 Tanque elevado de almacenamiento de agua. | 61 |
| Figura 42 Tanque de almacenamiento de gas..... | 61 |
| Figura 43 Criadores de gas. | 62 |
| Figura 44 Sistema de ventilación tipo túnel. | 63 |
| Figura 45 Extractores del sistema de ventilación. | 63 |
| Figura 46 Pared húmeda del sistema de ventilación..... | 64 |
| Figura 47 Modulo de control Chore Tronics..... | 64 |
| Figura 48 Sensor de temperatura..... | 65 |
| Figura 49 Termostatos..... | 65 |
| Figura 50 Ubicación de la granja El Manantial..... | 66 |
| Figura 51 Numeración de las casetas. | 67 |
| Figura 52 Variador de Frecuencia Altivar ATV12HU15M3 | 77 |
| Figura 53 Funciones de pantalla y teclas del panel. | 78 |
| Figura 54 Estructura de los menús del variador de frecuencia..... | 79 |
| Figura 55 Conexión de velocidades preseleccionadas. | 81 |
| Figura 56 Tabla de combinación para las entradas de velocidades preseleccionadas..... | 82 |
| Figura 57 Diagrama de Conexiones del Motor con Variador de Frecuencia. | 83 |
| Figura 58 Vista del SFIR propuesto en la granja. | 84 |
| Figura 59 Vista del SFIR en una sección de la granja..... | 86 |
| Figura 60 Diagrama unifilar con SFIR..... | 90 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Categorías tarifarias..... | 44 |
| Tabla 2 Horarios de los periodos de la tarifa GDMTH de acuerdo a la región sur..... | 48 |
| Tabla 3 Horario de operación de las líneas de comederos. | 59 |
| Tabla 4 Horario de operación del sistema de iluminación. | 62 |
| Tabla 5 Dimensiones de las casetas..... | 66 |
| Tabla 6 Equipos de media tensión..... | 67 |
| Tabla 7 Equipos de baja tensión..... | 67 |
| Tabla 8 Consumo y Demanda de energía por periodos, y FP del año 2018..... | 68 |
| Tabla 9 Consumo de energía de los extractores trabajando al 100% de su velocidad nominal..... | 72 |
| Tabla 10 Extracción de Caudal y Consumo de Potencia al variar la velocidad de los extractores..... | 74 |

| | |
|--|----|
| Tabla 11 Consumo de energía de los extractores trabajando en las semanas 0 y 1 al 70%, durante las semanas 3 y 4 al 85% y durante las ultimas 4 semanas al 90% de su velocidad nominal. | 75 |
| Tabla 12 Ahorro de energía operando a la velocidad propuesta. | 76 |
| Tabla 13 Calculo de inversión. | 77 |
| Tabla 14 Calculo de retorno de inversión. | 77 |
| Tabla 15 Especificaciones del motor de cada extractor. | 79 |
| Tabla 16 Irradiación solar en kWh/m ² - día en algunas ciudades de Chiapas. | 85 |
| Tabla 17 Historial de consumo de energía en el 2018. | 85 |
| Tabla 18 Calculo de número de paneles a instalar de acuerdo al consumo promedio diario de energía. | 86 |
| Tabla 19 Capacidad de generación del SFIR. | 87 |
| Tabla 20 Importes de generación del SFIR. | 87 |
| Tabla 21 Tabla de materiales y cotización del SFIR. | 89 |
| Tabla 22 Retorno de inversión del SFIR. | 89 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|--|----|
| Gráfica 1 Consumo de energía durante el año 2018. | 69 |
| Gráfica 2 Costo del consumo de energía del 2018 | 70 |
| Gráfica 3 Historial del costo del kWh por periodo. | 71 |
| Gráfica 4 Comportamiento del Caudal y Potencia en la variación de la velocidad. | 74 |
| Gráfica 5 Consumo de energía de extractores trabajando al 100% de su velocidad nominal VS trabajando al % de velocidad propuesta. | 75 |

CAPITULO I GENERALIDADES.

1.1.- Antecedentes

Durante los últimos años, las empresas se han dado cuenta que la energía eléctrica ha pasado a ser un rubro importante y trascendental dentro de la producción y operatividad, esto se debe a los incrementos constantes en los precios de la facturación de energía eléctrica, al enfrentar esta problemática se ha tratado de disminuir el consumo o en su caso proveer de soluciones para ahorrar energía pero sin afectar los procesos que se realizan.

Para determinar las propuestas de ahorro de energía se precisa el conocimiento de la utilización de la energía eléctrica en cada proceso y de esta manera amortiguar los costos de facturación sin afectar la calidad, continuidad y funcionalidad de los procesos existentes.

Con el incremento de la eficiencia energética se ha tenido de experiencia que con el uso de programas de ahorro de energía obteniendo beneficios económicos junto con los energéticos ahorrados y de igual forma el aumento de la posibilidad de incrementar la rentabilidad del inmueble además de apoyar en la ardua lucha contra la contaminación ambiental.

El punto de partida en estos casos es la inspección y análisis energético detallado de los consumos así como también de las pérdidas de energía, que generalmente se le conoce como diagnostico energético, que se define como el acto de efectuar un gasto de energía menor del habitual, consiste en reducir el consumo de energía mediante actuaciones concretas pero manteniendo el mismo confort. En la eficiencia energética se suele suponer la sustitución de un equipo por otro que, con el mismo rendimiento consuma menos electricidad, mientras que en el ahorro energético trata sobre un cambio de hábitos en el consumo de la energía eléctrica.

Además la concientización sobre el uso racional de la energía eléctrica y la aplicación de medidas de ahorro de energía, en compañía de otras medidas, son de vital importancia para la optimización de los recursos energéticos.

Es así que sobre todo se ha buscado la manera de desarrollar proyectos para que mediante diversos métodos se pretenda tener un consumo de energía eléctrica considerable para no tener repercusiones en la facturación de energía eléctrica. El propósito de este proyecto es presentar un diagnostico energético y brindar de propuestas de ahorro y eficiencia energética.

1.2.- Estado del arte

[1] EDGAR O. OVIEDO-RONDÓN en su trabajo “AHORRO ENERGÉTICO EN GRANJAS AVÍCOLAS”. “Presenta diversas propuestas costeables y no costeables, como son el cambio de luminarias, mantenimiento de ventiladores, incremento de aislamiento térmico, entre otras, para obtener un ahorro energético en granjas avícolas en las diferentes etapas de crecimiento y producción utilizando los recursos que se tienen, así como también implementando formas de generación de energía eléctrica”.

[2] VÍCTOR MANUEL SAGASTUME PONCE en su trabajo de graduación “ANÁLISIS DE CONSUMO Y DEMANDA ELÉCTRICA EN PLANTAS DE PRODUCCIÓN AVÍCOLA, GRUPO PAF, GUATEMALA”. “Diseña y ejecuta un plan de ahorro energético que genera eficiencia y productividad en el uso de la energía eléctrica, en las galeras tipo convencional y túnel de granjas avícolas a nivel nacional, donde se centra en el mantenimiento de los equipos, así como también en un reordenamiento de la red eléctrica al interior de las granjas y la constante medición de consumos para tener certeza de que sus cargas estén balanceadas en todo momento”.

[3] JORGE ALBERTO PANIAGUA BARBOZA en su informe de práctica de especialidad “DESARROLLO DE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA PARA LA GRANJA AVÍCOLA LOS ALPES EN VENECIA DE SAN CARLOS”. “Elabora un diagnóstico del consumo de energía eléctrica en la granja por equipo y galpón, generando información de línea base energética para orientar la toma de decisiones en materia de ahorro energético y así identificar opciones de ahorro que contribuyan a mejorar su desempeño”.

[4] JOSE ALLER, LUISA SALAZAR, ALEXANDER BUENO Y MILAGROS PEÑA en su artículo “METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA”. “Plantea un método de gestión integral de la energía SGIE que abarca todas las actividades modulares de la empresa para alcanzar el objetivo de producir bienes y servicios utilizando la mejor cantidad de energía posible sin impactar desfavorablemente el medio ambiente”.

[5] ANTONIO PEÑARRUBIA BELDA en su memoria “INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED PARA UNA GRANJA AVÍCOLA” “Se basa en el cálculo y viabilidad de una instalación solar fotovoltaica conectada a red para una granja destinada a la crianza y venta de animales avícolas”.

En este proyecto se aplicó un diagnóstico energético en una granja avícola dedicada a la engorda de pollos para implementar propuestas de ahorro de energía y conseguir disminución en la facturación de la energía consumida sin afectar el proceso que se realiza en este lugar.

1.3.- Descripción de la empresa



Grupo Pecuario San Antonio es una empresa industrial dedicada a la producción avícola fundada hace más de cuatro décadas en la ciudad de Córdoba, Veracruz. Produce mensualmente más de 6 millones de pollos, ocupando el tercer lugar en la producción nacional.

La granja “El Manantial” de Grupo Pecuario San Antonio, se encuentra ubicada en el Predio San Jorge km 5.2 de la carretera Chiapa de Corzo-Acala, Chiapa de Corzo, Chiapas.

En el año de 2005 dio inicio actividades la granja pero con el nombre de “Incubadora del Pacífico”, para el año 2010 Grupo Pecuario San Antonio adquirió las instalaciones y del año 2010 al año 2012 se modernizó la granja para realizar actividades del giro de Engorda Avícola, giro que se realiza hasta la actualidad.

En las instalaciones se cuenta con 16 casetas avícolas cada una con una capacidad de hasta 32 mil pollos aproximadamente, así como también de la oficina, comedor, cuartos de baño y cuartos de estar para los empleados de la granja.

En cuanto a carga eléctrica instalada 92% son equipos de fuerza (motores), 6% la iluminación y 2% otras cargas. La granja cuenta con un horario de operación de las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Con un servicio en media tensión en tarifa Gran Demanda en Media Tensión Horaria (GDMTH), Región Sureste.

1.4.- Ubicación geográfica

La granja El Manantial de Grupo Pecuario San Antonio se encuentra ubicada en la ciudad de Chiapa de Corzo, Chiapas, en el predio San Jorge, como se muestra en el polígono.



Figura 1 Granja avícola El Manantial

1.5.- Problemas a resolver

Se elabora este proyecto para brindar información relativa del ahorro energético mediante la implementación de un diagnóstico para conseguir una disminución de la facturación de la energía eléctrica en empresas del ramo industrial, como es en este caso en una granja avícola perteneciente a una empresa industrial.

1.6.- Justificación

¿Por qué es importante un diagnóstico energético?

El análisis energético es una herramienta técnica que permite analizar y estudiar el uso de la energía eléctrica en una instalación, para evaluar el uso eficiente con el fin de encontrar áreas de oportunidad de ahorro energético y así implementar propuestas.

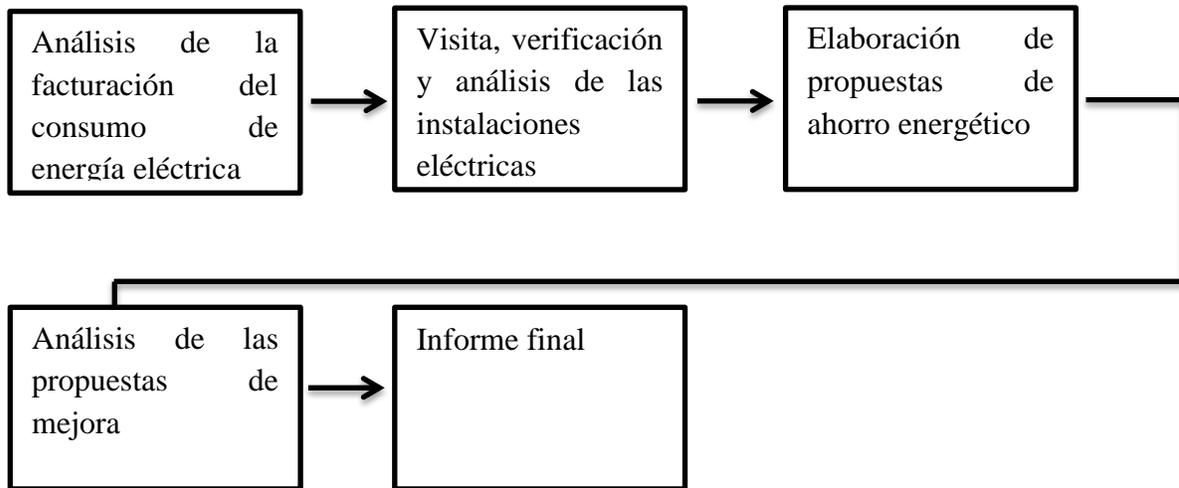
Para llevar a cabo las propuestas que se implementen es necesario hacer un programa de ahorro de energía por el cual se pueden dar condiciones para llevar a cabo las medidas y así tener un éxito en la ejecución de éste.

Además al hablar de un diagnóstico energético también ayuda al fuerte impacto de la contaminación ambiental obteniendo así dos mejoras significativas, una en la facturación de la energía eléctrica y otra disminuyendo la contaminación ambiental.

1.7.- Objetivo

Analizar y verificar las condiciones de las instalaciones eléctricas de granja avícola “El Manantial” del Grupo Pecuario San Antonio y diseñar propuestas con el fin de obtener como resultado ahorro en la facturación del consumo de energía eléctrica.

1.8.- Metodología



Para llevar a cabo el diagnóstico energético de la granja se realizan las siguientes actividades:

1. Análisis de la facturación del consumo de energía eléctrica esto con el fin de obtener datos para así precisar cómo se ha comportado el consumo de energía eléctrica al pasar el tiempo, además de brindar información de lo que paga la granja por este consumo de energía.
2. Visita, verificación y análisis de las instalaciones eléctricas. Durante la visita a la granja y analizar las instalaciones eléctricas, así como los equipos instalados, se puede obtener datos de las áreas de oportunidad para implementar propuestas de ahorro y eficiencia energética sin afectar el proceso que la granja realiza.
3. Una vez que se obtienen las áreas de oportunidad se procede a la elaboración de propuestas de ahorro energético, bien sean propuestas que tengan o no un costo de implementación.
4. Después de realizar las propuestas de ahorro de energía se procede a analizar éstas con el fin de obtener datos de viabilidad y retornos de inversión para aquellas propuestas que tengan un costo de implementación.

CAPITULO II FUNDAMENTO TEORICO

2.1 Energía y Potencia

2.1.1.- Energía

La energía es la capacidad que se posee para causar cambios, o producir transformaciones en nuestro entorno físico. Dichos cambios pueden ser de distintas naturalezas y formas, pues la energía existe en distintas formas. O bien es la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo: trabajo mecánico, emisión de luz, generación de calor, etc. (Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas (DCEF) de la Universidad Centroamericana Jose Simeón, 2012).

Las diferentes formas de energía que existen pueden ser Mecánica, Eléctrica, Química, Térmica (Calor), Cinética, Gravitatoria, Magnética, Nuclear, entre otras.

Un aspecto importante con relación a la energía es que es posible cambiar su forma, sin embargo, existe un principio que establece que la cantidad total de la energía se conserva, a partir de lo cual se afirma que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.

Por ejemplo se puede convertir energía mecánica en energía eléctrica, energía química en energía térmica, y viceversa. Estas transformaciones de energía se producen ya sea bien por dispositivos o máquinas creadas por el hombre o bien pueden ocurrir de forma natural.

La energía se puede medir y para ello se tienen definidas varias unidades, como son:

- J (Joules o Julio, la unidad de energía en el SI)
- kWh (Kilowatt-hora, utilizada para medir la energía eléctrica)
- Btu (British Thermal Unit, utilizada para medir energía calorífica)
- kcal (Kilocaloría, utilizada también para medir energía calorífica)

2.1.2.- Clasificación de las fuentes de energía

Las fuentes de energía pueden clasificarse, atendiendo a su disponibilidad, en renovables y no renovables.

- Las energías renovables son aquellas cuyo potencial es inagotable, ya que provienen de la energía que llega a nuestro planeta de forma continua, como consecuencia de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de la luna. Son fundamentalmente la Energía Hidráulica, Solar, Eólica, Biomasa, Geotérmica y Marinas.
- Las energías no renovables son aquellas que existen en la naturaleza en una cantidad limitada, no se renuevan a corto plazo y por eso se agotan cuando se utilizan. Dentro de estas fuentes de energía se encuentran El Carbón, Petróleo, Gas Natural y Uranio.

Desde el punto de vista de la utilización de la energía se puede clasificar en energía

primaria, secundaria y útil.

- Energía primaria es la que se obtiene directamente de la naturaleza y corresponde a un tipo de energía almacenada o disponible, como por ejemplo petróleo, carbón, gas natural, uranio y las energías renovables.
- Energía secundaria (también conocida como energía final) se obtiene a partir de transformaciones de la energía primaria. Ejemplo de esta categoría es la electricidad.
- Energía útil es la que obtiene el consumidor después de la última conversión realizada por sus propios equipos de demanda, como por ejemplo la energía luminosa gastada en una bombilla obtenida de la energía eléctrica.

(Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2008).

2.1.3.- Fuentes de energía solar

La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y con la que se puede generar calor y electricidad. Existen varias maneras de recoger y aprovechar los rayos del sol para generar energía que dan lugar a los distintos tipos de energía solar: la fotovoltaica (que transforma los rayos en electricidad mediante el uso de paneles solares), la fototérmica (que aprovecha el calor a través de los colectores solares) y termoeléctrica (que transforma el calor en energía eléctrica de forma indirecta).

La energía solar se puede transformar directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas. Este proceso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores; de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que pueda ser aprovechado para obtener energía eléctrica.



Figura 2 Paneles fotovoltaicos.

Un panel fotovoltaico, también denominado modulo fotovoltaico, está constituido por varias células fotovoltaicas conectadas entre sí y alojadas en un mismo marco. Las células fotovoltaicas se conectan en serie, en paralelo o en serie-paralelo, en función de los valores de tensión e intensidad deseados, formando los módulos fotovoltaicos. Produce electricidad en corriente continua y sus parámetros característicos (intensidad y tensión) varían con la radiación solar que incide sobre las células y con la temperatura ambiente. Para convertir la electricidad generada en corriente alterna, con las mismas características que la electricidad de la red eléctrica, se utilizan inversores.

Tipos de paneles solares fotovoltaicos

El material más utilizado en la actualidad para la fabricación de células fotovoltaicas es el silicio, que es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno; la combinación de ambos forma el 60% de la corteza terrestre.

Existen tres tipos de células de silicio.

- **Silicio monocristalino:** utiliza lingotes puros de silicio (los mismos que utiliza la industria de chips electrónicos). Son los más eficientes, con rendimientos superiores al 12%.
- **Silicio policristalino:** se fabrica a partir de restos de piezas de silicio monocristalino. Su rendimiento es algo inferior pero su menor costo ha contribuido enormemente a aumentar el uso de estos.
- **Silicio amorfo:** se obtiene por deposición de capas delgadas sobre vidrio. El rendimiento es bastante menor que los anteriores, por lo que su uso se limita a aplicaciones de pequeña potencia como calculadoras, relojes, etc.

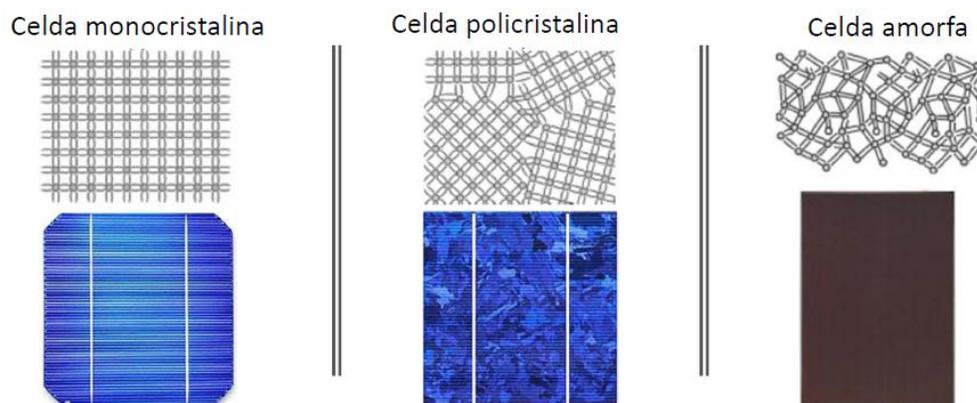


Figura 3 Tipos de celdas fotovoltaicas.

Las instalaciones solares fotovoltaicas se dividen en dos grupos principales, sistemas aislados (sistemas autónomos sin conexión a la red eléctrica) y sistemas conectados a la red eléctrica.

Sistemas aislados

Se emplean en lugares con acceso complicado a la red eléctrica y en los que resulta más fácil y económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea eléctrica.

Estos sistemas se pueden encontrar, por ejemplo, en:

- Zonas rurales aisladas
- Iluminación de áreas aisladas y carreteras
- Sistemas de comunicación (repetidores de señal, SOS en carreteras y autopistas, balizas de señalización).
- Sistemas de bombeo de agua

Los sistemas aislados cuentan con:

- **Paneles fotovoltaicos:** generan la electricidad a partir de la energía solar en corriente directa.
- **Baterías:** almacenan la electricidad generada por los paneles para poder utilizarla en horas en que la energía consumida es superior a la generada por los módulos o bien en la noche.
- **Reguladores de carga:** controlan el proceso de carga y descarga de las baterías, evitando sobrecargas y descargas profundas, alargando así la vida útil de las baterías.
- **Inversores:** transformas la corriente directa en alterna, que es la que se utiliza de forma habitual en nuestros hogares.

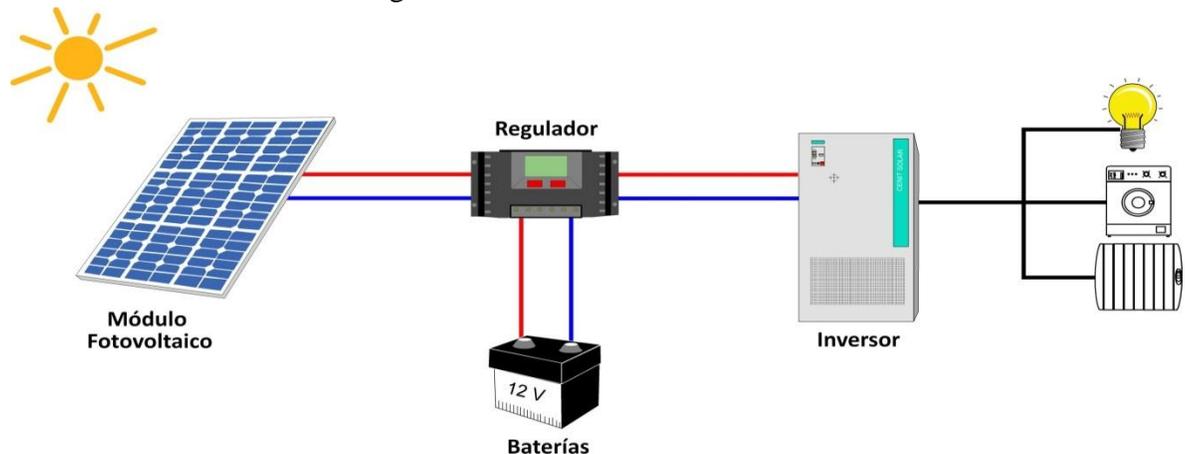


Figura 4 Sistemas Fotovoltaico Autónomo.

Sistemas conectados a la red eléctrica

Se instalan en zonas que disponen de red eléctrica y su función es producir electricidad para venderla a la compañía eléctrica. Funciona en paralelo con una red de generación y distribución de energía eléctrica. Aprovecha la energía solar por medio de módulos

fotovoltaicos, los módulos aportan corriente directa que es transformada por un inversor en corriente alterna, que a su vez se interconecta a la red.

Estos sistemas constan de:

- **Paneles fotovoltaicos**
- **Inversores**
- **Medidores bidireccionales**

(Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2008).

Las tres formas de comercio con la energía eléctrica proveniente de fuentes renovables, o en este caso proveniente de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red son:

- **NET METERING**

También conocido como Medición Neta de Energía. Considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las Redes Generales de Distribución compensando dichos flujos de energía eléctrica entre si durante el periodo de facturación.

El Generador Exento podrá entregar la energía eléctrica a uno o más centros de carga, así como también entregar su energía sobrante a las Redes Generales de Distribución para aprovecharla posteriormente en los momentos que no esté generando energía eléctrica.

- **NET BILLING**

También se conoce como Facturación Neta. Considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las Redes Generales de Distribución, y se les asigna un valor que puede variar a la compra y a la venta.

La totalidad de la energía eléctrica que el Generador Exento entregue a las Redes Generales de Distribución, se registrara de forma independiente a la energía eléctrica que, en su caso, pudiera recibir un Usuario Final por parte del Suministrador de dicho punto de interconexión.

- **VENTA TOTAL DE ENERGÍA**

Metodología de contraprestación que considera el flujo de energía eléctrica entregada hacia las Redes Generales de Distribución, al cual se le asigna un valor de venta.

El siguiente diagrama de bloques muestra los componentes principales de un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red



Figura 5 Diagrama de bloques de un SFIR.

Donde:

MFV: Modulo, arreglo o generador fotovoltaico.

E: Estructura de soporte para el MFV.

SP: Sistema de protección para seguridad.

AP: Acondicionador de potencia o inversor.

M1: Medidor de energía generada por el MFV.

TAB: Tablero de distribución o interfaz entre el MFV y el SEN (Red de Distribución Eléctrica).

MB: Medidor bidireccional de energía.

CEL: Cargas eléctricas locales.

SEN: Sistema Eléctrico Nacional (Red de Distribución Eléctrica).

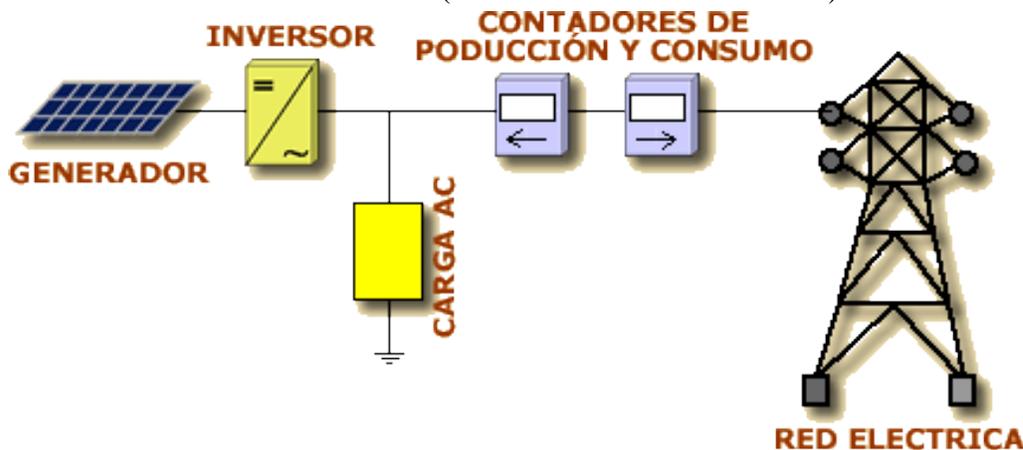


Figura 6 Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red.

2.1.4.- Potencia

La potencia cuantifica si una transformación de energía es rápida o lenta, lo cual matemáticamente, en otras palabras es el trabajo realizado durante determinado tiempo y se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

Es una cantidad importante, se mide en unidades de energía sobre tiempo, usualmente

Joules sobre segundo (J/s) o también en Watts (W) que esto equivale a:

$$1 \text{ Watt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ Segundo}}$$

El Watt es una unidad de potencia muy utilizada, especialmente para medir la potencia de equipos pequeños. Sin embargo, cuando se desea medir la potencia demandada por un edificio o una maquina industrial se utiliza la unidad de Kilowatt que esto equivale a:

$$1 \text{ Kilowatt} = 1000 \text{ Watts}$$

2.1.5.- Relación entre energía y potencia

La energía y la potencia están relacionadas por la fórmula:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

Esto es lo mismo que decir:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo}$$

Esta relación nos dice que la energía es el producto de la potencia por el tiempo, es decir, es la energía es la potencia que se utilizó durante dicho tiempo. (Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas (DCEF) de la Universidad Centroamericana Jose Simeón, 2012).

2.2.- Motores eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas rotatorias que tienen la finalidad de convertir la energía eléctrica, en forma de corriente continua o alterna, en energía mecánica apta para mover los accionamientos de todo tipo de máquinas. Realizan un trabajo útil por medio de hacer girar una flecha, es decir, convierte la electricidad en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

La corriente eléctrica que suministran y distribuyen las empresas eléctricas es del tipo alterna, sin embargo hay aplicaciones que utilizan también la corriente en forma directa, por ello los motores eléctricos pueden ser de corriente directa o de corriente alterna.

2.2.1.- Motores de corriente continua

Composición

Los motores de corriente continua se componen de los siguientes elementos:

- **El inductor o estator**

Es el elemento de circuito magnético inmóvil sobre el que se bobina un devanado para producir un campo magnético. El electroimán resultante consta de una cavidad cilíndrica entre sus polos.

- **El inducido o rotor**

Es un cilindro de chapas magnéticas aisladas entre si y perpendiculares al eje al eje cilíndrico. El inducido es móvil entorno a su eje y queda separado del inductor por un entrehierro. A su alrededor, varios conductores se reparten de manera regular.

- **El colector y las escobillas**

El colector es solidario del inducido, las escobillas son fijas. Los conductores del inducido se alimentan por medio de este dispositivo.

(Fundación Red de Energía - BUN-CA, 2011).

Principio de funcionamiento

Cuando se alimenta el inductor, se crea un campo magnético en el entrehierro en la dirección de los radios del inducido. El campo magnético “entra” en el inducido por el lado del polo norte del inductor y “sale” por el lado del polo sur.

Cuando se alimenta el inducido, dos corrientes de mismo sentido recorren sus conductores, situados bajo un mismo polo inductor (de un mismo lado de las escobillas). Por tanto, según la ley de Laplace, los conductores quedan sometidos a una fuerza de igual intensidad y de sentido opuesto. Ambas fuerzas crean un par que hace girar el inducido del motor.

Cuando se alimenta el motor a una tensión continua o rectificadas U , se produce una fuerza contra electromotriz E cuyo valor es $E = U - RI$.

RI corresponde a la caída de tensión óhmica del inducido.

La fem E está vinculada a la velocidad y a la excitación mediante la relación $E = k \omega \phi$, en la que k es una constante propia del motor. Esta relación demuestra que, a excitación constante, la fem E , proporcional a ω , es una imagen de la velocidad.

