FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

"Análisis técnico y económico de implementación de grupo electrógeno a gas natural para la generación de 2500 KW, para reducir los costos de energía eléctrica en la Empresa Austral Group S.A.A"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR

Roben Guzmán Castañeda Saavedra

ASESOR

Ing. Walter Castro Anticona

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Generación, Transmisión y Distribución.

TRUJILLO – PERÚ

2018

PÁGINAS PRELIMINARES

“ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE IMPLEMENTACIÓN DE GRUPO ELECTRÓGENO A GAS NATURAL PARA LA GENERACIÓN DE 2500 KW, PARA REDUCIR LOS COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA AUSTRAL GROUP S.A.A**”**

Roben Guzmán Castañeda Saavedra

Autor

Presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo para obtener el título de Ingeniero Mecánico eléctrico.

Ing. Jorge Antonio Inciso Vásquez

Presidente

Ing. Walter Castro Anticona

Secretario

Ing. Heber Zavaleta Zavaleta

Vocal

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por llenar mi vida de dicha y bendiciones. A mis queridos padres por forjarme con buenos principios, siempre creer en mí y darme la oportunidad de realizarme en esta profesión.

Dedico este trabajo a mis padres Reynalda Saavedra de Castañeda y Misael Castañeda Castillo, porque siempre serán mi fortaleza y mi apoyo en todas mis decisiones. Dedico también a mis hermanos por su apoyo y ánimo que me brindan día con día para alcanzar nuevas metas, tantos profesionales como personales.

AGRADECIMIENTO

Debo agradecer de manera especial y sincera a Ing. Walter Castro Anticona *por su dirección en este trabajo de tesis. Su apoyo para guiar mis ideas en el desarrollo de esta tesis, y en la formación como Ingeniero Mecánico Electricista.*

A la UCV por su excelente plana Docente. Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Roben Guzmán Castañeda Saavedra.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo: Roben Guzmán Castañeda Saavedra, con DNI Nº 43899245, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, abril del 2018.

_____

Roben Guzmán Castañeda Saavedra

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “Análisis técnico y económico de implementación de grupo electrógeno a gas natural para la generación de 2500 KW, para reducir los costos de energía eléctrica en la Empresa Austral Group S.A.A”, con la finalidad de reducir el costo unitario de energía activa a través de la cogeneración de energía eléctrica. En cumpliendo con el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, con el propósito de cumplir con los requisitos para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Por tanto, considero que el esfuerzo en el desarrollo del presente trabajo cumpla y satisfaga sus expectativas. Pongo a su consideración, este documento para su respectiva evaluación y de esta manera poder obtener su aprobación.

Roben Guzmán Castañeda Saavedra.

ÍNDICE

Contenido

PÁGINAS PRELIMINARES 1
DEDICATORIA 2
AGRADECIMIENTO 3
DECLARACION DE AUTENTICIDAD 4
PRESENTACIÓN 5
RESUMEN 9
ABSTRACT 10
I. INTRODUCCIÓN 11
1.1. Realidad problemática: 12
1.2. Trabajos previos: 13
1.3. Teorías relacionadas al tema: 14
1.3.1. Sistema de distribución eléctrica: 14
1.3.2. Grupo electrógeno: 28
1.3.3. Diseño mecánico de recipientes a presión- Código ASME, sección VIII, división 01: 32
1.3.4. Análisis estructural: 36
1.3.5. Análisis Económico: 37
1.4. Formulación del Problema: 39
1.5. Justificación del estudio: 39
1.6. Hipótesis. 40
1.7. Objetivos. 40
II. MÉTODO 41
2.1. Diseño de investigación: 42
2.2. Variables y Operacionalización: 43
2.3. Población y muestra. 45
2.3.1. Población: 45
2.3.2. Muestra: 45
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. 45
2.5. Métodos de análisis de datos. 45
III. RESULTADOS 47
3.1. ANÁLISIS ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO CON DATOS TÉCNICOS DE LA PLANTA PESQUERA AUSTRAL GROUP S.A.A. 48

3.1.1. Tablero de calderos pirotubulares: 48
3.1.2. Tablero de procesos de harina y aceite de pescado: 51
3.1.3. Tablero de bombas de tornillo de succión y compresores de aire: 54
3.1.4. Tablero del área de alimentación de maestranza: 57
3.1.5. Tablero de cintas transportadoras e iluminación en general de equipos: 60
3.1.6. Resultados del análisis actual del sistema eléctrico con datos técnicos. 62
3.1.7. Resultados del análisis actual del sistema eléctrico con potencia nominal en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A. 64
3.1.8. Resultados del análisis actual del sistema eléctrico con medida de corrientes en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A. 65
3.1.9. Cuadro comparativo de las tres potencias del sistema eléctrico de la empresa Austral Group S.A.A. 66
3.1.12. Análisis en el transformador trifásico actual: 70
3.1.14. Recibo de pago de la empresa Austral Group S.A.A, agosto 2017. 75
3.2. SELECCIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO A GAS NATURAL CONSIDERANDO UN PLAN DE ARRANQUE SECUENCIAL DE LOS MOTORES Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE. 77
3.2.1. Selección del grupo electrógeno: 77
3.2.3. Arranque secuencial de los motores en los tableros por orden de mayor potencia:80
3.2.4. Determinación del consumo de gas natural: 82
3.3. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA GAS NATURAL. 88
3.4. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS. 95
3.4.4. Dimensionamiento y selección de baterías: 107
3.5. ANÁLISIS ECOLÓGICO DE IMPACTO AMBIENTAL, EN COMPARATIVO CON GRUPOS ELÉCTROGENOS QUE CONSUMEN PETROLÉO Y GAS NATURAL. 108
3.5.2. Análisis ecológico del impacto ambiental con gas natural. 110
3.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CIMENTACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO. 110
3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO. 113
3.7.1. Beneficio en ahorro de energía eléctrica: 113
3.7.3. Beneficio útil del proyecto: 114
3.7.5. Periodo de retorno de la inversión: 117
3.8. ANÁLISIS FINANCIERO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE GRUPO ELECTRÓGENO A GAS NATURAL. 117
IV. DISCUSIÓN 118
V. CONCLUSIÓN 120

VI. RECOMENDACIONES 123
VII. REFERENCIAS 125
ANEXOS 128
A.1. Recibo tarifario de pago de consumo de energía eléctrica de la empresa Austral Group S.A.A. 129
A.2. Parámetros de operación de los tableros de la empresa Austral Group S.A.A - Fichas de registro de los equipos eléctricos. 131
A.3. Ficha técnica del transformador Promelsa. 136
A.4. Ficha técnica: Grupo Electrógeno Cartepillar. 140
A.5. Composición del gas natural en el Perú. 148
A.10. Tablas del Código ASME Sección VIII Div. 1 150
A.12. Catalogo Indeco conductor FREETOX N2XOH. 153
A.13. Catalogo Conductores y Cables del Perú tipo N2XY. 155
A.19. Ficha técnica de pernos ISO. 163
A.22. Ficha técnica de batería o acumulador. 164

RESUMEN

El presente estudio se basó en la implementación de un grupo electrógeno a gas natural para reducir los costos de consumo de energía eléctrica en la empresa Austral Group S.A.A, para la cogeneración total de su propia energía eléctrica, eliminando la dependencia con la concesionaria Hidrandina. El sistema eléctrico actual de la empresa consume una potencia calculada de 1670.96 KW, una potencia medida de 1644.659 KW, una potencia nominal de 1963.845 KW y con un voltaje de 380 V. El cual distribuido en 5 tableros tales como: tablero de calderos 33.261 KW, tablero de procesos de harina y aceite de pescado 451.70 KW, tablero de bombas de tornillo y compresores 744.97 KW, tablero de Maestranza 154.40 KW y tablero de cintas transportadoras e iluminación 286.63 KW. Encontrando un consumo máximo de energía eléctrica de 5184995.08 KWh/año. Se seleccionó un grupo electrógeno a gas natural Caterpillar, modelo G3520H, con una potencia nominal de 2500 KW, voltaje de 0.38 KV, consumiendo 408.24 Kg/h de gas natural. El tanque para gas natural fue diseñado con material acero al carbono SA-285 Grado C en forma horizontal, con una longitud de 427.44 pulg, diámetro 109 pulg y espesor de ½ pulg, para almacenar 69.58 m^3 de gas natural para un intervalo de tiempo de 1 semana. Los conductores desde el grupo electrógeno al tablero general es una terna de 6(4-1*400 mm^2) con una corriente de 895 A. El análisis estructural determino que los pernos deben ser de 1 ½ in ISO 898 clase 8.8, placas de 2.5mx8mx12.7mm y cimientos de 3mx8.5mx450mm, con placas de ½ in de espesor de acero AST-A36. El análisis ecológico de impacto ambiental permite reducir 1807.65 TM/año de dióxido de carbono y 100.54 TM/año de dióxido de azufre. El beneficio útil del proyecto es 186331.04 $/año, con una inversión inicial de 468620.35 U$$ y un retorno operacional de la inversión de 2.5 años. El análisis financiero determino un VAN de 503303.90 $ y un TIR de 38%, con una tasa de interés del 14% y un periodo de 10 años.

Palabras claves: *Grupo electrógeno, costos de energía eléctrica, tanque de gas natural.*

ABSTRACT

The present study was based on the implementation of a natural gas generator to reduce the costs of electricity consumption in the company Austral Group S.A.A, for the total cogeneration of its own electric power, eliminating dependence on the Hidrandina concessionaire. The current electrical system of the company consumes a maximum power peak of 1670.96 KW, a measured power of 1644.569 KW, a nominal power of 1963.845 KW and with a voltage of 380 V. Which distributed in 5 boards such as: board of cauldrons 33.261 KW, board of fishmeal and fish oil processes 451.70 KW, board of screw pumps and compressors 744.97 KW, Board of Maestranza 154.40 KW and board of transporters and lighting 286.63 KW. Finding a maximum electric power consumption of 5184995.08 KWh/year. We selected a Caterpillar natural gas generator, model G3520H, with a nominal power of 2500 KW, voltage of 0.38 KV, consuming 408.24 Kg/h of natural gas. The natural gas tank was designed with SA-285 Grade C carbon steel material horizontally, with a length of 427.44 in., Diameter 109 in. And thickness of ½ in., to store 69.58 m^3 of natural gas for a 1 week time interval. The conductors from the generator set to the general board is a triple of 6(4-1 * 400 mm ^ 2) with a current of 895A. The structural analysis determined that the bolts should be 1 ½ in. ISO 898 class 8.8, 2.5mx8mx12.7mm plates and 3mx8.5mx450mm foundations, with ½ in. Thick AST-A36 steel plates. The ecological analysis of environmental impact allows reducing 1807.65 MT/year of carbon dioxide and 100.54 MT/year of sulfur dioxide. The useful benefit of the project is 186331.04 $/year, with an initial investment of 468620.35 U $$ and an operational return of the investment of 2.5 years. The financial analysis determined a VAN of $ 503303.90 and a TIR of 38%, with an interest rate of 14% and a period of 10 years.

Key Word: *Generator set, electricity power costs, natural gas tank.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática:

La empresa Austral Group S.A.A, tiene por objeto principal dedicarse a la actividad de pesquería industrial, entendiéndose como tal todas las fases de esta actividad tales como extracción, transformación y/o envasado de productos hidrobiológicos, tanto para la alimentación humana directa e indirecta como para el consumo animal, (Austral Group, 2010).

Austral Group S.A.A, en su sistema eléctrico, tiene una dependencia total con la concesionaria Hidrandina, con una potencia contratada de 2050 KW, pero tiene un consumo promedio calculado y medido de 1670.96 KW, comprando a un costo unitario de 0.3364 S./KWh en MT3, la planta opera en promedio 8.5 horas/día (3103 horas/año), resultando el costo en consumo de energía eléctrica 1744230.259 S./año. Para la distribución de energía eléctrica se tiene un transformador trifásico de potencia, con una potencia aparente nominal de 2500 KVA de la marca Promelsa, que reducen la tensión primaria de 13.20 KV a una tensión secundaria de 0.38 KV, la cual es consumida en motores de inducción en calderos, máquinas de procesos (cocinadores, secadores, prensas y evaporadores), bombas de tornillo y compresoras, máquinas de maestranza y cintas transportadoras e iluminación. Anexo A.2.

Con la finalidad de reducir los costos en consumo de energía eléctrica, la empresa Austral Group pretende cogenerar su propia energía eléctrica a través de un grupo electrógeno con la utilización de un combustible renovable y limpio como el gas natural, pretendiendo reducir el costo unitario de generación de energía eléctrica. Por otra parte, al eliminar la dependencia con la concesionaria Hidrandina, se eliminan también los paros programados por mantenimiento, los cuales se realizan con una frecuencia promedio de 1 veces/mes, (Departamento de mantenimiento de la empresa Austral Group S.A.A, 2017).

1.2. Trabajos previos:

Ramírez (2008), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Naval, realizada en la Universidad Nacional De Ingeniería (Lima -Perú) realizó el "Comportamiento termodinámico diésel generador convertido para uso exclusivo de gas natural", el cual tuvo como objetivo en cuestión investigar cuáles son los parámetros que influyen en el desempeño de un grupo diésel generador convertido para uso exclusivo de gas natural. Concluyendo, que el estudio del ciclo dual del motor Diésel, donde el gas natural sustituye al petróleo hasta en 85% (en volumen), inyectándose el petróleo Diésel como combustible piloto para dar inicio a la combustión. Originando ahorros económicos importantes en lo que respecta a costos por combustible.

Rabines (2006), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico, realizada en la Pontificia Universidad Católica del Perú (Lima – Perú) realizó el "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de parámetros físicos y eléctricos de grupos electrógenos" El tema del estudio se enfoca en el monitoreo de las señales eléctricas como lo son la potencia, el voltaje y la corriente así como los parámetros físicos de temperatura, presión de aceite entre otros, implementó un grupo electrógeno a petróleo el cual consume en promedio 700 Kg/h para generar 3000KW de energía eléctrica, con un voltaje de salida de 4160V, concluyendo que los grupos electrógenos de consumo de combustible petróleo industrial, tienen rendimientos en promedio a 30%.

Palma (2010), es su tesis para obtener el título de Ingeniero Naval, realizada en la Universidad Austral de Chile (Valdivia-Chile), realizó la "Selección y mantención de un grupo electrógeno para un buque mercante", Esta tesis tiene como objetivo principal seleccionar un grupo electrógeno para instalar en un buque mercante, en este caso un buque granelero, luego de seleccionar el equipo necesario, se describirán algunas consideraciones a realizarse para la mantención periódica de los grupos electrógenos a bordo, y así podrá tener a bordo un correcto funcionamiento de estos equipos.

Concluyendo, que esta tesis puede ser utilizada como guía, pero no reemplazar los conocimientos que se van adquiriendo en cuanto a la mantención y operación de grupos electrógenos, ya que los avances en la tecnología harán que siempre se tengan que actualizar los contenidos de todo ámbito de trabajo en el que el ingeniero se desenvuelva.

1.3. Teorías relacionadas al tema:

1.3.1. Sistema de distribución eléctrica:

Es el recorrido de la electricidad a través de un conductor (Cable), desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo. Todo circuito eléctrico requiere, para su funcionamiento, de una fuente de energía, en este caso, de una corriente eléctrica. Por otro lado, también se puede definir es una interconexión de elementos eléctricos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas, (Charles y Matthew, 2006).

En la figura 1, se muestra un esquema general de un sistema eléctrico en tres fases:

- Fase 1: En A.T (Alta tensión), proveniente de la central de energía eléctrica.

- Fase 2: En M.T (Media tensión), para consumo industrial.

- Fase 3: En B.T (Baja Tensión), para consumo interno de viviendas.

Cabe resaltar, que la presente tesis, se basa en un sistema eléctrico en M.T.

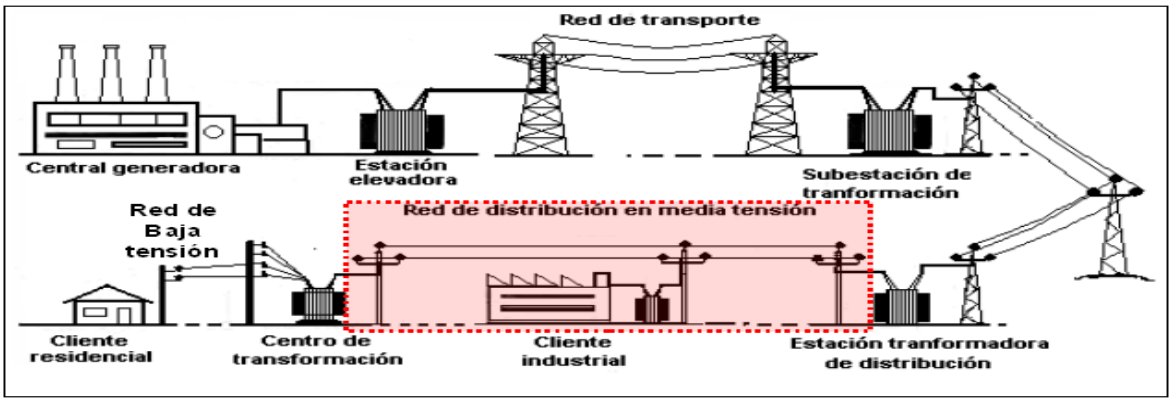


Figura 1: Esquema del sistema eléctrico en AT, MT y BT, (Charles y Matthew, 2006).