La velocidad de un motor de corriente continua se expresa mediante la fórmula $n = k E / f$.

Para aumentar la velocidad, es necesario aumentar E , la tensión de inducido (por tanto, la tensión de alimentación), y/o disminuir el flujo de excitación (por tanto, la corriente de excitación).

En las máquinas de corriente continua, el par está vinculado al flujo inductor y a la corriente del inducido. El valor del par útil es:

$$C = k \phi I$$

Para aumentar la velocidad y mantener el par, es necesario aumentar I y, por consiguiente, la tensión de alimentación.

Al reducir el flujo, el par disminuye.

El funcionamiento de un motor de corriente continua es reversible:

- Si se alimenta el inducido, proporciona un par: funcionamiento de tipo motor,
- Si el inducido gira sin ser alimentado (por ejemplo, bajo el efecto de una carga arrastrante), proporciona energía eléctrica: funcionamiento de tipo generador.

Tipos de motores de corriente continua

- **De excitación paralela (separada o shunt)**

Los bobinados inducidos e inductor se conectan en paralelo. La inversión del sentido de rotación se obtiene generalmente por inversión de la tensión del inducido.

- **De excitación serie**

La construcción de este motor es similar a la del motor de excitación separada. El bobinado inductor se conecta en serie al inducido, lo que da origen a su nombre. La inversión del sentido de rotación se obtiene indistintamente por inversión de las polaridades del inducido o del inductor.

- **De excitación serie-paralelo (compound)**

Concebido para reunir las cualidades de los motores de excitación serie y de excitación paralela. Este motor consta de dos devanados por cada polo inductor. Cada uno de ellos se conecta en paralelo con el inducido. Lo recorre una corriente débil con respecto a la corriente de trabajo. El otro se conecta en serie.

El motor es de flujo aditivo si se suman los efectos de los amper-vueltas de ambos devanados. En caso contrario, es de flujo sustractivo, aunque esta variante no suele utilizarse debido a su funcionamiento inestable en cargas fuertes.

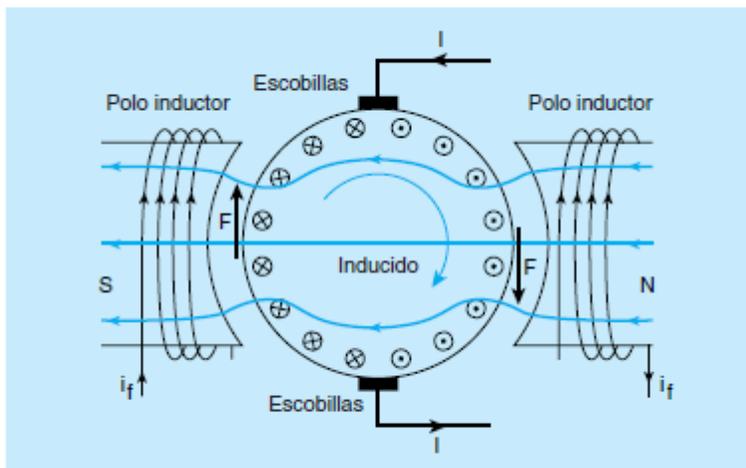


Figura 7 Producción de un par en un motor de corriente continua.

2.2.2.- Motores de corriente alterna

Los motores de corriente alterna son los más empleados dado a que trabajan con corriente alterna suministrada por la red, por tanto son de menor costo. Se clasifican en motores síncronos y motores asíncronos (o de inducción). En los motores síncronos el eje gira a la misma velocidad que lo hace el campo magnético, en los asíncronos el eje se revoluciona a una velocidad poco menor a la del campo magnético.

Motor síncrono

Contiene una pieza giratoria denominada rotor o campo, cuya bobina se excita mediante la inyección de una corriente continua, y una pieza fija denominada estator o armadura por cuyas bobinas circula corriente alterna.

Las corrientes alternas que circulan por los devanados del estator producen un campo magnético que gira en el entrehierro de la maquina con la frecuencia angular de las corrientes del estator.

El rotor debe girar a la misma velocidad del campo magnético producido en el estator para que el par eléctrico medio pueda ser diferente de cero. Si las velocidades angulares del campo magnético giratorio y del rotor de la maquina síncrona son diferentes, el par eléctrico medio es nulo. Por esta razón a esta máquina se le denomina síncrona: el rotor gira mecánicamente a la misma frecuencia del campo magnético giratorio del estator durante la operación en régimen permanente. Si n es la velocidad del rotor en r.p.m y p es el número de pares de polos de la máquina, se define la velocidad de sincronismo como:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Para producir una fuerza magnetomotriz en el rotor es necesario inyectar corriente en esta bobina mediante una fuente externa. De esta forma se obtienen dos campos magnéticos que giran a la misma velocidad, uno producido por el estator y otro por el rotor. Estos campos interactúan produciendo par eléctrico medio y se realiza el proceso de conversión electromecánica de energía.

La velocidad de giro de un motor síncrono es constante y viene determinada por la frecuencia de la tensión de la red a la que esté conectada y el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad de sincronismo.

Motor asíncrono

Motor asíncrono trifásico

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de un motor asíncrono se basa en la creación de corriente

inducida en un conductor cuando éste corta las líneas de fuerza de un campo magnético de donde proviene el nombre de “motor de inducción”.

Imagine una espira ABCD en cortocircuito situada en un campo magnético B y móvil alrededor de un eje xy . Si se hace girar el campo magnético en el sentido de las agujas del reloj, la espira queda sometida a un flujo variable y se convierte en el soporte de una fuerza electromotriz inducida que origina una corriente inducida i (Ley de Faraday).

Es posible definir el sentido de la corriente de los conductores activos AB y CD mediante la aplicación de la regla de los tres dedos de la mano izquierda. La corriente inducida circula de A a B en el conductor AB y de C a D en el conductor CD.

Según la ley de Lenz, el sentido de la corriente es tal que se opone por su acción electromagnética a su causa de origen. Cada uno de los dos conductores se somete por lo tanto a una fuerza F , en sentido opuesto a su desplazamiento relativo con respecto al campo del inductor

La regla de los tres dedos de la mano derecha (acción del campo sobre una corriente) permite definir fácilmente el sentido de la fuerza F que se aplica a cada conductor. El pulgar se sitúa en el sentido del campo del inductor. El índice indica el sentido de la fuerza. El dedo medio se sitúa en el sentido de la corriente inducida. Por tanto, la espira se somete a un par que provoca su rotación en el mismo sentido que el campo del inductor, denominado campo giratorio.

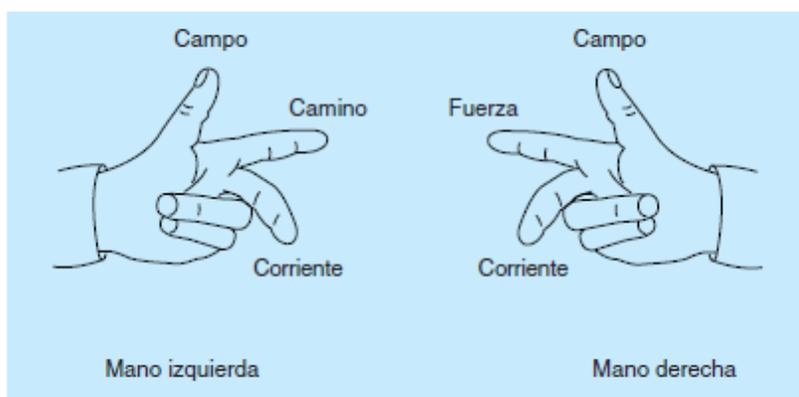


Figura 8 Reglas de los tres dedos.

Creación del campo giratorio

Tres devanados, con un desfase geométrico de 120° , se alimentan de las fases de una red trifásica alterna. Los devanados reciben corrientes alternas de idéntico desfase eléctrico que producen un campo magnético alterno sinusoidal. Dicho campo, siempre dirigido en base al mismo eje, alcanza el máximo cuando la corriente del devanado es máxima.

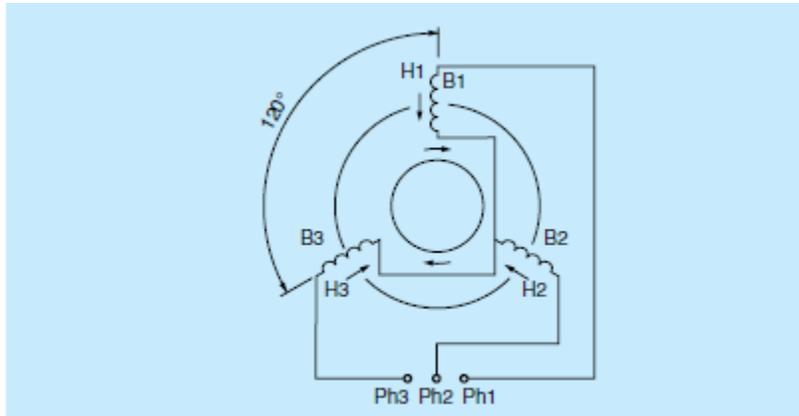


Figura 9 Principio de funcionamiento de un motor asíncrono trifásico.

El campo que genera cada devanado es el resultado de dos campos que giran en sentido inverso y cuyo valor constante equivale a la mitad del valor del campo máximo. En un momento dado t_1 del período, los campos que produce cada devanado pueden representarse de la siguiente manera:

- El campo H_1 disminuye. Los 2 campos que lo componen tienden a alejarse del eje OH_1 ,
- El campo H_2 aumenta. Los 2 campos que lo componen tienden a aproximarse al eje OH_2 ,
- El campo H_3 aumenta. Los dos campos que lo componen tienden a aproximarse al eje OH_3 .

El flujo correspondiente a la fase 3 es negativo. Por tanto, el sentido del campo es opuesto al de la bobina.

La superposición de los tres diagramas permite constatar lo siguiente:

- Los tres campos que giran en el sentido inverso al de las agujas del reloj están desfasados de 120° y se anulan,
- Los tres campos que giran en el sentido de las agujas del reloj se superponen. Estos campos se suman y forman el campo giratorio de amplitud constante $3H_{max}/2$ de 2 polos.

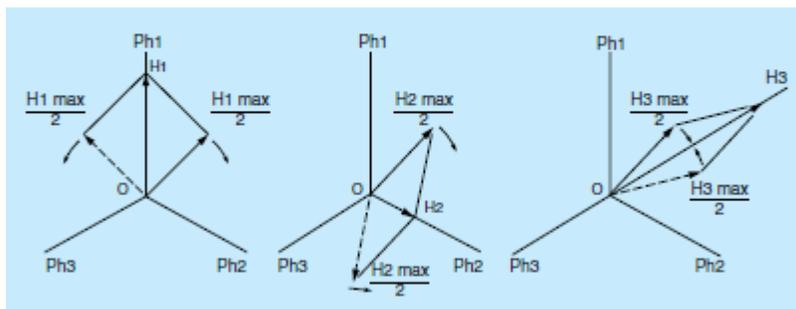


Figura 10 Campos generados por las tres fases

Este campo completa una vuelta por cada período de corriente de alimentación. Su velocidad es una función de la frecuencia de la red (f) y del número de pares de polos (p).

Se denomina “velocidad de sincronización” y se obtiene mediante la fórmula:

$$N_s = \frac{60xf}{P}$$

En revoluciones por minuto.

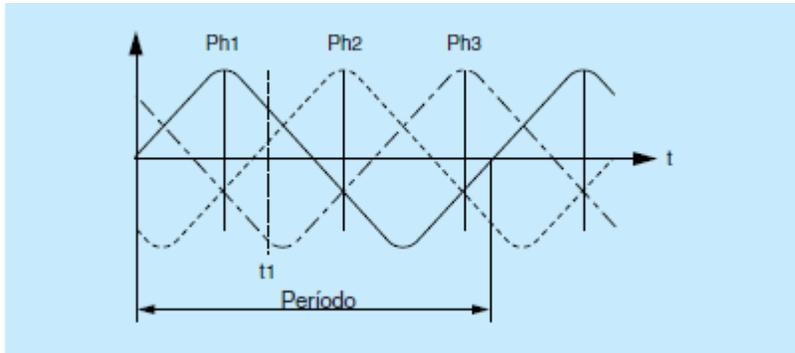


Figura 11 Red trifásica alterna.

Deslizamiento

El par motor solo puede existir cuando una corriente inducida circula por la espira. Para ello es necesario que exista un movimiento relativo entre los conductores activos y el campo giratorio. Por tanto, la espira debe girar a una velocidad inferior a la de sincronización, lo que explica que un motor eléctrico basado en el principio anterior se denomine “motor asíncrono”. La diferencia entre la velocidad de sincronismo y la de la espira se le denomina “deslizamiento” y se expresa en %.

$$g = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100$$

El deslizamiento en régimen estable varía en función de la carga del motor, su fuerza disminuye o aumenta cuando el motor esta subcargado o sobrecargado.

Composición

Un motor trifásico asíncrono consta de dos partes principales:

- Un inductor o estator
- Un inducido o rotor

El Estator

Es la parte fija del motor. Una carcasa de metal fundido o de aleación ligera encierra una

corona de chapas delgadas (del orden de 0,5 mm de espesor) de acero al silicio. Las chapas quedan aisladas entre sí por oxidación o por barniz aislante. La “foliación” del circuito magnético reduce las pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault. Las chapas disponen de ranuras en las que se sitúan los devanados estáticos que producen el campo giratorio (tres devanados en el caso de un motor trifásico). Cada devanado se compone de varias bobinas. El modo de acoplamiento de las bobinas entre sí determina el número de pares de polos del motor y, por tanto, la velocidad de rotación.

El Rotor

Es la parte móvil del motor. Al igual que el circuito magnético del estator, se compone de un apilamiento de chapas delgadas aisladas entre sí que forman un cilindro enchavetado sobre el eje del motor.

- Rotor de jaula
 - Rotor de jaula simple

Existen unos taladros o ranuras ubicados hacia el exterior del cilindro en los que se sitúan los conductores conectados a cada extremidad por medio de una corona metálica y sobre los que se aplica el par motor que genera el campo giratorio. Los conductores se inclinan ligeramente con respecto al eje del motor para que el par sea regular. El conjunto tiene el aspecto de una jaula, lo que explica el nombre de este tipo de rotor.

En motores pequeños, la jaula está totalmente moldeada.

Normalmente, se utiliza aluminio inyectado a presión. Las aletas de refrigeración, coladas durante la misma operación, hacen masa con el rotor.

El par de arranque de estos motores es relativamente débil y la corriente que se absorbe durante la puesta bajo tensión es muy superior a la corriente nominal.

- Rotor de doble jaula

Este es el tipo de rotor más utilizado.

Consta de dos jaulas concéntricas, una exterior de gran resistencia y otra interior más débil. Al iniciarse el arranque, dado que el flujo es de elevada frecuencia, las corrientes inducidas se oponen a su penetración en la jaula interior.

El par que produce la jaula exterior resistente es importante y se reduce la corriente solicitada. Al finalizar el arranque, la frecuencia disminuye en el

rotor y se facilita el paso del flujo a través de la jaula interior.

El motor pasa a comportarse como si constara de una sola jaula poco resistente.

En régimen estable, la velocidad sólo es ligeramente inferior a la del motor de jaula simple.

- Rotor de jaula resistente

El rotor resistente existe principalmente en jaula simple. En general, la jaula queda cerrada por dos anillos de acero inoxidable resistente. Ciertos motores son de tipo motoventilado.

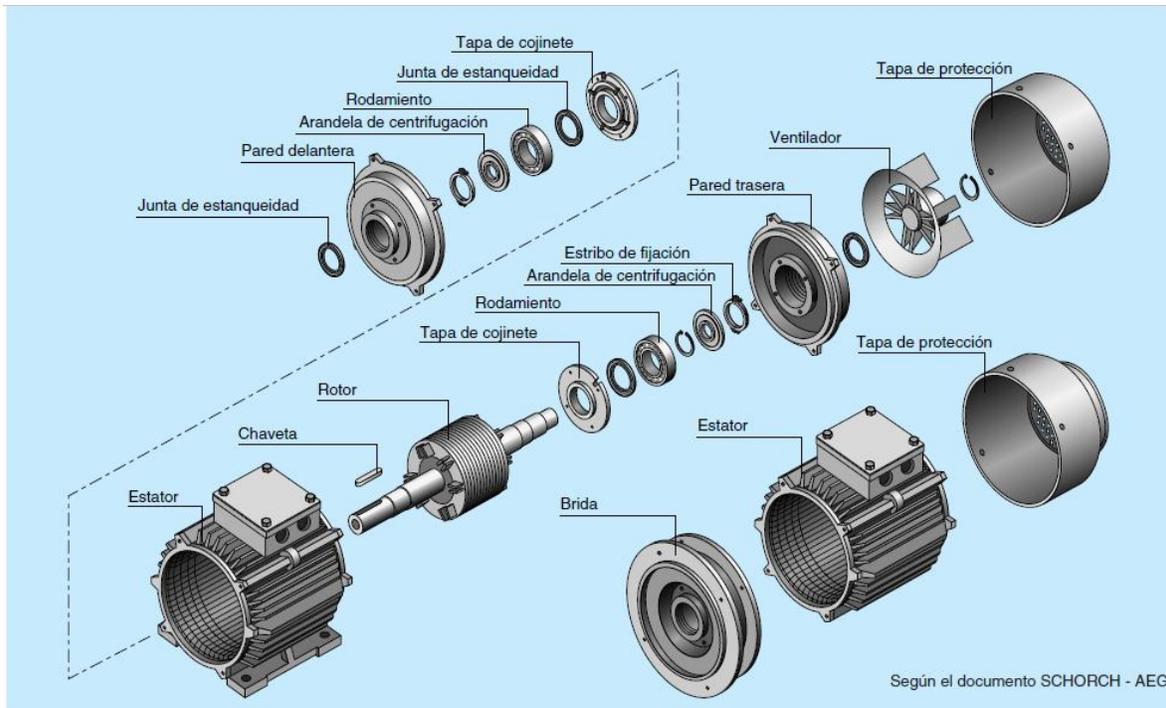
El rendimiento de los motores de jaula resistente es inferior, pero la variación de la velocidad puede obtenerse alterando únicamente la tensión. Por lo demás, su par de arranque es bueno.

- Rotor bobinado (Rotor de anillos)

Unos devanados idénticos a los del estator se sitúan en las ranuras de la periferia del rotor, que generalmente es trifásico.

Una de las extremidades de cada uno de los devanados está unida a un punto común (acoplamiento en estrella). Las extremidades libres pueden conectarse a un acoplador centrífugo o a tres anillos de cobre aislados y solidarios del rotor.

Varias escobillas de grafito conectadas al dispositivo de arranque frotan los anillos. Dependiendo del valor de las resistencias insertadas en el circuito rotórico, este tipo de motor puede desarrollar un par de arranque que alcanza 2,5 veces el valor del par nominal. La punta de corriente durante el arranque es prácticamente igual a la del par.



Según el documento SCHORCH - AEG

Figura 12 Componentes de un motor asíncono de jaula.

Motores asínconos monofásicos

El motor asíncono monofásico, menos utilizado que su homólogo trifásico, desempeña un papel nada despreciable en las aplicaciones de baja potencia. A igualdad de potencia, es más voluminoso que un motor trifásico.

Por otra parte, tanto su rendimiento como su coseno ϕ son mucho más débiles que en el caso del motor trifásico y varían considerablemente en función de la potencia y del fabricante.

Composición

Al igual que el motor trifásico consta de dos partes:

- Estator: incluye un número par de polos y sus bobinados están conectados a la red de alimentación.
- Rotor: en la mayoría de los casos es de jaula.

Principio de funcionamiento

Considere un estator que incluye dos devanados, L1 y N, conectados a la red de alimentación. La corriente alterna monofásica engendra un campo alterno simple en el rotor H que es la superposición de dos campos giratorios, H1 y H2, de igual valor y de sentido

opuesto.

En el momento de la parada, dado que el estator está siendo alimentado, los campos presentan el mismo deslizamiento con respecto al rotor y, por tanto, producen dos pares iguales y opuestos. El motor no puede arrancar.

Un impulso mecánico sobre el rotor causa la desigualdad de los deslizamientos. Uno de los pares disminuye mientras que el otro aumenta. El par resultante provoca el arranque del motor en el sentido en el que ha sido lanzado.

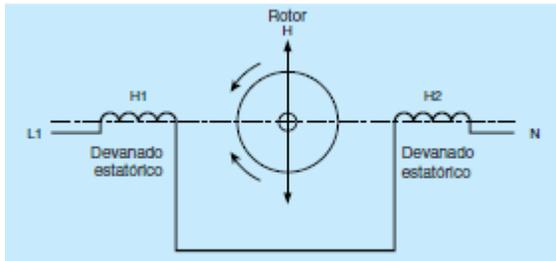


Figura 13 Principio de funcionamiento de un motor asíncrono monofásico.

2.2.3.- Arranque de motores

Se denomina arranque de un motor al régimen transitorio en el que se eleva la velocidad del mismo desde el estado del motor detenido hasta el de motor girando a la velocidad de régimen permanente. El conjunto que se pone en marcha es inercial y disipativo, incluyendo en este último concepto a las cargas útiles, pues consumen energía.

El estudio del arranque de los motores tiene una gran importancia práctica, ya que la elección correcta de las características de los motores eléctricos y arrancadores a instalar, basados en el conocimiento de las particularidades de este régimen transitorio.

El comportamiento del conjunto motor-maquina accionada está regido por la siguiente ecuación diferencial:

$$T_m - T_r = J \cdot \frac{\partial w}{\partial t}$$

Donde T_m es el par motor, T_r es el par resistente, J es el momento de inercia del conjunto motor-maquina accionada y w es la velocidad angular de dicho conjunto. Por lo tanto, para que el conjunto comience a girar se necesita que el par motor supere al par resistente, de manera de generar una aceleración angular de arranque. El proceso de arranque finaliza cuando se equilibra el par motor con el par resistente, estabilizándose la velocidad de giro del motor.

Como la cupla motora es el producto de la corriente absorbida por el flujo del campo

magnético, además de un factor que caracteriza al tipo de máquina, este mayor par de arranque generalmente está asociado a una mayor corriente de arranque, la que no debe superar determinado límite por el calentamiento de los conductores involucrados.

Aunque se suele enfocar el diseño de estos medios de arranque en atención a las corrientes y cuplas involucradas, no deben dejarse de lado otros aspectos que también resultan importantes, como por ejemplo el consumo de energía disipada en forma de calor y las perturbaciones sobre la red de baja tensión. Estas perturbaciones incluyen principalmente las caídas de tensión (muy notables en los elementos de iluminación), que pueden afectar el funcionamiento de otros elementos conectados a la misma, lo que resulta crítico en las instalaciones con muchos motores que realizan frecuentes arranques.

Los dispositivos de arranque pueden ser de operación manual o por contactores, estos últimos permiten efectuar el accionamiento a distancia del motor.

Arranque directo

Se trata del modo de arranque más sencillo en el que el estator se acopla directamente a la red. El motor se basa en sus características naturales para arrancar. En el momento de la puesta bajo tensión, el motor actúa como un transformador cuyo secundario, formado por la jaula poco resistente del rotor, está en cortocircuito. La corriente inducida en el rotor es importante. La corriente primaria y la secundaria son prácticamente proporcionales. Por lo tanto, se obtiene una punta de corriente importante en la red:

- La corriente de arranque es de 5 a 8 veces mayor que la corriente nominal.
- El par de arranque es de 0.5 a 1.5 veces mayor que el par nominal.

A pesar de las ventajas que conlleva (sencillez del equipo, elevado par de arranque, arranque rápido, bajo coste), sólo es posible utilizar el arranque directo en los siguientes casos:

- La potencia del motor es débil con respecto a la de la red, para limitar las perturbaciones que provoca la corriente solicitada,
- La máquina accionada no requiere un aumento progresivo de velocidad y dispone de un dispositivo mecánico (por ejemplo, un reductor) que impide el arranque brusco,
- El par de arranque debe ser elevado.

Por el contrario, siempre que:

- La caída de tensión provocada por la corriente solicitada pueda perturbar el buen funcionamiento de otros aparatos conectados a la misma línea,

- La máquina accionada no pueda admitir sacudidas mecánicas,
- La seguridad o la comodidad de los usuarios se vea comprometida (por ejemplo, en el caso de las escaleras mecánicas), será imprescindible recurrir a una artimaña para disminuir la corriente solicitada o el par de arranque. En estos casos, el medio más utilizado consiste en arrancar el motor bajo tensión reducida.

La variación de la tensión de alimentación tiene las siguientes consecuencias:

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

Ejemplo: si la tensión se divide por 3, la corriente se divide aproximadamente por 3 y el par se divide por 3.

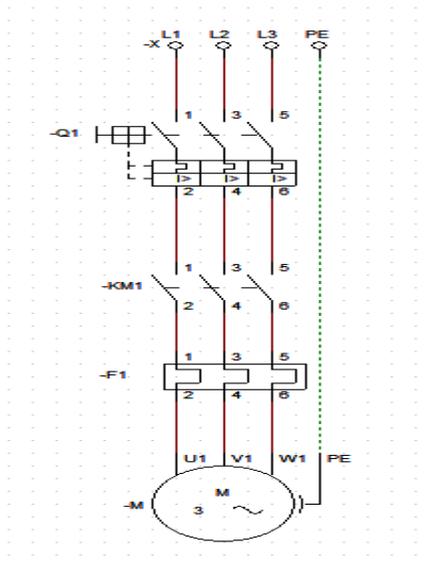


Figura 14 Diagrama de arranque directo de un motor trifásico.

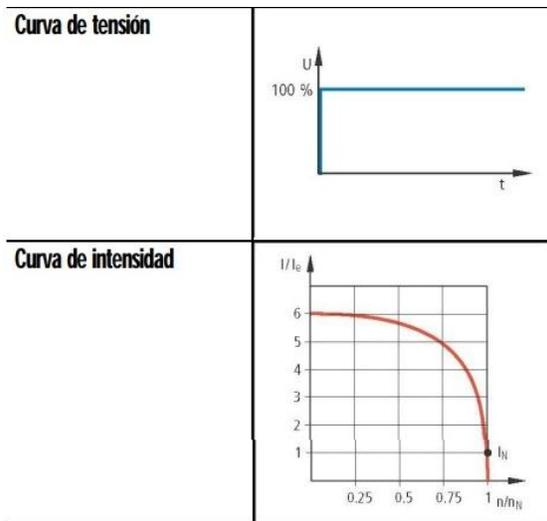


Figura 15 Curvas de tensión e intensidad del arranque directo.

Arranque mediante resistencias o reactivancias en serie con el estator

El principio consiste en arrancar el motor bajo tensión reducida mediante la inserción de resistencias en serie con los devanados. Una vez estabilizada la velocidad, las resistencias se eliminan y el motor se acopla directamente a la red. Normalmente, se utiliza un temporizador para controlar la operación.

Durante este tipo de arranque, el acoplamiento de los devanados del motor no se modifica. Por tanto, no es necesario que las dos extremidades de cada devanado sobresalgan de la placa de bornes.

El valor de la resistencia se calcula en base a la punta de corriente que no se debe superar durante el arranque, o al valor mínimo del par de arranque necesario teniendo en cuenta el par resistente de la máquina accionada. Generalmente, los valores de corriente y de par de arranque son:

$$I_d = 4,5 I_n$$

$$C_d = 0,75 C_n$$

Durante la fase de aceleración con las resistencias, la tensión que se aplica a las bornes del motor no es constante. Equivale a la tensión de la red menos la caída de tensión que tiene lugar en la resistencia de arranque. La caída de tensión es proporcional a la corriente absorbida por el motor. Dado que la corriente disminuye a medida que se acelera el motor, sucede lo mismo con la caída de tensión de la resistencia. Por tanto, la tensión que se aplica a las bornes del motor es mínima en el momento del arranque y aumenta progresivamente.

Dado que el par es proporcional al cuadrado de la tensión de las bornes del motor, aumenta más rápidamente que en el caso del arranque estrella-triángulo, en el que la tensión

permanece invariable mientras dura el acoplamiento en estrella. Este tipo de arranque es, por tanto, apropiado para las máquinas cuyo par resistente crece con la velocidad, por ejemplo los ventiladores.

Su inconveniente consiste en que la punta de corriente es relativamente importante durante el arranque. Sería posible reducirla mediante el aumento del valor de la resistencia, pero esta medida conllevaría una caída de tensión adicional en las bornes del motor y, por tanto, una considerable reducción del par de arranque. Por el contrario, la eliminación de la resistencia al finalizar el arranque se lleva a cabo sin interrumpir la alimentación del motor y, por tanto, sin fenómenos transitorios.

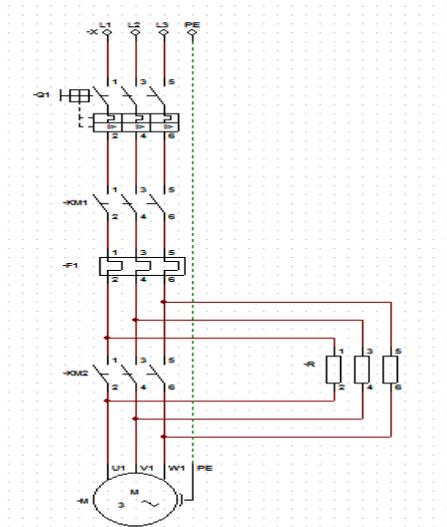


Figura 16 Diagrama de arranque por resistencias en serie con el estator de un motor trifásico.

Arranque mediante autotransformador

El motor se alimenta a tensión reducida mediante un autotransformador que, una vez finalizado el arranque, queda fuera del circuito.

El arranque se lleva a cabo en tres tiempos:

1. En el primer tiempo, el autotransformador comienza por acoplarse en estrella y, a continuación, el motor se acopla a la red a través de una parte de los devanados del autotransformador. El arranque se lleva a cabo a una tensión reducida que se calcula en función de la relación de transformación. Generalmente, el transformador está dotado de tomas que permiten seleccionar la relación de transformación y, por tanto, el valor más adecuado de la tensión reducida.
2. Antes de pasar al acoplamiento a plena tensión, la estrella se abre. En ese momento, la fracción de bobinado conectada a la red crea una inductancia en serie con el motor. Esta operación se realiza cuando se alcanza la velocidad de equilibrio, al final del primer tiempo.

3. El acoplamiento a plena tensión interviene a partir del segundo tiempo, normalmente muy corto (una fracción de segundo). Las inductancias en serie con el motor se cortocircuitan y, a continuación, el autotransformador queda fuera del circuito.

La corriente y el par de arranque varían en la misma proporción. Se dividen por ($U_{red} / U_{reducida}$) y se obtienen los valores siguientes:

$$I_d = 1,7 \text{ a } 4 I_n$$

$$C_d = 0,5 \text{ a } 0,85 C_n$$

El arranque se lleva a cabo sin interrupción de corriente en el motor, lo que evita que se produzcan fenómenos transitorios.

No obstante, si no se toman ciertas precauciones pueden aparecer fenómenos transitorios de igual naturaleza durante el acoplamiento a plena tensión. De hecho, el valor de la inductancia en serie con el motor tras la apertura de la estrella es importante si se compara con la del motor. Como consecuencia, se produce una caída de tensión considerable que acarrea punta de corriente transitoria elevada en el momento de un acoplamiento a plena tensión. El circuito magnético del autotransformador incluye un entrehierro que disminuye el valor de la inductancia para paliar este problema. Dicho valor se calcula de modo que, al abrirse la estrella en el segundo tiempo, no haya variación de tensión en las bornes del motor.

El entrehierro aumenta la corriente magnetizante del autotransformador. Dicha corriente aumenta la corriente solicitada en la red durante el primer tiempo del arranque.

Este modo de arranque suele utilizarse en los motores con potencia superior a 100 kW. Sin embargo, el precio de los equipos es relativamente alto debido al elevado coste del autotransformador.

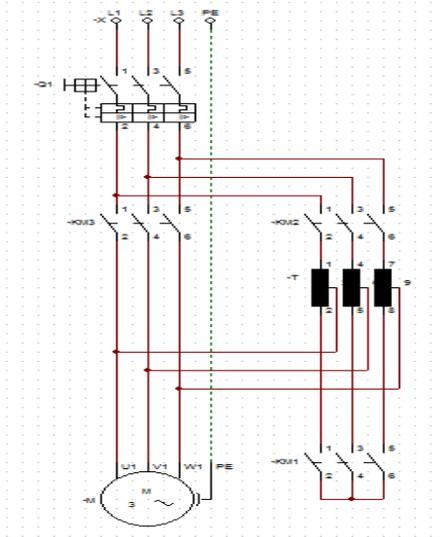


Figura 17 Diagrama de arranque por autotransformador de un motor trifásico.

Arranque mediante conmutación estrella-triángulo

Sólo es posible utilizar este modo de arranque en motores en los que las dos extremidades de cada uno de los tres devanados estáticos vuelvan a la placa de bornes. Por otra parte, el bobinado debe realizarse de manera que el acoplamiento en triángulo corresponda con la tensión de la red: por ejemplo, en el caso de una red trifásica de 380 V, es preciso utilizar un motor bobinado a 380 V en triángulo y 660 V en estrella.

El principio consiste en arrancar el motor acoplando los devanados en estrella a la tensión de la red, lo que equivale a dividir la tensión nominal del motor en estrella por 3 (en el ejemplo anterior, la tensión de la red $380\text{ V} = 660\text{ V} / 3$).

La punta de corriente durante el arranque se divide por 3:

$$I_d = 1,5 \text{ a } 2,6 I_n$$

Un motor de 380 V/660 V acoplado en estrella a su tensión nominal de 660 V absorbe una corriente 3 veces menor que si se acopla en triángulo a 380 V. Dado que el acoplamiento en estrella se realiza a 380 V, la corriente se divide nuevamente por 3. Por tanto, se divide por un total de 3.

El par de arranque se divide igualmente por 3, ya que es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación:

$$C_d = 0,2 \text{ a } 0,5 C_n$$

La velocidad del motor se estabiliza cuando se equilibran el par del motor y el par resistente, normalmente entre el 75 y 85% de la velocidad nominal. En ese momento, los

devanados se acoplan en triángulo y el motor rinde según sus características naturales. Un temporizador se encarga de controlar la transición del acoplamiento en estrella al acoplamiento en triángulo. El cierre del contactor de triángulo se produce con un retardo de 30 a 50 milisegundos tras la apertura del contactor de estrella, lo que evita un cortocircuito entre fases al no poder encontrarse ambos cerrados al mismo tiempo.

La corriente que recorre los devanados se interrumpe con la apertura del contactor de estrella y se restablece con el cierre del contactor de triángulo. El paso al acoplamiento en triángulo va acompañado de una punta de corriente transitoria, tan breve como importante, debida a la f_{cm} del motor.

El arranque estrella-triángulo es apropiado para las máquinas cuyo par resistente es débil o que arrancan en vacío.

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

- Temporización de 1 a 2 segundos al paso estrella-triángulo.

Esta medida permite disminuir la f_{cm} y, por tanto, la punta de corriente transitoria.

Esta variante sólo puede utilizarse en máquinas cuya inercia sea suficiente para evitar una deceleración excesiva durante la temporización.

- Arranque en 3 tiempos: estrella-triángulo + resistencia-triángulo.

El corte se mantiene, pero la resistencia se pone en serie aproximadamente durante tres segundos con los devanados acoplados en triángulo. Esta medida reduce la punta de corriente transitoria.

- Arranque en estrella-triángulo + resistencia-triángulo sin corte.

La resistencia se pone en serie con los devanados inmediatamente antes de la apertura del contactor de estrella. Esta medida evita cualquier corte de corriente y, por tanto, la aparición de fenómenos transitorios.

El uso de estas variantes conlleva la instalación de componentes adicionales y el consiguiente aumento del coste total. En muchos casos, el uso de un arrancador estático es una solución preferible.

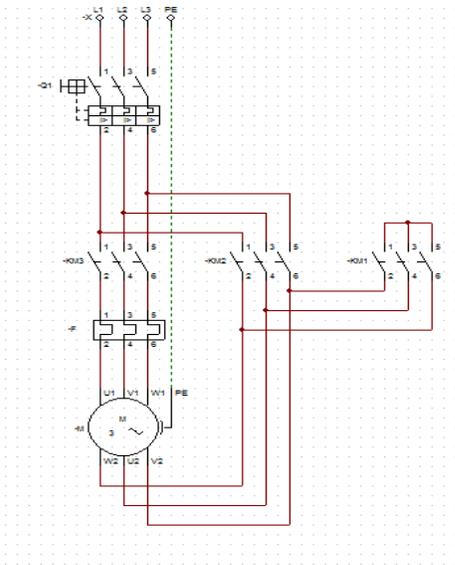


Figura 18 Diagrama de arranque por conmutación estrella-delta de un motor trifásico.

Arranque con arrancadores suaves

La alimentación del motor durante la puesta en tensión se realiza mediante una subida progresiva de la tensión, lo que posibilita un arranque sin sacudidas y reduce la punta de corriente. Para obtener este resultado, se utiliza un graduador de tiristores montados en oposición de 2 por 2 en cada fase de la red.

La subida progresiva de la tensión de salida puede controlarse por medio de la rampa de aceleración, que depende del valor de la corriente de limitación, o vincularse a ambos parámetros.

Un arrancador ralentizador progresivo como el Altistart 3 es un graduador de 6 tiristores que se utiliza para arrancar y parar de manera controlada los motores trifásicos de jaula.

Garantiza:

- El control de las características de funcionamiento, principalmente durante los períodos de arranque y parada,
- La protección térmica del motor y del arrancador,
- La protección mecánica de la máquina accionada, mediante la supresión de las sacudidas de par y la reducción de la corriente solicitada.

La corriente puede regularse de 2 a 5 In, lo que proporciona un par de arranque regulable entre 0,1 y 0,7 del par de arranque en directo.

Permite arrancar todo tipo de motores asíncronos. Puede cortocircuitarse para arrancar por

medio de un contactor y mantener al mismo tiempo el dominio del circuito de control.

A todo ello hay que añadir la posibilidad de:

- Deceleración progresiva,
- Parada frenada.

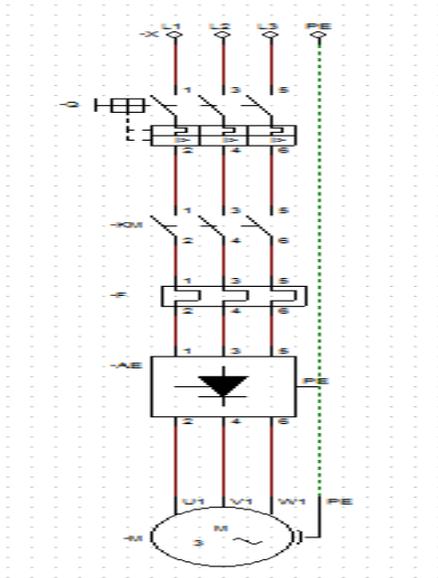


Figura 19 Diagrama de arranque mediante arrancador suave de un motor trifásico.

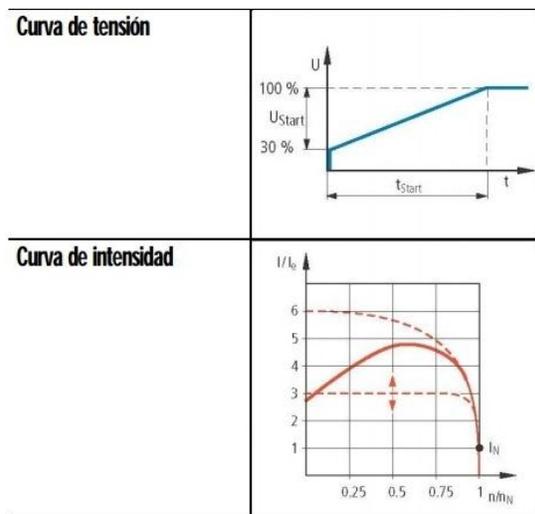


Figura 20 Curvas de tensión e intensidad de un arranque mediante arrancador suave.

2.3.4.- Variadores de frecuencia

Una de las limitaciones del motor de inducción es la de tener velocidades fijas sin posibilidad de variación; siendo que los procesos y aplicaciones requieren diferentes

velocidades y torques, sin embargo, se han desarrollado una infinidad de métodos para cambiar y variar las velocidades nominales, pero bien la eficiencia es baja o el costo del equipo y el mantenimiento son altos.

Uno de estos métodos es el Variador de Frecuencia, la principal ventaja de éste es la posibilidad de disminuir los consumos de energía eléctrica en algunos procesos que controla, dando como resultado considerables disminuciones en los costos de operación.

La manera como un variador de frecuencia convierte voltaje y frecuencia constante en voltaje y frecuencia variable se basa en un proceso de dos pasos principalmente. Primero la corriente alterna es rectificadora y convertida a corriente continua, después se invierte y vuelve a entregarse a corriente alterna pero con valores de frecuencia y voltaje variables.

El suministro de voltaje de un variador de frecuencia puede realizarse a frecuencias que van desde 0 Hz hasta 120 Hz o más. Por tanto, la velocidad del motor es variable en la misma proporción que la variación de la frecuencia, así el motor puede girar lento o muy rápido de acuerdo a la frecuencia que le suministre el variador de frecuencia.

Los dos componentes principales de los variadores de frecuencia son:

- **Rectificador de corriente directa:** La parte rectificadora convierte el voltaje de corriente alterna (CA) en voltaje de corriente directa (CD) para generar la frecuencia variable de salida necesaria de una fuente no alterna, dependiendo del tipo de convertidor este voltaje de CD puede ser variable o suavizado. La mayoría de los variadores de frecuencia usados hoy en día son del tipo de modulación del ancho de pulso (Pulse Width Modulation, PWM por sus siglas en inglés) que operan con un voltaje de CD suavizado.

En esta etapa se usan dos componentes principales, que son los diodos de potencia para producir el voltaje en CD suavizado y los rectificadores controladores de silicio (SCR's por sus siglas en inglés) usados para el diseño del voltaje de CD variable.

- **Inversor:** En esta sección el voltaje en CD se invierte y vuelve a tomar la forma alterna por medio de rectificadores de silicio o transistores de potencia conectados directamente al bus de CD y controlados por microprocesadores, pero esta vez con una frecuencia y voltaje variable. Esta generación trifásica de CA se realiza a través de aperturas instantáneas de los transistores, aunque tiene ciclos positivos y negativos toma una forma cuadrática e interrumpida similar a la alimentación de entrada simulando la onda senoidal, según las necesidades de frecuencia pero manteniendo la misma relación Volts/Hertz del motor.

A esta tecnología se le denomina modulación de ancho de pulsos. Una tarjeta lógica de microprocesadores determina la frecuencia de conmutación de la sección de

inversión, permitiendo un rango amplio de frecuencias que van desde 0 hasta 400 Hz típicamente.

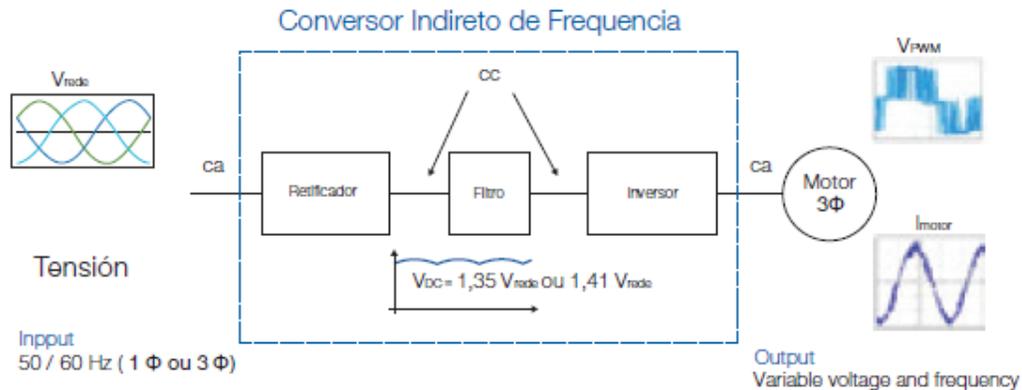


Figura 21 Partes de un variador de frecuencia.

(Schneider Electric España, 2008).

- Aplicaciones de los variadores de frecuencia

La instalación de los variadores de frecuencia electrónicos se ha venido realizando, para el mejoramiento en el control de los procesos y para fines de ahorro de energía. Sin embargo, para esto es importante conocer los procesos y necesidades de los mismos, esto implica conocer los tipos y clases de cargas que existen.

Los tipos de carga que existen son:

- **Cargas de par constante.** La aplicación principal de los variadores de frecuencia en este tipo de carga es la optimización del proceso y rara vez hay ahorros de energía, al menos de que se cumplan las siguientes condiciones: que la potencia demandada sea menor a la nominal y que esto sea a velocidades menores.
- **Cargas de par variable.** En este tipo de cargas el variador de frecuencia ofrece grandes oportunidades de ahorro de energía, debido a que los requerimientos de potencia disminuyen considerablemente conforme la velocidad es menor.

Arranque con variador de frecuencia

Posibilita efectuar el arranque y parada de manera controlada, variando la velocidad y el par de fuerza del motor, mediante la alteración de la frecuencia aplicada al motor, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red, en magnitudes variables. Para lograr esto, rectifica la tensión alterna de red, y por medio de transistores o IGBT's, trabajando en modulación de ancho de pulso, genera una corriente trifásica de frecuencia y tensión variable, que permite controlar la aceleración y el par de arranque del motor.

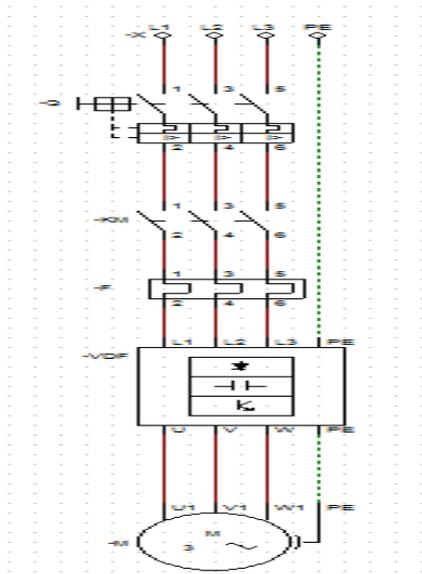


Figura 22 Diagrama de arranque por variador de frecuencia de un motor trifásico.

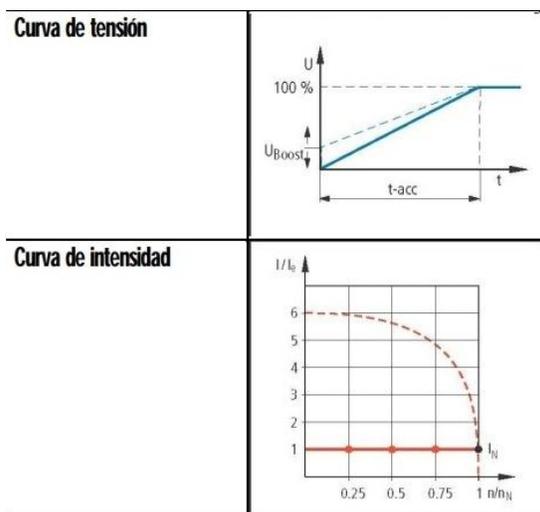


Figura 23 Curvas de tensión e intensidad del arranque mediante variador de frecuencia.

2.3.- Diagnostico y ahorro energético

2.3.1.- Diagnostico energético

Un diagnostico energético es el estudio y análisis del uso de la energía en un edificio, instalación, proceso o sistema con el fin de identificar oportunidades de ahorro de energía. (Marimón & Morell Fernandez, 2014).

Un diagnostico energético se suele clasificar en tres niveles.

Diagnostico energético nivel uno

En esta etapa se realiza una inspección del proceso industrial o las instalaciones,

reconociendo y revisando el estado de las condiciones de las instalaciones y de los equipos consumidores de energía, esto con el fin de darse una idea de los potenciales de ahorro de energía que se puedan lograr mediante la modificación en los hábitos de operación, corrección o bien sea por la incorporación de tecnologías eficientes. También se realiza un análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se lleva en cada instalación. De igual manera se realiza un análisis de la información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles.

Cabe recalcar que en este tipo de estudios no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso de la energía, si no precisar medidas de aplicación inmediata.

Diagnostico energético nivel dos

Proporciona información sobre el consumo de energía eléctrica como térmica por áreas funcionales o procesos específicos de operación, es decir, se detecta los subsistemas de mayor desperdicio energético. Este nivel provee datos acerca del ahorro de energía y en consecuencia de reducción de costos, como consecuencia de su realización de obtiene una cartera de proyectos de aplicación, logrando de esta forma dirigir el camino de las metas para ahorro energético.

La aplicación de este tipo de diagnóstico requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos cuantificando y clasificando dando prioridad a los de mayor consumo de energía eléctrica y a los de mayor tiempo de utilización.

Diagnostico energético nivel tres

Brinda información precisa y comprensible de todos y cada uno de los puntos relevantes de todo el proceso industrial o instalación a evaluar, así como las pérdidas de energía de cada uno de los equipos involucrados.

Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. En estos diagnósticos es común el uso de técnicas de simulación de procesos, requiere información completa de los flujos de materiales combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes. (Ventura Moreno, 2016).

2.3.2.- Guía para elaborar un diagnóstico energético en inmuebles

La CONUEE (Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía) brinda la normatividad para realizar un diagnóstico energético y se efectuó de la siguiente manera.

- I. Antecedentes.** Breve descripción de la actividad acerca del inmueble.
- II. Medidas rentables a implementar.** Resumen ejecutivo, durante la elaboración del

diagnóstico energético se deben encontrar oportunidades de ahorro de energía por cambio tecnológico y por medidas operativas las cuales no se necesita de inversión alguna.

- III. **Análisis de la facturación eléctrica.** Se anexan graficas del comportamiento de la facturación total vs consumo total eléctrico, así como la explicación necesaria de las gráficas que sean tomadas en cuenta.
- IV. **Censos de carga.** Se realiza un levantamiento de cada uno de los equipos de iluminación, aires acondicionados y equipos de fuerza (motores eléctricos), determinando las normas de cada uno de ellos.
- V. **Análisis.** Se determina las causas de cada una de las mediciones determinando los perfiles de los resultados obtenidos.
- VI. **Medidas operativas sin inversión.** Se describen las oportunidades de ahorro sin inversiones.
- VII. **Medidas operativas con inversión.** Se describen oportunidades de ahorro con inversiones recuperando a corto plazo.
- VIII. **Conclusiones.** Se concluye el diagnostico impartido al inmueble.

(CONUEE, 2013).

2.3.3.- Ahorro y eficiencia energética

El ahorro energético y la eficiencia energética se definen como el acto de efectuar un “gasto de energía menor del habitual”, es decir, consiste en reducir el consumo de energía mediante actuaciones concretas, pero manteniendo el mismo nivel de confort.

El ahorro energético conlleva un cambio en los hábitos de consumo; en ocasiones bastaría con eliminar los hábitos que despilfarran energía.

La eficiencia energética es el hecho de minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda sin afectar a su calidad; supone la sustitución de un equipo por otro que, con las mismas prestaciones, consuma menos electricidad. No supone, por tanto, cambios en los hábitos de consumo (el comportamiento del usuario sigue siendo el mismo), pero se consume menos energía ya que el consumo energético para llevar a cabo el servicio es menor. (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2008).

Para reducir al máximo el consumo energético habría que aunar medidas de ahorro y eficiencia energética.

2.4.- Tarifas eléctricas

Las tarifas eléctricas para el suministro y venta de energía eléctrica son disposiciones específicas que contienen las cuotas y condiciones que rigen los suministros de energía eléctrica y se identifican oficialmente por números y/o letras, según su aplicación.

2.4.1.- Tensión de suministro

Se considera que:

- Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 kilovolt.
- Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 kilovolt, pero menos o iguales a 35 kilovolts.
- Alta tensión a nivel de subtransmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 35 kilovolts, pero menores a 220 kilovolts.
- Alta tensión a nivel de transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 kilovolts.

2.4.2.- Estructura de las tarifas finales del suministro básico

Las tarifas finales de suministro básico se componen de la siguiente manera:

$$TFSB_{i,j,m} = T_j + D_{i,j} + Cen + OSSB_{i,j} + SCnMEM + G_{i,j,m}$$

$$\text{Con } G_{i,j,m} = E_{i,j,m} + C_{i,j,m}$$

Donde:

i Es cada una de las 17 divisiones tarifarias.

j Es cada una de las 12 categorías tarifarias.

m Es el mes de la aplicación de la TFSB.

$TFSB_{i,j,m}$ Es la tarifa final de suministro básico de la división i , categoría tarifaria j , para el mes m .

T_j Es el cargo vigente de transmisión correspondiente a la categoría tarifaria j .

$D_{i,j}$ Es el cargo vigente de distribución correspondiente a la división i , categoría tarifaria j .

Cen Es el cargo vigente por la operación del Centro Nacional de Control de la Energía (CENACE).

$OSSB_{i,j}$ Es el cargo vigente por la Operación del Suministrador de Servicios Básicos de la división i , categoría tarifaria j .

$SCnMEM$ Es el cargo vigente por los Servicios Conexos no concluidos en el MEM.

$G_{i,j,m}$ Es el cargo de generación de la división i , categoría tarifaria j , en el mes m .

$E_{i,j,m}$ Es el cargo por la energía de la división i , categoría tarifaria j , en el mes m .

$C_{i,j,m}$ Es el cargo por capacidad de la división i , categoría tarifaria j , en el mes m .

Los usuarios de energía eléctrica se agrupan de acuerdo a sus características de consumo, nivel de demanda (pequeña y gran demanda), nivel de tensión al que se conectan (baja, media y alta) y tipo de medición con que cuentan (ordinaria y horaria). De esta forma se establecen las siguientes doce categorías tarifarias:

| Categoría tarifaria | Descripción | Tarifa anterior |
|---------------------|---|--------------------------------|
| DB1 | Doméstico en Baja Tensión, consumiendo hasta 150 kWh-mes | 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F |
| DB2 | Doméstico en Baja Tensión, consumiendo más de 150 kWh-mes | 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC |
| PDBT | Pequeña Demanda (hasta 25 kW-mes) en Baja Tensión | 2, 6 |
| GDBT | Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Baja Tensión | 3, 6 |
| RABT | Riego Agrícola en Baja Tensión | 9, 9CU, 9N |
| APBT | Alumbrado Público en Baja Tensión | 5, 5A |
| APMT | Alumbrado Público en Media Tensión | 5, 5 ^a |
| GDMTH | Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión Horaria | HM, HMC, 6 |
| GDMTO | Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión Ordinaria | OM, 6 |
| RAMT | Riego Agrícola en Media Tensión | 9M, 9CU, 9N |
| DIST | Demanda Industrial en Subtransmisión | HS, HSL |
| DIT | Demanda Industrial en Transmisión | HT, HTL |

Tabla 1 Categorías tarifarias.

Las tarifas finales de suministros básicos se clasifican en 17 divisiones tarifarias como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 24 Divisiones tarifarias.

En cada una de las categorías tarifarias se definen por cargos únicos (por usuario), cargos fijos (por demanda) y cargos variables (por energía), que reflejan la naturaleza del costo de cada componente de las tarifas finales de suministro básico y que se adaptan a las características de consumo y medición de cada usuario.

2.4.3.- Componentes de las tarifas finales del suministro básico

- **Cargos por transmisión (T_j):** se aplican por kWh de acuerdo al nivel de tensión al que se encuentren conectados los usuarios.
 - Las categorías DB1, DB2, PDBT, GDBT, APBT, RABT, APMT, RAMT, GDMTO, GDMTH y DIST cubren el monto correspondiente al nivel de tensión menor a 220 kV.
 - La categoría DIT cubre el monto para tensiones mayores o iguales a 220 kV.
- **Cargos por distribución ($D_{i,j}$):** se aplican únicamente a usuarios conectados en media y baja tensión; estas incluyen cargo sobre la energía (kWh) para los usuarios que, por su tipo de medidor, no es posible diferenciar entre demanda y energía consumida, y para el resto de los usuarios se aplica un cargo sobre la demanda (kW).
 - Usuarios con cargo por energía: DB1, DB2, PDBT, APBT, y RABT.
 - Usuarios con cargo por demanda: GDBT, GDMTO, GDMTH, APMT y RAMT.
- **Cargo por operación del CENACE (Cen):** se aplica a todas las categorías tarifarias, a través de un monto por nivel de consumo (kWh) correspondiente a las cargas.
- **Cargos por la operación del Suministrador de Servicios Básicos ($OSSB_{i,j}$):** se componen de un importe mensual único independiente del nivel de consumo o demanda de usuario.
- **Cargo por los Servicios Conexos no concluidos en el MEM ($SCnMEM$):** se aplica para las 12 categorías tarifarias y 17 divisiones tarifarias y corresponde a un importe mensual por nivel de consumo (kWh).
- **Cargo por Generación ($G_{i,j,m}$):** se compone de un cargo por energía ($E_{i,j,m}$) y un cargo por capacidad ($C_{i,j,m}$).
- **Cargo por energía ($E_{i,j,m}$):** se establece mediante un importe variable único para aquellas categorías con medición simple y con cargos para los periodos horarios base, intermedio y punta correspondiente a cada división tarifaria.

Para las categorías con medición horaria:

- Categorías con cargo por energía ordinaria: DB1, DB2, PDBT, GDBT, RABT, RAMT, GDMTO, APBT y APMT.
- Categorías con cargo por energía horario: GDMTH, DIST y DIT.

- **Cargo por capacidad** ($C_{i,j,m}$): se aplica con base a lo siguiente
 - Categorías con cargo asignado al consumo (kWh): DB1, DB2, PDBT, APBT, APMT y RABT.
 - Categorías con cargo asignado a la demanda máxima (kW): GDBT, GDMTO y RAMT.
 - Categorías con cargo asignado a la demanda máxima coincidente con el horario de punta (kW): GDMTH, DIST y DIT.

2.4.5.- Criterios de cobro

Cobro por capacidad

La demanda máxima a la que se deberá aplicar a los cargos por capacidad expresados en \$/kW-mes, será la mínima entre los valores que se definen a continuación:

$$\min \left\{ D_{max_{punta}}, \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C} \right] \right\}$$

Donde $D_{max_{punta}}$ es la demanda máxima coincidente con el periodo horario de punta medida en kilowatts, $Q_{mensual}$ es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d días del periodo de facturación y el $F.C$ es el factor de carga.

Para el caso de que no haya periodo de punta y los usuarios suministrados en baja y media tensión que no cuenten con sistemas de medición para demanda, se utiliza la siguiente formula:

$$Demanda = \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C} \right]$$

Donde $Q_{mensual}$ es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d días del periodo de facturación y el $F.C$ es el factor de carga.

Para los centros de carga que reciban energía por ser parte de un permiso de generación de energía eléctrica bajo la modalidad de autoabastecimiento, la $D_{max_{punta}}$ y $Q_{mensual}$ serán la demanda máxima coincidente con el periodo horario de punta medida y el consumo mensuales suministrados en el mes de facturación por CFE Suministrador de Servicios Básicos.

Cobro por distribución

La demanda máxima a la que se deberá aplicar a los cargos por capacidad expresados en \$/kW-mes, será la mínima entre los valores que se definen a continuación:

$$\min \left\{ D_{max_{mensual}}, \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C} \right] \right\}$$

Donde $D_{max_{mensual}}$ es la demanda máxima registrada en el mes al que corresponde la facturación, $Q_{mensual}$ es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d días del periodo de facturación y el $F.C$ es el factor de carga.

Para el caso de que no haya periodo de punta y los usuarios suministrados en baja y media tensión que no cuenten con sistemas de medición para demanda, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Demanda = \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C} \right]$$

Donde $Q_{mensual}$ es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d días del periodo de facturación y el $F.C$ es el factor de carga.

Para los centros de carga que reciban energía por ser parte de un permiso de generación de energía eléctrica bajo la modalidad de autoabastecimiento, la $D_{max_{mensual}}$ y $Q_{mensual}$ serán la demanda máxima registrada y el consumo mensuales suministrados en el mes de facturación por CFE Suministrador de Servicios Básicos. (Anexo Único del Acuerdo Núm. A/064/2018, 2018)

2.4.5.- Descripción de la tarifa GDMTH

Gran demanda en media tensión horaria (GDMTH) se aplica a los servicios que destinen la energía para cualquier uso, suministrada en media tensión, con una demanda igual o mayor a 100 kilowatts.

Demanda contratada

La demanda contratada se fija inicialmente por el usuario y su valor no deber ser menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado. En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, solo se tomara como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

Horario

La tarifa se caracteriza por ser horaria, la cual se divide en tres periodos (punta, intermedio y base) con un horario establecido, con el fin de realizar un cargo diferenciado según el periodo de tiempo en el que el costo de generación es más alto.