1.3.1.1. Equipos en un sistema de distribución eléctrica en M.T.

a) Generador Eléctrico o alternador:

Un generador eléctrico es un dispositivo que convierte energía mecánica en energía eléctrica. Mantiene por tanto una diferencia de potencial entre dos puntos denominados polos, (Martin, 2010).

En la figura 2, se detallan las partes principales de un generador eléctrico:

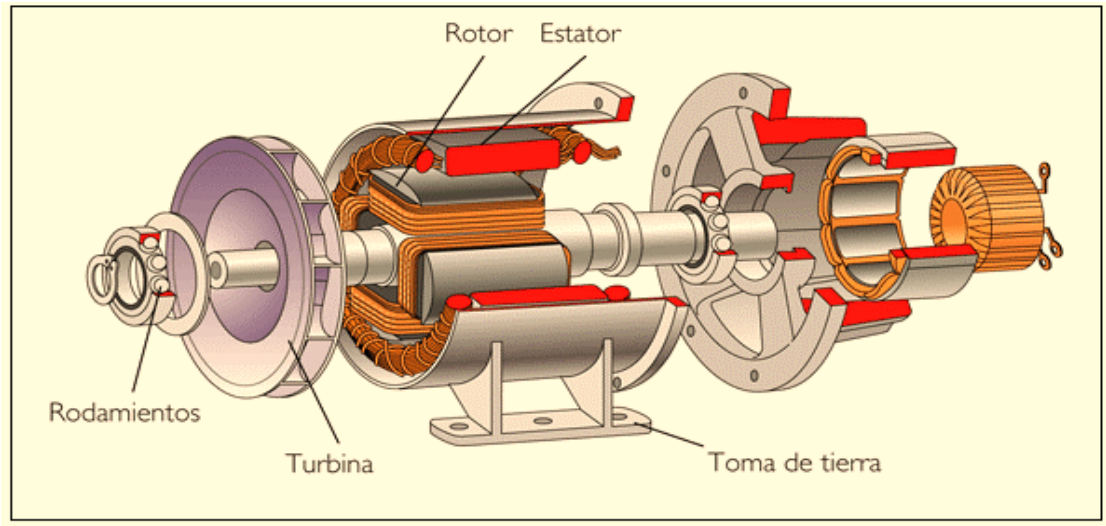


Figura 2: Partes de un generador eléctrico, (Ecuerd, 2016).

Donde:

Estator: Es el responsable del campo magnético (Parte Fija).

Rotor: Plasma las consecuencias de la acción magnética (Parte móvil).

Turbina o ventilador: Encargado del sistema de refrigeración.

Rodamientos: Mantienen la estabilidad de generador a través de su eje.

La potencia absorbida de ingreso al transformador en conexión con un generador eléctrico se determinaría, (Milla, 2006).

$$P_{u,máx} = P_{\substack{abs \\ Trafo}} = \frac{P_u}{\eta_{trafo}} \qquad (01)$$

Dónde:

- $P_{u,máx}$: Potencia útil máxima [KW]
- $P_{\substack{abs \\ Trafo}}$: Potencia absorbida (real) de un transformador eléctrico [KW]
- P_u: Potencia útil [KW]
- η_{trafo}: Rendimiento del transformador [%]

b) Transformador Eléctrico:

El transformador simple consiste en dos bobinas muy cerca entre sí, pero aisladas eléctricamente una de otra. La bobina a la cual se le aplica CA se llama “primario”. Esta genera un campo magnético que atraviesa el arrollamiento de otra bobina a la cual se llama “secundario” y produce en ella una tensión, (Milla, 2006).

En la figura 3, se detallan las partes principales de un Transformador eléctrico.

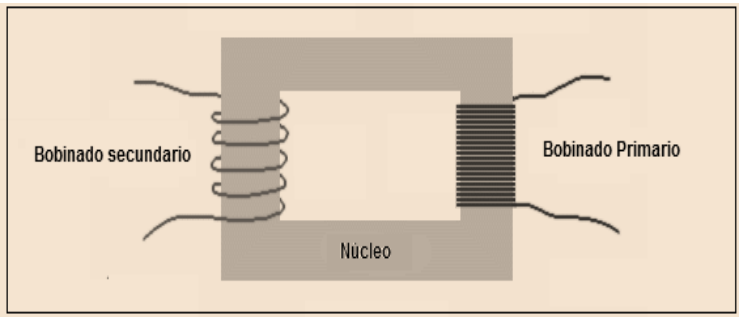


Figura 3: Partes principales de un transformador, (Milla, 2006).

Donde:

Núcleo: Compuesto por chapas ferromagnéticas.

Bobinado primario: Es la parte del transformador que se conecta a la red de corriente alterna.

Bobinado secundario: Es la parte del transformador por la que se obtiene la tensión transformada.

b.1) Principales parámetros de medición de un transformador eléctrico.

- Rendimiento de un transformador: Es la razón de la potencia útil y las pérdidas de energía en el hierro y cobre, (Milla, 2010).

$$\eta_{trafo} = \frac{i * P_u}{i * P_u + P_{fe} + i^2 * P_{cu}} \quad (02)$$

Dónde:

- η_{trafo}: Rendimiento del transformador [%]
- P_u: Potencia útil [KW]
- P_{fe}: Perdidas de potencia en el hierro [KW]
- P_{cu}: Perdidas de potencia en el cobre [KW]
- i: Relación de corrientes

$$i = \frac{I_{2L}}{I_{2n}} \quad (03)$$

- I_{2n}: Corriente nominal a la salida del transformador [A]
- I_{2L}: Corriente real a la salida del transformador [A]

$$I_{2L} = \frac{P_u}{\sqrt{3} * U_{2c} * \cos \emptyset} \quad (04)$$

- $\cos \emptyset$: Factor de potencia del transformador
- U_{2c}: Voltaje real a la salida del transformador [V]

$$U_{2c} = U_{2n} * (1 - r) \quad (05)$$

- r: Regulación de tensión [%]

- Potencia aparente: Es la potencia total consumida por la carga. Se obtiene por la suma vectorial de las potencias activa y reactiva, (Milla, 2010).

$$S_u = \frac{P_u}{\cos \emptyset} \quad (06)$$

Dónde:

- S_u: Potencia aparente útil [KVA]
- P_u: Potencia útil [KW]
- $\cos\varphi$: factor de potencia.

Y la potencia reactiva, se determinaría:

$$Q_u = \sqrt{{S_u}^2 - {P_u}^2} \tag{07}$$

- Q_u: Potencia reactiva útil $[KVAR]$
- S_u: Potencia aparente útil $[KVA]$
- P_u: Potencia útil $[KW]$

- Intensidad eléctrica:

La Intensidad de la corriente eléctrica es la cantidad de electrones por segundo que pasan por una sección del conductor y se mide en amperes, (Milla, 2010).

La intensidad nominal en un sistema se calcula:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} \tag{08}$$

Dónde:

- I_n: Corriente nominal $[A]$
- S_n: Potencia aparente $[KVA]$
- U_n: Voltaje nominal $[KV]$

Y la intensidad de corriente de diseño en un sistema enterrado se calcula:

$$I_d = \frac{I_n}{F_1 * F_2 * F_3} \tag{09}$$

Dónde:

- I_d: Corriente de diseño $[A]$
- I_n: Corriente nominal $[A]$
- F_1: Factor de corrección por temperatura (0.90-0.92)
- F_2: Factor de corrección por diferentes resistencias térmicas de terreno (0.91-0.93)
- F_3: Factor de corrección por diferente profundidad de enterramiento del cable (0.92-0.94)

Otra manera de calcular la corriente de diseño no enterrado es:

$$I_d = I_n * F_d \tag{10}$$

Dónde:

- I_d: Corriente de diseño $[A]$
- I_n: Corriente nominal $[A]$
- F_d: Factor de diseño (1.25)

- Reactancia e Impedancia:

Se denomina reactancia a la oposición ofrecida al paso de la corriente alterna por inductores (bobinas) y condensadores, (Harper, 2004).

Y la impedancia es la oposición al paso de la corriente alterna cuando se aplica una tensión. A diferencia de la resistencia, la impedancia incluye los efectos de acumulación y eliminación de carga e/o inducción magnética, (Harper, 2004).

La reactancia, la impedancia y la resistencia están relacionadas, según se muestra en la siguiente figura 4.

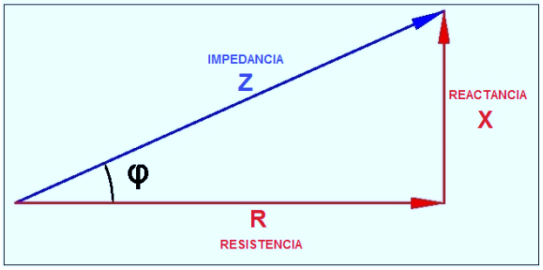


Figura 4: Triángulo eléctrico, (Harper, 2004).

Del triángulo eléctrico, tenemos:

$$Z = \sqrt{{R_{t2}}^2 + {X_L}^2} \tag{11}$$

Dónde:

- Z: Impedancia $[\Omega]$
- R_{t2}: Resistencia eléctrica de un conductor a la temperatura de operación $[\Omega]$

- X_L: Reactancia $[\Omega]$

Donde, también se puede deducir que el factor de potencia es:

$$\cos\varphi = \frac{R_{t2}}{Z} \tag{12}$$

c) Conductor eléctrico:

La ley de Oersted-Ampere establece que un conductor es aquel que lleva una corriente eléctrica produciendo un campo magnético alrededor de él, como se muestra en la figura 5. De esta forma se relaciona una cualidad eléctrica (corriente) con una magnética (campo magnético), (Harper, 2004).

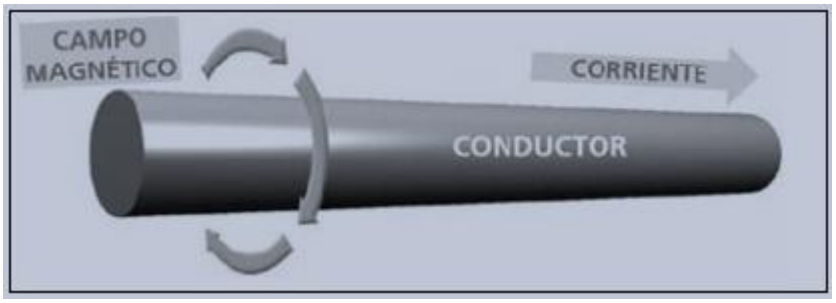


Figura 5: Conductor que lleva una corriente eléctrica y genera un campo magnético, (Harper, 2004).

c.1) Resistencia eléctrica:

Se le llama resistencia eléctrica a la igualdad de oposición que tienen los electrones para desplazarse a través de un conductor, (Ladislao, 2010). La resistencia está dada por la siguiente fórmula:

$$R_{cd} = \frac{\rho * L}{S} \tag{13}$$

Dónde:

- R_{cd}: Resistencia eléctrica de un conductor $[\Omega]$
- ρ: Resistividad del material del conductor $[\Omega * mm^2/m]$
- L: Longitud del conductor $[m]$
- S: área transversal del conductor $[mm^2]$

Temperatura de servicio:

$$\Delta T = Tp - Ts \tag{14}$$

Donde:

- ΔT: Temperatura de servicio $[°C]$
- Tp: Temperatura de operación $[°C]$
- Ts: Temperatura del suelo $[°C]$

Pero la resistencia varía desde su temperatura fuera de operación hasta su temperatura máxima de diseño, (Ladislao, 2010).

Es decir:

$$R_{t2} = R_{t1} * (1 + \alpha * \Delta T) \tag{15}$$

Dónde:

- R_{t2}: Resistencia eléctrica de un conductor a la temperatura final $[\Omega]$
- R_{t1}: Resistencia eléctrica de un conductor a la temperatura inicial $[\Omega]$
- α: coeficiente de dilatación lineal del material del conductor $[°C^{1}]$
- ΔT: Variación de temperatura $[°C]$

La resistencia en un conductor también se puede calcular:

$$R_{cd} = \frac{\Delta U_{cd}}{I_n} \tag{16}$$

Dónde:

- I_n: Corriente nominal $[A]$
- R_{cd} : Resistencia del Conductor $[\Omega]$
- ΔU_{cd}: Caída de voltaje en los conductores $[V]$

c.2.) Dimensionamiento de un conductor eléctrico:

Para el correcto dimensionamiento de un conductor eléctrico se deben tener en cuenta tres pasos, (Harper, 2004).

- Capacidad de corriente: La corriente máxima del conductor tiene que ser mayor a la corriente de diseño en operación del conductor.

Es decir:

$$I_{max} > I_d \tag{17}$$

Donde:

- I_{max}: Intensidad máxima $[A]$
- I_d: Corriente de diseño $[A]$

- Verificación de caída de tensión: La caída de tensión de los conductores debe ser menor a la caída de tensión admisible permitida.

$$\Delta U_{cd} < \Delta U_{adm} \tag{18}$$

Dónde:

- ΔU_{cd}: Caída de voltaje en los conductores $[V]$
- ΔU_{adm}: Caída de tensión admisible por norma $[V]$

Por lo general el porcentaje de tensión admisible debe estar en el rango de:

$$\Delta U_{adm} \approx (2.5 - 5)\% * U_n \tag{19}$$

Donde:

- U_n: Voltaje nominal $[V]$

La caída de tensión máxima en un conductor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta U_{cd} = \sqrt{3} * I_d * L * (R_{t2} * \cos\varphi + X_L * \operatorname{sen}\varphi) \tag{20}$$

Dónde:

- I_d: Corriente del diseño $[A]$
- L : Longitud del conductor $[m]$

- X_L: Reactancia $[\Omega]$
- Φ : Ángulo de fase [rad]
- $Cos\varphi$: Factor de Potencia

- Verificación por corto circuito: Donde la superficie o área transversal en corto circuito debe ser menor al área transversal del conductor seleccionado.

Es decir:

$$S_{CC} < S \tag{21}$$

Tenemos:

- S_{CC}: Superficie en corto circuito $[mm^2]$

$$S_{CC} = \frac{I_{cc}}{13 * \left(\frac{\Delta\in}{t}\right)^{0.5}} \tag{22}$$

Dónde:

- $\Delta\in$: Incremento de temperatura a efecto de C.C $[°C]$
- t: Tiempo de duración del corto circuito $[s]$
- I_{cc}: Corriente en corto circuito $[A]$

$$I_{cc} = \frac{K * S_{CC}}{\sqrt{t}} \tag{23}$$

Donde:

- I_{cc}= Corriente por cortocircuito $[A]$
- S_{CC}= Superficie del conductor $[mm^2]$
- K= Constante para: Conductor/Cobre; Aislamiento/PVC (115).
- t= Tiempo en segundos que puede durar el cortocircuito$[s]$

d) Dimensionamiento y selección de baterías:

Se basa en la energía eléctrica consumida en un día, el voltaje, días de autonomía y profundidad de descarga, (Martínez, 2010).

$$C_{Bateria} = \frac{E_{max} * D_{aut}}{U * P_d} \tag{24}$$

Donde:

- E_{max}: Energía máxima diaria $[Wh/día]$
- U: Voltaje en la batería $[V]$
- D_{aut}: Días de autonomía $[días]$
- P_d: Profundidad de descarga de la batería

e) Motor eléctrico:

Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica mediante interacciones electromagnéticas, (Harper, 2004).

En la figura 6, se muestran las partes principales de un motor eléctrico trifásico.

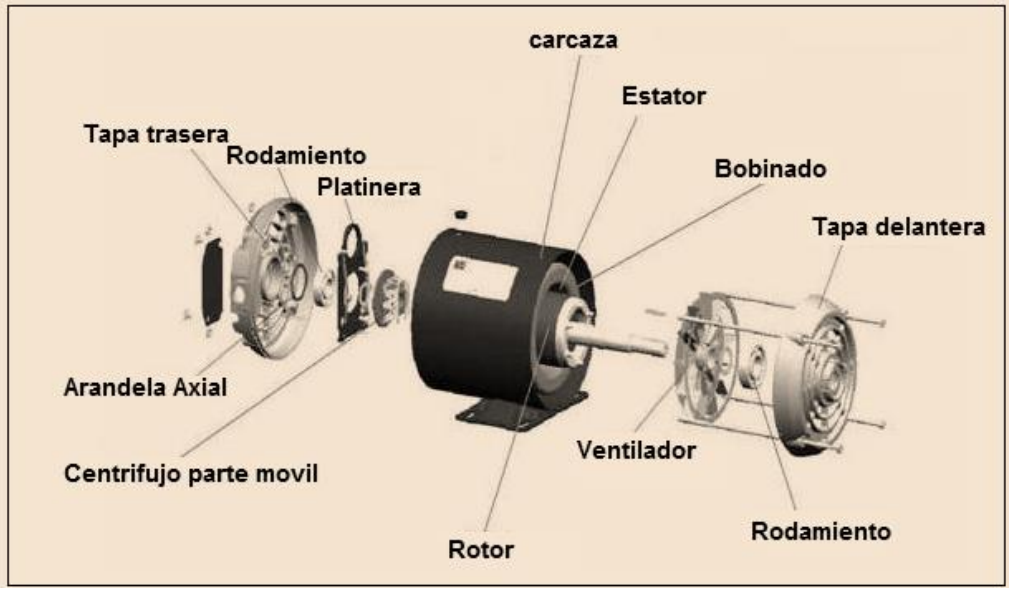


Figura 6: Partes Principales de un motor eléctrico, (Harper, 2004).