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, de acuerdo a la región sur en la que nos encontramos los horarios se establecen de la siguiente manera:

| Verano | | | |
|---|---------------|--------------------------------|---------------|
| Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre | | | |
| Día de la semana | Base | Intermedio | Punta |
| Lunes a Viernes | 00:00 – 06:00 | 06:00 – 20:00 22:00 – 24:00 | 20:00 – 22:00 |
| Sábado | 00:00 – 07:00 | 07:00 – 24:00 | |
| Domingo y festivo | 00:00 – 19:00 | 19:00 – 24:00 | |
| Invierno | | | |
| Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril | | | |
| Día de la semana | Base | Intermedio | Punta |
| Lunes a Viernes | 00:00 – 06:00 | 06:00 – 18:00 22:00 – 24:00 | 18:00 – 22:00 |
| Sábado | 00:00 – 08:00 | 08:00 – 19:00 21:00 – 24:00 | 19:00 – 21:00 |
| Domingo y festivo | 00:00 – 18:00 | 18:00 – 24:00 | |

Tabla 2 Horarios de los periodos de la tarifa GDMTH de acuerdo a la región sur.

CAPITULO III DESCRIPCIÓN DE LA GRANJA DE ENGORDA AVICOLA.

3.1.- Componentes de la granja de engorda avícola.

Para garantizar la producción, el confort necesario y el crecimiento adecuado de las aves en la infraestructura se cuentan con los equipos y sistemas que proporcionan las condiciones necesarias.

3.2.- Suministro de electricidad en media tensión.

La granja cuenta con una acometida eléctrica por la cual ingresa el cableado principal de media tensión en 13.2 kV proveniente de la compañía suministradora y comercializadora de energía eléctrica que en este caso es CFE (Comisión Federal de Electricidad).

3.2.1.- Medición de la energía eléctrica.

El tipo de medición es en media tensión en la tarifa GDMTH, cuenta con un murete de medición y transformadores de corriente en media tensión.



Figura 25 Murete de medición.



Figura 26 Transformadores de corriente para la medición en media tensión.

3.2.2.- Subestaciones eléctricas.

En la granja se cuenta con 5 subestaciones eléctricas tipo aéreas, 4 de éstas son de 150 kVA trifásicos con voltaje de operación de 13.2 kVca/110-220 Vca, conexión Delta-Estrella, para las casetas avícolas y el transformador restante es de 45 kVA trifásico con voltaje de operación de 13.2 kVca/110-220 Vca, conexión Delta-Estrella, para servicios propios.

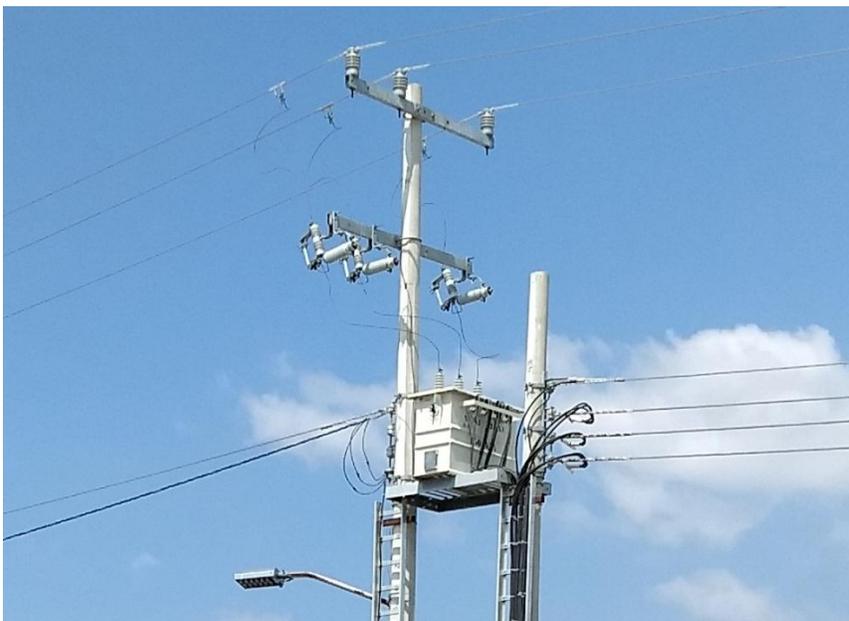


Figura 27 Subestación tipo poste de 150 kVA.

3.2.3.- Banco de capacitores.

Como medida de corrección de factor de potencia, en las subestaciones de 150 kVA se cuentan con bancos de capacitores de 25 kVAR trifásico con voltaje de operación de 220 Vca en conexión delta.



Figura 28 Banco de capacitores de 25 kVAR.

3.2.4.- Generador eléctrico (planta de emergencia).

En la granja actualmente existen 4 generadores eléctricos a diesel de la misma capacidad de 125 kW trifásicos, que son capaces de soportar la carga instalada que se tiene, distribuido cada uno en cada una de las subestaciones de 150 kVA. Con el fin de proporcionar la continuidad de la operación de los equipos cuando no se tenga suministro de energía por parte de la red o bien cuando existan variaciones de voltaje.



Figura 29 Planta de emergencia de 125 kW.

3.2.5.- Transferencia eléctrica automática.

En cada planta de emergencia se tienen módulos de transferencia automática que hacen el accionamiento de estas en casos como cuando se va la energía suministrada así como cuando se tienen bajos voltajes en la red, esto se hace con el fin de no afectar los procesos que se realizan en las granjas. Los módulos de transferencia son de la marca Cummins al igual que los generadores.



Figura 30 Módulo de transferencia automática.

3.2.6.- Diagrama unifilar.

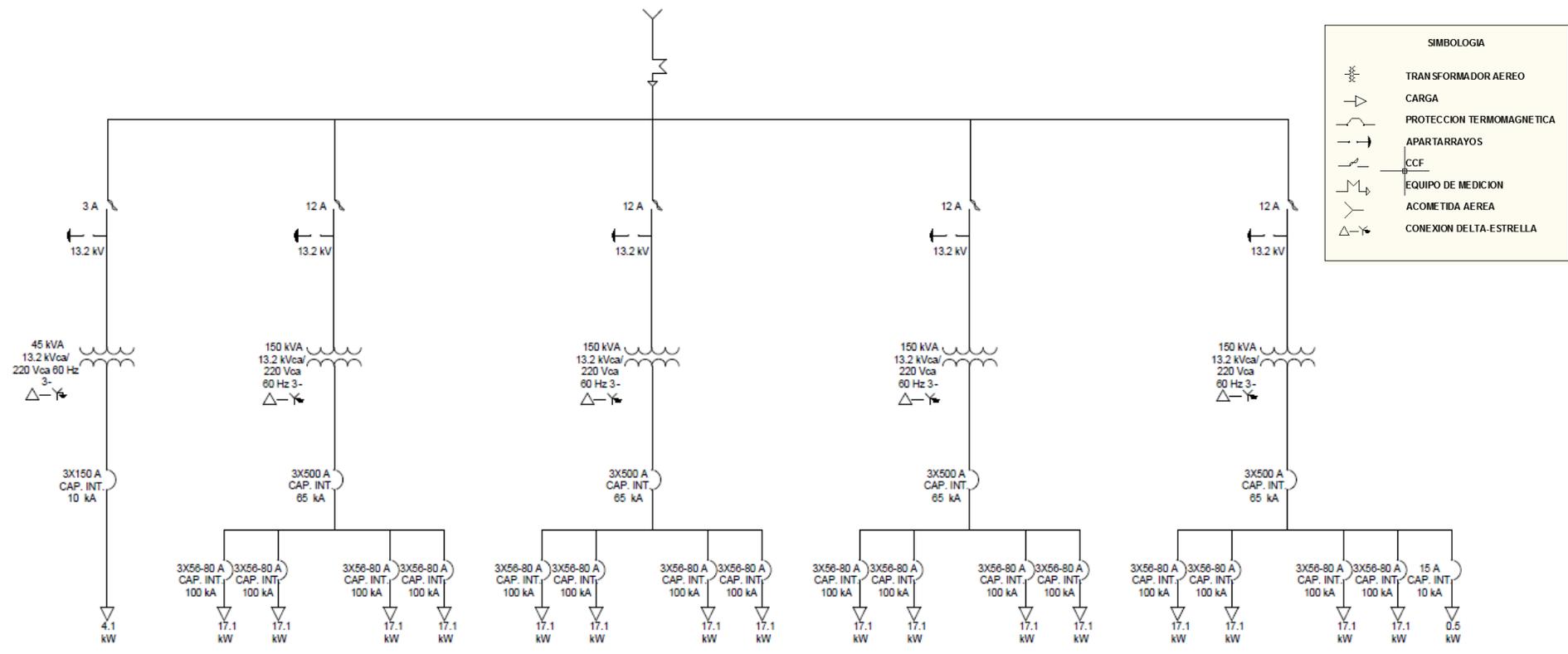


Figura 31 Diagrama Unifilar IE-00

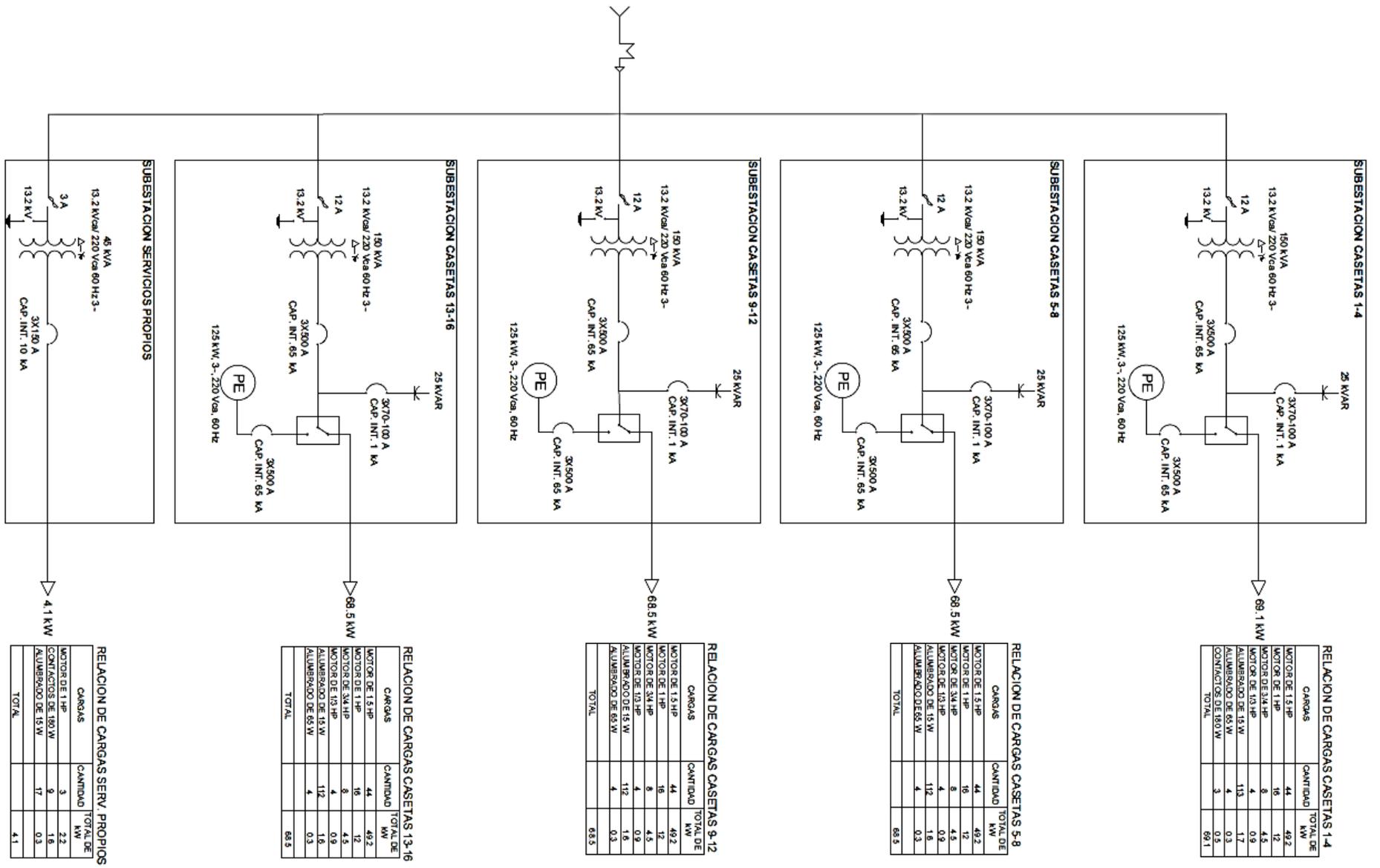


Figura 32 Diagrama Unifilar IE-01

3.6.- Suministro de electricidad en baja tensión.

En cuanto al suministro en baja tensión, a cada uno de los tableros llegan 220 Vca trifásico directo a cada uno de los interruptores principales, donde se realizan las particiones para cada una de las cargas con las que se cuenta en las casetas. En cuanto a cuadro de cargas se tienen:

- 1 Tablero principal para los extractores del sistema de ventilación y luminarias del sistema de alumbrado.
- 1 Tablero para las bombas de las paredes húmedas del sistema de ventilación.
- 1 Tablero para los motores del sistema de comederos.



Figura 33 Tablero principal y Tablero de control Chore Tronics.



Figura 34 Tablero de pared húmeda y túnel.



Figura 35 Tablero de Extractores y Luminarias.

3.6.1.- Diagrama unifilar.

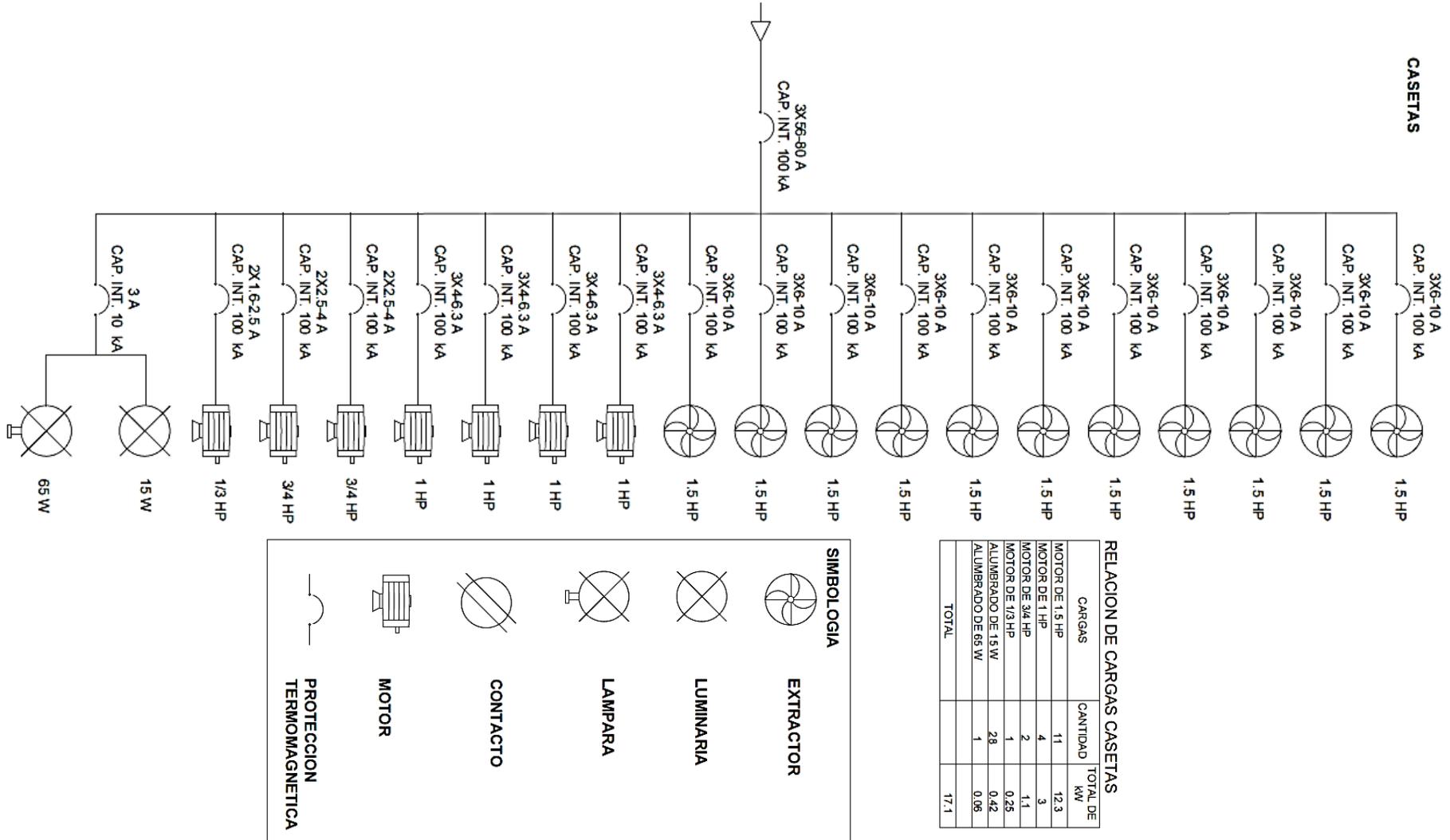


Figura 36 Diagrama Unifilar IE-02

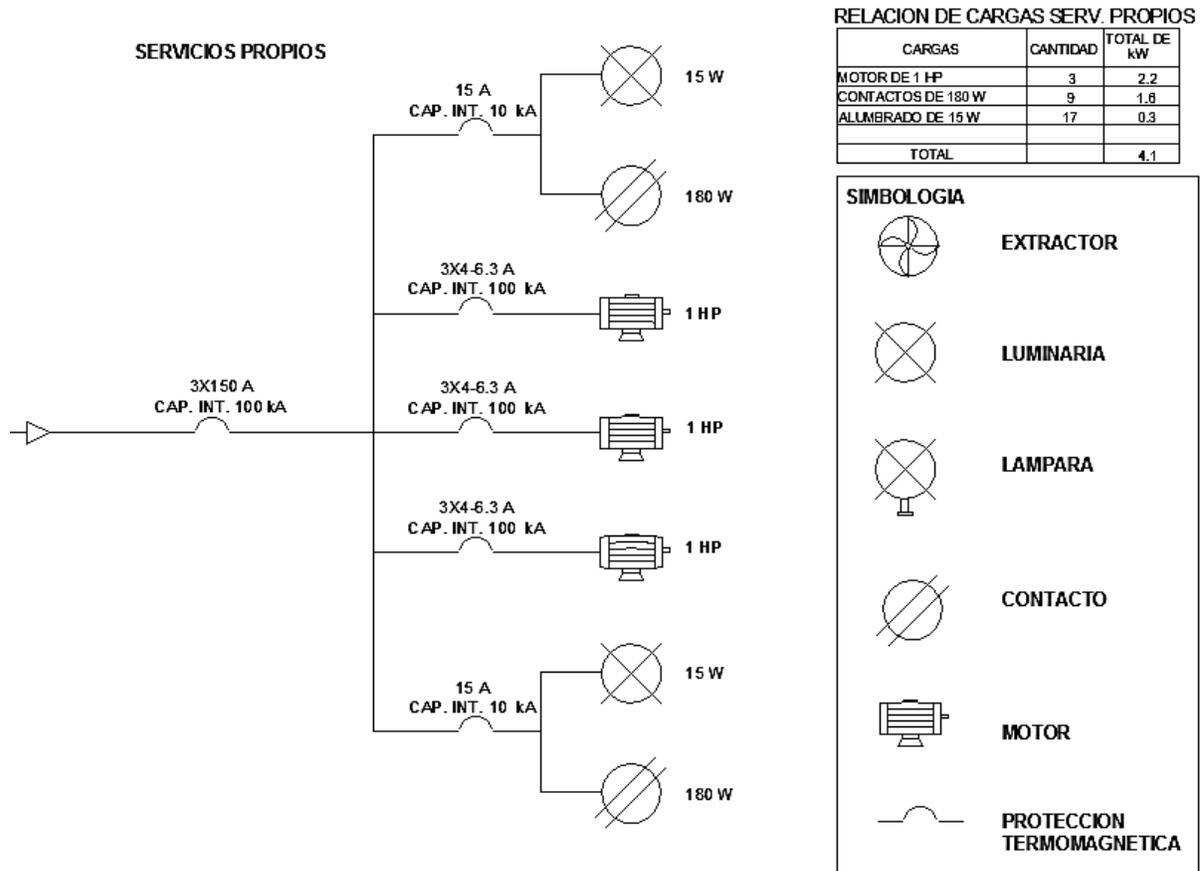


Figura 37 Diagrama Unifilar IE-03

3.7.- Sistema de comederos.

El sistema de comederos es el que brinda la alimentación de las aves de una caseta. Durante las primeras semanas de los pollos en las casetas se usan para alimentarlos círculos maternos, ya que no cuenta con el tamaño suficiente. Una vez que han obtenido un tamaño más grande se quitan esos círculos maternos.



Figura 38 Sistema de comederos.

El sistema de comederos consta de un silo donde se almacena el alimento, el motor de silo que mueve el alimento hacia las líneas de comederos, se cuentan con 3 líneas de comederos que en su interior tienen un helicoidal que al ser movido por un motor éste transporta el alimento por todo el tubo.

A continuación se muestran los horarios de encendido y apagado de las líneas de comederos.

| DIAS | | HORARIO DE ENCENDIDO | HORARIO DE APAGADO | HORAS DE OPERACIÓN |
|------|----|----------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 21 | 00:00 | 00:00 | 24 |
| 22 | 28 | 21:00 | 17:00 | 20 |
| 29 | 56 | 22:00 | 17:00 | 19 |

Tabla 3 Horario de operación de las líneas de comederos.



Figura 39 Silo de almacenamiento de alimento.

3.8.- Sistema de bebederos.

Los pollos deben tener acceso al agua las 24 horas del día, por lo que se debe de garantizar que la parvada reciba la suficiente cantidad.

El sistema de bebederos está constituido por tubos denominados líneas de bebederos, por caseta se tienen 4 líneas de bebederos que transportan el agua por toda la galera, cada tubo consta de 1 válvula y 16 tomas de agua especialmente construidas para que beban el vital líquido colocados de tal forma que puedan surtir agua, consta de un receptáculo para que no gotee y se moje la cama de la crianza, su funcionamiento es por gravedad.



Figura 40 Sistema de bebederos.



Figura 41 Tanque elevado de almacenamiento de agua.

3.9.- Sistema de gas.

El sistema de gas dentro de la caseta se distribuye de tal forma que se provee de manera adecuada hacia las criadoras y estas cumplan con su función de suministrar temperatura cálida a las aves durante las primeras semanas.



Figura 42 Tanque de almacenamiento de gas.

3.9.1.- Criadores de gas.

Los criadores de gas son equipos que se usan para el calentamiento de los pollos cuando están a un día de nacidos y hasta los 14 días. Cuando un pollo nace no tiene la capacidad de autorregular su temperatura, por eso es que necesitan de una cierta cantidad calorífica en su estructura muscular y ósea. Estos equipos se regulan para que puedan proporcionarles ese calor necesario.

La forma de operación es de acuerdo a la temperatura que recibe el sistema de control Chore Tronics y envía la señal de activación de éstos.



Figura 43 Criadores de gas.

3.10.- Sistema de iluminación.

Se cuenta como sistema de iluminación una cantidad de 24 luminarias tipo LED de 15 W proporcionando una cantidad de 25 lúmenes por caseta.

La operación del sistema de iluminación en cuanto a los encendidos y apagados se basa de acuerdo a la edad en días de los pollos cuando ingresan a las casetas, esto con el fin de no proporcionarles estrés a las aves brindándoles horas de descanso.

En la siguiente tabla se muestran los horarios de encendido y apagado del sistema de iluminación.

| DIAS | | HORARIO DE ENCENCIDO | HORARIO DE APAGADO | HORAS DE OPERACIÓN |
|------|----|----------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 3 | 19:00 | 08:00 | 13 |
| 4 | 8 | 20:00 | 08:00 | 12 |
| 9 | 15 | 21:00 | 08:00 | 11 |
| 16 | 22 | 22:00 | 08:00 | 10 |
| 23 | 29 | 23:00 | 08:00 | 9 |
| 30 | 56 | 23:00 | 08:00 | 9 |

Tabla 4 Horario de operación del sistema de iluminación.

3.11.- Sistema de ventilación.

La ventilación es el movimiento o circulación de aire fresco, remueve el exceso de humedad y de calor de la caseta y proporciona aire fresco a los pollos, una ventilación inadecuada provoca estrés provocando un exceso de temperatura, acumulación de humedad en la caseta y esto se traduce en malas condiciones ambientales.

Las casetas de la granja cuentan con un sistema de ventilación tipo túnel, donde el aire ingresa por la entrada del túnel en el extremo de la caseta, y en el extremo opuesto se tienen un grupo de ventiladores grandes para la extracción de éste y así lograr una correcta ventilación, creando con la velocidad del aire un “efecto túnel” a lo largo de la caseta. Este tipo de ventilación se usa en donde las temperaturas se elevan demasiado. La brisa típica que se puede crear mediante los ventiladores de túnel en funcionamiento, produce un efecto de enfriamiento por viento que es significativo.

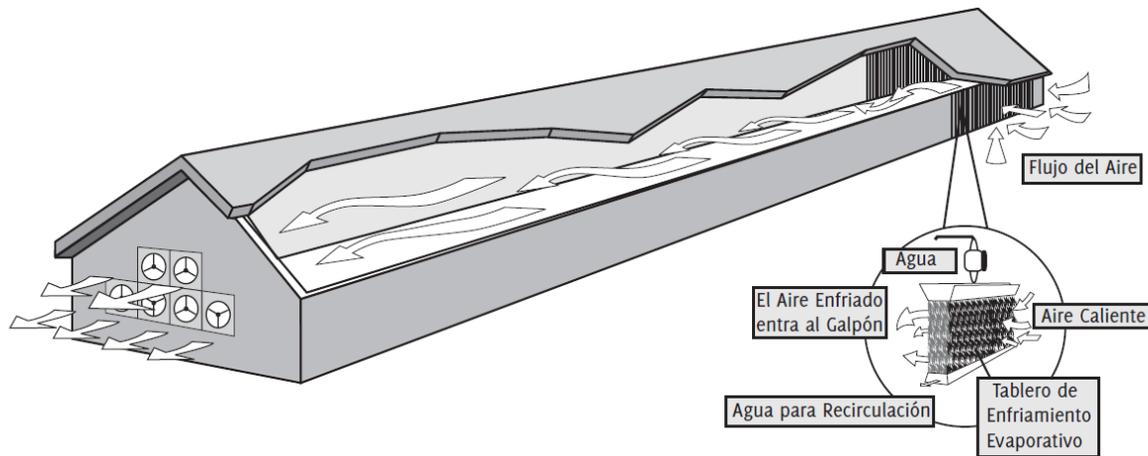


Figura 44 Sistema de ventilación tipo túnel.

3.11.1.- Extractores.

En la ventilación por extractores se cuentan con 11 con una capacidad de extracción de caudal de 28900 CFM ubicados en las partes laterales, 5 extractores de un lado y 6 del otro.



Figura 45 Extractores del sistema de ventilación.

3.11.2.- Pared húmeda.

Se tiene 2 paredes húmedas laterales para el ingreso de ventilación húmeda, es decir, que permite el ingreso de sensación térmica húmeda.



Figura 46 Pared húmeda del sistema de ventilación.

3.12.- Sistema de Control

El sistema de control con el que se cuenta en cada caseta es por módulo de Chore Tronics, éste es quien mediante señales y programación indica las operaciones de cada equipo que se encuentra en las casetas. Dicha programación se basa, además de las señales, en las etapas o días/semanas de crecimiento que tienen los pollos para así tener una operación de los equipos adecuada a las necesidades.

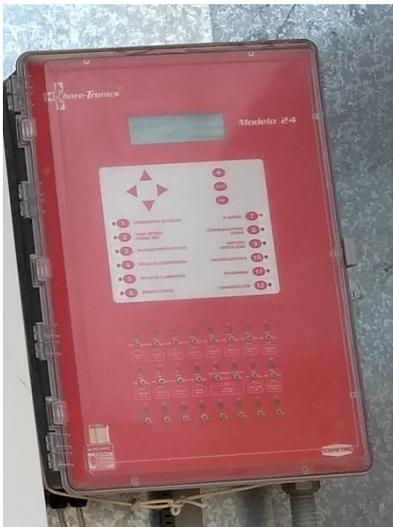


Figura 47 Modulo de control Chore Tronics.



Figura 48 Sensor de temperatura.



Figura 49 Termostatos.

CAPITULO IV DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

4.1.- Descripción general del proyecto

El diagnóstico energético se realiza en la instalaciones de una granja avícola de pollo engorda, considerando el análisis de la facturación y la carga instalada que se tiene.

La granja El Manantial se localiza en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, como se muestra a continuación.



Figura 50 Ubicación de la granja El Manantial.

En el interior de la granja se cuenta con 16 casetas avícolas de engorda de pollos, divididos en 4 secciones, cada sección cuenta con 4 casetas respectivamente, además de las instalaciones de oficinas, regaderas y cuartos de estar que entran en los servicios propios.

Las dimensiones de cada una de las casetas se muestran en la siguiente tabla.

| # de Caseta | Área (m ²) | Longitudes | | # de Caseta | Área (m ²) | Longitudes | |
|-------------|------------------------|------------|-----------|-------------|------------------------|------------|-----------|
| | | Largo (m) | Ancho (m) | | | Largo (m) | Ancho (m) |
| 1 | 1560 | 156 | 10 | 9 | 1500 | 150 | 10 |
| 2 | 1560 | 156 | 10 | 10 | 1515 | 151.5 | 10 |
| 3 | 1504 | 150.4 | 10 | 11 | 1498 | 149.8 | 10 |
| 4 | 1559 | 155.9 | 10 | 12 | 1500 | 150 | 10 |
| 5 | 1725 | 172.5 | 10 | 13 | 1500 | 150 | 10 |
| 6 | 1547 | 154.7 | 10 | 14 | 1500 | 150 | 10 |
| 7 | 1209 | 120.9 | 10 | 15 | 1505 | 150.5 | 10 |
| 8 | 1500 | 150 | 10 | 16 | 1500 | 150 | 10 |

Tabla 5 Dimensiones de las casetas.



Figura 51 Numeración de las casetas.