Para seleccionar un motor eléctrico, se deben tener en cuenta los siguientes datos, (Harper, 2004).

- Potencia de accionamiento $[W]$

- Características de la carga a accionar
- Velocidad de rotación $[\mathrm{RPM}]$
- Tamaño de la carcasa $[\mathrm{mm}]$
- Temperatura ambiente $[°\mathrm{C}]$
- Voltaje nominal $[\mathrm{V}]$
- Frecuencia del sistema $[\mathrm{Hz}]$
- Número de fases

1) Para determinar la potencia absorbida de un motor eléctrico trifásico, se emplea la siguiente formulación, (Harper, 2004).

$$\mathrm{P_{abs}} = \sqrt{3} * \mathrm{I} * \mathrm{V} * \cos(\varphi) \tag{25}$$

Donde:

- $\mathrm{P_{abs}}$: Potencia del motor eléctrico $[\mathrm{W}]$
- I: Intensidad de corriente eléctrica $[\mathrm{A}]$
- V: Voltaje $[\mathrm{V}]$
- $\cos(\varphi)$: Factor de potencia

2) Para determinar la potencia trifásica absorbida, con potencia monofásica de línea: (Harper, 2004).

$$\mathrm{P_{abs}} = \frac{3 * \mathrm{P_L}}{\eta_\mathrm{L}} \tag{26}$$

Donde:

- $\mathrm{P_{abs}}$: Potencia absorbida trifásica en líneas monofásicas $[\mathrm{W}]$
- $\mathrm{P_L}$: Potencia de línea monofásica $[\mathrm{W}]$
- η_L: Rendimiento del equipo en consumo monofásico $[\%]$

3) La potencia absorbida de un motor eléctrico en accionamiento de una bomba hidráulica, se determinaría, (Viejo, 2010).

$$\mathrm{P}_{\substack{\mathrm{abs} \\ \mathrm{BH}}} = \frac{\dot{\mathrm{m}}_\mathrm{agua} * \mathrm{g} * \mathrm{H_B}}{\eta_\mathrm{B} * \eta_\mathrm{m} * \eta_\mathrm{ME}} \tag{27}$$

Dónde:

- $P_{\underset{BH}{abs}}$: Potencia eléctrica absorbida o real de bomba hidráulica $[W]$
- $\dot{m}_{agua}$: Flujo másico de agua: Es la velocidad a la que la masa de una sustancia pasa a través de una superficie dada $[Kg/s]$
- g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2
- H_B: Altura de la bomba: Hace referencia a la diferencia física real en altura entre nivel del líquido en el pozo y el punto más elevado de la tubería de descarga $[m]$
- η_B: Rendimiento volumétrico de la bomba: Denominado también coeficiente de llenado, es la relación entre la masa de aire aspirada efectivamente en cada ciclo $[\%]$
- η_m: Rendimiento de eje o mecánico, promedio: Relación entre el trabajo útil obtenido y el trabajo consumido, (86%).
- η_{ME}: Rendimiento del motor eléctrico: Es la relación entre potencia de salida sobre potencia de entrada. $[\%]$

4) La potencia absorbida de un motor eléctrico en accionamiento de un ventilador, se determinaría, (Viejo, 2010).

$$P_{\underset{VT}{abs}} = \frac{\dot{V}_{aire} * \Delta_{Pt}}{\eta_{VTF} * \eta_m * \eta_{ME}} \tag{28}$$

Dónde:

- $P_{\underset{VT}{abs}}$: Potencia eléctrica absorbida o real de ventilador $[W]$
- $\dot{V}_{aire}$: Flujo volumétrico de aire: es el volumen de fluido que pasa por una superficie dada en un tiempo determinado $\left[\frac{m^3}{s}\right]$
- Δ_{Pt}: Variación de presión total $[Pa]$
- η_{VT}: Rendimiento volumétrico del ventilador $[\%]$
- η_m: Rendimiento de eje o mecánico, promedio: 86%
- η_{ME}: Rendimiento del motor eléctrico $[\%]$

5) La potencia absorbida de un motor eléctrico en accionamiento de una carga, se determinaría, (Viejo, 2010).

$$P_{\underset{(C)}{abs}} = \frac{\pi * T * n}{30 * \eta_m * \eta_{ME}} \tag{29}$$

Datos:

- $P_{\underset{(C)}{abs}}$: Potencia eléctrica absorbida o real de una determinada carga $[W]$
- T: Momento Torsor: Cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes $[N.m]$
- n: Velocidad de Rotación: Es el número de rotaciones completadas cada minuto por un cuerpo que gira alrededor de un eje. $[RPM]$
- η_m: Rendimiento de eje o mecánico, promedio: 86%
- η_{ME}: Rendimiento del motor eléctrico $[\%]$

6) La potencia absorbida de un motor eléctrico en accionamiento de un compresor de aire, se determinaría, (Viejo, 2010).

$$P_{\underset{(C.A)}{abs}} = \frac{\frac{K * Z}{K - Z} * \dot{V}_{aire} * P_1 * \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K*Z}} - 1\right]}{\eta_C * \eta_m * \eta_{ME}} \tag{30}$$

Dónde:

- $P_{\underset{(C.A)}{abs}}$: Potencia eléctrica absorbida o real de compresor de aire $[W]$
- $\dot{V}_{aire}$: Flujo volumétrico de aire $\left[\frac{m^3}{s}\right]$
- Z: Número de atapas de compresión
- P_1, P_2: Presiones absolutas de succión y descarga $[bar@]$
- K: Contante adiabática del aire: 1.4.
- η_C: Rendimiento volumétrico del compresor $[\%]$
- η_m: Rendimiento de eje o mecánico, promedio: 86%
- η_{ME}: Rendimiento del motor eléctrico $[\%]$

7) Por otra parte, el consumo de energía eléctrica de un equipo, se formula, (Harper, 2004).

$$(C_E)_{abs} = P_{abs} * Tp \tag{31}$$

Dónde:

- P_{abs}: Potencia real o absorbida $[KW]$
- $(C_E)_{abs}$: Consumo de energía real o absorbido $\left[\frac{KWh}{año}\right]$
- Tp: Tiempo de operación del equipo $\left[\frac{h}{año}\right]$

1.3.2. Grupo electrógeno:

Es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna que puede consumir diésel, gasolina, gas licuado de petróleo o gas natural. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica, en situaciones de cogeneración para la independización total con la concesionaria Hidrandina, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico, (Abamotor, 2009).

En la figura 7, se muestran las partes fundamentales de un grupo electrógeno.

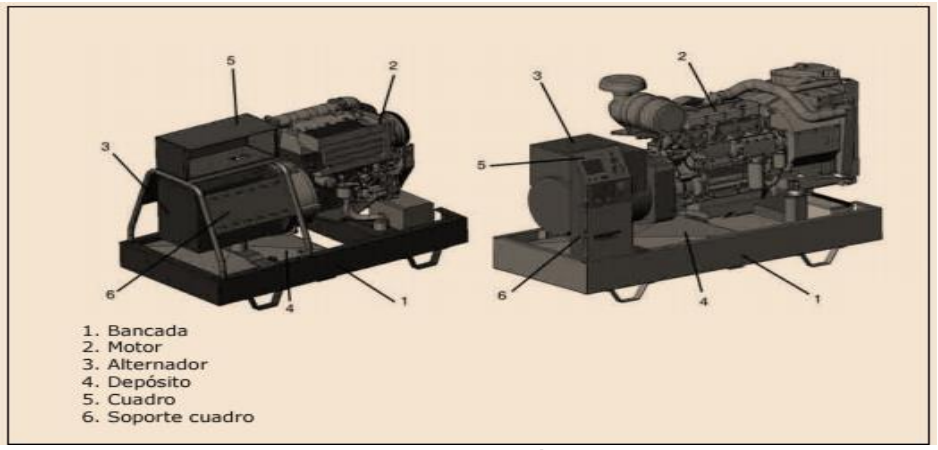


Figura 7: Partes de un grupo electrógeno, (Abamotor, 2009).

Consumo de combustible de un grupo electrógeno a gas natural se determina, (Viejo, 2010).

$$\dot{m}_{GN} = \frac{P_u}{\eta_{e.t} * \left(PCI_{GN} + Cp_{GN} * T_{GN} + r_{(a/c)} * C_{P_a} * T_a\right)} \tag{32}$$

Donde:

- $\dot{m}_{GN}$: Flujo másico de gas natural $[Kg/s]$
- P_u: Potencia útil $[KW]$
- $\eta_{e.t}$: Rendimiento energético térmico del grupo electrógeno $[\%]$
- PCI_{GN}: Poder calorífico inferior del gas natural $[KJ/Kg]$
- Cp_{GN}: Calor especifico del gas natural $[KJ/Kg°C]$
- T_{GN}: Temperatura del gas natural $[°C]$
- $r_{(a/c)}$: Ratio de combustión
- C_{P_a}: Calor especifico del aire $[KJ/Kg°C]$
- T_a: Temperatura del aire $[°C]$

1.3.2.1. Motor de combustión interna:

Un motor de combustión interna basa su funcionamiento, como su nombre lo indica, en el quemado de una mezcla comprimida de aire y combustible dentro de una cámara cerrada o cilindro, con el fin de incrementar la presión y generar con suficiente potencia el movimiento lineal alternativo del pistón.

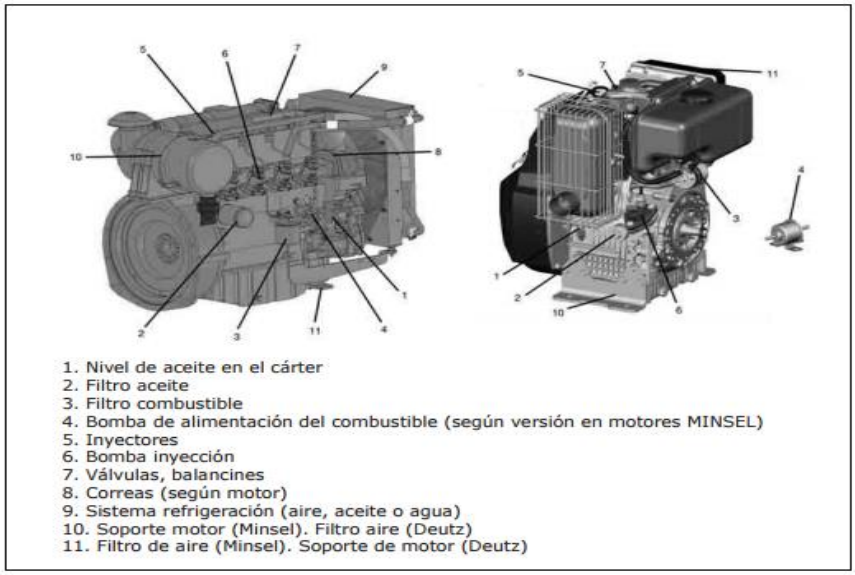


Figura 8: Partes de un motor de combustión, (Abamotor, 2009).

Para determinar el poder calorífico inferior de un combustible gaseoso, según la ecuación matemática de Dulong, para combustibles gaseosos, (Martínez, 2010).

$$PCI = \frac{M_{Cm} * PCI_{carb.} + M_{Hn} * PCI_{hid.}}{M_{CmHn}} \quad (33)$$

Dónde:

M_{Cm}: Peso atómico del compuesto de carbono $[Kg/Kmol]$

$PCI_{carb.}$: Poder calorífico inferior del carbono, 32714.7 KJ/Kg

M_{Hn}: Peso atómico del compuesto de hidrogeno $[Kg/Kmol]$

$PCI_{hid.}$: Poder calorífico inferior del hidrogeno, 119838.13 KJ/Kg

M_{CmHn}: Peso atómico del compuesto $[Kg/Kmol]$

Se tiene:

$$PCI_{Gas\ natural} = \sum_{i=1}^{n} PCI_{C_mH_n} * g_{C_mH_n} \qquad (34)$$

Donde:

- PCI_{GN}: Poder calorífico inferior del gas natural $[KJ/Kg]$
- $PCI_{C_2H_6}$: Poder calorífico inferior del etano $[KJ/Kg]$
- $PCI_{C_3H_8}$: Poder calorífico inferior del propano $[KJ/Kg]$
- $PCI_{C_5H_{12}}$: Poder calorífico inferior del pentano $[KJ/Kg]$
- $PCI_{C_1H_4}$: Poder calorífico inferior del metano $[KJ/Kg]$
- $PCI_{C_4H_{10}}$: Poder calorífico inferior del butano $[KJ/Kg]$
- $g_{C_2H_6}$: Participación másica del etano $[\%]$
- $g_{C_3H_8}$: Participación másica del propano $[\%]$
- $g_{C_5H_{12}}$: Participación másica del pentano $[\%]$
- $g_{C_1H_4}$: Participación másica del metano $[\%]$
- $g_{C_4H_{10}}$: Participación másica del butano $[\%]$

1.3.2.2. Balances de combustión:

El balance en un sistema de combustión se basa en relacionar o equilibrar la masa de los reactantes y los productos durante el periodo de la reacción química, (Viejo, 2010).

a) Balance en combustión completa: Refiere a que existe la cantidad completa de comburente para oxidar todas las partículas del combustible como el carbono, hidrogeno y nitrógeno, (Viejo, 2010).

$$\alpha * (O_2 + 3.76\ N_2) + \text{combustible} = \beta CO_2 + \gamma H_2O + \varphi N_2 \qquad (35)$$

$$m_{aire} + m_{Gas\ Natural} = m_{gases\ evacuados} \qquad (36)$$

- $m_{Gas\ Natural} = n_1CH_4 + n_2C_2H_6 + n_3C_3H_8 + n_4C_4H_{10} + n_5C_5H_{12} + n_6C_6H_{14} + n_7N_2 + n_8CO_2$
- $m_{aire} = \alpha * (O_2 + 3.76\ N_2)$
- $m_{gases\ evacuados} = \beta CO_2 + \gamma H_2O + \varphi N_2$

Donde:

- $m_{Gas\ Natural=Combustible}$: Masa del gas natural $[Kg]$
- m_{aire}: Masa del aire $[Kg]$
- $m_{gases\ evacuados}$: Masa de gases evacuados $[Kg]$
- $n_{1...8}$: Número de moles de cada hidrocarburo $[Kmol]$
- α: Número de moles del oxigeno $\left[\frac{Kg}{Kmol}\right]$
- β: Número de moles del dióxido de carbono $\left[\frac{Kg}{Kmol}\right]$
- γ: Número de moles del agua $\left[\frac{Kg}{Kmol}\right]$
- φ: Número de moles del nitrógeno $\left[\frac{Kg}{Kmol}\right]$

b) Balance en combustión real o incompleta: Refiere a un exceso de comburente para lograr oxidar todas las partículas del combustible, es decir en los productos aparece un sobrante de oxígeno, (Viejo, 2010).

$$\alpha * a_t * (O_2 + 3.76\ N_2) + \text{combustible} = \beta CO_2 + \gamma H_2O + \omega N_2 + \delta O_2 \qquad (37)$$

Dónde:

- α: Número de moles del oxigeno $\left[\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{Kmol}}\right]$
- a_t: Porcentaje de aire teórico
- β: Número de moles del dióxido de carbono $\left[\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{Kmol}}\right]$
- γ: Número de moles del agua $\left[\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{Kmol}}\right]$
- ω: Número de moles del nitrógeno $\left[\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{Kmol}}\right]$
- δ: Número de moles del oxígeno libre $\left[\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{Kmol}}\right]$

c) Ratio de combustión: Es la relación de la masa de aire en combustión incompleta y la masa del combustible. Refleja el consumo másico de aire en referencia a un 1 Kg de combustible, (Viejo, 2010).

$$r_{(a/c)} = \frac{m_a}{m_c} = \frac{\alpha * a_t * (O_2 + 3.76\ N_2)}{m_c} \tag{38}$$

Dónde:

- $r_{(a/c)}$: Relación aire combustible $\left[\frac{\mathrm{Kgaire}}{\mathrm{Kgcble}}\right]$
- m_c: Masa del combustible $[\mathrm{Kg}]$

1.3.3. Diseño mecánico de recipientes a presión- Código ASME, sección VIII, división 01:

Uno de los Códigos de construcción de recipientes sometidos a presión de mayor uso a nivel internacional es la Sección VIII, División 1 del Código ASME de Calderas y recipientes a presión, (Martínez, 2010).

A continuación, se muestran las fórmulas principales a utilizar, para el diseño de los recipientes de almacenamiento de gas natural:

1.3.3.1. Presión máxima de diseño: Presión a condiciones máximas por normal, (Martínez, 2010).

$$P_o \leq 300\ \mathrm{Psi} \rightarrow\ P = (P_o + 30\ )\mathrm{psi} \tag{39}$$

Donde:

P: presión de diseño $[\mathrm{Psi}]$

P_o: presión de operación del gas natural $[\mathrm{Psi}]$

1.3.3.2. Diámetro óptimo: Para determinar el diámetro óptimo, se procede, primero determinando el factor "F" de medidas adecuadas en el recipiente a presión, (Martínez, 2010).

Tenemos:

$$F = \frac{P}{C * S * E} \tag{40}$$

Dónde:

- F: Factor de medidas adecuadas de recipientes $[\mathrm{pulg}^{-1}]$
- P: presión de diseño $[\mathrm{Psi}]$
- C: margen de corrosión, recomendado 1/8 pulg
- S: esfuerzo máximo permisible de diseño $[\mathrm{Psi}]$
- E: eficiencia de la soldadura, recomendado 85%

Con el margen de corrosión recomendado, se puede determinar la vida máxima de operación del recipiente o tanque de gas natural, (Martínez, 2010).

$$\text{Vida operativa} = \frac{\text{margen de corrosión}}{\text{Velocidad de corrosión}} \tag{41}$$

1.3.3.3. Longitud del recipiente a presión: Longitud efectiva del recipiente, (Martínez, 2010).

$$L = \frac{4 * (V_{GNL})_{max}}{\pi * {D_{int}}^2} - \frac{D_{int}}{3} \tag{42}$$

Donde:

- L: Longitud del recipiente $[\mathrm{pie}]$

- $(V_{GNL})_{max}$: Volumen máximo de almacenamiento de gas natural $[pie^3]$
- D_{int}: Diámetro interior del cilindro $[pie]$

1.3.3.4. Cálculo del espesor de pared del cuerpo: Se determina, según la siguiente formulación, (Martínez, 2010).

$$t_{e_1} = t + 2 * C \tag{43}$$

Se tiene:

$$t = \frac{P * R_{int}}{S * E - 0.6\,P} \tag{44}$$

Donde:

- t_{e_1}: Espesor del recipiente con exceso de margen de corrosión [pulg]
- t: Espesor del recipiente sin margen de corrosión [pulg]
- P: Presión de diseño [Psi]
- R_{int}: Radio interior [pulg]
- C: Margen de corrosión, recomendado 1/8 pulg
- S: Esfuerzo máximo permisible de diseño [Psi]
- E: Eficiencia de la soldadura, recomendado 85%

1.3.3.5. Cálculo del espesor de pared de las tapas semielípticas: Se determina, según la formulación, (Martínez, 2010).

$$t_{e_2} = t + 2 * C \tag{45}$$

Se tiene:

$$t = \frac{P * R_{int}}{S * E - 0.1\,P} \tag{46}$$

Donde:

- t_{e_2}: Espesor del recipiente con exceso de margen de corrosión [pulg]
- t: Espesor del recipiente sin margen de corrosión [pulg]
- P: Presión de diseño [Psi]

- R_{int}: Radio interior [pulg]
- C: Margen de corrosión, recomendado 1/8 pulg
- S: Esfuerzo máximo permisible de diseño [Psi]
- E: Eficiencia de la soldadura, recomendado 85%

1.3.3.6. Alturas de las tapas semielípticas: Se determina, según la formulación, (Martínez, 2010).

$$h_{int} = \frac{D_{int}}{4} \tag{47}$$

$$h_{ext} = h_{int} + t_{e_2} \tag{48}$$

Donde:

- h_{int}, h_{ext}: Alturas interior y exterior de las tapas semielípticas [pulg]
- t_{e_2}: Espesor del recipiente con exceso de margen de corrosión [pulg]
- D_{int}: Diámetro interior del cilindro $[pulg]$

1.3.3.7. Diámetro exterior del tanque:

$$D_{ext} = D_{int} + 2 * t_{e2} \tag{49}$$

Donde:

- D_{ext}: Diámetro exterior del tanque [m]
- D_{int}: Diámetro interior del tanque [m]
- t_{e2}: Espesor de la pared del tanque [m]

1.3.3.8. Dimensionamiento de tuberías:

• Número de cédula: Es una forma de definir el espesor de las paredes de una tubería, las cédulas reforzada más importantes están entre los rangos 5, 10, 30 y 40 estos son aplicable entre tuberías de 1/8 de pulgada hasta 10 pulgadas.

$$SHC = \frac{1000 * P}{S} * fs \tag{50}$$

Donde:

P: Presión de diseño [Psi]

S: Esfuerzo máximo permisible de diseño [Psi]

fs: Factor de seguridad.

- Superficie transversal:

$$S = \frac{\dot{m}}{\rho * U} \tag{51}$$

- $\dot{m}$: Flujo másico $[Kg/s]$
- ρ: Densidad $[Kg/m^3]$
- U: Velocidad del fluido $[m/s]$
-

- Diámetro interior de la tubería:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} \tag{52}$$

1.3.4. Análisis estructural:

1.3.4.1. Placas de soporte: Es muy relevante determinar el espesor de las placas bases para evitar flexión, así como el diámetro óptimo de los pernos.

- Espesor de la placa: (Viejo, 2010).

$$t = \frac{2 * W_P * n}{l * Sy} \tag{53}$$

Dónde:

- t: espesor mínimo de la placa base $[m]$
- W_P: peso del G.E. $[N]$
- n: factor de seguridad
- l: lado mínimo de la placa $[m]$
- Sy: esfuerzo de fluencia del material de la placa $[Pa]$

- Diámetro de los pernos, (Singer, 2008):

$$d = \frac{n * V_P}{\pi * \tau_{max} * t} \tag{54}$$

Dónde:

- d: diámetro del perno $[\mathrm{m}]$
- V_P: fuerza cortante $[\mathrm{N}]$
- n: factor de seguridad
- t: espesor mínimo de la placa base $[\mathrm{m}]$
- τ_{max}: esfuerzo máximo o admisible de la placa $[\mathrm{Pa}]$

1.3.4.2. Cimientos: Es la base de concreto expuesta a esfuerzo axial, que soporta el peso del conjunto: grupo electrógeno, placas bases y pernos, (Harper, 2004).

$$b = \left(\frac{W_{neto}}{(\sigma_{adm})_t - \gamma_c * e}\right)^{0.5} \tag{55}$$

Dónde:

- b: largo y ancho del cimiento $[\mathrm{m}]$
- e: altura o profundidad del cimiento $[\mathrm{m}]$
- W_{neto}: carga total que soporta el cimiento $[\mathrm{N}]$
- $(\sigma_{adm})_t$: esfuerzo admisible del terreno $[\mathrm{Pa}]$
- γ_c: peso específico del terreno $\left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^3}\right]$

1.3.5. Análisis Económico:

1.3.5.1. Retorno operacional de la inversión (ROI).

Es un parámetro que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial, (Sowell, 2013).

$$\mathrm{ROI} = \frac{I}{B} \tag{56}$$

Dónde:

I: Inversión para la ejecución del proyecto [$]

B: Beneficio logrado por el proyecto [$/año]

1.3.5.2. Valor actual neto:

Es un método de valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión, (Sowell, 2013).

$$\mathrm{VAN} = \sum_{t=1}^{n} \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_O \tag{57}$$

Dónde:

- VAN : Valor actual neto [$]
- V_t: Flujos de caja en cada tiempo [$]
- r: Interés [%]
- n: Número de períodos considerados [años]
- I_O: Valor del desembolso inicial de la inversión [$]

1.3.5.3. Tasa interna de retorno:

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto, es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos, como negativos) de una determinada inversión sean igual a cero, (Sowell, 2013).

$$\mathrm{VAN} = \sum_{t=1}^{n} \frac{V_t}{(1+\mathrm{TIR})^t} - I_O = 0 \tag{58}$$

Dónde:

- TIR**:** Tasa interna de retorno
- VAN: Valor actual neto [$]
- V_t: Flujos de caja en cada tiempo [$]
- n: Número de períodos considerados [años]
- I_O: Valor del desembolso inicial de la inversión [$]

1.4. Formulación del Problema:

¿En cuánto reducirá el costo en consumo de energía eléctrica, la implementación de grupo electrógeno a gas natural para la generación de 2500 KW en la Empresa Austral Group S.A.A.?

1.5. Justificación del estudio:

- **Relevancia económica:**

La implementación de grupos electrógeno a gas natural, permitirá reducir los costos de energía eléctrica, logrando maximizar el beneficio económico mediante la minimización del costo unitario de generación de energía eléctrica.

- **Relevancia tecnológica:**

La implementación de tecnologías energéticas, como: grupos electrógenos consumidores de gas natural para la cogeneración de energía eléctrica, permitirán a la empresa Austral Group, estar un paso por delante con referencia a otras empresas del mismo rubro. Y de esta manera eliminar la dependencia con la concesionaria Hidrandina.

- **Relevancia institucional:**

La Universidad César Vallejo como una institución educativa universitaria promueve el estudio de trabajos de tesis como: La implementación de grupo electrógeno a gas natural, permitiendo una relación laboral entre la empresa Austral Group y la Universidad. Logrando que el alumno de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica extienda sus conocimientos hacia el campo laboral.

- **Relevancia socio-ambiental:**

La implementación de grupo electrógeno a gas natural, nos permite utilizar energías limpias, contribuyendo al impacto ambiental.

1.6. Hipótesis.

La implementación de grupo electrógeno a gas natural para la generación de 2500 KW, reduce significativamente los costos de energía eléctrica en la empresa Austral Group S.A.A.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General:

Analizar técnicamente y económicamente la implementación de grupo electrógeno a gas natural para la generación de 2500 KW, para reducir los costos de energía eléctrica en la empresa Austral Group S.A.A.

1.7.2. Objetivos específicos:

1. Analizar la situación actual del sistema eléctrico de la planta pesquera Austral Group S.A.A.
2. Seleccionar el grupo electrógeno a gas natural considerando un sistema de arranque secuencial de los motores y determinar el consumo de gas natural para cumplir con la demanda de energía eléctrica de la planta pesquera.
3. Dimensionar y seleccionar el tanque a gas natural y accesorios, mediante el flujo volumétrico de almacenamiento.
4. Dimensionar y seleccionar los conductores eléctricos desde el grupo electrógeno hasta el tablero general y los conductores hasta los tableros de distribución de la empresa Austral Group S.A.A.
5. Realizar un análisis ecológico de impacto ambiental, del grupo electrógeno en consumo de gas natural en relación a grupos electrógenos de consumo diésel.
6. Realizar un análisis estructural de cimentación para la nueva tecnología a instalar.
7. Determinar el beneficio económico en la reducción de los costos de energía eléctrica con grupo electrógeno, inversión y retorno operacional de la inversión inicial.
8. Determinar la viabilidad del proyecto mediante las herramientas financieras VAN y TIR.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación:

Pre – Experimental: Porque se evaluarán condiciones del sistema eléctrico de la empresa actualmente y en un futuro proyectado en condiciones de mejora.

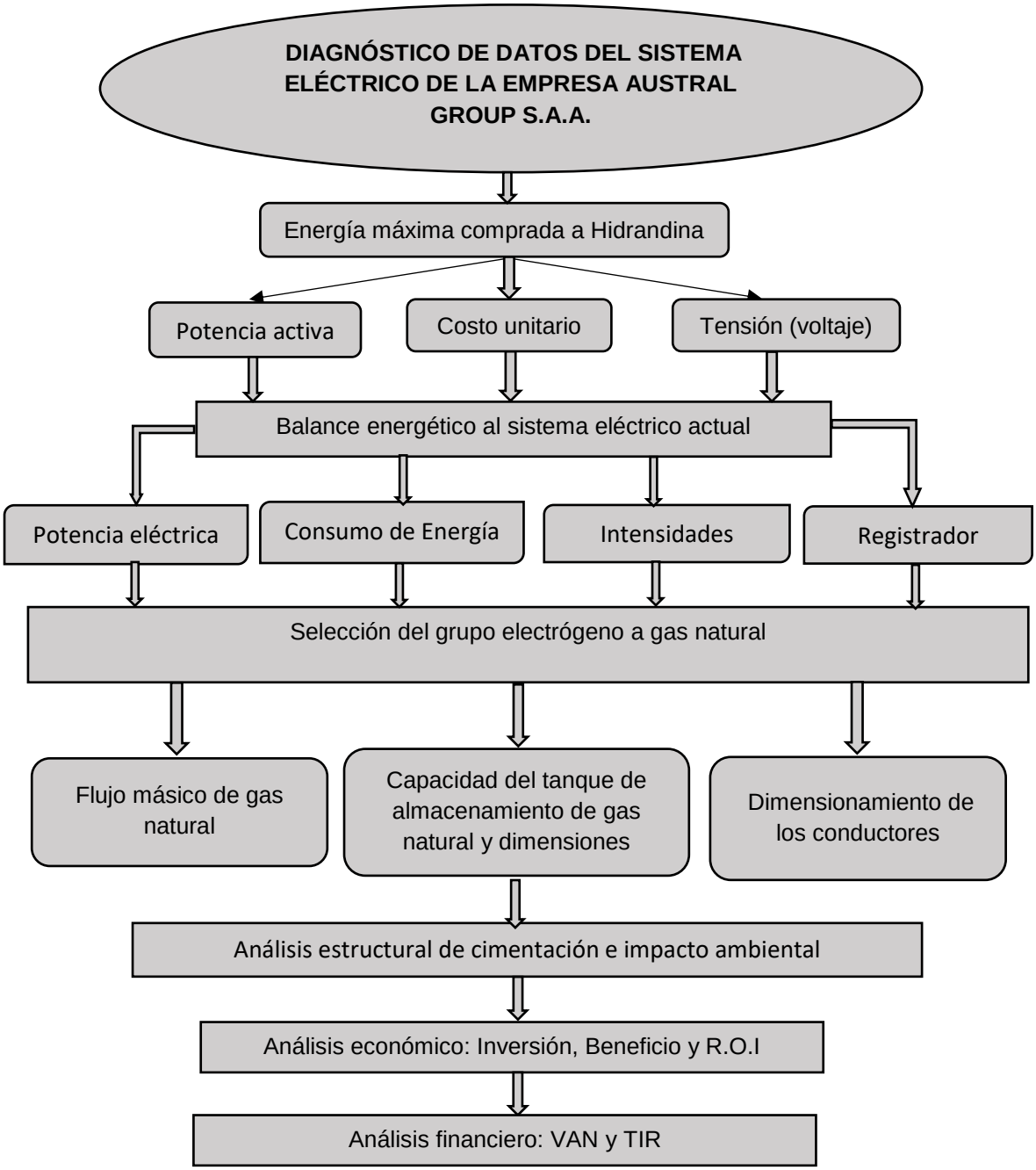


Figura 9: Diagrama de flujo del proyecto.

2.2. Variables y Operacionalización:

Variable independiente:

- ✓ Demanda máxima de la empresa Austral Group S.A.A con la concesionaria Hidrandina.
- ✓ Potencia eléctrica consumida por la empresa Austral Group S.A.A
- ✓ Costo unitario de la energía eléctrica de la concesionaria Hidrandina.

Variables dependientes:

- ✓ Consumo del gas natural con grupo electrógeno.
- ✓ Costo unitario del gas natural con grupo electrógeno.
- ✓ Beneficios económicos.

Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables.

Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de medición
Variables independientes	Demanda máxima	Es la carga máxima que se suministra a un circuito eléctrico durante un periodo determinado de tiempo.	Se utiliza para dimensionar los componentes del sistema eléctrico de la planta en función al consumo de energía de la empresa Austral Group S.A.A.	Fichas de registro	De Razón (KW)
	Potencia eléctrica	Es la potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo.	Es la potencia consumida por los motores en las cinco áreas de la empresa Austral Group S.A.A.	Fichas de registro (Pinza amperimétrica)	De Razón (KW)
	Costo unitario de energía eléctrica	Costo de producir una unidad de producto o de servicio, basado en promedios y tomando en consideración los costos que intervienen en la fabricación.	Es la tarifa de energía eléctrica impuesto por la concesionaria Hidrandina (MT3) que actualmente consume la empresa Austral Group S.A.A.	Cálculo económico	De Razón (S. /KWh)
Variables dependiente	Consumo del gas natural	Magnitud física que expresa la variación de la masa con respecto al tiempo.	Es el consumo de gas natural que consumirá el grupo electrógeno para cumplir con la misma generación de energía eléctrica comprada a Hidrandina	Cálculo energético	De Razón (KW)
	Costo unitario del gas natural	Costo de producir una unidad de producto o de servicio, basado en promedios y tomando en consideración los costos que intervienen en la fabricación.	Es el costo unitario del gas natural más bajo en comparación al costo unitario pagado a Hidrandina logrando de esta manera un gran beneficio económico para la empresa.	Cálculo económico	De Razón (S. /KWh)
	Beneficios económicos	Es la ganancia que se obtiene de un proceso o actividad económica	Es el beneficio obtenido de la resta de los costos de E.E. con Hidrandina y los costos de E.E. con el grupo electrógeno a gas natural.	Análisis de costos	De Razón (S/.año)

2.3. Población y muestra.

2.3.1. Población:

Plantas Pesqueras de Chimbote consumidoras de energía eléctrica de la cocesionaria Hidrandina.

2.3.2. Muestra:

Empresa Austral Group S.A.A.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Tabla 2: Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos de la tesis

TÉCNICA	INSTRUMENTO	VALIDACIÓN
Análisis Documental	Fichas de registro	Por expertos

2.5. Métodos de análisis de datos.

Con el análisis documental a través de fichas de registro, se extraerá durante un periodo de evaluación de un año el consumo de energía eléctrica, el tiempo de operación y el costo unitario de la concesionaria Hidrandina.