De acuerdo al proceso que se realiza en la granja se tiene un total de carga instalada de la siguiente manera:

| Media Tensión | | | |
|----------------------|----------|--|----------------------|
| Equipo | Cantidad | Capacidad | Marca |
| Transformadores | 1 | 45 kVA trifásico, 13.2 kV/220 V, 60 Hz, Δ-Y | Prolec |
| | 4 | 150 kVA trifásico, 13.2 kV/220 V, 60 Hz, Δ-Y | Continental Electric |
| Banco de capacitores | 4 | 25 kVAR trifásico, 240 V, 60 Hz, Δ | ABB |
| Planta de Emergencia | 4 | 125 kW trifásico, 120/240 V | Cummins |

Tabla 6 Equipos de media tensión

| Baja Tensión | | |
|-------------------|----------|--------------|
| Carga | Cantidad | Total de kW |
| Motor de 1.5 HP | 11 | 12.31 |
| Motor de 1 HP | 4 | 3.00 |
| Motor de 3/4 HP | 2 | 1.10 |
| Motor de 1/3 HP | 1 | 0.25 |
| Alumbrado de 15 W | 28 | 0.42 |
| Alumbrado de 65 W | 1 | 0.06 |
| Total | | 17.14 |

Tabla 7 Equipos de baja tensión.

4.2.- Dimensión del proyecto

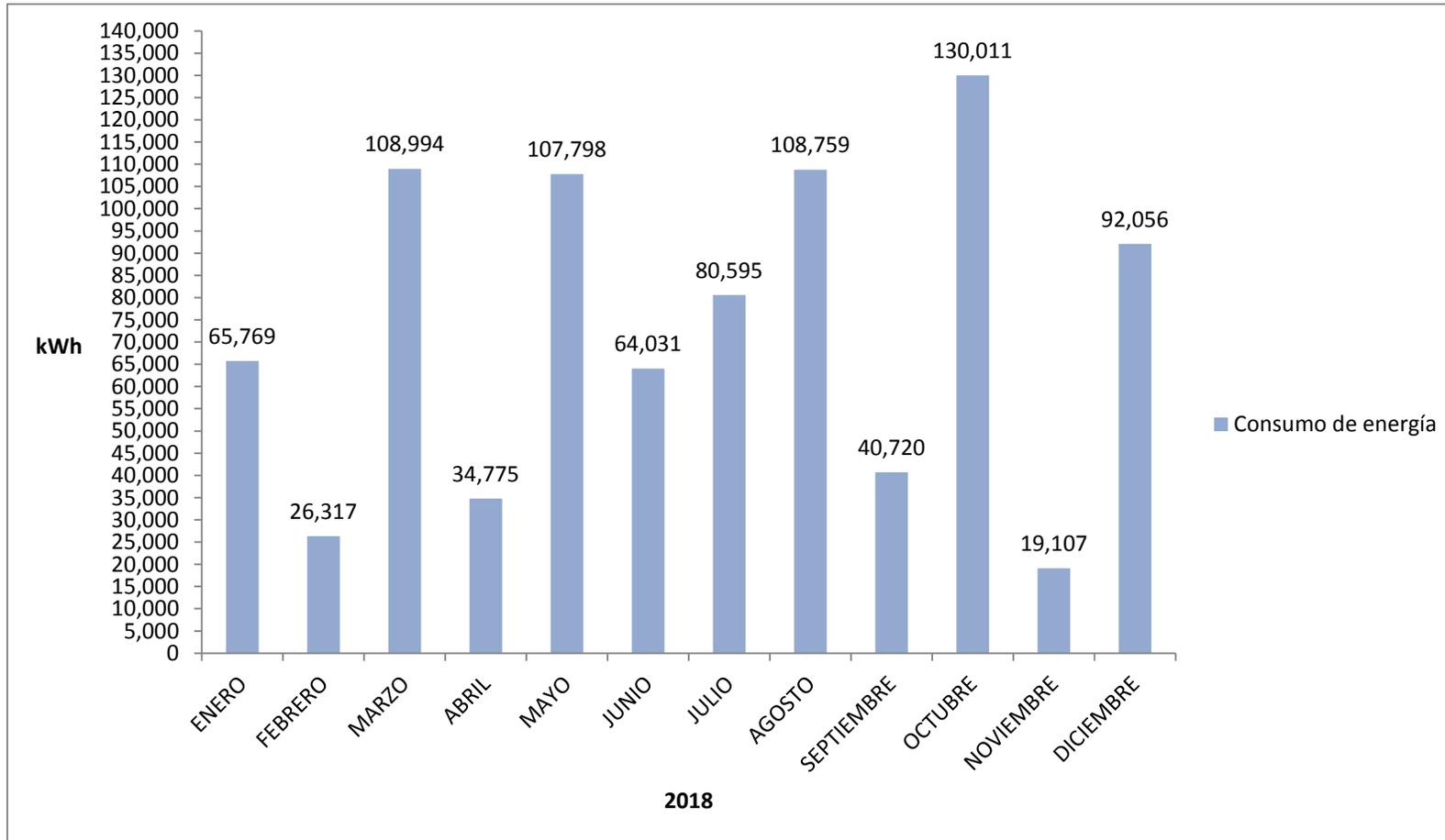
De acuerdo al análisis realizado sobre el consumo histórico de energía eléctrica obtenido de los recibos de facturación, se presenta la siguiente tabla de los consumos de energía eléctrica por periodos del año 2018 y el factor de potencia que se presentó por cada mes.

| AÑO | MES | CONSUMO Y DEMANDA POR HORARIO | | | | | | CONSUMO TOTAL KWh | DEMANDA TOTAL KW | FACTOR DE POTENCIA % |
|--------------|------------|-------------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|
| | | BASE | | INTERMEDIA | | PUNTA | | | | |
| | | CONSUMO KWh | DEMANDA KW | CONSUMO KWh | DEMANDA KW | CONSUMO KWh | DEMANDA KW | | | |
| 2018 | ENERO | 17,701 | 232 | 40,345 | 247 | 7,723 | 235 | 65,769 | 714 | 99.55 |
| | FEBRERO | 6,397 | 181 | 16,531 | 198 | 3,389 | 187 | 26,317 | 566 | 99.98 |
| | MARZO | 30,125 | 247 | 63,656 | 250 | 15,213 | 236 | 108,994 | 733 | 98.24 |
| | ABRIL | 10,857 | 181 | 22,309 | 191 | 1,609 | 147 | 34,775 | 519 | 99.89 |
| | MAYO | 29,829 | 247 | 71,443 | 244 | 6,526 | 236 | 107,798 | 727 | 96.54 |
| | JUNIO | 21,206 | 245 | 39,295 | 245 | 3,530 | 234 | 64,031 | 724 | 98.11 |
| | JULIO | 19,669 | 238 | 55,941 | 239 | 4,985 | 238 | 80,595 | 715 | 97.25 |
| | AGOSTO | 33,828 | 251 | 68,081 | 246 | 6,850 | 238 | 108,759 | 735 | 96.33 |
| | SEPTIEMBRE | 11,299 | 212 | 27,833 | 212 | 1,588 | 95 | 40,720 | 519 | 99.37 |
| | OCTUBRE | 38,617 | 298 | 82,857 | 380 | 8,537 | 350 | 130,011 | 1,028 | 97.88 |
| | NOVIEMBRE | 5,916 | 128 | 11,392 | 143 | 1,799 | 57 | 19,107 | 328 | 99.98 |
| | DICIEMBRE | 26,325 | 237 | 54,992 | 238 | 10,739 | 229 | 92,056 | 704 | 97.65 |
| Total | | 251,769 | 2,697 | 554,675 | 2,833 | 72,488 | 2,482 | 878,932 | 8,012 | |

Tabla 8 Consumo y Demanda de energía por periodos, y FP del año 2018.

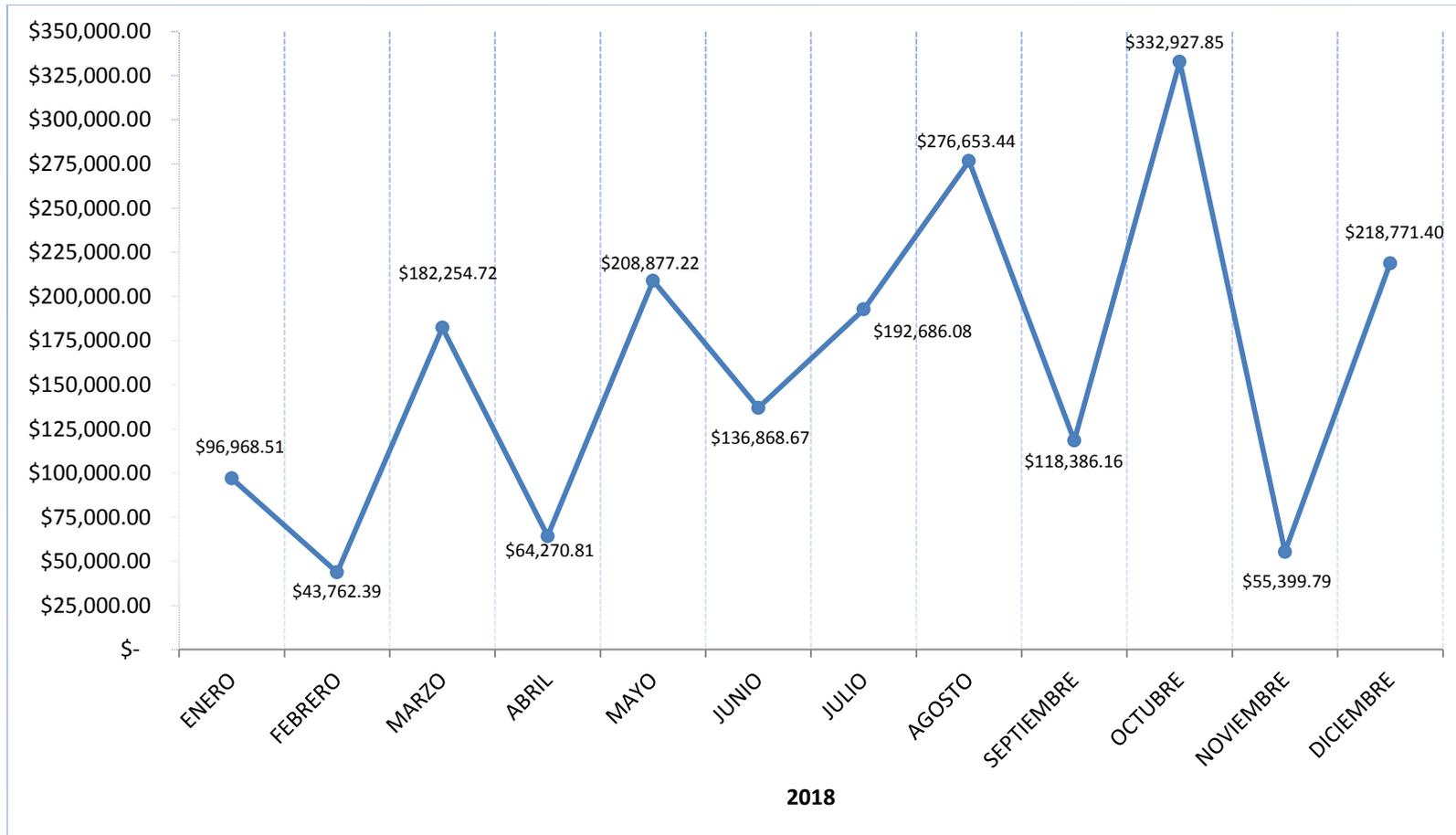
Como se muestra en la tabla el Factor de Potencia se encuentra por encima del 95% motivo por el cual la compañía suministradora no realiza ninguna penalización por bajo Factor de Potencia, esto se debe a que en las instalaciones se cuentan con bancos de capacitores.

Con los datos de la tabla anterior se tiene la gráfica de barras siguiente del comportamiento del consumo de energía en el año 2018.



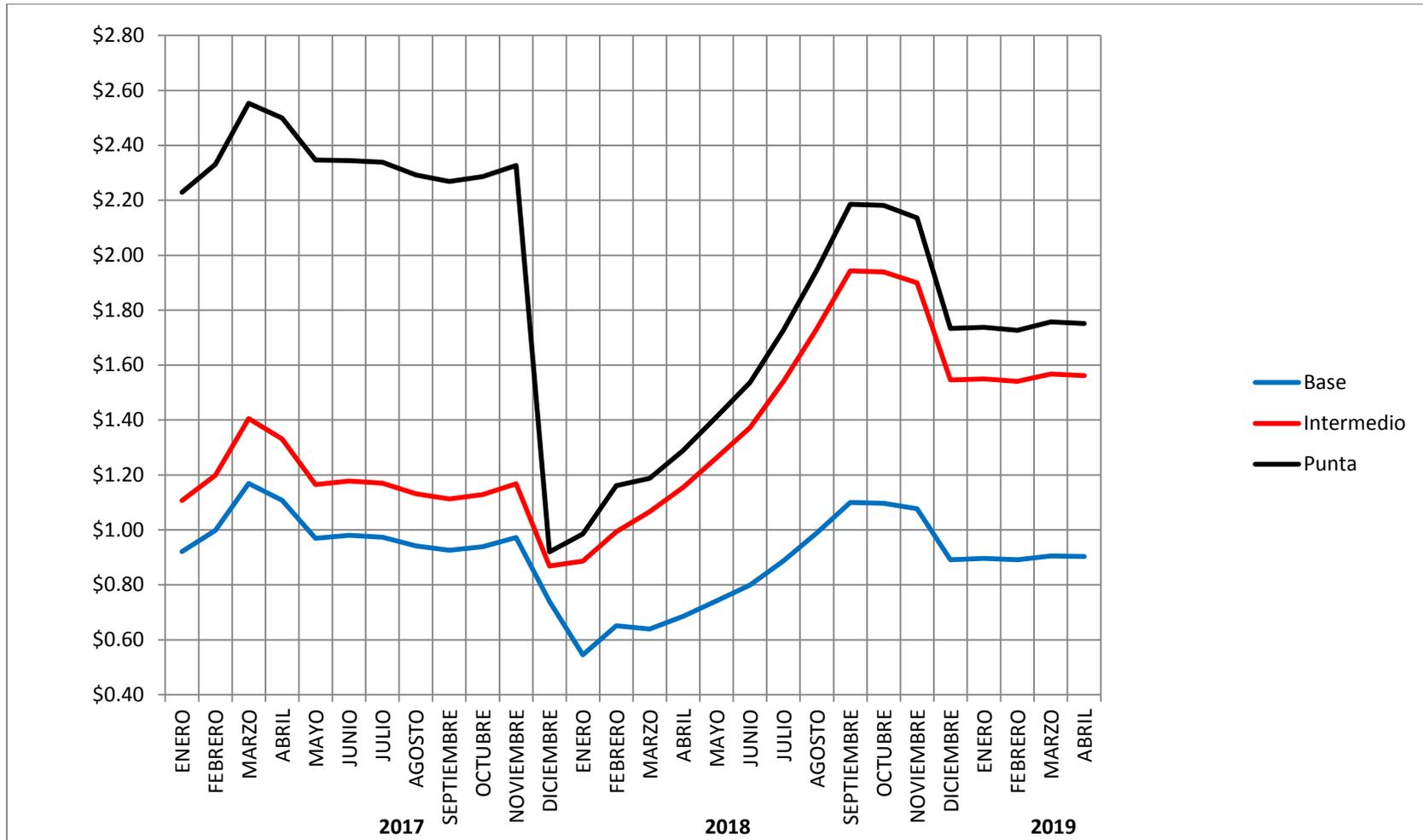
Gráfica 1 Consumo de energía durante el año 2018.

De acuerdo a los consumos de energía que se tienen en las instalaciones el costo de los pagos por éstos se presenta en la siguiente gráfica. Donde el consumo anual total del año 2018 fue de **878,932 kWh** y un costo total por consumo de **\$ 1,927,827.04 pesos**



Gráfica 2 Costo del consumo de energía del 2018

Además de tener en cuenta como se ha comportado el costo del kWh en cada horario al pasar de los últimos años se obtiene la siguiente grafica



Gráfica 3 Historial del costo del kWh por periodo

4.3.- Propuestas

4.3.1.- Implementación de variadores de frecuencia en los extractores del sistema de ventilación

De acuerdo a la carga instalada en la granja se cuenta que el 85% pertenece a los equipos de fuerza, motores eléctricos. Del número total de motores se tiene que el 61% pertenece a los motores del sistema de ventilación, donde se presenta el mayor consumo de energía de las instalaciones.

En el sistema de ventilación se cuenta con 11 extractores en cada caseta, en cada extractor se tiene un motor de 1.5 HP trifásicos. Éstos operan de acuerdo a la presión y temperatura que se tiene dentro de la caseta que es monitoreado por su sistema de control del equipo Chore Tronics, quien es el que se encarga de enviar la señal e indica que extractores entran en funcionamiento.

De acuerdo a los tiempos de operación de los extractores se tiene la siguiente tabla en consumos aproximados.

| SEMANA | CONSUMO DE ENERGIA DE EXTRACTORES (kWh) TRABAJANDO A SU VELOCIDAD NOMINAL |
|--------|---|
| SEM-0 | 92.02 |
| SEM-1 | 231.39 |
| SEM-2 | 489.30 |
| SEM-3 | 1,001.20 |
| SEM-4 | 1,966.50 |
| SEM-5 | 2,164.46 |
| SEM-6 | 2,490.89 |
| SEM-7 | 1,265.30 |

Tabla 9 Consumo de energía de los extractores trabajando al 100% de su velocidad nominal.

Teniendo un consumo total por parvada de 9,701.07 kWh.

Al ver los consumos de energía se opta por implementar variadores de frecuencia para sustituir el arranque directo de los motores, con dos objetivos principales:

1. Eliminar los picos de corriente
2. Variar la velocidad de extracción

Para eliminar el pico de corriente en el arranque directo el variador de frecuencia hace un control de arranque que consiste en variar la frecuencia y el voltaje hasta que la frecuencia alcanza su valor nominal.

Cuando se varía la velocidad de extracción se obtiene un ahorro energético de acuerdo a las leyes de la afinidad.

Dichas leyes de la afinidad de la variación de velocidad en cargas de torque variable establecen que el caudal de extracción se comporta de manera lineal con respecto a la variación de la velocidad, mientras que la potencia consumida se comporta de manera geoméricamente proporcional a la variación de la velocidad, es decir, al cubo.

$$Q = Q_0 * \left(\frac{\%n}{\%n_0} \right)$$

$$p = p_0 * \left(\frac{\%n}{\%n_0} \right)^2$$

$$P = P_0 * \left(\frac{\%n}{\%n_0} \right)^3$$

Donde:

Q Es el caudal

p Es la presión

P Es la potencia consumida

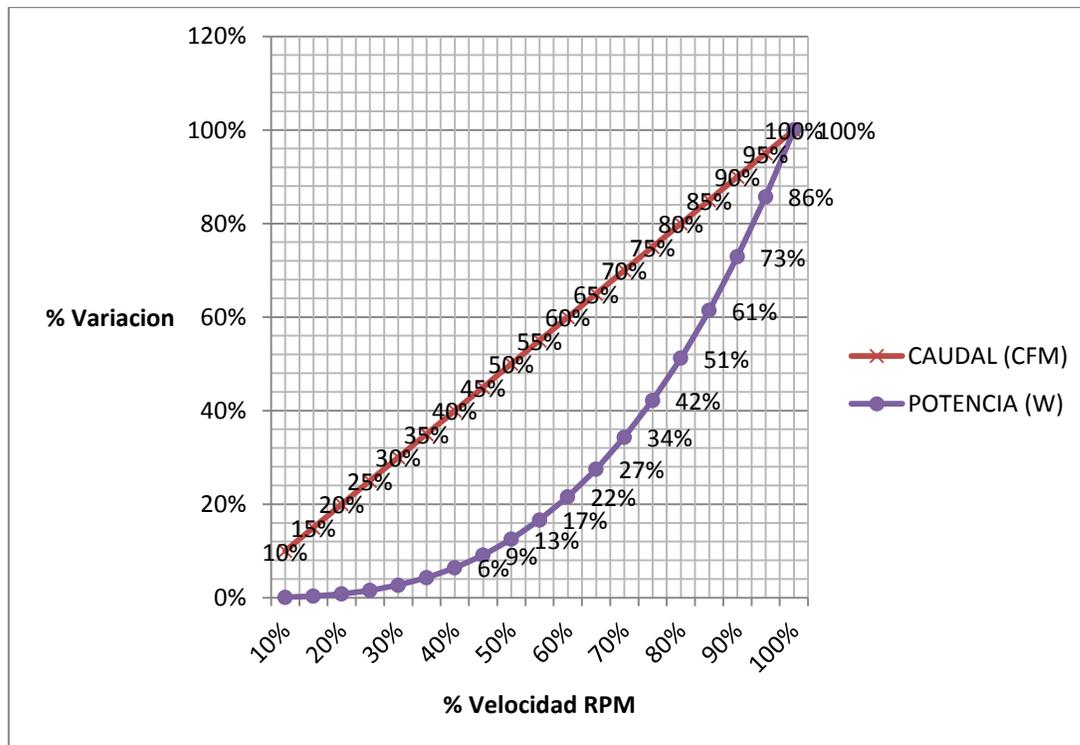
$\%n$ Es el porcentaje de velocidad nominal

El subíndice (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

Con los datos de la placa del motor de los extractores se tienen que éstos trabajan a una velocidad de 1,725 RPM extrayendo un caudal de 28,900 CFM y consumiendo una potencia de 1,119 W, trabajando al 100% de su velocidad.

| RPM | | CAUDAL (CFM) | | POTENCIA (W) | |
|----------|------|--------------|------|--------------|------|
| 172.50 | 10% | 2,890.00 | 10% | 1.10 | 0% |
| 258.75 | 15% | 4,335.00 | 15% | 3.80 | 0% |
| 345.00 | 20% | 5,780.00 | 20% | 9.0 | 1% |
| 431.25 | 25% | 7,225.00 | 25% | 17.50 | 2% |
| 517.50 | 30% | 8,670.00 | 30% | 30.20 | 3% |
| 603.75 | 35% | 10,115.00 | 35% | 48.00 | 4% |
| 690.00 | 40% | 11,560.00 | 40% | 71.60 | 6% |
| 776.25 | 45% | 13,005.00 | 45% | 102.00 | 9% |
| 862.50 | 50% | 14,450.00 | 50% | 139.90 | 13% |
| 948.75 | 55% | 15,895.00 | 55% | 186.20 | 17% |
| 1,035.00 | 60% | 17,340.00 | 60% | 241.70 | 22% |
| 1,121.25 | 65% | 18,785.00 | 65% | 307.30 | 27% |
| 1,207.50 | 70% | 20,230.00 | 70% | 383.80 | 34% |
| 1,293.75 | 75% | 21,675.00 | 75% | 472.10 | 42% |
| 1,380.00 | 80% | 23,120.00 | 80% | 572.90 | 51% |
| 1466.25 | 85% | 24,565.00 | 85% | 687.20 | 61% |
| 1552.05 | 90% | 26,010.00 | 90% | 815.80 | 73% |
| 1,638.75 | 95% | 27,455.00 | 95% | 959.40 | 86% |
| 1,725.00 | 100% | 28,900.00 | 100% | 1,119.00 | 100% |

Tabla 10 Extracción de Caudal y Consumo de Potencia al variar la velocidad de los extractores.



Gráfica 4 Comportamiento del Caudal y Potencia en la variación de la velocidad.

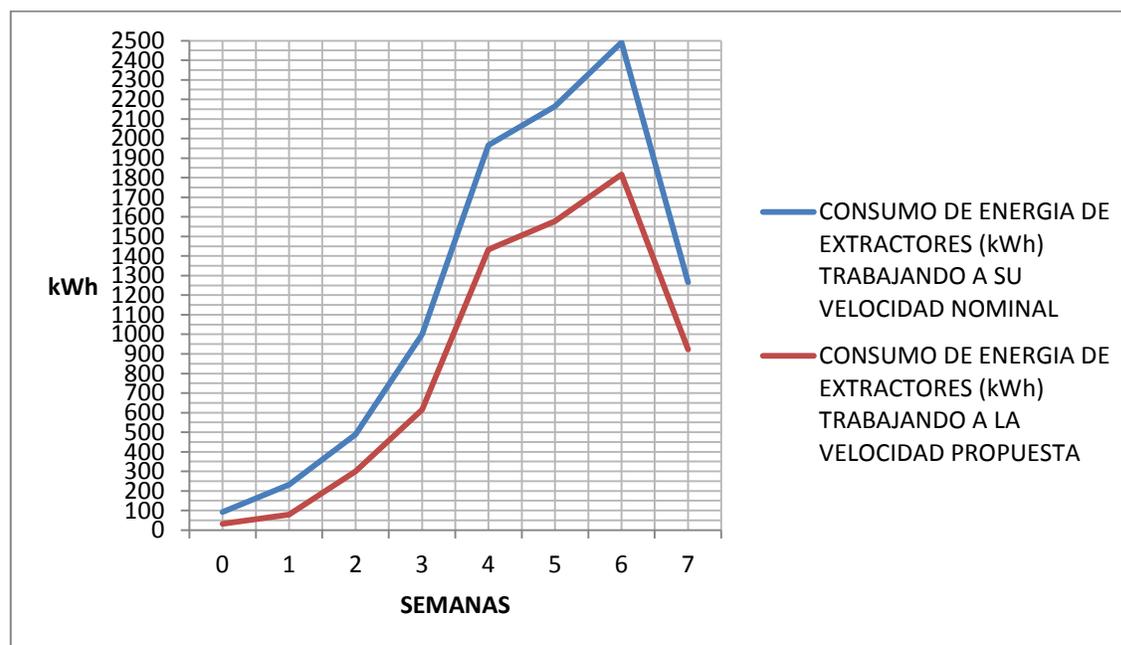
Con la tabla anterior del consumo medido se procede a calcular el ahorro de energía variando la velocidad de extracción de acuerdo a las semanas de operación, durante las semanas 0 y 1 se propone trabajar los extractores al 70%, durante las semanas 2 y 3 se propone trabajar los extractores al 85%, y en las últimas cuatro semanas se propone que los extractores trabajen al 90% de su velocidad nominal.

De esta manera la tabla de consumos quedaría de la siguiente manera.

| SEMANA | CONSUMO DE ENERGIA DE EXTRACTORES (kWh) TRABAJANDO A LA VELOCIDAD PROPUESTA |
|--------|---|
| SEM-0 | 31.56 |
| SEM-1 | 79.37 |
| SEM-2 | 300.49 |
| SEM-3 | 614.86 |
| SEM-4 | 1,433.58 |
| SEM-5 | 1,577.89 |
| SEM-6 | 1,815.86 |
| SEM-7 | 922.40 |

Tabla 11 Consumo de energía de los extractores trabajando en las semanas 0 y 1 al 70%, durante las semanas 3 y 4 al 85% y durante las últimas 4 semanas al 90% de su velocidad nominal.

Obteniendo así un consumo total de energía con variación de velocidad propuesta de 6,776.02 kWh.



Gráfica 5 Consumo de energía de extractores trabajando al 100% de su velocidad nominal VS trabajando al % de velocidad propuesta.

Una vez calculado el consumo de energía variando la velocidad de los extractores se espera un ahorro de energía semanal como se muestra en la siguiente tabla.

| SEMANA | AHORRO DE ENERGIA (kWh) |
|--------|-------------------------|
| SEM-0 | 60.46 |
| SEM-1 | 152.03 |
| SEM-2 | 188.81 |
| SEM-3 | 386.34 |
| SEM-4 | 532.92 |
| SEM-5 | 586.57 |
| SEM-6 | 675.03 |
| SEM-7 | 342.90 |

Tabla 12 Ahorro de energía operando a la velocidad propuesta.

Donde el ahorro de energía esperado es de 2,925.05 kWh por parvada.

Calculo del retorno de inversión.

- **Análisis del variador adecuado en el mercado**

De acuerdo a las especificaciones del motor se tienen las siguientes opciones de Variadores de Frecuencia

1. Marca EATON modelo MMX32AA7D0N0-0

Especificaciones: Variador de Frecuencia de 2 HP, Voltaje de alimentación y salida de 200-240 V, Trifásico, Frecuencia de alimentación 50/60 Hz, Rango de frecuencias de salida 0 a 320 Hz.

Tiempo de entrega: 6-7 Semanas

Costo: \$4,799.00 pesos

2. Marca SCHNEIDER ELECTRIC modelo ATV12HU15M3

Especificaciones: Variador de Frecuencia de 2 HP, Voltaje de alimentación y salida de 200-240 V, Trifásico, Frecuencia de alimentación de 50/60 Hz, Rango de frecuencias de salida 0.5 a 400 Hz.

Tiempo de entrega: 4-7 Semanas

Costo: \$4,069.44 pesos

3. Marca ABB modelo ACS150-03E-07A5-2

Especificaciones: Variador de Frecuencia de 1.5 kW, Voltaje de alimentación de 200-240 V, Trifásico, Frecuencia de alimentación 50/60 Hz, Rango de frecuencia de salida 0 a 500 Hz.

Tiempo de entrega: 4-6 semanas

Costo: \$6,594.00 pesos

El Variador de frecuencia que se elige para utilizar es el Altivar de Marca SCHNEIDER ELECTRIC Modelo ATV12HU15M3 trifásico de 2 HP para motores asíncronos, ya que es el que tiene mejor precio, el tiempo de entrega es más rápido que los otros, además que sus rangos de frecuencias de salida es de 0.5 a 400 Hz (aunque el modelo de la marca ABB sea de rango de frecuencia de salida de 0 a 500 Hz, su precio está elevando en comparación con el de la marca SCHNEIDER ELECTRIC) dando una mejor opción de la variación de frecuencia y variación de la velocidad para las aplicaciones requeridas.



Figura 52 Variador de Frecuencia Altivar ATV12HU15M3

| INVERSION | | | |
|------------------------|----------|------------|--------------------|
| EQUIPO | CANTIDAD | PRECIO | SUBTOTAL |
| Variador de Frecuencia | 11 | \$4,069.44 | \$44,763.84 |
| TOTAL | | | \$44,763.84 |

Tabla 13 Calculo de inversión.

Teniendo en cuenta que el ahorro de energía esperado por parvada es de 2,925.05 kWh y como costo promedio de kWh en \$1.41 pesos, el ahorro esperado en pesos es de \$4,124.32 pesos.

Así el retorno de inversión queda de la siguiente manera

| | | |
|----------------|--------------|-------------------|
| INVERSION | \$44,763.84 | |
| AHORRO | \$4,124.32 | EN 2 MESES |
| RETORNO | 21.71 | MESES |
| | 1.81 | AÑOS |

Tabla 14 Calculo de retorno de inversión.