A través de la toma de datos con las fichas de registro, se evaluará el consumo de energía eléctrica por cada mes, teniendo como periodo de evaluación el año 2017, determinando de esta manera los picos máximos de consumo de energía eléctrica, para de esta manera dimensionar y seleccionar el grupo electrógeno a instalar.

Mediante el cálculo energético, se hará el cálculo de capacidad para los tanques de almacenamiento de gas natural mediante la norma ASME (American Society of

Mechanical Engineers). Y con el análisis eléctrico se determinará el costo unitario con grupo electrógeno y se dimensionaran los conductores.

En el análisis económico, el beneficio se obtendrá a través de la reducción de los costos unitarios de la concesionaria Hidrandina y el costo unitario con grupo electrógeno. La inversión será la suma de los costos de todos los activos (Grupo electrógeno, transformador, conductores, y mano de obra). Para finalmente poder determinar el ROI que es la relación de la inversión entre el beneficio.

Para la viabilidad del proyecto desde el punto de vista financiero, se determinarán el VAN y TIR, con valores de tasas y periodos de tiempo reales de acuerdo a identidades bancarias.

2.6. Aspectos éticos:

Esta autorización fue aceptada en términos de estado consciente y voluntario por parte del supervisor de la planta fuerza. El documento fue corroborado con las firmas correspondientes y documentos de identificación, ya sea por el mismo supervisor y por la empresa responsable.

III. RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO CON DATOS TÉCNICOS DE LA PLANTA PESQUERA AUSTRAL GROUP S.A.A.

3.1.1. Tablero de calderos pirotubulares:

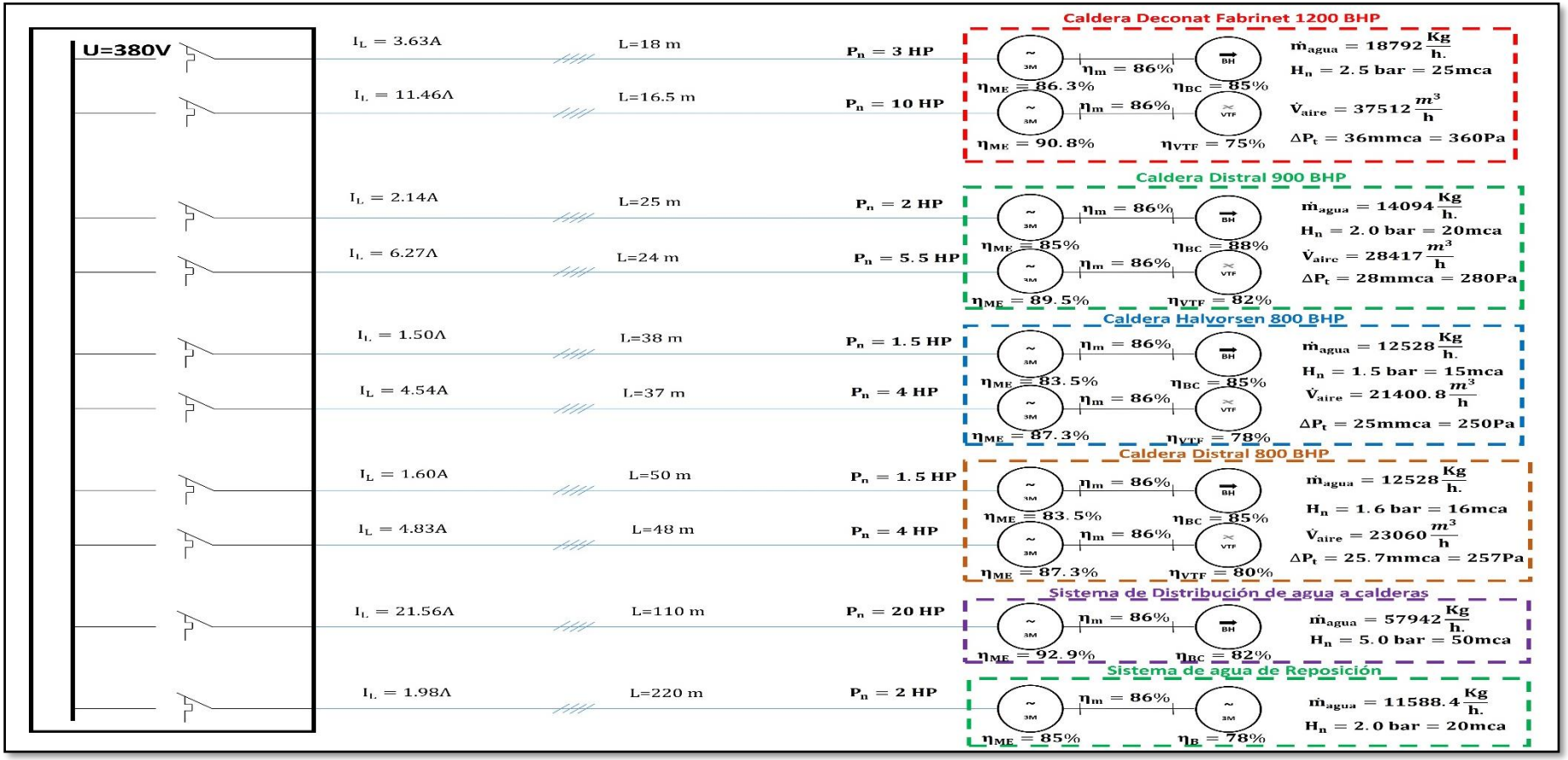


Figura 10: Diagrama unifilar del sistema de distribución eléctrico del tablero de alimentación de los calderos pirotubulares, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Parámetros de operación de los tableros – Anexo A2 tabla 32, Austral Group S.A.A, 2017.

Tabla 3: Potencias y consumos de energía absorbidas en tablero de alimentación de calderos, Austral Group S.A.A, 2017. Ver datos del Anexo A.2. Tabla 32.

BOMBAS HIDRÁULICAS	POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]		EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]	POTENCIA CALCULADA (KW) $P_{\substack{abs \\ BH}} = \frac{\dot{m}_{agua} * g * H_B}{\eta_B * \eta_m * \eta_{ME} * 1000}$	CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año) $(C_E)_{\substack{abs \\ BH}} = P_{\substack{abs \\ BH}} * T_p$
	CANTIDAD	POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]			
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE CALDERA DECONAT FABRINET 1200BHP	1	3 (2.238)	86.3	2.029	6295.987
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE CALDERA DISTRAL 900BHP	1	2 (1.492)	85.0	1.194	3704.982
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE CALDERA HALVORSEN 800BHP	1	1.5 (1.119)	83.5	0.839	2603.417
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE CALDERA DISTRAL 800BHP	1	1.5 (1.119)	83.5	0.895	2777.185
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN	1	20 (14.92)	92.9	12.050	37391.15
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE AGUA DE REPOSICIÓN	1	2 (1.492)	85	1.108	3438.124

VENTILADORES TIRO FORZADO	POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]		EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]	POTENCIA CALCULADA (KW) $P_{\substack{abs \\ VTF}} = \frac{\dot{V}_{aire} * \Delta_{Pt}}{\eta_{VTF} * \eta_m * \eta_{ME} * 1000}$	CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año) $(C_E)_{\substack{abs \\ VTF}} = P_{\substack{abs \\ VTF}} * T_p$
	CANTIDAD	POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]			
MOTOR DE INDUCCIÓN DE VENTILADOR DE CALDERA DECONAT FABRINET 1200BHP	1	10 (7.460)	90.8	6.405	19874.715
MOTOR DE INDUCCIÓN DE VENTILADOR DE CALDERA DISTRAL 900BHP	1	5.5 (4.103)	89.5	3.502	10866.706
MOTOR DE INDUCCIÓN DE VENTILADOR DE CALDERA HALVORSEN 800BHP	1	4 (2.984)	87.3	2.538	7875.414
MOTOR DE INDUCCIÓN DE VENTILADOR DE CALDERA DISTRAL 800BHP	1	4 (2.984)	87.3	2.701	8381.203
TOTAL	**10**	**53.5 (39.911)**		**33.261**	**103208.883**

Fuente: Figura 10 parámetros de operación del tablero de alimentación de los calderos pirotubulares, Austral Group S.A.A, 2017.

3.1.2. Tablero de procesos de harina y aceite de pescado:

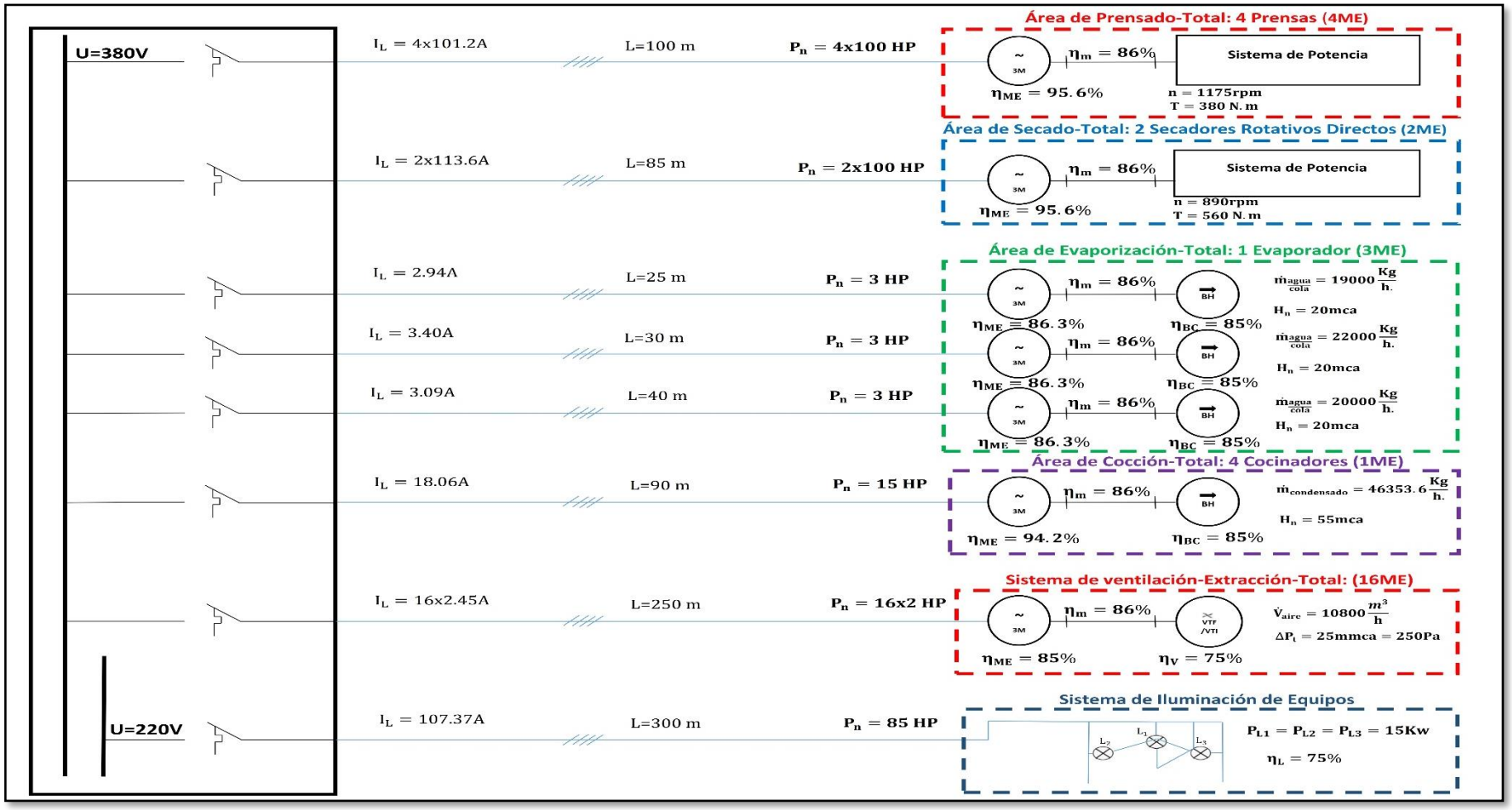


Figura 11: Diagrama unifilar del sistema de distribución eléctrico del tablero de alimentación de los procesos de harina y aceite de pescado, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Parámetros de operación de los tableros – Anexo A2 Tabla 33, Austral Group S.A.A, 2017.

Tabla 4: Potencias y consumos de energía absorbidas en tablero de alimentación de procesos de harina y aceite de pescado, Austral Group S.A.A, 2017. Ver datos del Anexo A.2. Tabla 33.

ÁREAS DE PROCESOS	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs_P} = \frac{\pi * T * n}{30 * \eta_m * \eta_{ME} * 1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs_P} = P_{abs_P} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
ÁREA DE PRENSADO: MOTORES ELÉCTRICO ASÍNCRONO	4	100 (74.6)	95.6	227.49	705901.47
ÁREA DE SECADO: MOTORES ELÉCTRICOS ASÍNCRONOS	2	100 (74.6)	95.6	126.96	393956.88
EVAPORADOR	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs_{BH}} = \frac{\dot{m}_{agua} * g * H_B}{\eta_B * \eta_m * \eta_{ME} * 1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs_{BH}} = P_{abs_{BH}} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
MOTORES DE INDUCCIÓN DE BOMBAS HIDRÁULICAS	1	3 (2.238)	86.3	1.642	5095.126
MOTORES DE INDUCCIÓN DE BOMBAS HIDRÁULICAS	1	3 (2.238)	86.3	1.900	5895.700
MOTORES DE INDUCCIÓN DE BOMBAS HIDRÁULICAS	1	3 (2.238)	86.3	1.729	5365.087

ÁREA DE COCCIÓN: MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA	1	15 (11.19)	94.2	10.09	31309.27
VENTILADORES EXTRACCIÓN	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs\ VTF} = \frac{\dot{V}_{aire} * \Delta_{Pt}}{\eta_{VTF} * \eta_m * \eta_{ME} * 100}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs\ VTF} = P_{abs\ VTF} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
MOTORES DE INDUCCIÓN DE VENTILADORES – EXTRACCIÓN	16	2 (1.492)	85	21.89	67924.67
ILUMINACIÓN	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs\ (SI)} = P_{人} = \frac{3 * P_L}{\eta_L * 1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs\ (SI)} = P_{abs\ SI} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE EQUIPOS	--	85 (63.41)	75	60	186180
TOTAL	**26**	**741 (552.786)**		**451.70**	**1401628.20**

Fuente: Figura 11 parámetros de operación del tablero de alimentación de los procesos de harina y aceite de pescado, Austral Group S.A.A, 2017.

3.1.3. Tablero de bombas de tornillo de succión y compresores de aire:

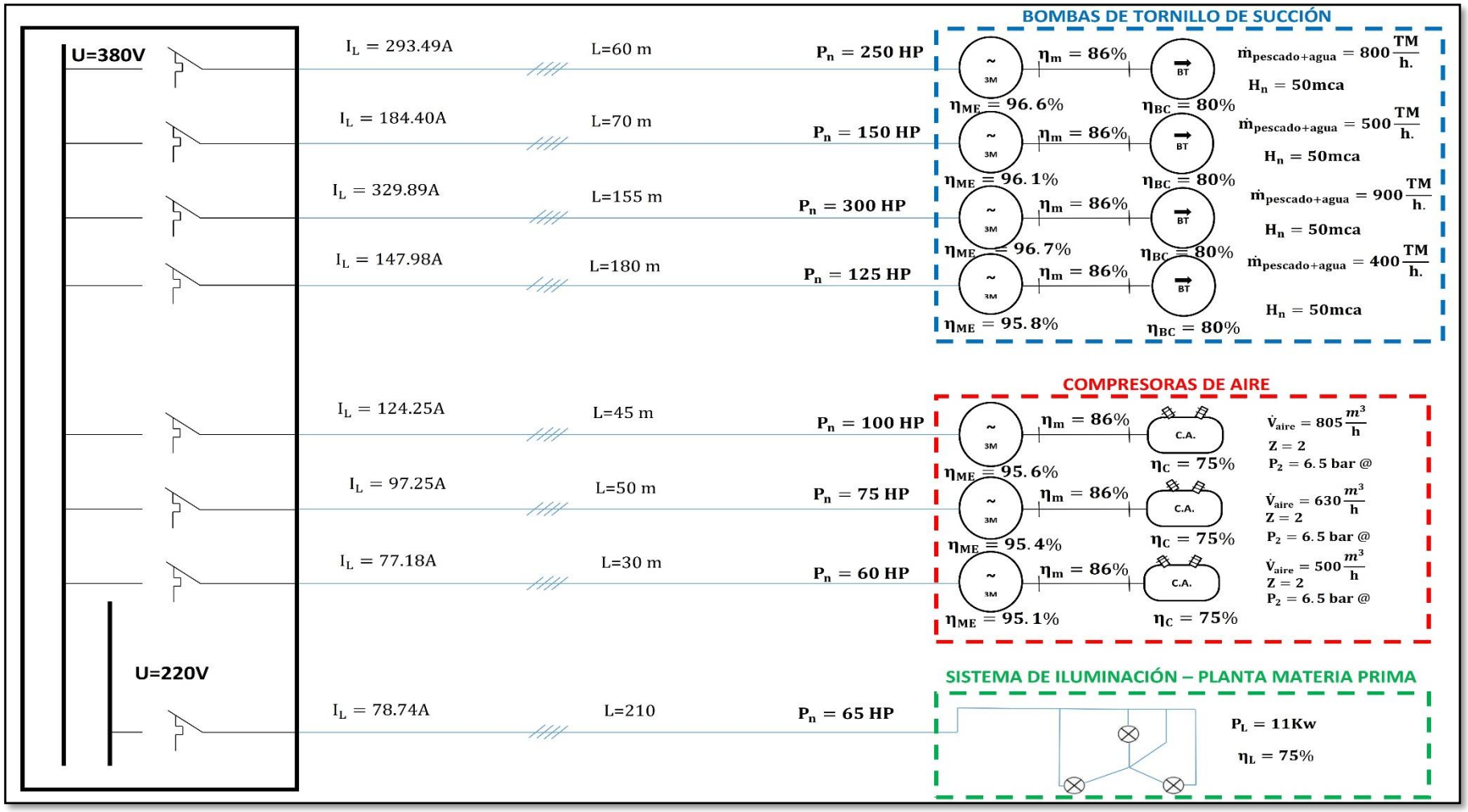


Figura 12: Diagrama unifilar del sistema de distribución eléctrico del tablero de alimentación de bombas de tornillo y compresores de aire, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Parámetros de operación de los tableros - Anexo A2 Tabla 34, Austral Group S.A.A, 2017.