Por lo tanto la recuperación de la inversión realizada es de aproximadamente 1.8 años.

Ventajas del uso de variadores de frecuencia

- Ahorro en el consumo de energía eléctrica
- Reduce la demanda de corriente eléctrica en el arranque al eliminar los picos de arranque.
- Alarga la vida útil del motor
- El arranque y parada suave reduce del desgaste del motor
- Mayor protección para el motor

Descripción del panel

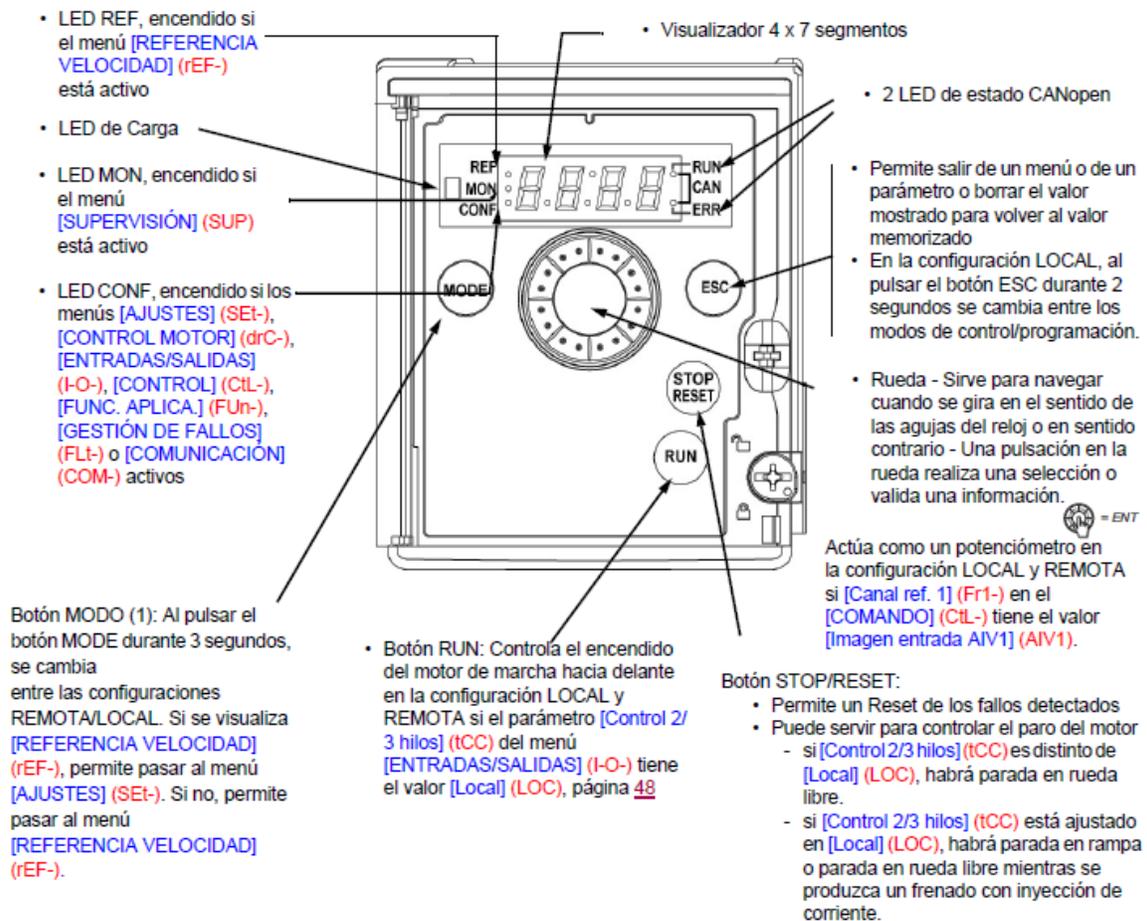


Figura 53 Funciones de pantalla y teclas del panel.

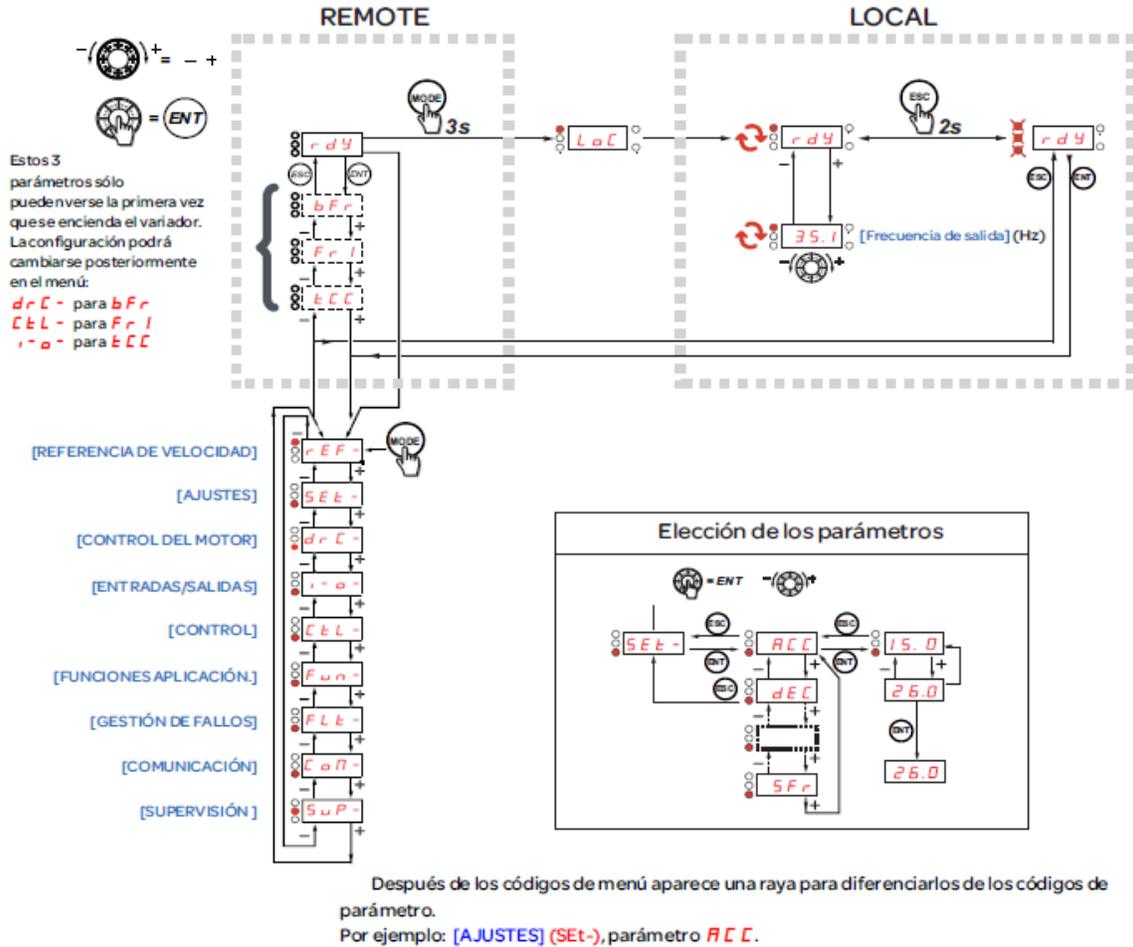


Figura 54 Estructura de los menús del variador de frecuencia.

Programación del variador de frecuencia

| Marca | Marathon Electric | |
|------------|-------------------|-----|
| Potencia | 1.5 | HP |
| Frecuencia | 60 | Hz |
| Voltaje | 200-230/380-460 | V |
| Velocidad | 1725 | RPM |
| # de Fases | 3 | |
| SFA | 5.9-5.5/2.9 | A |
| FP | - | |
| FR | 56 | |
| Temp. Amb. | 40 | °C |
| Clase | B | |

Tabla 15 Especificaciones del motor de cada extractor.

Una vez conocidas las características de la placa de datos del motor se procede a realizar la programación.

1. Asignar ajustes de fábrica al variador.

- Retorno al ajuste de fábrica/recuperación de la configuración.

`[onF > FuLL > dr[- > FCS > In I`

2. Configurar tipo de control.

`[onF > FuLL > I-0- > tCC > 2C`

3. Configurar parámetros del motor.

- Frecuencia estandar del motor.

`[onF > FuLL > dr[- > bFr > 60`

- Potencia nominal del motor.

`[onF > FuLL > dr[- > nPr > 1.5`

- Tensión nominal del motor.

`[onF > FuLL > dr[- > UnS > 220`

- Intensidad nominal del motor.

`[onF > FuLL > dr[- > nCr > 5.7`

- Frecuencia nominal del motor.

`[onF > FuLL > dr[- > FrS > 60`

- Velocidad nominal del motor.

`[onF > FuLL > dr[- > nSP > 1725`

- Tipo de control del motor.

`[onF > FuLL > dr[- > Ctt > PUNP`

- Autoajuste.

`[onF > FuLL > dr[- > tUn > YES`

4. Configurar menu control.

- Canal de referencia 1.

`[onF > FuLL > Ctl- > Fr I > A I I`

5. Configurar menú protección térmica del motor.

`[onF > FuLL > Flt- > tth > Ith > 5.7`

6. Configurar menú función.

- Rampa aceleración.

`[onF > FuLL > Fun- > rPt > ACC > 3`

- Rampa deceleración.

$CONF > FULL > FUN > rPt > dEC > 3$

- Velocidad mínima.

$CONF > FULL > FUN > SPL > LSP > 0$

- Velocidad máxima

$CONF > FULL > FUN > SPL > HSP > 60$

7. Ajuste de 4 velocidades preseleccionadas (comun negativo).

- Ajuste de la velocidad preseleccionada 1.

Por default esta velocidad es la indicación de marcha adelante igual a bFr y $Fr5$, 60 Hz.

- Ajuste de la velocidad preseleccionada 2 a 42 Hz.

$CONF > FULL > FUN > P55 > P52 > L24$

$CONF > FULL > FUN > P55 > SP2 > 42$

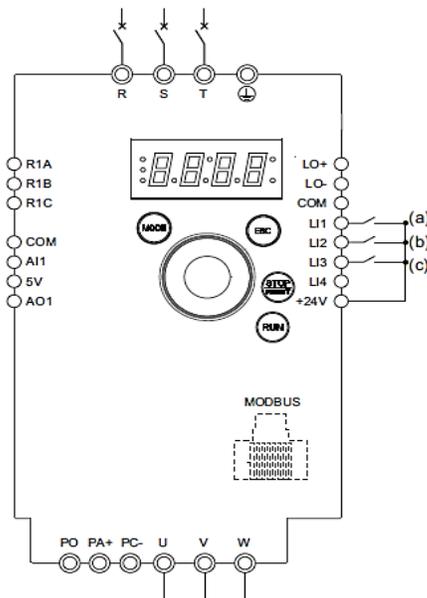
- Ajuste de la velocidad preseleccionada 3 a 51 Hz.

$CONF > FULL > FUN > P55 > P54 > L34$

$CONF > FULL > FUN > P55 > SP3 > 51$

- Ajuste de la velocidad preseleccionada 4 a 54 Hz.

$CONF > FULL > FUN > P55 > SP4 > 54$



- (a): Marcha adelante
- (b): 2 vel. preselec.
- (c): 4 vel. preselec.

Figura 55 Conexión de velocidades preseleccionadas.

| 8 velocidades LI (PS8) | 4 velocidades LI (PS4) | 2 velocidades LI (PS2) | Referencia velocidad |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| 0 | 0 | 0 | Referencia |
| 0 | 0 | 1 | SP2 |
| 0 | 1 | 0 | SP3 |
| 0 | 1 | 1 | SP4 |
| 1 | 0 | 0 | SP5 |
| 1 | 0 | 1 | SP6 |
| 1 | 1 | 0 | SP7 |
| 1 | 1 | 1 | SP8 |

Figura 56 Tabla de combinación para las entradas de velocidades preseleccionadas.

Diagrama de conexiones

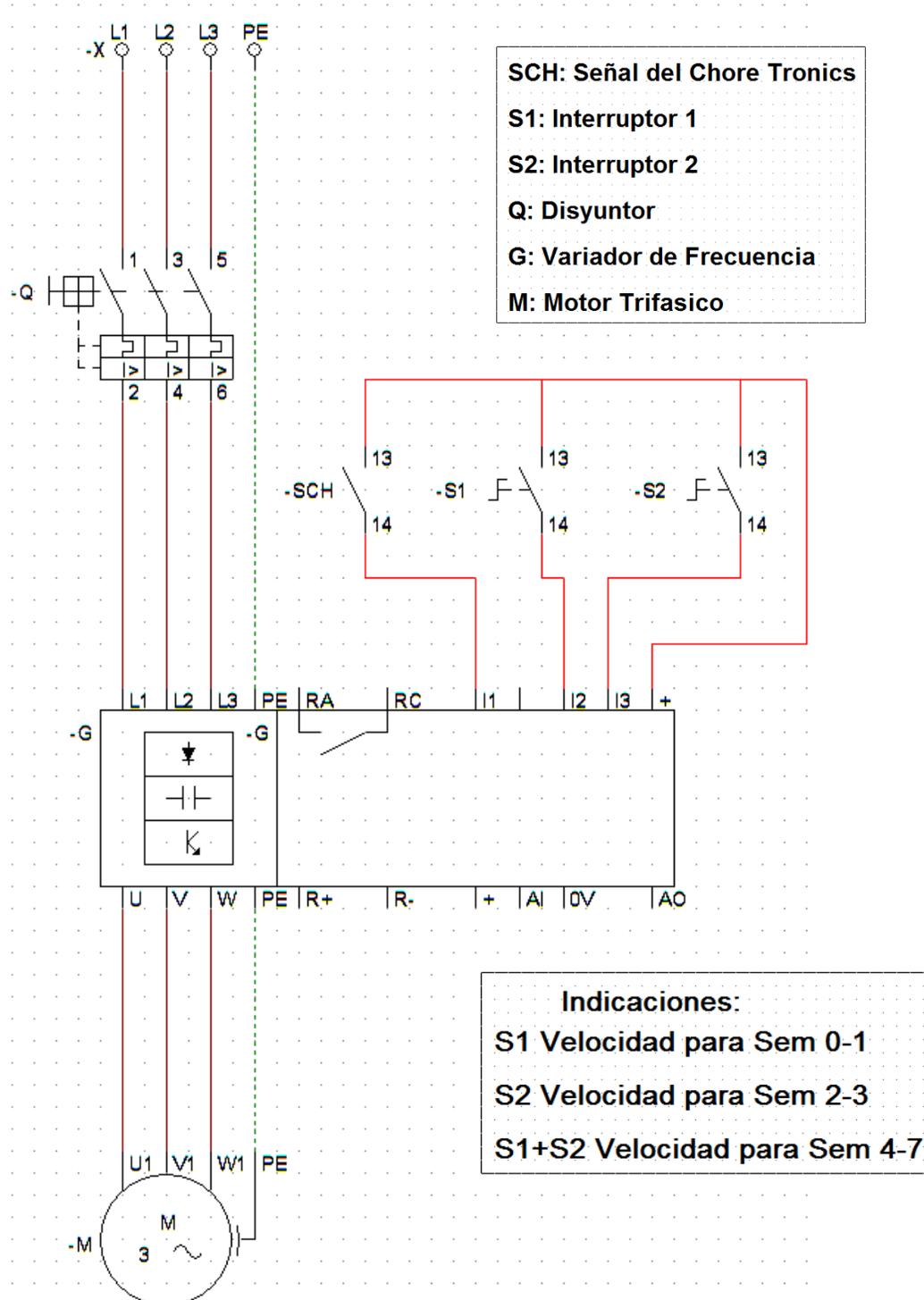


Figura 57 Diagrama de Conexiones del Motor con Variador de Frecuencia.

4.3.2.- Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red

Con el propósito de ahorro de energía se plantea instalar un sistema fotovoltaico interconectado a la red, pretendiendo implementar el autoabastecimiento de energía eléctrica para no ser tan dependiente de la red eléctrica, reduciendo así costos en la facturación de energía.

Contando con área en el techado de las casetas de aproximadamente 1872 m², suficiente espacio para la instalación de los módulos.

En la siguiente imagen se puede observar el tipo de techo donde se instalarán los paneles solares, es a dos aguas con dirección sur-oeste.



Figura 58 Vista del SFIR propuesto en la granja.

La zona marcada muestra el sitio donde se colocarán los paneles. Se eligen esas casetas por el motivo de que se encuentran más cercano a los interruptores principales y a las subestaciones.

Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

- Radiación incidente en la zona de instalación:**

La siguiente tabla muestra la irradiación solar en kWh/m² al día en cada uno de los meses en algunas ciudades del estado de Chiapas.

| Estado | Ciudad | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Agos | Sept | Oct | Nov | Dic | Min | Max | Medida |
|--------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| Chis | Arriaga | 5.1 | 5.4 | 5.5 | 5.9 | 5.6 | 5.2 | 5.9 | 5.5 | 5.1 | 5.3 | 5.1 | 4.7 | 4.7 | 5.9 | 5.4 |
| Chis | Juan Aldama | 4.4 | 5.1 | 4.9 | 4.5 | 4.5 | 4.1 | 4.4 | 4.5 | 4.1 | 4.3 | 4.4 | 4.2 | 4.1 | 5.1 | 4.5 |
| Chis | San Cristobal | 4 | 4.3 | 4.5 | 4.5 | 4.8 | 4.7 | 5.4 | 5.3 | 4.6 | 4.2 | 3.9 | 3.7 | 3.7 | 5.4 | 4.5 |
| Chis | Tapachula | 5.4 | 4.9 | 4.8 | 4.6 | 4.7 | 4.7 | 5.2 | 5.1 | 4.6 | 4.1 | 4.3 | 4.1 | 4.1 | 5.4 | 4.7 |
| Chis | Tuxtla Gutierrez | 3.8 | 4.4 | 4.6 | 4.8 | 5.3 | 5.1 | 5.4 | 5.3 | 4.9 | 4.4 | 4.1 | 3.7 | 3.7 | 5.4 | 4.7 |

Tabla 16 Irradiación solar en kWh/m² - día en algunas ciudades de Chiapas.

Por lo tanto la irradiación incidente promedio en la zona de instalación se encuentra entre los 4.5 kWh/m² al día de generación por energía fotovoltaica.

- Determinación de la demanda energética:**

En la siguiente tabla se presenta el historial del consumo de energía eléctrica en el 2018.

| Consumo de Energía de la Granja | | | | |
|---------------------------------|------|------------------|------------|----------------|
| Enero | 2018 | 65,769 | kWh | |
| Febrero | 2018 | 26,317 | kWh | |
| Marzo | 2018 | 108,994 | kWh | |
| Abril | 2018 | 34,775 | kWh | |
| Mayo | 2018 | 107,798 | kWh | |
| Junio | 2018 | 64,031 | kWh | |
| Julio | 2018 | 80,595 | kWh | |
| Agosto | 2018 | 108,759 | kWh | |
| Septiembre | 2018 | 40,720 | kWh | |
| Octubre | 2018 | 130,011 | kWh | |
| Noviembre | 2018 | 19,107 | kWh | |
| Diciembre | 2018 | 92,056 | kWh | |
| Total | | 878,932 | kWh | Anual |
| Promedio mensual | | 73,244.33 | kWh | Mensual |
| Promedio diario | | 2,441.48 | kWh | Diario |

Tabla 17 Historial de consumo de energía en el 2018

De acuerdo al historial de consumo de energía se tiene que en promedio diario de consumo es de 2,441.48 kWh.

- **Dimensionamiento del sistema:**

Tomando en cuenta el consumo promedio de energía se puede calcular el número de paneles solares a instalar.

Los paneles tipo policristalino marca C-SUN generan 330 W.

| | | |
|-------------------------------------|-----------------|----------|
| Consumo Promedio Diario | 2,441.48 | kWh |
| Irradiancia Promedio Diario | 4.5 | kWh/día |
| Potencia del Panel | 330 | W |
| Número de paneles a instalar | 1,644.10 | U |

Tabla 18 Cálculo de número de paneles a instalar de acuerdo al consumo promedio diario de energía.

Con los cálculos realizados de acuerdo al consumo promedio de energía se calcula un total de 1,644 módulos fotovoltaicos para cumplir con la demanda diaria.

Según las normas referentes a instalación de paneles fotovoltaicos (Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad Menor a 0.5 MW, 2016) indican que la instalación de paneles fotovoltaicos no debe ser igual o mayor a 500 kW instalados. Y con ese número de paneles se tiene un total de 542.5 kW por lo tanto se tiene que reducir el número de paneles a instalar.

Con un número de 1,320 paneles el total de potencia a instalar son 435.6 kW.

- **Dimensionamiento de los inversores:**

En la gama de inversores solares de la marca ABB se encuentran unos del tipo cadena modelo TRIO-TM-60.0-480 para aplicaciones de sistemas interconectados de 60 kW de 440 Vca.

De acuerdo a la carga instalada se utilizarán 6 inversores solares de 60 kW.

Se plantea instalar 66 series de paneles integrados por 20 módulos fotovoltaicos dando un total de 1,320 paneles fotovoltaicos. 6 inversores soportan la cantidad de 220 módulos, en si incluirán 11 series de paneles.



Figura 59 Vista del SFIR en una sección de la granja.

Como los inversores son a 440 Vca se tendrán que instalar 3 transformadores tipo seco de la capacidad de 150 kVA (misma capacidad que las subestaciones) con voltajes de operación de 440/220 Vca esto con la finalidad de reducir el voltaje que suministran los inversores solares.

Por lo tanto se tendría que construir unos cuartos donde se instalaran los inversores, las protecciones correspondientes y los transformadores tipo seco. Éstas plantean construir cerca del cuarto de la planta de emergencia y la subestación.

Capacidad de generación:

| | | | |
|------------------------|--------|---------|-----------------|
| Irradiancia promedio | 4.5 | kWh/día | |
| Potencia del panel | 330 | W | |
| Total de paneles | 1,320 | U | |
| Potencia de generación | 1,960 | kWh | al día promedio |
| Potencia de generación | 58,806 | kWh | al mes promedio |

Tabla 19 Capacidad de generación del SFIR.

Importes de la generación de energía con la planta solar

| | |
|--|----------------|
| Generación de planta solar por día (kWh) | 1,960 |
| Costo del kWh promedio | \$2.81 |
| Importe por generación al día | \$5,508.16 |
| Importe por generación al mes | \$165,244.25 |
| Importe por generación al año | \$1,982,938.32 |

Tabla 20 Importes de generación del SFIR.

Inversión

De acuerdo a la cotización realizada con la empresa CEYSI S.A de C.V es de \$10,367,000.00 que incluye lo siguiente:

| Cantidad | Unidad | Marca | Modelo | Descripción |
|----------|--------|--------------|-------------------|--|
| 1,320 | PZA | C-SUN | S72-PC330 | Panel 330 W, Policristalino, Sello FIDE, 25 años de garantía en desempeño. |
| 1 | LOTE | | | Estructura de aluminio anodizado, para montar sobre estructura metálica con inclinación. |
| 1 | LOTE | | | Elementos de fijación (tornillería, cinchos, tacones) |
| 75 | JGO | | | Conector MC4 |
| 12,000 | m | SOUTHWIRE | | Cable fotovoltaico, cal. 10 AWG, 2000 Vcd |
| 350 | m | | | Cable cal. 4 AWG desnudo, tierra física para los paneles. |
| 350 | m | | | Canalización tubo conduit galvanizado pared gruesa 2" más licuatite: paneles-inversor. |
| 75 | KIT | | | Conexión tierra física: serie panel- cable troncal |
| 6 | LOTE | TOTAL GROUND | TG45AB | Sistema de tierra física |
| 6 | PZA | ABB | TRIO-60.0-TL-OUTD | Inversor solar 60 kVA más protecciones eléctricas en cd y ca más DATA LOGGER con soporte hasta 10 inversores y estación meteorológica. |
| 4 | LOTE | | | Caseta para resguardo de inversor, ITMs y Transformador seco. |
| 1 | PZA | ABB | VSN800-14 | Estación meteorológica con sistema avanzado de sensores. |
| 6 | PZA | ABB | SRN4315067307K | ITM en gabinete metálico- XT1C 100 Amp. 3P, Zapatas (1x50 mm ²) |
| 6 | PZA | ABB | SRN5320054437K | ITM en gabinete metálico- T5N 400 Amp. 3P, Zapatas (1x300 mm ²) |
| 4 | PZA | | | Transformador seco 480 / 220 Vca, 150 KVA |
| 70 | m | | | Canalización tubo conduit galvanizado pared gruesa 2" más PVC pesado 2" más licuatite: inversor-ITM- Transformador. |
| 210 | m | CONDUMEX | VINANEL XXI | Cable THWLS cal. 1/0 AWG 600 V |
| 420 | m | CONDUMEX | VINANEL XXI | Cable THWLS cal. 250 kcmil 600 V |

| | | | | |
|-----|------|--|--|--|
| 70 | m | | | Canalización tubo conduit galvanizado pared gruesa 4" más licuatite: Transformador-ITM-Transferencia |
| 140 | m | | | Cable cal. 4 AWG desnudo, tierra física para inversor |
| 1 | SERV | | | Instalación estructura más panel (de acuerdo al estándar de competencia EC 0586) |
| 7 | SERV | | | Instalación inversor y protecciones eléctricas (de acuerdo al estándar de competencia EC 0586) |
| 1 | SERV | | | Inspección externa, por contrato de media tensión más medidor bidireccional GDMTH |
| 1 | SERV | | | Gestión de interconexión en contrato de mediana tensión y seguimiento durante 2 bimestres. |

Tabla 21 Tabla de materiales y cotización del SFIR.

Retorno de inversión

| | | |
|-------------------------------|-----------------|------|
| Inversión | \$10,367,000.00 | |
| Importe por generación al año | \$1,982,938.32 | |
| Retorno de inversión | 5.2 | Años |

Tabla 22 Retorno de inversión del SFIR.

Diagrama unifilar

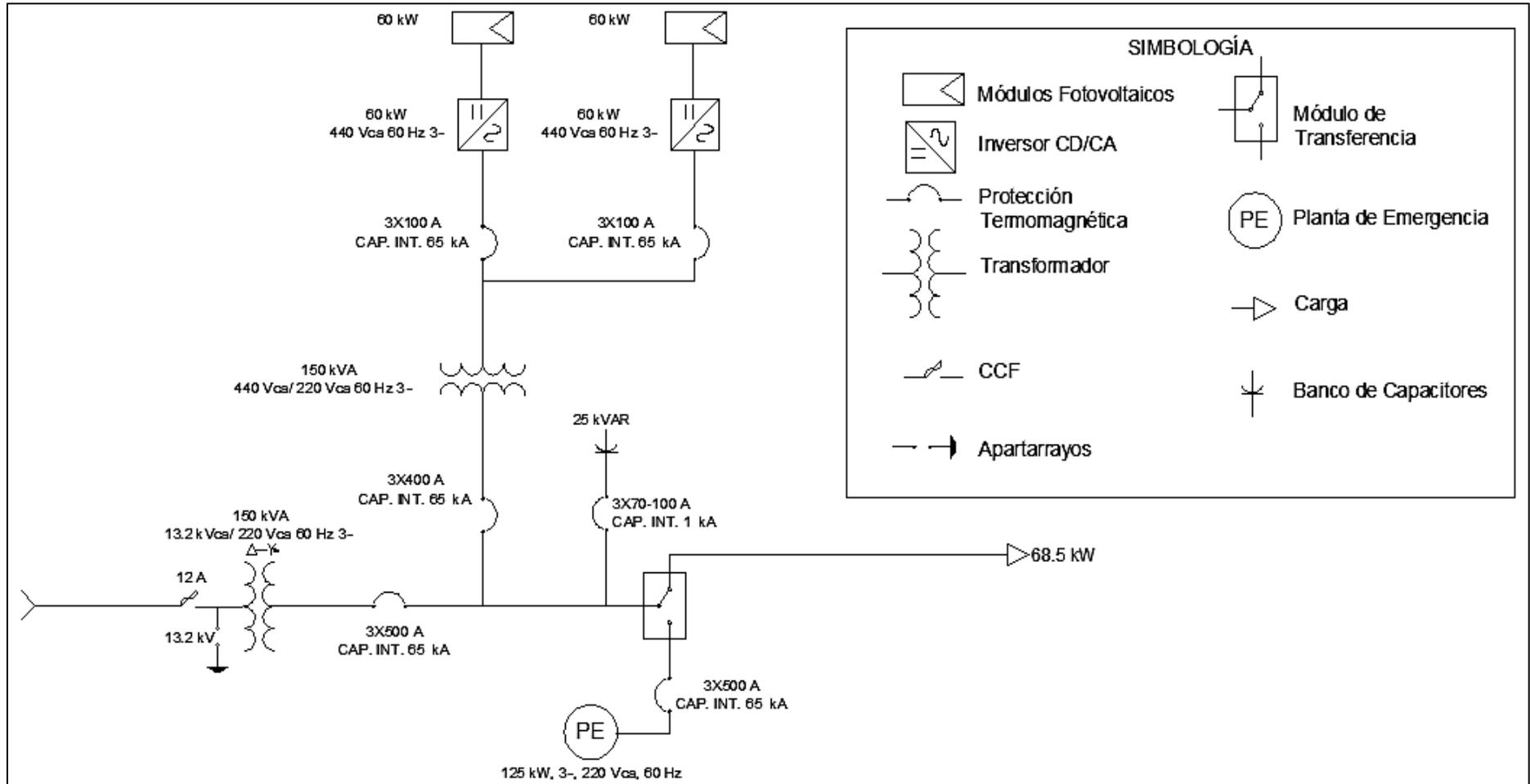


Figura 60 Diagrama unifilar con SFIR.

4.3.3.- Propuestas sin inversión.

- **Limpieza de filtros del sistema de bombeo de las paredes húmedas.**

Los filtros tienen un papel importante al momento de ejecutar su operación de filtrar el agua de ciertas partículas.

Al presentarse filtros sucios estos no permiten que el agua fluya por las tuberías hasta el motor provocando que se tenga un mayor esfuerzo.

Cuando el motor presenta un mayor esfuerzo consume más corriente lo que conlleva a un mayor consumo de energía, y si sigue consumiendo cada vez más corriente provoca que la protección opere, si el motor no llegara a tener protecciones se quemaría.

- **Revisión de empalmes y conexiones.**

- Los empalmes y conexiones *sulfatadas* traen consigo un consumo excesivo de corriente, este detalle se encuentra en aquellos donde se unen cables de cobre con aluminio. El problema que se presenta es que el voltaje se disminuye pero la corriente aumenta, de acuerdo a la Ley de Watt. Es por eso que se tiene que realizar la limpieza de estas conexiones y empalmes cuando se presenten sulfatadas.