Tabla 5: Potencias y consumos de energía absorbidas en tablero de alimentación de bombas de tornillo y compresores de aire, Austral Group S.A.A, 2017. Ver datos del Anexo A.2. Tabla 34.

BOMBAS DE TORNILLO	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{\substack{abs \\ BH}} = \frac{\dot{m}_{agua} * g * H_B}{\eta_B * \eta_m * \eta_{ME} * 1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{\substack{abs \\ BH}} = P_{\substack{abs \\ BH}} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA DE TORNILLO DE SUCCIÓN N°1	1	250 (186.5)	96.6	164.00	508892
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA DE TORNILLO DE SUCCIÓN N°2	1	150 (111.9)	96.1	103.04	319733.12
***MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA DE TORNILLO DE SUCCIÓN N°3**	1	300 (223.8)	96.7	184.34	572007.02
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA DE TORNILLO DE SUCCIÓN N°4	1	125 (93.25)	95.8	82.69	256587.07
COMPRESORAS DE AIRE	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{\substack{abs \\ (CA)}} = \frac{\frac{K * Z}{K - Z} * \dot{V}_{aire} * P_1 * \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K*Z}} - 1\right]}{\eta_C * \eta_m * \eta_{ME} * 1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{\substack{abs \\ CA}} = P_{\substack{abs \\ CA}} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
COMPRESOR DE AIRE COMPRIMIDO N°1	1	100 (74.60)	95.6	69.43	215441.29

COMPRESOR DE AIRE COMPRIMIDO N°2	1	75 (55.95)	95.4	54.34	168617.02
COMPRESOR DE AIRE COMPRIMIDO N°3	1	60 (44.76)	95.1	43.13	133832.39
ILUMINACIÓN	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs\,(SI)} = P_{\lambda} = \frac{3 * P_L}{\eta_L * 1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs\,(SI)} = P_{abs\,SI} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE PLANTA DE MATERIA PRIMA	--	65 (48.49)	75	44.00	136532
TOTAL	**7**	**1125 (839.25)**		**744.97**	**2311641.91**

Fuente: Figura 12 parámetros de operación del tablero de alimentación de bombas de tornillo y compresores de aire, Austral Group S.A.A, 2017.

*Al motor de inducción de bomba de tornillo de succión n°3 se multiplica por un factor de arranque de 1.5, por ser el motor con mayor potencia nominal de todo el sistema.

3.1.4. Tablero del área de alimentación de maestranza:

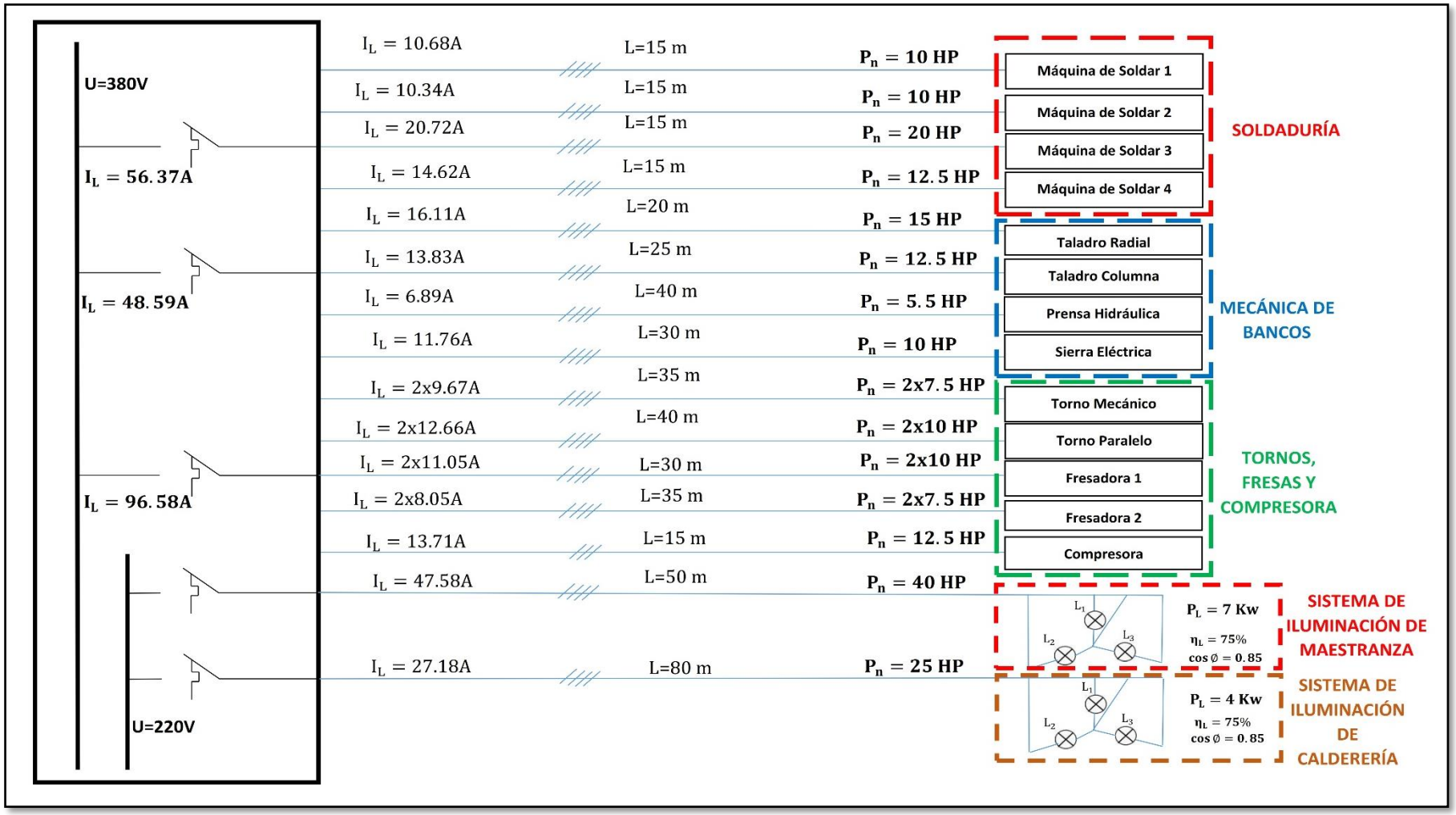


Figura 13: Diagrama unifilar del sistema de distribución eléctrico del tablero de alimentación de maestranza, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Parámetros de operación de los tableros - Anexo A2 Tabla 35, Austral Group S.A.A, 2017.

Tabla 6: Potencias y consumos de energía absorbidas en tablero de alimentación de maestranza, Austral Group S.A.A, 2017. Ver datos del Anexo A.2. Tabla 35.

ÁREA DE SOLDADURIA	POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]		EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]	POTENCIA CALCULADA (KW) $P_{abs\,(M)} = \frac{\sqrt{3} * I_L * U_L * \cos\emptyset}{1000}$	CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año) $(C_E)_{abs\,(M)} = P_{abs\,(M)} * Tp$
	CANTIDAD	POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]			
MÁQUINA DE SOLDAR N°1:	1	10 (7.46)	90.8	5.97	18524.91
MÁQUINA DE SOLDAR N°2	1	10 (7.46)	90.8	5.78	17935.34
MÁQUINA DE SOLDAR N°3	1	20 (14.92)	92.9	11.58	35932.74
MÁQUINA DE SOLDAR N°4	1	12.5 (9.33)	91.1	8.17	25351.51
MECÁNICA DE BANCOS	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs\,(M)} = \frac{\sqrt{3} * I_L * U_L * \cos\emptyset}{1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs\,(SI)} = P_{abs\,SI} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
TALADRO RADIAL	1	15 (11.19)	94.2	9.00	27927.00
TALADRO COLUMNA	1	12.5 (9.33)	91.1	7.73	23986.19
PRENSA HIDRAULICA	1	5.5 (4.10)	89.5	3.85	11946.55
SIERRA ELÉCTRICA	1	10 (7.46)	90.8	6.57	20386.71

TORNOS, FRESAS Y COMPRESORAS	POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]		EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]	POTENCIA CALCULADA (KW) $P_{abs\,(M)} = \frac{\sqrt{3} * I_L * U_L * \cos\emptyset}{1000}$	CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año) $(C_E)_{abs\,(SI)} = P_{abs\,SI} * T_p$
	CANTIDAD	POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]			
TORNO MECÁNICO:	2	7.5 (5.595)	89.7	10.81	33543.43
TORNO PARALELO:	2	10 (7.46)	90.6	14.15	43907.45
FRESADORA N°1:	2	10 (7.46)	90.6	12.35	38322.05
FRESADORA N°2:	2	7.5 (5.595)	91.5	9.00	27927.00
COMPRESORA	1	12.5 (9.33)	91.1	7.66	23768.98
SISTEMA DE ILUMINACIÓN	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs\,(SI)} = P_{\curlywedge} = \frac{3 * P_L}{\eta_L * 1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs\,(SI)} = P_{abs\,SI} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE MAESTRANZA	--	40 (29.84)	75	26.59	82508.77
SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE CALDERERÍA	--	25 (18.65)	75	15.19	47134.57
TOTAL	**17**	**243 (181.278)**		**154.40**	**479103.20**

Fuente: Figura 13 parámetros de operación del tablero de alimentación de maestranza, Austral Group S.A.A, 2017.

3.1.5. Tablero de cintas transportadoras e iluminación en general de equipos:

Figura 14: Diagrama unifilar del sistema de distribución eléctrico del tablero de alimentación de cintas transportadoras e iluminación general de equipos, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Parámetros de operación de los tableros - Anexo A2 Tabla 36, Austral Group S.A.A, 2017.

Tabla 7: Potencias y consumos de energía absorbidas en tablero de alimentación de cintas transportadoras e iluminación general de equipos, Austral Group S.A.A, 2017. Ver datos del Anexo A.2. Tabla 36.

CINTAS TRANSPORTADORAS	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs\,(CT)} = \frac{\sqrt{3} * I_L * U_L * \cos\emptyset}{1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs\,(CT)} = P_{abs\,(CT)} * Tp$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
CINTAS DE TRANSPORTE DE PESCADO CRUDO	3	20 (14.92)	92.2	37.08	115059.24
CINTAS DE TRANSPORTE DE HARINA	4	40 (29.84)	93.4	87.28	270829.84
CINTAS DE TRANSPORTE DE RESIDUOS	2	10 (7.46)	90.6	13.76	42697.28
CINTAS DE TRANSPORTE DE PESCADO COCIDO	3	40 (29.84)	93.4	72.36	224533.08
ILUMINACIÓN	**POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]**		**EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]**	**POTENCIA CALCULADA (KW)** $P_{abs\,(SI)} = P_{\lambda} = \frac{3 * P_L}{\eta_L * 1000}$	**CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)** $(C_E)_{abs\,(SI)} = P_{abs\,SI} * T_p$
	CANTIDAD	**POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]**			
SISTEMA DE ILUMINACIÓN GENERAL DE EQUIPOS	--	85 (63.41)	75	60	186180.00

BOMBAS DE COMBUSTIBLE	POTENCIA NOMINAL [HP (KW)]		EFICIENCIA NOMINAL EFECTIVA [%]	POTENCIA CALCULADA (KW) $P_{abs\,(BC)} = \frac{\sqrt{3} * I_L * U_L * \cos \emptyset}{1000}$	CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año) $(C_E)_{abs\,(BC)} = P_{abs\,(BC)} * Tp$
	CANTIDAD	POTENCIA DEL EQUIPO [HP (KW)]			
MOTORES DE INDUCCIÓN DE BOMBAS DE PETRÓLEO INDUSTRIAL	5	5 (3.73)	88.6	16.15	50113.45
TOTAL	**17**	**470 (350.62)**		**286.63**	**889412.89**

Fuente: Figura 14 parámetros de operación del tablero de alimentación de cintas transportadoras e iluminación general de equipos, Austral Group S.A.A, 2017.

3.1.6. Resultados del análisis actual del sistema eléctrico con datos técnicos.

Realizado todos los cálculos del sistema eléctrico con los datos técnicos obtenidos de la empresa Austral Group S.A.A, pasamos a realizar un cuadro donde se observa las potencias y consumo de energía de cada tablero.

Tabla 8: Resultados del cálculo con datos técnicos del sistema eléctrico a los tableros de distribución de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA CALCULADA (KW)	CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA (KWh/año)
CALDERAS PIROTUBULARES	33.261	103208.883
PROCESOS DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO	451.70	1401628.20
BOMBAS DE TORNILLO Y COMPRESORAS	744.97	2311641.91
MAESTRANZA	154.40	479103.20
CINTAS TRANSPORTADORAS E ILUMINACIÓN GEN.	286.63	889412.89
TOTAL	**1670.96**	**5184995.08**

Fuente: Tablas 3, 4, 5, 6 y 7 potencias calculadas y consumos de energía absorbidas en tableros de alimentación, Austral Group S.A.A, 2017.

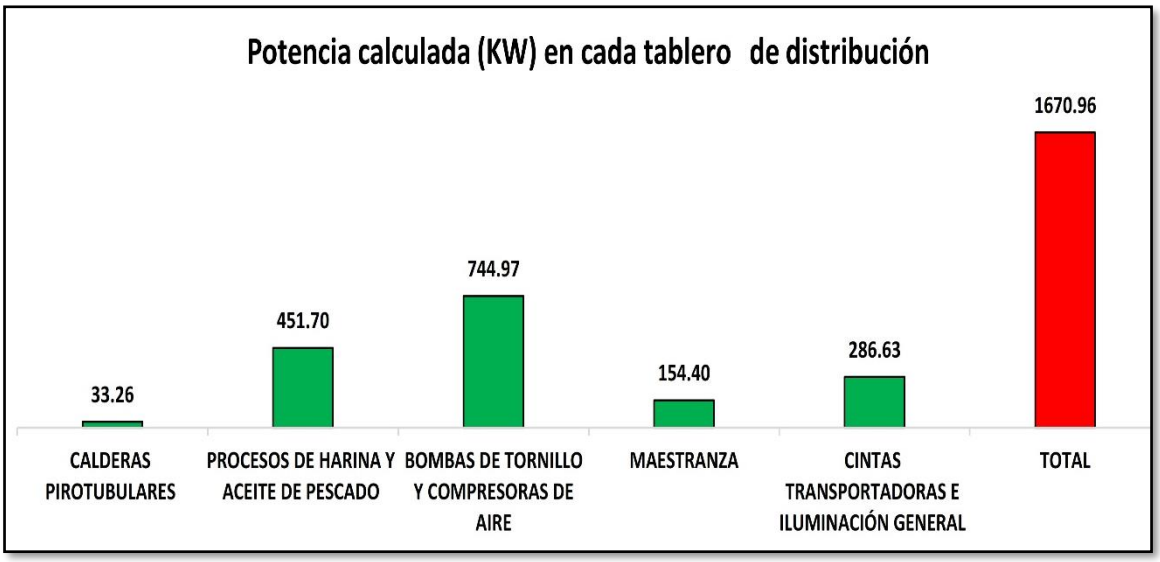


Figura 15: Potencias calculada en los tableros de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Tabla 8: Resultados del cálculo con datos técnicos del sistema eléctrico a los tableros de distribución de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

En la figura 15, se muestran las potencias calculadas consumidas por los tableros de distribución obtenidos de los datos técnicos de la empresa Austral Group S.A.A, registrándose una potencia total de 1670.96 KW. Esta potencia calculada nos ayudará a calcular el consumo promedio de energía eléctrica en la empresa anualmente (KWh/año).