- Los empalmes y conexiones *flojas* también suelen traer un consumo excesivo de corriente, esto sucede porque parte de la corriente se gasta calentando el conductor, además de que los equipos puedan no encender totalmente.

- **Revisión de las condiciones del cableado eléctrico.**

Las condiciones del cableado eléctrico son parte esencial para alimentar las cargas que se encuentran en las instalaciones, los cables eléctricos están compuestos por conductores que transportan la corriente eléctrica y un aislante que es el que aísla de contactos externos.

El cableado eléctrico suele verse afectado ya sea por roedores o alguna otra situación donde se pone en riesgo la integridad de éstos, pero trae consigo otros detalles como son:

- Que exista un mayor consumo de corriente provocando que las protecciones operen de manera continua, y con esto que los equipos tengan apagados repentinos.
- Que los equipos eléctricos sufran descomposturas por tantos apagones.
- Que se generen cortocircuitos e incluso incendios por éste motivo.

Es por eso que ya conociendo algunas de estas consecuencias se plantea la revisión

del cableado eléctrico.

- **Revisión de las condiciones de las aspas de los extractores.**

La revisión de las aspas se realiza con la finalidad de verificar las condiciones de ésta, si se encuentran balanceadas, ya que al no estar enderezadas pierden su balance original de fábrica y esto trae consigo un consumo de corriente elevado.

El extractor trabajando con aspas balanceadas tiene un consumo de corriente de 3 A, pero cuando se tienen aspas balanceadas el consumo de energía suele aumentarse más del doble, a 8 A.

En estos casos se aconseja hacer el cambio de aspas, ya que si se trata de enderezar no se podrá de tal manera que como venía de fábrica.



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

CAPITULO V RESULTADOS.

Los resultados son efectivos en el diseño de las propuestas de ahorro de energía eléctrica en la granja El Manantial.

En base a los cálculos obtenidos por la implementación de los Variadores de Frecuencia en los extractores del sistema de ventilación se cuenta con un ahorro esperado por parvada (2 meses) de 2,925.05 kWh, lo que anualmente son 14,625.25 kWh ahorrados solo en una caseta. Ahora que si se implementa el mismo sistema el total de ahorro de energía de la granja anualmente es de 234,004.00 kWh y tomando en cuenta que en promedio el kWh está en \$1.41 pesos, este ahorro de energía se convierte en \$329,945.64 pesos ahorrados anualmente en la granja con la propuesta. Cabe destacar que el retorno de inversión por la instalación de los variadores de frecuencia es de 1.81 años, tiempo muy favorable para la recuperación del monto brindado para esta propuesta.

En cuanto al planteamiento del SFIR se queda en espera de la aprobación de su instalación pues es una suma fuerte de inversión. Por el momento se dejan los datos de dimensionamiento e instalación propuestos que es un total de potencia instalada de 435.6 kW con una capacidad de generación mensual de energía eléctrica es de 58,806 kWh promedio, y además que la duración de vida de los módulos fotovoltaicos están en promedio de los 25 años, y el retorno de la inversión es de 5 años, por lo tanto su autoabastecimiento de energía eléctrica es por aproximadamente 20 años.

Tomando en cuenta que la capacidad de generación del SFIR es de 705,672 kWh, anuales menos el ahorro anual por el uso de variadores de frecuencia que brinda aún más oportunidades para que la generación vs consumo de energía tenga mejores resultados. En pocas palabras por aproximadamente 20 años serán autosuficientes para el abastecimiento de energía eléctrica, con el beneficio de tener un sistema interconectado a la red.

Todo esto sumado con las propuestas de ahorro de energía sin inversión, donde se prioriza en la importancia del mantenimiento y el cuidado de la energía eléctrica, brinda mayores oportunidades para que el costo de la facturación de la energía eléctrica disminuya.

El proyecto es muy favorable ya que se cumple con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica y de igual forma la reducción del costo de la facturación.



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este trabajo se aplicó un diagnóstico energético a una granja de pollo engorda de Grupo Pecuario San Antonio, para reducir los costos de facturación de energía eléctrica tomando en cuenta el proceso que se realiza y sin afectarlo.

La determinación de las propuestas de ahorro de energía fue mediante el análisis de la facturación y así como también de las visitas realizadas a las instalaciones donde permitió saber cuáles son los principales sectores de uso significativo de la energía eléctrica y las diferentes oportunidades de ahorro.

Dentro de las oportunidades de ahorro se determinó que una de estas es la implementación de variadores de frecuencia en los extractores del sistema de ventilación de las casetas ya que es una de las partes esenciales de las instalaciones pues representa el 72% de la carga instalada. Se procuró cuidar el proceso y obtener un ahorro de energía variando la frecuencia de los motores de los extractores. Los resultados fueron de manera muy favorable.

Otra propuesta de ahorro de energía fue la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red, aprovechando el espacio de techados disponibles y así como también las instalaciones se dejó el dimensionamiento y cálculo de inversión para cuando se decida la realización, además que con esta propuesta generan parte de la energía que consumen en promedio y apoyan al cuidado del medio ambiente.

También se plantearon medidas o propuestas de ahorro donde no se necesita de alguna inversión, como son la limpieza de conexión y empalmes, reapriete de terminales, limpieza de filtros, verificación de las condiciones del cableado y las aspas de los extractores; todo esto con el fin de no tener consumos de corriente y energía indeseados, en pocas palabras estas medidas se aterrizan en el mantenimiento preventivo, pues como su nombre lo menciona se necesita prevenir estas situaciones.

Con este proyecto de diagnóstico energético se toma conciencia de la importancia que se tiene actualmente en el ahorro de energía buscando y planteando propuestas que tengan inversión así como de las que no, tomando una idealización de que el ahorro de energía lo hacen todos los involucrados en las instalaciones y es responsabilidad de todos.

Así mismo se considera que este trabajo puede brindar las bases y adaptarse a las necesidades de cualquier otra granja de la empresa cumpliendo con el objetivo propuesto al inicio del proyecto.



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

BIBLIOGRAFÍA

- (2012). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*.
- (2016). *Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad Menor a 0.5 MW*.
- Anexo Único del Acuerdo Núm. A/064/2018. (2018). *Metodología para determinar el cálculo y ajuste de las tarifas finales del suministro básico*. México.
- Bolaños López, C. A., & Portilla Estevez, A. J. (2002). *Arrancador Suave para motores trifásicos de inducción*. Proyecto previo a la obtención de Título de Ingeniero en Electrónica y Control, Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería, Quito.
- Carrillo Romero, J. A., & Rojas Boyacá, J. A. (2012). *El variador de velocidad como método de arranque ideal para motores eléctricos de inducción*. Artículo Técnico, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia., Grupo de Investigación DSP, Colombia.
- CONUEE. (2013). *Guía para elaborar un diagnóstico energético en inmuebles*. Mexico: Secretaria de Energia.
- Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas (DCEF) de la Universidad Centroamericana Jose Simeón. (2012). *Manual de Eficiencia Energética Residencial y Comercial*. La Libertad, El Salvador: UCA.
- Fundación Red de Energía - BUN-CA. (2011). *Manual técnico: Motores eléctricos [en línea]*. San Jose, Costa Rica: Diseño Editorial S.A.
- Guerra (Cargill), D. (s.f.). *Los fundamentos de ventilación en casetas avícolas*. Cargill Animal Nutrition. University of Auburn.
- Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: ISBN.
- Marimón, V., & Morell Fernandez, A. (2014). *Guía de Apoyo al Desarrollo de Diagnósticos Energéticos para Instituciones de Educación Superior (IES)*. Chile: AChEE.
- Salvador Escoda S.A. (s.f.). *Manual práctico de ventilación. Catálogo técnico*. (2a ed.). Barcelona: SP.
- Schneider Electric. (2016). *Guía de programación. Altivar 312. Variadores de velocidad*



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

para motores asincronos. www.schneider-electric.com.

Schneider Electric España. (2008). *Manual electrotécnico. Telesquemario. Tecnologías de control industrial.* (S. Electric, Ed.) España.

Schneider Electric. (2013). *Manual de usuario. Altivar 12. Variadores de velocidad para motores asíncronos.* www.schneider-electric.com.

Schneider Electric. (2014). *Instrucciones de instalación iEM3355.* www.schneider-electric.com.

Schneider Electric. (2014). *Manual de usuario. Contadores de Energia Serie iEM3100 / iEM3200 / iEM3300.* www.schneider-electric.com.

Smartbitt Technologies. (2017). *Energía Solar, Radiación Solar.* Recuperado el 01 de Abril de 2019, de <http://energiasolar.smartbitt.com/radiacion-solar/>

Velazquez Moreno, K. (2016). *Presentación Diagnósticos Energéticos.* Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Ventura Moreno, F. (2016). *Determinación y análisis para la implementación de la propuesta de ahorro de la energía de la Universidad Tecnológica del Usumacinta.* Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

WEG. (2016). *Motores Eléctricos.* Jaraguá do Sul-Brasil: Grupo WEG.



contacto@ittg.edu.mx
Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,
Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

ANEXOS

Ficha técnica del Variador de Frecuencia Altivar ATV12HU15M3

Ficha técnica del producto Características

ATV12HU15M3

variable speed drive ATV12 - 1.5kW - 2hp -
200..240V - 3ph - with heat sink



Principal

| | |
|---------------------------------------|--|
| Gama de producto | Altivar 12 |
| Tipo de producto o componente | Variador de velocidad |
| Destino del produc | Motores asíncronos |
| Aplicación específica de producto | Máquina simple |
| Estilo de conjunto | Con disipación de calor |
| Nombre de componente | ATV12 |
| Cantidad por juego | Juego de 1 |
| Filtro CEM | Sin filtro CEM |
| Ventilador integrado | Con |
| Número de fases de la red | 3 fases |
| [Us] tensión de alimentación asignada | 200...240 V - 15...10 % |
| Potencia del motor en kW | 1.5 kW |
| Potencia del motor en HP | 2 hp |
| Protocolo del puerto de comunicación | Modbus |
| Corriente de línea | 11.1 A 200 V 9.3 A 240 V |
| Rango de velocidades | 1...20 |
| Sobrecarga transitoria | 150...170 % of nominal motor torque depending on drive rating and type of motor |
| Perfil de control de motor asíncrono | Relación de frecuencia/tensión cuadrática Control vector flujo sin detector Voltaje/Frecuencia ratio (V/f) |
| Grado de protección IP | IP20 without blanking plate on upper part |
| Nivel de ruido | 50 dB |

Complementario

| | |
|----------------------------|--|
| Frecuencia de alimentación | 50/60 Hz +/- 5 % |
| Tipo de conector | 1 RJ45 Modbus on front face |
| Interfaz física | 2-wire RS 485 Modbus |
| Marco de transmisión | RTU Modbus |
| Velocidad de transmisión | 4800 bit/s 9600 bit/s 19200 bit/s 38400 bit/s |

20/02/2019

Life is On Schneider

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo; ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.



contacto@ittg.edu.mx
Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,
Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

| | |
|---|---|
| Número de direcciones | 1...247 Modbus |
| Servicio de comunicación | Read holding registers (03) 29 words Write single register (06) 29 words Write multiple registers (16) 27 words Read/Write multiple registers (23) 4/4 words Read device identification (43) |
| Corriente de cortocircuito de la red | <= 5 kA |
| Corriente de salida en continuo | 7.5 A 4 kHz |
| Máxima corriente transitoria | 11.2 A 60 s |
| Rango de frecuencias de salida | 0.5...400 Hz |
| Frecuencia de conmutación nominal | 4 kHz |
| Frecuencia de conmutación | 2...16 kHz adjustable 4...16 kHz with derating factor |
| Par de frenado | Up to 70 % of nominal motor torque without braking resistor |
| Compensación desiz. motor | Regulable Predet. de fábrica |
| Tensión de salida | 200...240 V 3 phases |
| Consecutivo, seguido, continuo, adosado | Terminal 5.5 mm ² AWG 10 L1, L2, L3, U, V, W, PA, PC |
| Par de apriete | 1.2 N.m |
| Aislamiento | Eléctrico entre alimentación y control |
| Suministro | Internal supply for reference potentiometer 5 V DC 4.75...5.25 V 10 mA overload and short-circuit protection Internal supply for logic inputs 24 V DC 20.4...28.8 V 100 mA overload and short-circuit protection |
| Número de entrada analógica | 1 |
| Tipo de entrada analógica | Tensión configurable AI1 0...10 V 30 kOhm Tensión configurable AI1 0...5 V 30 kOhm Corriente configurable AI1 0...20 mA 250 Ohm |
| Número de entrada digital | 4 |
| Entrada discreta | Programmable LI1...LI4 24 V 18...30 V |
| Entrada lógica | Negative logic (sink) > 16 V < 10 V 3.5 kOhm Positive logic (source) 0...< 5 V > 11 V |
| Duración de muestreo | 20 ms +/- 1 ms logic input 10 ms analogue input |
| Error lineal | +/- 0.3 % of maximum value analogue input |
| Número de salida analógica | 1 |
| Tipo de salida analógica | Tensión configurable por software AO1 0...10 V 470 Ohm 8 bits Corriente configurable por software AO1 0...20 mA 800 Ohm 8 bits |
| Número de salida digital | 2 |
| Salida discreta | Logic output LO+, LO- Protected relay output R1A, R1B, R1C 1 C/O |
| Corriente mínima de conmutación | 5 mA 24 V DC logic relay |
| Intensidad de conmutación máxima | 2 A 250 V AC inductive cos phi = 0.4 L/R = 7 ms logic relay 2 A 30 V DC inductive cos phi = 0.4 L/R = 7 ms logic relay 3 A 250 V AC resistive cos phi = 1 L/R = 0 ms logic relay 4 A 30 V DC resistive cos phi = 1 L/R = 0 ms logic relay |
| Rampas de aceleración y deceleración | Lineal de 0 a 999,9 s S U |
| De desconexión a parada | By DC injection <= 30 s |
| Tipo de protección | Against input phase loss in three-phase Thermal motor protection via the drive by continuous calculation of I ² t Line supply overvoltage Line supply undervoltage Overcurrent between output phases and earth Overheating protection Short-circuit between motor phases |
| Resolución de frecuencia | 0,1 Hz display unit Converter A/D, 10 bits analog input |
| Constante de tiempo | 20 ms +/- 1 ms for reference change |
| Marcado | CE |



| | |
|--|---|
| Posición de funcionamiento | Vertical +/- 10 grados |
| Altura | 143 mm |
| Anchura | 105 mm |
| Profundidad | 131.2 mm |
| Peso del producto | 1,2 kg |
| Aplicación específica | Equipamiento comercial |
| Selección de la aplicación del variador de velocidad | Commercial equipment : mixer Commercial equipment : other application Textile : ironing |
| Tipo de arranque motor | Variador de velocidad |

Entorno

| | |
|--|--|
| Compatibilidad electromagnética | Immunity to conducted disturbances level 3 EN/IEC 61000-4-6 Surge immunity test level 3 EN/IEC 61000-4-5 Voltage dips and interruptions immunity test EN/IEC 61000-4-11 Electrical fast transient/burst immunity test level 4 EN/IEC 61000-4-4 Electrostatic discharge immunity test level 3 EN/IEC 61000-4-2 Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity test level 3 EN/IEC 61000-4-3 |
| Soporte de sujeción de cables | Radiated emissions environment 1 category C2 EN/IEC 61800-3 2...16 kHz shielded motor cable Conducted emissions with additional EMC filter environment 1 category C1 EN/IEC 61800-3 4...12 kHz shielded motor cable 5 m Conducted emissions with additional EMC filter environment 1 category C2 EN/IEC 61800-3 4...12 kHz shielded motor cable 20 m Conducted emissions with additional EMC filter environment 2 category C3 EN/IEC 61800-3 4...12 kHz shielded motor cable 20 m |
| Certificaciones de producto | GOST NOM UL CSA C-Tick |
| Resistencia a las vibraciones | 1 gn EN/IEC 60068-2-6 13...200 Hz 1.5 mm peak to peak EN/IEC 60068-2-6 3...13 Hz drive unmounted on symmetrical DIN rail |
| Resistencia a los choques | 15 gn EN/IEC 60068-2-27 11 ms |
| Humedad relativa | 5...95 % without condensation IEC 60068-2-3 5...95 % without dripping water IEC 60068-2-3 |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -25...70 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -10...50 °C cubierta protectora de la parte superior del motor extraída 50...60 °C con disminución de corriente de 2,2 % por grada |
| Altitud máxima de funcionamiento | > 1000...3000 m with current derating 1 % per 100 m <= 1000 m without derating |

Sostenibilidad de la oferta

| | |
|------------------------------|--|
| RoHS (código de fecha: AASS) | Conforme - desde 0901 - Schneider Electric declaration of conformity  Schneider Electric declaration of conformity |
| REACH | La referencia no contiene SVHC La referencia no contiene SVHC |

Garantía contractual

| | |
|-----------------|-----------|
| Warranty period | 18 months |
|-----------------|-----------|



Ficha técnica del Contador de Energía A9MEM3355

Ficha técnica del producto Características

A9MEM3355

Contador de energía iEM3355 - 125 A - Modbus -
1 ED - 1 SD - multitarifa



Principal

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Gama | Acti 9 |
| Nombre del producto | Acti 9 iEM3000 |
| Nombre corto del dispositivo | iEM3355 |
| Tipo de producto o componente | Medidor de energía |

Complementario

| | |
|----------------------------|---|
| Número de polos | 1P + N 3P 3P + N |
| Tipo de medición | Active and reactive power Active and reactive energy Tensión Corriente |
| Tipo de medición | Energía activa, reactiva y aparente activa (firmado, de cuatro cuadrantes) |
| Aplicación del dispositivo | Facturación sub Multi-tarifa Contador parcial |
| Clase de precisión | Energía activa (pedido por separado) clase 1 según IEC 62053-21 Energía activa (pedido por separado) clase B según EN 50470-3 Energía activa (pedido por separado) clase 1 según IEC 61557-12 |
| Tipo de entrada analógica | Entrada directa |
| [In] corriente nominal | 125 A |
| Tensión nominal | 100...277 V 173...480 V |
| Frecuencia de red | 50 Hz 60 Hz |
| Tipo de tecnología | Electrónico |
| Tipo de pantalla | Pantalla LCD |
| Velocidad de muestreo | 32 muestras/ciclo |
| Corriente de medición | 0...125 A |
| Capacidad máxima de medida | 99999999.9 kWh |

11/02/2019

Life to On | Schneider
ELECTRIC

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

| | |
|---------------------------------------|--|
| Entrada de tarifas | 4 tariff |
| Protocolo de puerto de comunicaciones | Modbus RTU 9.6, 19.2 and 38.4 kbauds even/odd or none |
| Soporte del puerto de comunicación | Screw terminal block : RS485 |
| Señalizaciones en local | Power ON : indicator light (green) Comprobación de la exactitud (pedido por separado) flasheado LED (amarillo) Overload : alarm Communications are active on the Modbus port (Modbus) : indicator light (yellow) |
| Número de entradas | 1 digital 0...5 V/11...40 V 24 V DC |
| Número de salidas | 1 digital (static) |
| Tensión de salida | 5...40 V DC 50 mA |
| Tipo de montaje | Ajustable en clip |
| Tipo de montaje | Carril DIN |
| Conexiones - terminales | Screw terminals 50 mm ² |
| Categoría de sobretensión | III |
| Normas | IEC 61036 IEC 61557-12 IEC 62053-21 IEC 62053-23 IEC 61010 UL 61010-1 |
| Certificaciones de producto | UL EAC (sub-meter) CE - IEC 61010 (safety) CE - IEC 61326-1 (EMC) CULus - ANSI C12.20 (sub-meter) MID - EN 62052 (sub-meter) RCM - NMI M 6-1 (sub-meter) MID - EN 50470-3 (sub-meter) CE - EN 61557-12 (power monitor) CULus - UL 61010 (seguridad) |

Entorno

| | |
|--|---|
| Grado de protección IP | Ip20 (cuerpo) acorde a IEC 60529 Ip40 (panel frontal) acorde a IEC 60529 |
| Grado de contaminación | 2 |
| Humedad relativa | 5...95 % at 50 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -25...60 °C (NMI) -25...60 °C (IEC) -25...55 °C (MID) |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...85 °C |
| Altitud máxima de funcionamiento | < 2000 m |
| Color | Blanco |
| Pasos de 9 mm | 14 |
| Anchura | 126 mm |
| Altura | 103.2 mm |
| Profundidad | 69.3 mm |

Sostenibilidad de la oferta

| | |
|--|---|
| Estado de la oferta sostenible | Green Premium product |
| RoHS (código de fecha: AASS) | Compliant - desde 1415 - Schneider Electric declaration of conformity Schneider Electric declaration of conformity |
| REACH | Reference not containing SVHC above the threshold Reference not containing SVHC above the threshold |
| Perfil ambiental del producto | Available Información de fin de vida útil |
| Instrucciones para el fin del ciclo de vida del producto | Available |



Ficha técnica del Variador de Frecuencia ABB ACS-150-03E-07A5-2

ACS150-03E-07A5-2



ACS150-03E-07A5-2 Pn 1,5kW, I2n 7,5A IP20

General Information

| | |
|-------------------------|---|
| Global Commercial Alias | ACS150-03E-07A5-2 |
| Product ID | 68582041 |
| ABB Type Designation | ACS150-03E-07A5-2 |
| EAN | 6410038079406 |
| Catalog Description | ACS150-03E-07A5-2 Pn 1,5kW, I2n 7,5A IP20 |

Ordering

| | |
|-------------------------|---|
| Country of Origin | China (CN) |
| Customs Tariff Number | 85044084 |
| EAN | 6410038079406 |
| Invoice Description | ACS150-03E-07A5-2 Pn 1,5kW, I2n 7,5A IP20 |
| Made To Order | No |
| Minimum Order Quantity | 1 piece |
| Order Multiple | 1 piece |
| Quote Only | No |
| Selling Unit of Measure | piece |
| Stocked At (Warehouses) | Central Stock Europe Central Stock Asia US Drive Services FIPSEEXPU014 SGRDC002EXPU CNIAB001EXPU SGIND002EXPU AUABB024EXPU |

Dimensions

| | |
|--------------------|--------|
| Product Net Height | 344 mm |
| Product Net Length | 217 mm |
| Product Net Weight | 1.7 kg |
| Product Net Width | 132 mm |

Technical

| | |
|----------------------------|---------------|
| Enclosure Class | IP20 |
| Frequency (f) | 50/60 Hz |
| Input Voltage (U_{in}) | 200 ... 240 V |



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

| | |
|------------------------------------|-------------------------|
| Mounting Type | Cabinet / Wall mounting |
| Number of Phases | 3 |
| Output Current, Light-Overload Use | 7.5 A |
| Output Current, Normal Use | 7.5 A |
| Output Power, Light-Overload Use | 1.5 kW |
| Output Power, Normal Use | 1.5 kW |

Additional Information

| | |
|-------------------|---------------------|
| Product Main Type | ACS150 |
| Product Name | Frequency converter |

Classifications

| | |
|----------------|--------|
| Product Series | ACS150 |
|----------------|--------|

Categories

Drives → Low voltage AC drives → Micro drives



contacto@ittg.edu.mx
Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,
Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

Especificaciones

VARIADORES SERIE M-MAX

| Descripción | Especificación |
|---|--|
| Rangos de Entrada | |
| Tensión Entrada (Vin) | +10%/–15% (Unidades 575V: +15%/–15%) |
| Frecuencia Entrada (fin) | 50/60 Hz (variación hasta 45–66 Hz) |
| Conexión a energía | Una vez cada minuto o menos (operación normal) |
| Rangos de Salida | |
| Tensión de Salida | 0 a Vin |
| Corriente de salida continua | Corriente clasificada continua IN a temperatura ambiente máxima de 122°F (50°C), sobrecarga 1.5 x IN máximo 1 min/10 min |
| Frecuencia salida | 0 a 320 Hz |
| Resolución de Frecuencia | 0.01 Hz |
| Corriente de Salida Inicial (IH) | Corriente 2 x IN para 2 segundos en cada periodo de 20 segs. El torque depende del motor |
| Características de Control | |
| Método de Control | Control de Frecuencia (V/Hz) open loop o control de vector sin sensores |
| Frecuencia de conmutación | 1.5 a 16 kHz; valor predeterminado 6 kHz |
| Frecuencia referencia | Entrada Analógica: Resolución 0.1% (10-bit), precisión ± 1% V/Hz. Panel de Referencia: resolución 0.01 Hz |
| Punto desexcitación | 30 a 320 Hz |
| Tiempo de Aceleración | 0 a 3000 seg. |
| Tiempo de Desaceleración | 0 a 3000 seg. |
| Par de Rotura | Freno DC: 30% x Tn (sin opción de freno) |
| Resistencia de Frenado (Valores Mínimos)² | |
| Serie 230V | FS2 35 ohms y FS3 26 ohms |
| Serie 400V | FS2 75 ohms y FS3 54 ohms |
| Serie 575V | FS3 103 ohms |
| Condiciones ambientales | |
| Temperatura ambiental operativa | 14°F (–10°C), sin escarcha a 122°F (+50°C); Carga de Trabajo IN |
| Temperatura de almacenaje | –40°F (–40°C) a 158°F (70°C) |
| Humedad Relativa | 0 a 95% RH, sin condensación, sin corrosión, sin goteo |
| Calidad del Aire | Vapores químicos: IEC 721-3-3, unidad en operación, Clase 3C2; Partículas Mecánicas: IEC 721-3-3, unidad en operación, Clase 3S2 |
| Altitud | 100% capacidad de carga (sin disminución) de hasta 3280 ft (1000m); 1% disminución para cada 328 ft (100m) sobre 3280 ft (1000m); máximo 6560 ft (2000m) |
| Vibración | EN 60068-2-6; 3 a 150 Hz, desplazamiento de amplitud 1 mm (pico) de 3 a 15.8 Hz, máx. aceleración de amplitud 1G de 15.8 a 150 Hz |
| Impacto | EN 50178, IEC 68-2-27 Prueba de caída UPS (para pesos UPS aplicable); almacenaje y empaquetado: máx. 15G, 11 ms (en paquete) |
| Clase de Gabinete | IP20 |

Notas

- Excepción: 115V unifásico de entrada, 230V trifásico de salida.
- Sólo los variadores trifásicos FS2 y FS3 están equipados con circuitos chopper de frenado.

Información Técnica y Especificaciones

CLASIFICACIONES

CONTROLADOR BÁSICO M-MAX IP20 CLASIFICACIÓN ESTÁNDAR

| Descripción | Especificación |
|--|--|
| Protecciones | |
| Protección de sobrecorriente | Límite de Disparo 4.0 x IH instantáneo |
| Protección de sobretensión | Serie 115/230V: 437 Vdc; Serie 400V: 874 Vdc; Serie 575V: nivel de disparo 1048 Vdc |
| Protección de baja tensión | Serie 115/230V: 183 Vdc; Serie 400V: 333 Vdc; Serie 575V: nivel de disparo 460 Vdc |
| Protección de falla de tierra | La falla de tierra se prueba antes de cada arranque. Si ocurre una falla de tierra en el motor o en el cable del motor, sólo se protege el convertidor de frecuencia |
| Protección de sobrecalentamiento | SI |
| Protección sobrecarga de motor | SI |
| Protección de calado del motor | SI |
| Protección de baja carga del motor | SI |
| Parámetros Programables | |
| Descripción | |
| Macros de Aplicación: básico, bomba, ventilador y carga alta (grúa) | |
| Lógica de señal de arranque/paro y reversa programable (hundimiento o aprovisionamiento) | |
| Escala de referencia | |
| Funciones programables de arranque y paro | |
| Freno DC en arranque y paro | |
| Curva V/Hz programable | |
| Frecuencia de conmutación ajustable | |
| Función de autoarranque después de falla | |
| Protecciones y supervisiones (totalmente programables; apagado, aviso, falla) | |
| Falla de la señal de corriente de entrada | |
| Falla externa | |
| Comunicación de bus de campo | |
| Ocho velocidades predeterminadas | |
| Selección de rango de entrada analógico, escalado de señal y filtrado | |
| Controlador PID | |
| Rechazo de frecuencias | |



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

Ficha técnica del Inversor Solar ABB TRIO-TM-60.0-480



INVERSORES FOTOVOLTAICOS

Inversores de cadena ABB

TRIO-TM-50.0-400/TRIO-TM-60.0-480

De 50 a 60 kW



—
Inversores de
cadena para exteriores
TRIO-TM-50.0/60.0

Esta nueva adición a la familia TRIO, con 3 MPPT independientes y una potencia de hasta 60 kW (versión de 480 V), se ha diseñado para maximizar el retorno de la inversión en sistemas grandes, con todas las ventajas de las configuraciones descentralizadas, tanto en instalaciones montadas en tierra como en tejado.

Diseño modular

El TRIO-TM-50.0/60.0 tiene un diseño modular que garantiza la máxima flexibilidad gracias a las distintas versiones disponibles. Los compartimentos CA y CC separados y configurables hacen que sea aún más fácil de instalar y mantener gracias a que pueden permanecer cableados por separado al módulo del inversor de dentro del sistema. TRIO viene con las configuraciones de caja de conexiones más completas disponibles, incluidas hasta 15 entradas CC con piezas de conexión rápidas, fusibles de protección de cadenas, interruptores CA y CC y descargadores de sobretensión CA y CC de tipo II.

Diseño flexible

La topología de conversión de doble etapa ofrece una amplia tensión de entrada para que el diseño del sistema resulte lo más flexible posible. TRIO-TM viene con un sistema de refrigeración de aire forzado, también utilizado en los productos TRIO anteriores, diseñado para ofrecer un mantenimiento rápido y sencillo, lo que permite un diseño de planta extremadamente flexible. El inversor lleva soportes de montaje tanto para instalaciones horizontales como verticales, lo que permite aprovechar al máximo el espacio disponible debajo de los paneles solares.

El TRIO-TM-50.0/60.0 es la última solución de inversor de cadena trifásico de ABB para sistemas fotovoltaicos grandes, descentralizados y de bajo coste, pensados para aplicaciones comerciales y utilitarias.

Las interfaces de comunicación múltiple integradas (WLAN, Ethernet, RS485), combinadas con un protocolo Modbus conforme a Sunspec (RTU/TCP), permiten integrar fácilmente el inversor a cualquier sistema de monitorización y control de terceros.