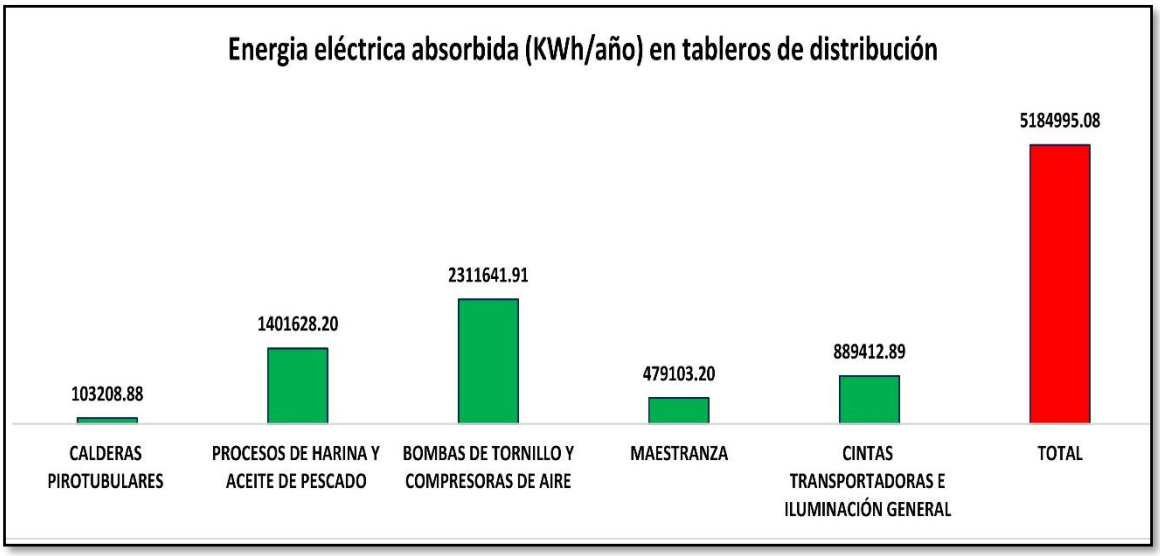


Figura 16: Consumos de energía eléctrica absorbidas en tableros de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Tabla 8: Resultados del cálculo con datos técnicos del sistema eléctrico a los tableros de distribución de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

En la figura 16, se muestran los consumos de energía eléctrica consumidas por los tableros de distribución de la empresa Austral Group S.A.A, registrándose un consumo promedio total de 5184995.08 KWh/año. Esta es la energía eléctrica consumida promedio en la empresa anualmente (KWh/año).

3.1.7. Resultados del análisis actual del sistema eléctrico con potencia nominal en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A.

La potencia nominal o de placa de cada motor eléctrico (HP) nos servirá para calcular y seleccionar los conductores aplicando un porcentaje de diseño y también para la selección del grupo electrógeno.

Tabla 9: Potencia nominal del sistema eléctrico en cada tablero de distribución de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA NOMINAL (HP)	POTENCIA NOMINAL (KW)
CALDERAS PIROTUBULARES	53.5	39.911
PROCESOS DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO	741	552.786
BOMBAS DE TORNILLO Y COMPRESORAS DE AIRE	1125	839.25
MAESTRANZA	243	181.278
CINTAS TRANSPORTADORAS E ILUMINACIÓN GENERAL	470	350.620
TOTAL	**2632.5**	**1963.845**

Fuente: Tablas 3, 4, 5, 6 y 7 potencias calculadas y consumos de energía absorbidas en tablero de alimentación, Austral Group S.A.A, 2017.

En la tabla 10, el motor con máxima potencia en el sistema ubicado en el tablero de bombas de tornillo y compresoras de aire, tiene una potencia de 223.8 KW (*Tabla 5: Potencias y consumos de energía absorbidas en tablero de alimentación de bombas de tornillo y compresores de aire, Austral Group S.A.A, 2017*) que será multiplicado por un factor de arranque de 1.5 resultando una potencia nominal de 335.7 KW, que a la vez se sumará a la potencia nominal de los cinco tableros dando como resultado una potencia nominal total de 2299.545 KW la cual se usará para la selección del grupo electrógeno.

Tabla 10: Potencia nominal con factor de arranque secuencial.

POTENCIA NOMINAL CON FACTOR DE ARRANQUE	POTENCIA NOMINAL (KW)	FACTOR DE ARRANQUE	TOTAL (KW)
POTENCIA NOMINAL TOTAL	1963.845	1	1963.845
MOTOR DE MAYOR POTENCIA DEL SISTEMA	223.8	1.5	335.7
			2299.545

Fuente: Tabla 9: Potencia nominal del sistema eléctrico en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A, 2017 y Tabla 5: Potencias absorbidas en tablero de alimentación de bombas de tornillo y compresores de aire.

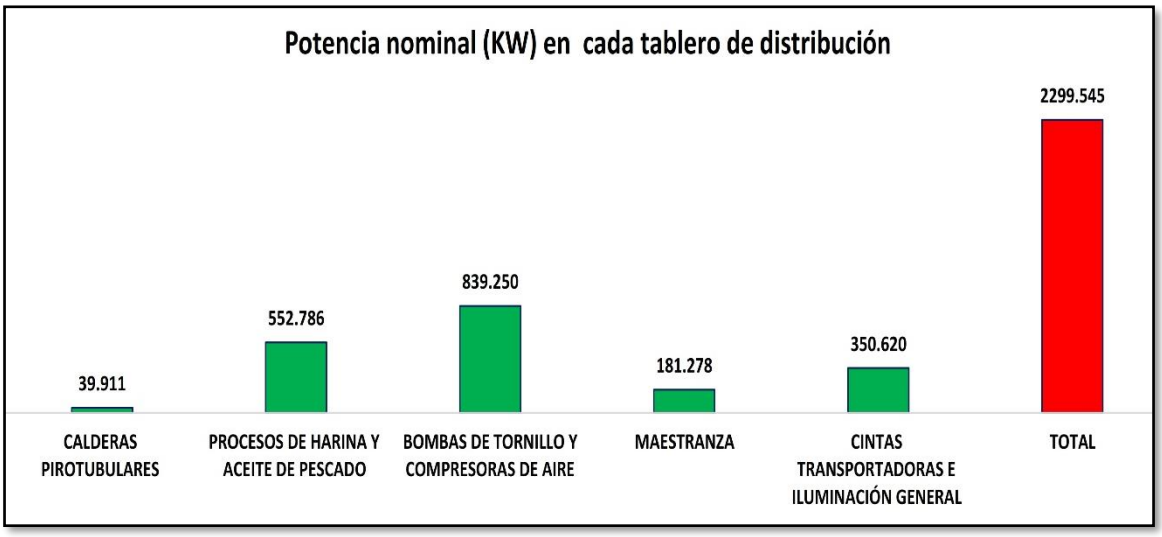


Figura 17: Potencia nominal en cada tablero de distribución, Austral Group S.A.A, 2017. Fuente: Tabla 9: Potencia nominal del sistema eléctrico en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A, 2017 y Tabla 10: Potencia nominal con factor de arranque secuencial.

En la figura 17, se muestra la potencia nominal o de placa de cada motor en cada tablero de distribución de la empresa Austral Group S.A.A, registrándose una potencia nominal de 2299.545 KW.

3.1.8. Resultados del análisis actual del sistema eléctrico con medida de corrientes en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A.

Se hizo una medición de corrientes en cada fase (R, S, T) en cada uno de los 5 tableros para comparar con las potencias que se obtuvo del cálculo con los datos técnicos, obteniendo una diferencia de 26.301 KW.

Tabla 11: Resultado de las potencias obtenidas con medida de corrientes del sistema eléctrico en cada uno de los 5 tableros de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	CORRIENTE MEDIDA PROMEDIO (A)	POTENCIA MEDIDA (KW)
CALDERAS PIROTUBULARES	57.5	32.149
PROCESOS DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO	793.3	443.307
BOMBAS DE TORNILLO Y COMPRESORAS	1322.2	738.832
MAESTRANZA	265.8	148.536
CINTAS TRANSPORTADORAS E ILUMINACIÓN GEN.	504.4	281.835
TOTAL	**2943.3**	**1644.659**

Fuente: Tablas 37 y 38 fichas de registro de toma de corrientes en cada fase en los 5 taleros tablero de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.

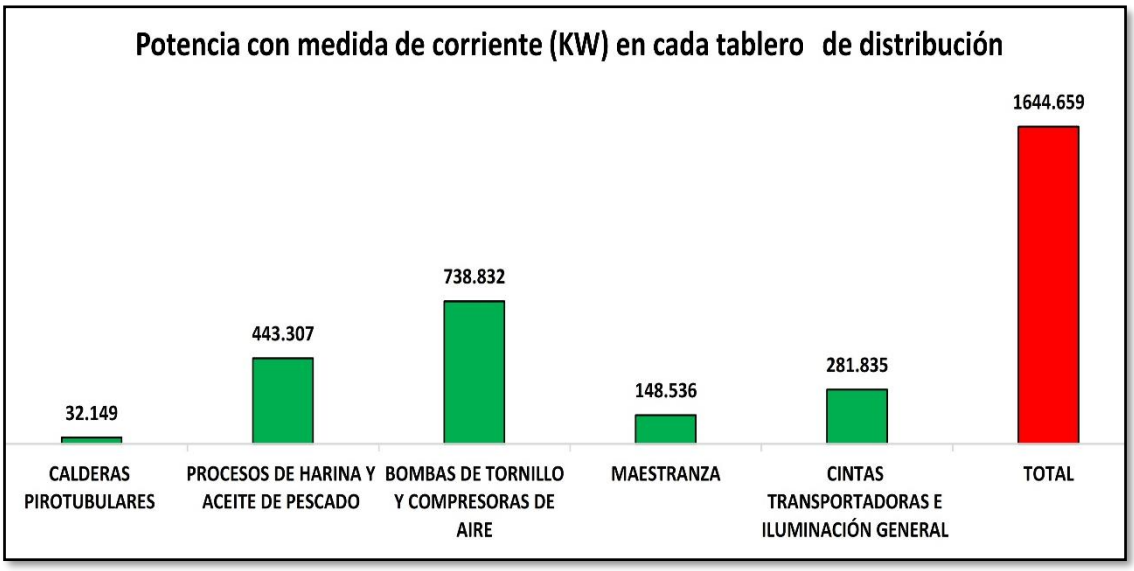


Figura 18: Potencias obtenidas con medida de corrientes en cada tablero de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Tabla 11: Resultado de las potencias obtenidas con medida de corrientes del sistema eléctrico en cada uno de los 5 tableros de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

En la figura 18, se muestra la potencia con medida de corrientes en cada tablero de distribución de la empresa Austral Group S.A.A, registrándose una potencia total de 1644.659 KW.

3.1.9. Cuadro comparativo de las tres potencias del sistema eléctrico de la empresa Austral Group S.A.A.

Tabla 12: Resultados de las tres potencias del sistema eléctrico en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA CALCULADA (KW)	POTENCIA MEDIDA (KW)	POTENCIA NOMINAL (KW)
CALDERAS PIROTUBULARES	33.261	32.149	39.911
PROCESOS DE HARINA Y ACEITE	451.700	443.307	552.786
BOMBAS DE TORNILLO Y COMPRESORAS	744.970	738.832	951.150
MAESTRANZA	154.400	148.536	181.278
CINTAS TRANSPORTADORAS E ILUMINA.	286.630	281.835	350.620
TOTAL	**1670.961**	**1644.659**	**2299.545**

Fuente: Tablas 8, 10 y 11.

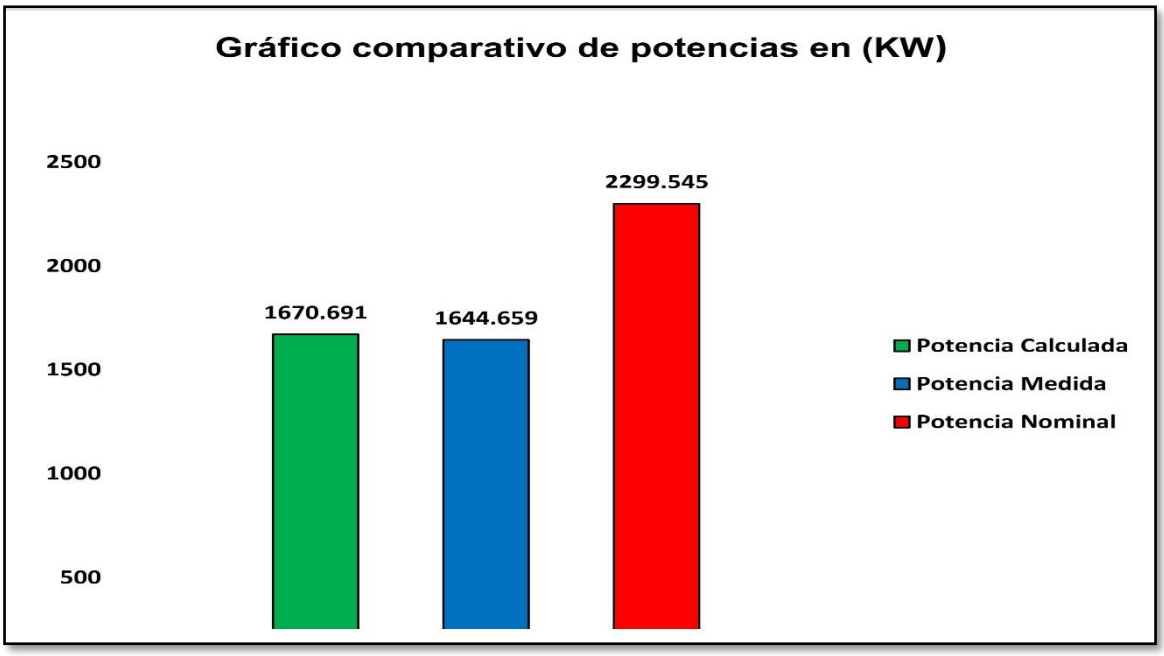


Figura 19: Gráfico comparativo de potencias en cada tablero de distribución de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Tabla 12: Resultados de las tres potencias del sistema eléctrico en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

En la figura 19, se muestran las tres potencias (calculada, medida y nominal), donde deducimos que las corrientes medidas en cada tablero de distribución de la empresa proporcionan una potencia similar a la potencia calculada con los datos técnicos por fichas de registro.

3.1.10. Análisis en el tablero general de alimentación con potencia nominal:

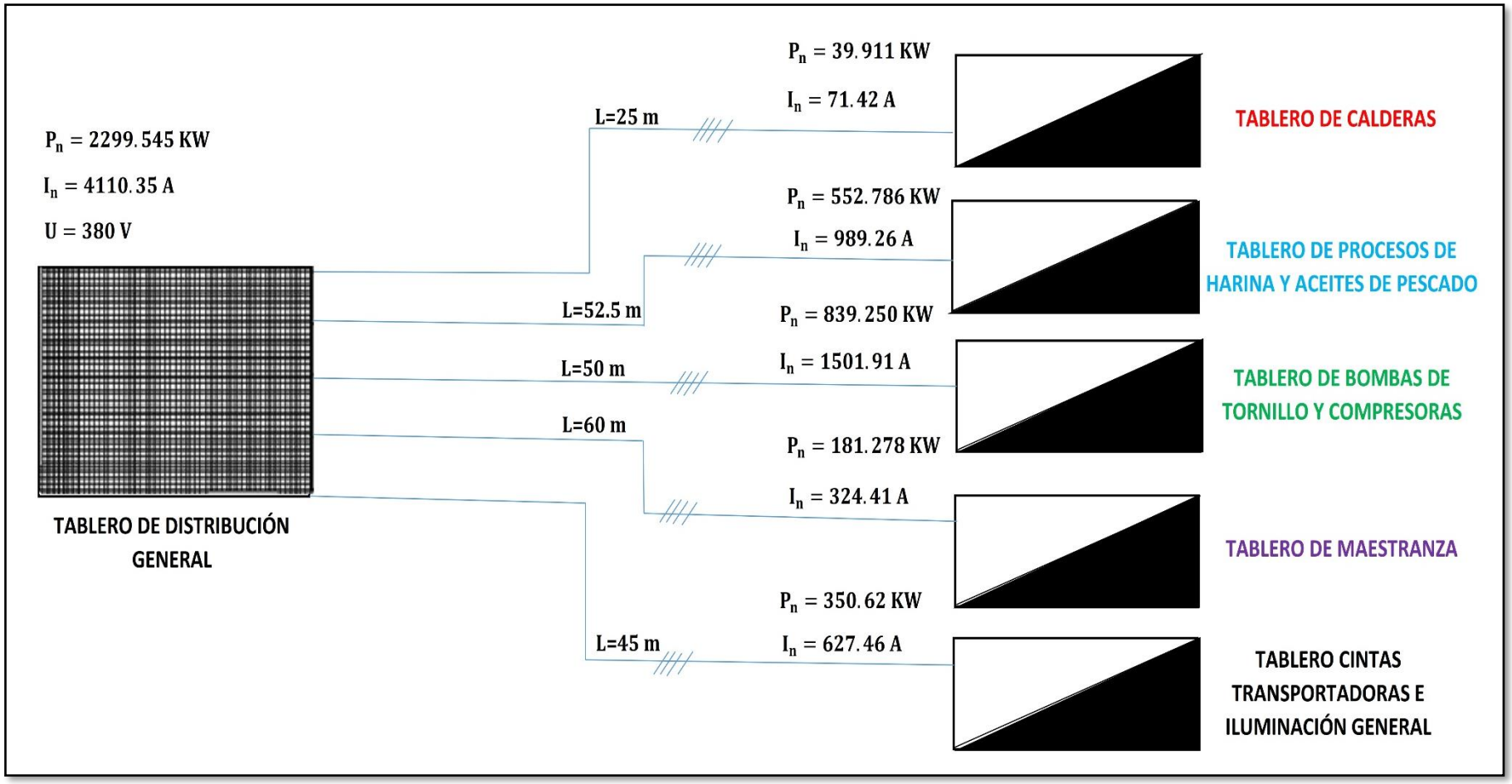


Figura 20: Tablero general de alimentación con potencias nominales en cada tablero de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Tabla 9: Potencia nominal del sistema eléctrico en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A, 2017 y Tabla 10: Potencia nominal con factor de arranque secuencial.