Puesta en servicio y mantenimiento mejorados

Gracias a la interfaz de usuario web (WUI) integrada, el instalador puede realizar la puesta en servicio del inversor de forma inalámbrica y cambiar los parámetros avanzados utilizando cualquier dispositivo estándar con WLAN (smartphone, tablet o PC). La capacidad de inicio de sesión integrada permite monitorizar la planta a distancia sin que sean necesarios loggers externos adicionales. El firmware del sistema del inversor y de los componentes se actualiza de forma remota mediante Aurora Vision[®].

Principales ventajas

- Hasta 3 MPPT independientes
- Inversor sin transformador
- Topología de doble etapa para un amplio rango de entrada
- Extenso abanico de códigos de red específicos que se pueden seleccionar directamente sobre el terreno
- Hay disponibles compartimentos de CA y CC separados en distintas configuraciones
- Instalación vertical y horizontal
- 2 tamaños disponibles, 50 y 60 kW, con 400 y 480 V CA de tensión de salida, respectivamente
- Acceso inalámbrico a las interfaces de usuario integradas



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

Inversores de cadena ABB

TRIO-TM-50.0-400

TRIO-TM-60.0-480

De 50 a 60 kW



Datos técnicos y tipos

| Código de tipo | TRIO-TM-50.0-400 | TRIO-TM-60.0-480 |
|---|---|---|
| Lado de entrada | | |
| Tensión de entrada de CC máxima absoluta ($V_{max,abs}$) | 1000 V | |
| Tensión de entrada de CC de puesta en marcha (V_{start}) | 420...700 V (420 V por defecto) | 420...700 V (500 V por defecto) |
| Intervalo de tensión operativa de entrada de CC ($V_{oper,CC}$) | 0,7xV _{start} ...950 V (mín. 300 V) | 0,7xV _{start} ...950 V (mín. 360 V) |
| Tensión nominal de entrada de CC (V_{DC}) | 610 V CC | 720 V CC |
| Potencia nominal de entrada de CC (P_{DC}) | 52000 W | 61800 W |
| Número de MPPT independientes | 3 (versión SX y SX2) / 1 (versión estándar y S) | |
| Número de MPPT en modo paralelo | 1 | |
| Potencia de entrada de CC máxima para cada MPPT ($P_{max,MPPT}$) | 17500 W | 21000 W |
| Intervalo de tensión de entrada de CC con MPPT ($V_{oper,MPPT}$) a P_{DC} | 480-800 V CC | 570-800 V CC |
| Corriente de entrada de CC máxima ($I_{DC,max}$) para cada MPPT | 36 A | |
| Corriente máxima de cortocircuito de entrada para cada MPPT | 55 A (165 A en caso de MPPT paralelo) | |
| Número de pares de entrada de CC para cada MPPT | 5 | |
| Tipo de conexión de CC | Bloque de terminales de tornillo (versión estándar y -S) o conector PV de acoplamiento rápido ³⁾ (versiones -SX y SX2) | |
| Protección de entrada | | |
| Protección contra polaridad inversa | Sí, desde una fuente de intensidad limitada | |
| Protección frente a sobretensión de entrada para cada MPPT - Varistancias | Sí, 1 para cada MPPT | |
| Protección frente a sobretensión de entrada para cada MPPT - descargador de sobretensión modular enchufable | Tipo 2 (opcional) con monitorización | |
| Control del aislamiento de una matriz fotovoltaica | De acuerdo con la normativa local | |
| Capacidad del interruptor de CC para cada MPPT (versión con interruptor de CC) | 60 A/1000 V para cada MPPT (180 A en caso de MPPT paralelo) | |
| Capacidad del fusible (versión con fusibles) | 15 A / 1000 V | |
| Lado de salida | | |
| Tipo de conexión con red de CA | Trifásica (3W+PE o 4W+PE) | |
| Potencia nominal de CA (P_{AC} @cosφ=1) | 50.000 W | 60.000 W |
| Potencia máxima de salida de CA ($P_{AC,max}$ @cosφ=1) | 50.000 W | 60.000 W |
| Potencia aparente máxima (S_{max}) | 50.000 VA | 60.000 VA |
| Tensión nominal de la red de CA (V_{AC}) | 400 V | 480 V |
| Intervalo de tensiones de CA | 320...480 V ¹⁾ | 384...571 V ¹⁾ |
| Corriente máxima de salida de CA ($I_{AC,max}$) | 77 A | |
| Corriente de fallo contributiva | 92 A | |
| Frecuencia nominal de salida (f) | 50 Hz / 60 Hz | |
| Intervalo de frecuencia de salida (f_{min} ... f_{max}) | 47...53 Hz / 57...63 Hz ²⁾ | |
| Factor de potencia nominal e intervalo ajustable | > 0,995; 0...1 inductiva/capacitiva con S_{max} máxima | |
| Distorsión armónica total de la intensidad | < 3 % | |
| Tipo de conexión de CA | Bloque de terminales de tornillo, prensaestopas | |
| Protección de salida | | |
| Protección contra la formación de islas | De acuerdo con la normativa local | |
| Protección máxima contra sobreintensidad de CA externa | 100 A | |
| Protección contra sobretensiones de salida - Varistancia | Sí | |
| Protección contra sobretensiones de salida - descargador de sobretensión modular enchufable | Tipo 2 (opcional) con monitorización | |
| Rendimiento de funcionamiento | | |
| Eficiencia máxima (lmáx.) | 98,3 % | 98,5 % |
| Eficiencia ponderada (EURO) | 98,0 % / - | 98,0 % / - |
| Comunicación | | |
| Interfaces de comunicación integradas | 2 RS485, 2 Ethernet (RJ45), WLAN (IEEE802.11 b/g/n a 2,4 GHz) | |
| Protocolos de comunicación | Modbus RTU/TCP (conforme a Sunspec); protocolo Aurora | |
| Servicio de monitorización remota | Acceso de nivel estándar al portal de monitorización Aurora Vision | |
| Funciones avanzadas | Interfaz de usuario web integrada; pantalla (opcional); inicio de sesión integrado y transferencia directa de datos a la nube | |
| Condiciones ambientales | | |
| Intervalo de temperatura ambiente | -25...+60 °C (-13...140 °F) con derrateo por encima de 45 °C (113 °F) | -25...+60 °C (-13...140 °F) con derrateo por encima de 45 °C (113 °F) |
| Humedad relativa | 4 %... 100 % de condensación | |
| Nivel de presión sonora, típica | 75 dB(A) a 1 m | |
| Altitud máxima de funcionamiento | 2000 m/6561 pies | |
| Condiciones físicas | | |
| Especificación de protección ambiental | IP65 (IP54 para sección de refrigeración) | |
| Refrigeración | Aire forzado | |
| Tamaño (Al x An x Pr) | 725 mm x 1491 mm x 315 mm/28,5" x 58,7" x 12,4" | |

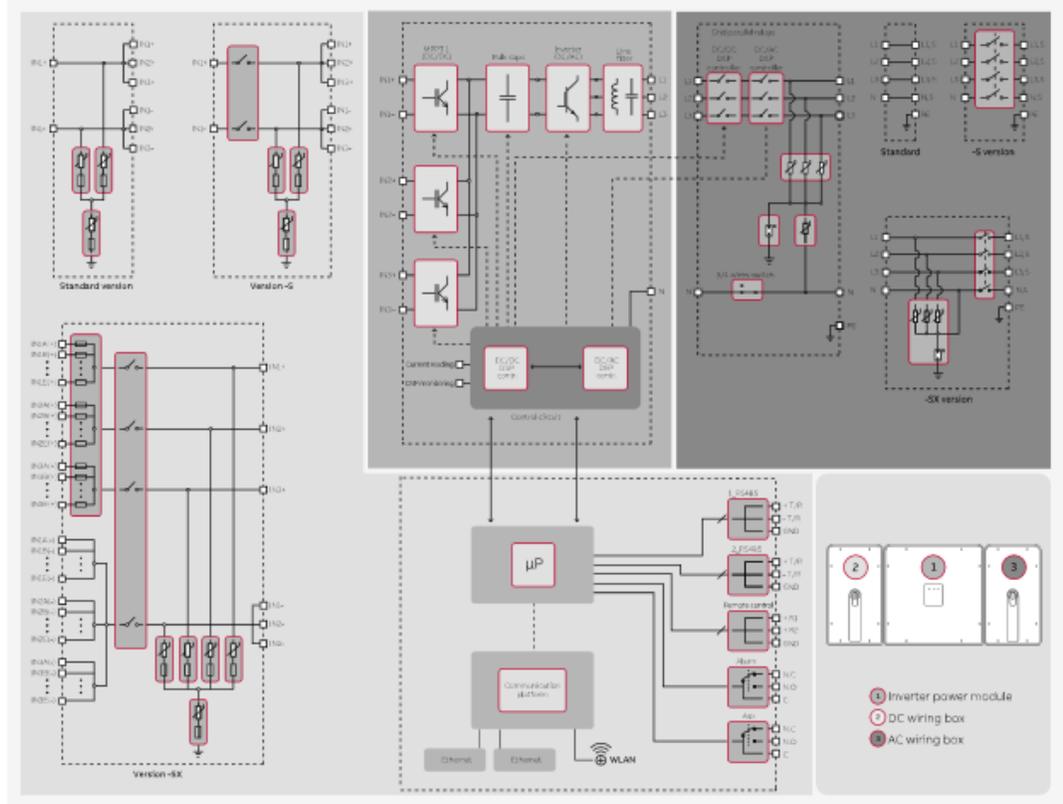


contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

Esquema de bloques del inversor de cadena ABB TRIO-TM-50.0-400/TRIO-TM-60.0-480



Datos técnicos y tipos

| Código de tipo | TRIO-TM-50.0-400 | TRIO-TM-60.0-480 |
|---|---|-------------------------------|
| Peso | 95 kg/209 libras en total; compartimento electrónico de 66 kg/145 libras; caja de conexiones CA de 15 kg/33 libras (completamente opcional); caja de conexiones CC de 14kg /31 libras (completamente opcional) | |
| Sistema de montaje | Soporte de pared, soporte horizontal | |
| Seguridad | | |
| Nivel de aislamiento | Sin transformador | |
| Marcado | CE | |
| Normas de seguridad y CEM | IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12 | |
| Normas de red (consulte su canal de venta para comprobar su disponibilidad) | CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/3, EN 50438 (no para todos los apéndices nacionales), RD 1699, RD 413, RD 661, P.O. 12.3, AS 4777, BDEW, NRS-097-2-1, MEA, PEA, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683, VFR-2014, IEC 62116 | |
| Versiones del producto disponibles | | |
| Módulo de potencia del inversor | TRIO-TM-50.0-400-POWER MODULE | TRIO-TM-60.0-480-POWER MODULE |
| Opciones de caja de conexiones de CC ⁴⁾ | | |
| Conexiones de entrada con bloque de terminales | DCWB-TRIO-TM-50.0-400 | DCWB-TRIO-TM-60.0-480 |
| Conexiones de entrada con bloque de terminales + interruptor de CC | DCWB-S-TRIO-TM-50.0-400 | DCWB-S-TRIO-TM-60.0-480 |
| 15 conexiones de entrada rápida + fusibles (unipolares) + interruptor de CC ⁵⁾ | DCWB-SX-TRIO-TM-50.0-400 | DCWB-SX-TRIO-TM-60.0-480 |
| 15 conexiones de entrada rápida + fusibles (bipolares) + interruptor de CC ⁵⁾ | DCWB-SX2-TRIO-TM-50.0-400 | DCWB-SX2-TRIO-TM-60.0-480 |
| Opciones de caja de conexiones de CA | | |
| Conexiones de salida de CA con bloques de terminales | ACWB-TRIO-TM-50.0 | ACWB-TRIO-TM-60.0 |
| Conexiones de salida de CA con bloques de terminales + interruptor de CA ⁵⁾ | ACWB-SX-TRIO-TM-50.0 | ACWB-SX-TRIO-TM-60.0 |
| Accesorios opcionales disponibles | | |
| Juego de puesta a tierra TRIO-GROUNDING-KIT | Disponible | Disponible |
| Juego de cableado de CA TRIO-AC-WIRING-KIT | Disponible | Disponible |

⁴⁾ El intervalo de tensión de CA puede variar en función de los estándares específicos de la red del país

⁵⁾ El intervalo de frecuencia puede variar en función de los estándares específicos de la red del país

⁵⁾ Consulte el documento «String inverters – Product Manual appendix» (en inglés) disponible en www.abb.com/solarinverters para obtener información sobre la marca y el modelo del conector de acoplamiento rápido utilizado en el inversor

⁴⁾ Hay disponible DCWB con pantalla como opción, con una versión de caja de conexiones específica

⁵⁾ Hay disponibles descargadores de sobretensión de tipo 2 como opción, con una versión de caja de conexiones específica

Observación. Las características no mencionadas específicamente en esta hoja de datos no están incluidas en el producto

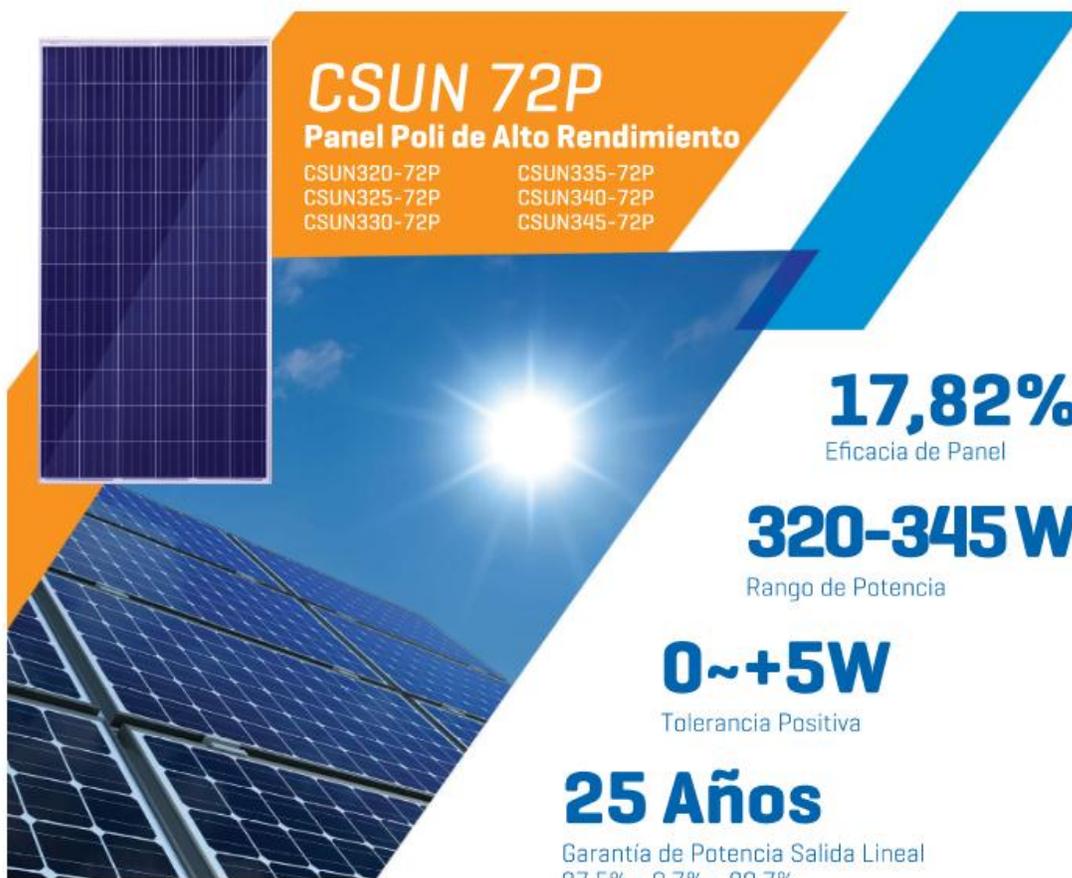


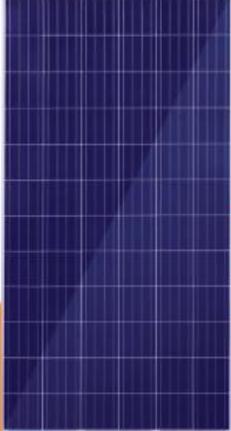
contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

Ficha técnica del Panel Fotovoltaico Policristalino CSUN330-72P





CSUN 72P

Panel Poli de Alto Rendimiento

| | |
|-------------|-------------|
| CSUN320-72P | CSUN335-72P |
| CSUN325-72P | CSUN340-72P |
| CSUN330-72P | CSUN345-72P |

17,82%

Eficacia de Panel

320-345 W

Rango de Potencia

0~+5W

Tolerancia Positiva

25 Años

Garantía de Potencia Salida Lineal
97.5% - 0.7% - 80.7%

- 

Tier-1
Fabricante de BNEF Tier-1
- 

PID-Free
Excelente rendimiento en pruebas PID
- 

Diseño estructural
único reduce el consumo de energía durante el uso.
- 

La durabilidad del viento [2400 Pa] y carga de nieve [5400 Pa] está aprobado.
- 

Ha superado la prueba de corrosión de agua salada y la prueba de corrosión de amoníaco
- 

Excelente rendimiento en condiciones de poca luz.
- 

Su rendimiento de coeficiente de temperatura adecuada proporciona mejores resultados en regiones tropicales.

Garantía POWER GUARD 

Specialty Warranty Services

No puede ser menos de 97,5% de salida de potencia mínima en la hoja de datos del producto de CSUN para el primer año, pérdida de potencia no puede superar 0,7% para cada año y termina con 80,7% en el 25º año.



contacto@ittg.edu.mx
 Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,
 Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

Características Eléctricas en Condiciones de Prueba Estándar (STC)

| Panel | CSUN345-72P | CSUN340-72P | CSUN335-72P | CSUN330-72P | CSUN325-72P | CSUN320-72P |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Máxima Potencia - P _{mpp} [W] | 345 | 340 | 335 | 330 | 325 | 320 |
| Tolerancia de Potencia Positiva | 0 - +5W |
| Tensión en Circuito Abierto - Voc [V] | 46,94 | 46,71 | 46,49 | 46,21 | 46,02 | 45,89 |
| Corriente de Cortocircuito - Isc [A] | 9,45 | 9,39 | 9,31 | 9,24 | 9,15 | 9,07 |
| Tensión en el Punto de Máxima Potencia - V _{mpp} [V] | 38,43 | 38,16 | 37,95 | 37,79 | 37,52 | 37,34 |
| Corriente en el Punto de Máxima Potencia - I _{mpp} [A] | 8,99 | 8,93 | 8,85 | 8,76 | 8,68 | 8,58 |
| Eficiencia de Panel | 17,82% | 17,56% | 17,30% | 17,04% | 16,78% | 16,53 |

Datos eléctricos son basados en condiciones de prueba estándar (STC): radiación 1000W/m²; AM 1.5; temperatura de celda 25°; medición de incertidumbre de potencia entre ±5%; Homologado en conformidad con IEC61215, IEC61730-1/2 y UL 1703.

Características Eléctricas en Temperatura de Operación Nominal de Celda (NOCT)

| Panel | CSUN345-72P | CSUN340-72P | CSUN335-72P | CSUN330-72P | CSUN325-72P | CSUN320-72P |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Máxima Potencia - P _{mpp} [W] | 253 | 250 | 246 | 242 | 239 | 235 |
| Tensión en el Punto de Máxima Potencia - V _{mpp} [V] | 36,19 | 35,93 | 35,73 | 35,58 | 35,33 | 35,16 |
| Corriente en el Punto de Máxima Potencia - I _{mpp} [A] | 8,46 | 8,41 | 8,33 | 8,25 | 8,17 | 8,08 |
| Tensión en Circuito Abierto - Voc [V] | 44,20 | 43,98 | 43,77 | 43,51 | 43,33 | 43,21 |
| Corriente de Cortocircuito - Isc [A] | 7,49 | 7,44 | 7,38 | 7,33 | 7,25 | 7,19 |

Datos eléctricos son basados en condiciones de prueba estándar (NOCT): radiación 800W/m²; velocidad de viento 1 m/s; temperatura de celda 45°; temperatura ambiente 20°; incertidumbre de potencia entre ±3%.

Características de Temperatura

| | |
|--|-----------|
| Coefficiente de Temperatura de Tensión | -0.292%/K |
| Coefficiente de Temperatura de Corriente | +0.045%/K |
| Coefficiente de Temperatura de Potencia | -0.408%/K |

Valores Máximos

| | |
|----------------------------------|------|
| Tensión Máxima de Sistema [V] | 1500 |
| Valores de Fusible de Serie [A] | 20 |
| Sobrecarga Corriente Inversa [A] | 27 |

Características Mecánicas

| | |
|-------------------|---|
| Dimensiones | 1956 x 990 x 50mm |
| Peso | 21.5kg |
| Marco | Perfil de aluminio con eloxal |
| Cristal Frontal | Cristal blanco endurecido, 3.2 mm. |
| Capa de Celda | EVA (Etileno-Vinil-Acetato) |
| Placa Posterior | Lamina Composité |
| Celdas | 6 x 12 seri de celda solar policristalina [156.75 x 156.75 mm.] |
| Cable de Conexión | Corriente Medida ± 12A, IP ≥ 65, TUV8UL |
| Cable | Cable = Longitud 900 mm., 1 x 4mm ² |
| Conexión | Compatible con MC 4 / MC 4 |

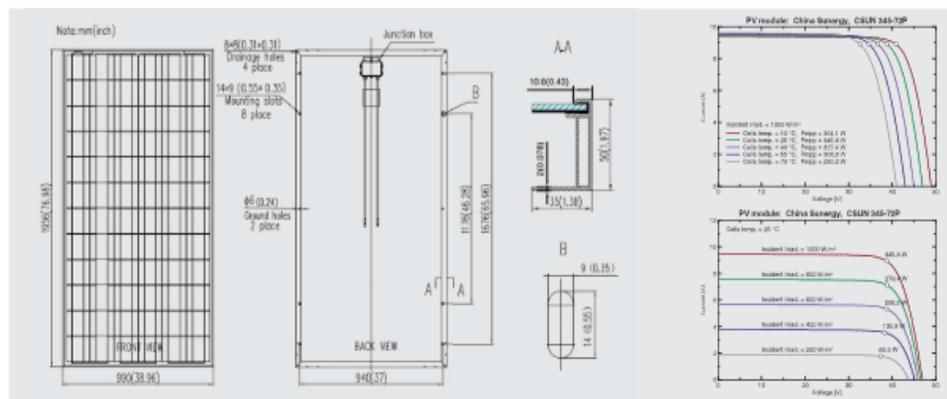
Paquete

| | |
|----------------|------------|
| Contenedor 20' | 210 Piezas |
| Contenedor 40' | 504 Piezas |
| Contenedor 40' | 552 Piezas |

Diseño del Sistema

| | |
|----------------------|--|
| Rango de Temperatura | -40°C a +85°C |
| Lleno | Max. de diámetro y con velocidad de impacto de 23m/s |
| Capacidad Máxima | Nieve 5400Pa, Viento 2400Pa |
| Clase de Aplicación | A |
| Clase de Seguridad | II |

Dimensiones



IV-Eğrileri



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87



SOLAR INVERTERS

ABB monitoring and communications

VSN800 Weather Station



The VSN800 Weather Station automatically monitors site meteorological conditions and photovoltaic panel temperature in real-time, transmitting sensor measurements to the Aurora Vision® Plant Management Platform.

—
01
VSN800-12 Weather
Station

The VSN800 contains the essential environmental sensor set needed for solar monitoring. The expanded sensor set enables plant management across a broad range of plant sizes. VSN800 is a companion to the VSN700 Data Logger, where it is fully compatible and integrates seamlessly with the Aurora Vision® Plant Management Platform.

Shipped preconfigured and ready for installation requiring no special tools

The VSN800 Weather Station is delivered ready for installation and requires the installer to mechanically mount the modules on a user-supplied mast, connect power and communication, and initialize the automatic system commissioning process from the VSN700. No special software, or on-site calibration is required.

The all-in-one weather station reduces the installation, support and maintenance cost while improving the robustness and manageability of the PV plant monitoring solution.

The basic sensor set provides data needed to calculate a performance ratio allowing a plant operator to track solar array performance against expected energy production.

The advanced sensor set improves monitoring of weather conditions that can effect energy production. The extra irradiance sensor for mounting at the plane of the array allows more accurate measurement of irradiance that is incident in the plane of the solar panels.

The wind speed and direction sensor gives the operator information about how the wind may be cooling the panels and some indication of how much dust may be accumulating on the panels.

Highlights

- Two models offered for basic and advanced sensor sets
- VSN800-12 includes a basic sensor set: ambient temperature, solar irradiance, and back of module temperature
- VSN800-14 includes additional advanced sensors: plane of array irradiance and wind direction and speed
- Sensors, data acquisition unit, and RS-485



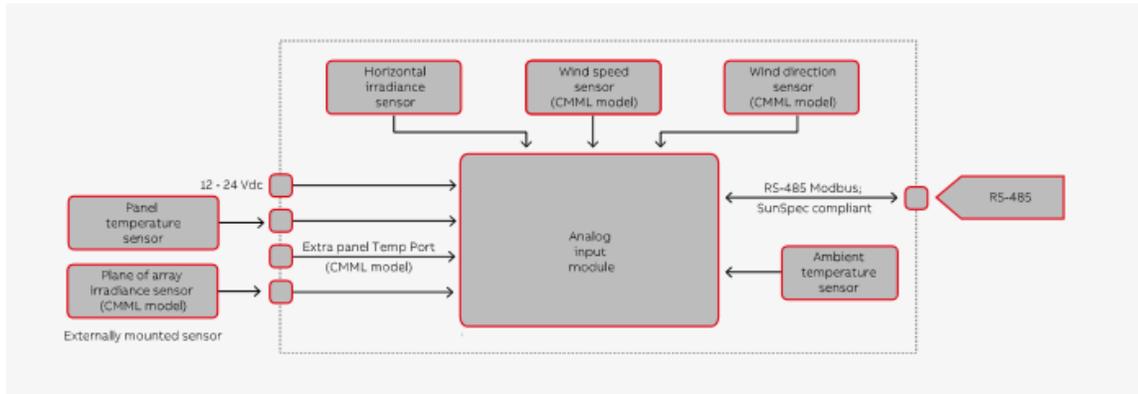
contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87



ABB VSN800 Weather Station block diagram



Technical data and types

| Type code | VSN800 Weather Station | |
|-----------------------------|--|--|
| | VSN800-12 | VSN800-14 |
| Sensors | | |
| Ambient temperature | Range -40°F to 176°F (-40°C to 80°C) Accuracy +/- 0.54°F (0.3°C) | |
| PV panel temperature | Range -40°F to 176°F (-40°C to 80°C) Accuracy +/- 0.54°F (0.3°C) Cable length 25 ft (7.62 m) | |
| Solar radiation | Range 0 to 1750 W/m2 Accuracy +/- 5% Temperature range -13°F to 131°F (-25°C to 55°C) | |
| Number of radiation sensors | 1 horizontal | 1 horizontal, 1 plane of array |
| Wind direction | N/A | Range 360 degrees Accuracy +/- 22.5° Threshold 2 MPH (0.89 m/s) Temp range -40°F to 140°F (-40°C to 60°C) |
| Wind speed | N/A | Range 0 to 150 MPH (0 to 67 m/s) Accuracy is Greater of 1 mph (0.45 m/s) or 5% Threshold 2 MPH (0.89 m/s) Temp range -40°F to 140°F (-40°C to 60°C) |
| Communication | | |
| Serial port | RS-485 2 wire, modbus RTU, SunSpec compliant | |
| Terminal block | #22 - #18 AWG | |
| Recommended cable | Belden #1120A or equivalent | |
| Power supply | | |
| DC power supply input | 10-30 VDC, 50mA | |
| Terminal block | Accepts AWG #22 - #18 | |
| Compliance | | |
| EMC | FCC Part 15, Subpart B; ICES-003; EN 61326-1:2006; Emission class B, Immunity is class A | |
| Enclosure | UL 94 V-2, ROHS compliant, IP65 | |
| Humidity | 0 to 100% Condensing | |
| Physical parameters | | |
| Dimensions H x W x D | 0.53 m x 0.13 m x 0.12 m (20.9" x 5.1" x 4.7") | 0.63 m x 0.25 m x 0.33 m (24.8" x 9.8" x 13") |
| Weight | 0.8 kg (1.75 lbs) | 3.2 kg (7 lbs) |
| Ambient temperature range | -13°F to 131°F (-25°C to 55°C) | |
| Mounting | Pole or tripod | |
| Warranty | | |
| Standard warranty | Two years | |

Remark: Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

For more information please contact your local ABB representative or visit:

www.abb.com/solarinverters
www.abb.com

We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. With regard to purchase orders, the agreed particulars shall prevail. ABB AG does not accept any responsibility whatsoever for potential errors or possible lack of information in this document.

We reserve all rights in this document and in the subject matter and illustrations contained therein. Any reproduction, disclosure to third parties or utilization of its contents – in whole or in parts – is forbidden without prior written consent of ABB AG. Copyright © 2017 ABB. All rights reserved.



BCD.00392_EN REV.G 15.05.2017



contacto@ittg.edu.mx
Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,
Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

Ficha técnica del Kit de Tierra Física TG45AB



KIT DE TIERRA FÍSICA TG45AB

Información Técnica Versión 5.2.5



ELECTRODO 45AB

Electrodo de puesta a tierra modelo TG45AB. Capacidad de 45 A. Fabricado de cobre electrolítico altamente conductor. Diseñado en forma delta tubular.

No requieren de mantenimiento preventivo.

Incluye dispositivo de filtración de baja frecuencia LCR montado en estructura con un borne de conexión de 1/2 pulgada. Cuenta con acoplamiento en bobina para instalaciones residenciales o de baja actividad eléctrica.

Es un elemento para cumplir con la NOM-001-SEDE-2012.

Proveen la solución completa para telecomunicaciones de acuerdo con los estándares EIA/TIA J-STD-607-A y BICSI.

H2OHM

Compuesto H2Ohm base orgánica, elaborado con material higroscópico coagulante de humedad, que cuenta con certificado de pruebas de LAPEM y certificado de laboratorio acreditado ante EMMA con valores dentro de la norma CRETIB de no toxicidad ni daño al medio ambiente.

Garantía

10 años de garantía.

Garantía válida, siempre y cuando sean instalados todos los componentes del kit de acuerdo al sistema Total Ground.

| Descripción | Cantidad |
|------------------|----------|
| Electrodo TG45AB | 1 |
| H2Ohm 11 kg | 1 |
| Brújula y Nivel | 1 |

www.totalground.com



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