3.1.11. Análisis en el tablero general de alimentación con potencias calculadas:

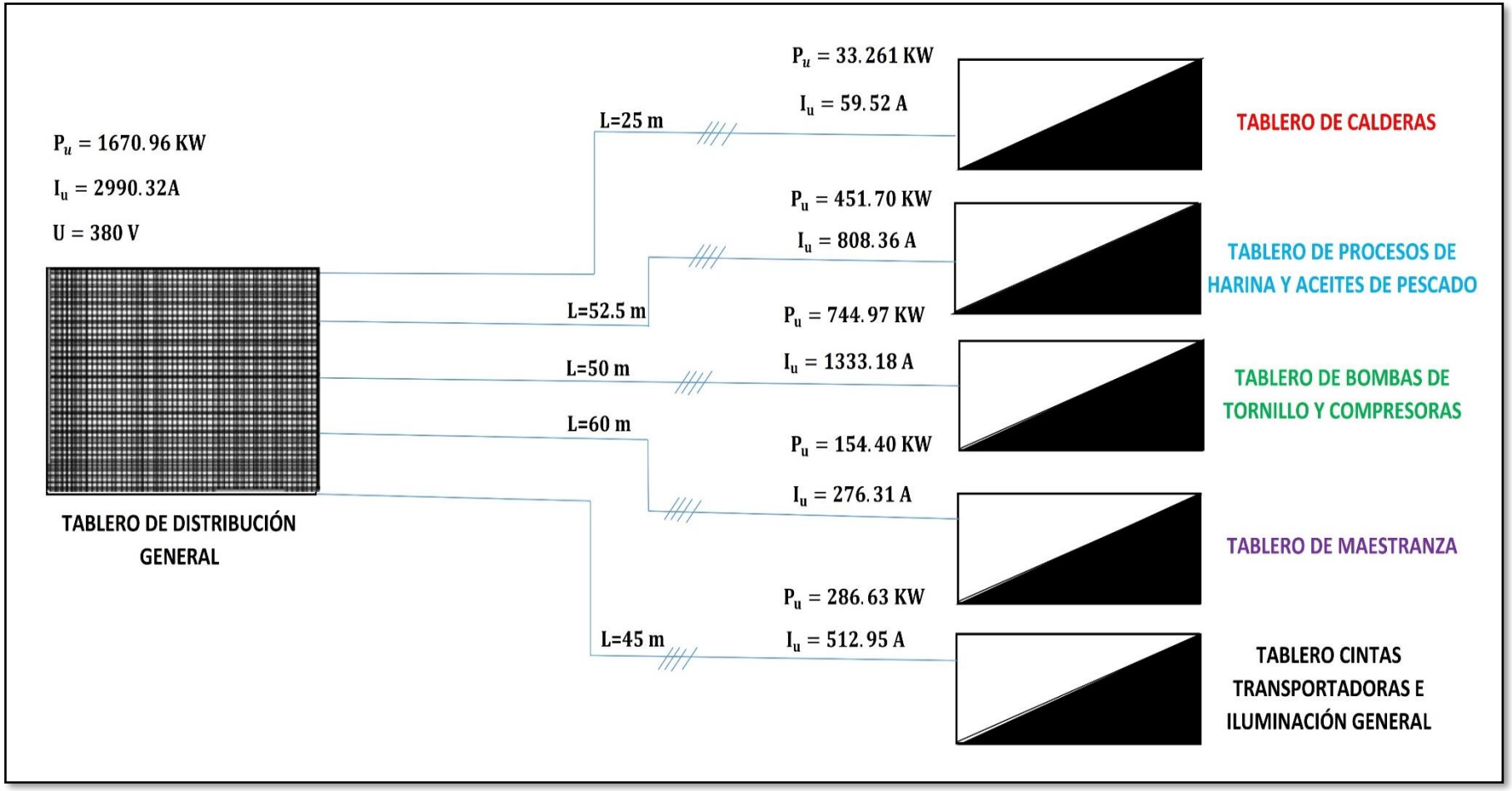


Figura 21: Tablero general de alimentación con potencias calculadas en los tableros de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Tabla 8: Resultados del cálculo con datos técnicos del sistema eléctrico a los tableros de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

3.1.12. Análisis en el transformador trifásico actual:

El trasformador trifásico de 2500 KVA**,** tiene un voltaje en media tensión de 13.2 KV y en baja tensión 0.38 KV, con conexión Delta – Estrella, (Ver ficha técnica del transformador. Anexo A.3).

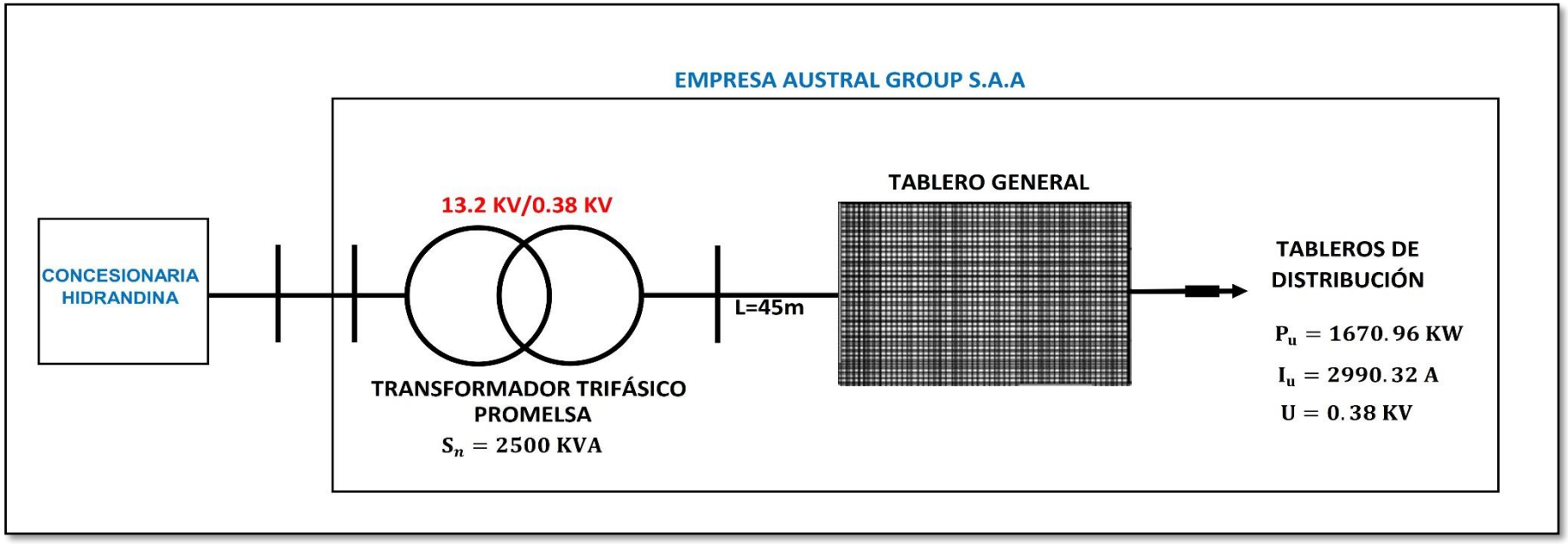


Figura 22: Localización del transformador trifásico y parámetros característicos del sistema eléctrico, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Anexo A1, A2, A3 y figura 21 tablero general con potencias calculadas en cada tablero de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.

3.1.12.1. Rendimiento del transformador trifásico actual.

Haremos un análisis para evaluar el rendimiento actual del transformador, de cómo opera con las potencias calculadas que se consumen en cada tablero de distribución en la empresa. Para este análisis se necesitan determinar los parámetros nominales y de operación, y de datos como la pérdida de potencia en hierro de 4300 W y en cobre de 18000 W, (Ver ficha técnica del transformador. Anexo A.3). Y de datos característicos en transformadores como el factor de potencia de 0.85 y el de regulación de tensión de 2%.

a) Parámetros nominales del transformador trifásico:

- **Potencia aparente:** La potencia máxima aparente del transformador trifásico es 2500 KVA (Anexo A.3).

$$S_n = 2500\ \mathrm{KVA}$$

- **Potencia activa:** La potencia activa o útil máxima que puede entregar el transformador, seria:

$$P_n = S_n * \cos \emptyset = 2500\ \mathrm{KVA} * 0.85$$

$$P_n = 2125\ \mathrm{KW}$$

- **Potencia reactiva:** La potencia reactiva máxima disipada, seria:

$$Q_n = \sqrt{{S_n}^2 - {P_n}^2} = \sqrt{(2500\ \mathrm{KVA})^2 - (2125\ \mathrm{KW})^2}$$

$$Q_n = 1317\ \mathrm{KVAR}$$

- **Corriente nominal en media tensión:** Es la corriente máxima en la línea primaria del transformador trifásico.

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_{1n}} = \frac{2500\ \mathrm{KVA}}{\sqrt{3} * 13.2\ \mathrm{KV}}$$

$$I_{1n} = 109.35\ \mathrm{A}$$

- **Corriente nominal en baja tensión:** Es la corriente máxima en la línea secundaria del transformador trifásico.

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_{1n}} = \frac{2500\ \mathrm{KVA}}{\sqrt{3} * 0.38\ \mathrm{KV}}$$

$$I_{2n} = 3798.36\ \mathrm{A}$$

b) Parámetros de operación del transformador trifásico:

- **Potencia activa:** Es la potencia calculada por el tablero general, permitiendo distribuirla en tableros a los equipos o máquinas eléctricas de la empresa.

$$P_u = 1670.96 \ \text{KW}$$

- **Potencia aparente**: Es la potencia máxima consumida en el transformador trifásico.

$$S_u = \frac{P_u}{\cos \emptyset} = \frac{1670.96 \ \text{KW}}{0.85}$$

$$S_u = 1965.84 \ \text{KVA}$$

Podemos indicar, que la potencia aparente de operación es 1965.84 KVA, el cual es inferior a la potencia nominal de 2500 KVA, concluyendo que el sistema está operando en condiciones correctas.

- **Potencia reactiva:** Es la energía disipada en operación normal del transformador trifásico.

$$Q_u = \sqrt{{S_u}^2 - {P_u}^2} = \sqrt{(1965.84 \ \text{KVA})^2 - (1670.96 \ \text{KW})^2}$$

$$Q_u = 1035.58 \ \text{KVAR}$$

- **Caída de voltaje máximo en el transformador:** Es el menor voltaje de salida entregado por el transformador, cuando la regulación es 2%.

$$r = \frac{U_{2n} - U_{2c}}{U_{2n}}$$

$$0.02 = \frac{380 \ \text{V} - U_{2c}}{380 \ \text{V}}$$

$$U_{2c} = 372.4 \ \text{V}$$

- **Corriente en línea:** Es la corriente en operación en la línea secundaria del transformador trifásico.

$$I_{2L} = \frac{P_u}{\sqrt{3} * U_{2c} * \cos \emptyset} = \frac{1670.96 \text{ KW}}{\sqrt{3} * 0.3724 \text{ KV} * 0.85}$$

$$I_{2L} = 3047.73 \text{ A}$$

- **Relación de intensidades:** Es la relación de las intensidades de línea y nominal en la línea secundaria del transformador

$$i = \frac{I_{2L}}{I_{2n}} = \frac{3047.73 \text{ A}}{3798.36 \text{ A}}$$

$$i = 0.80$$

El Rendimiento del transformador, se determina por:

$$\eta_{trafo} = \frac{i * P_u}{i * P_u + P_{fe} + i^2 * P_{cu}} = \frac{0.80 * 1670.96 \text{ KW}}{0.80 * 1670.96 \text{ KW} + 4.3 \text{ KW} + 0.80^2 * 18 \text{ KW}}$$

$$\eta_{Trafo} = 0.988$$

Una vez determinado el rendimiento del transformador, determinaremos la potencia de ingreso al transformador:

$$P_{u,máx} = P_{\substack{abs \\ Trafo}} = \frac{P_u}{\eta_{Trafo}} = \frac{1670.96 \text{ KW}}{0.988}$$

$$P_{u,máx} = 1691.26 \text{ KW}$$

3.1.13. Diagrama actual del sistema eléctrico de la planta pesquera Austral Group S.A.A.

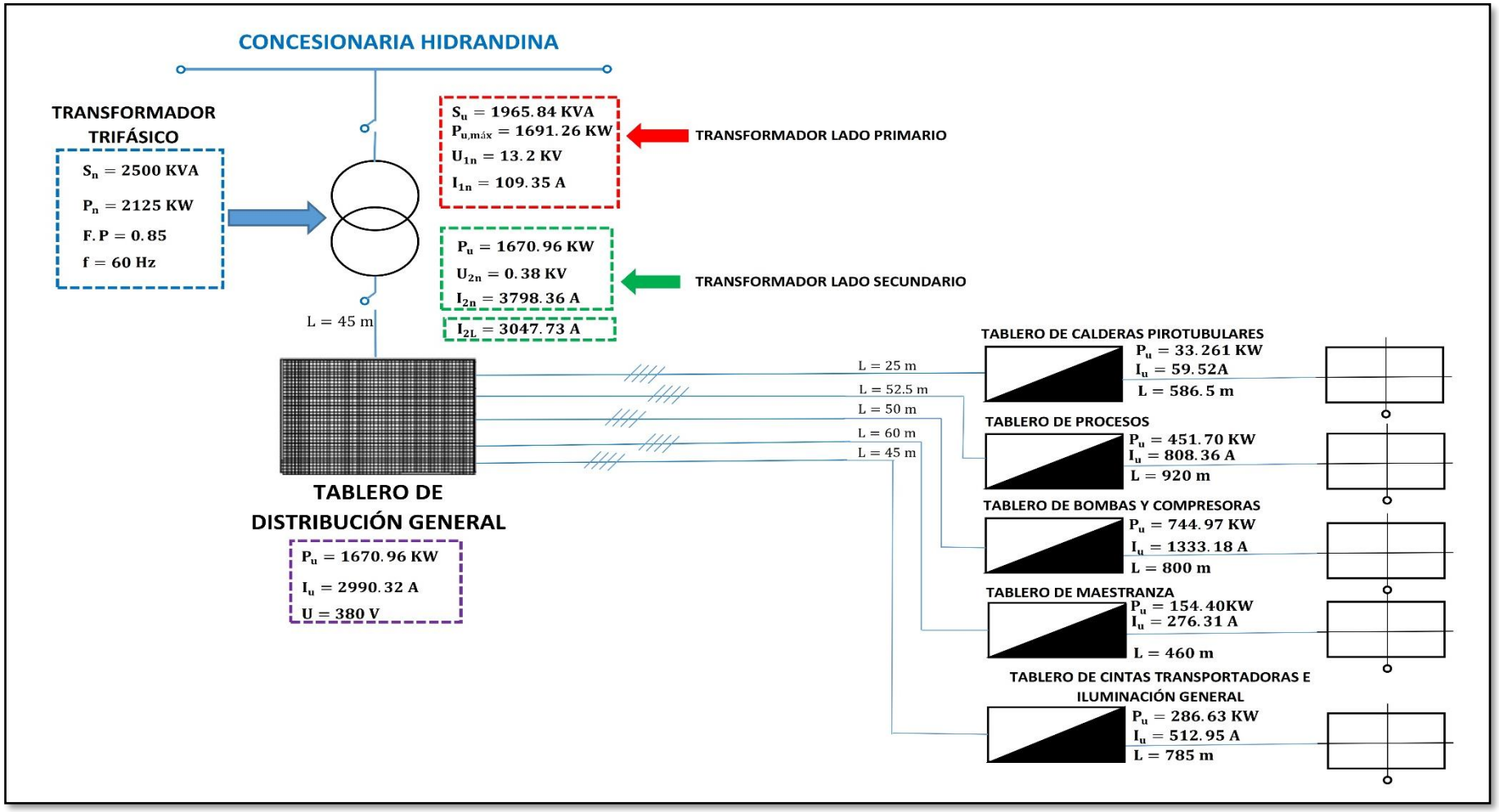


Figura 23: Diagrama actual del sistema eléctrico, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Figura 21 Tablero general de alimentación con potencias calculadas en los tableros de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.

3.1.14. Recibo de pago de la empresa Austral Group S.A.A, agosto 2017.

Recibo N° 501-27582535

Áncash/Coishco

Facturación: **Agosto-2017**

Código **47417268** Recibo por Consumo del 01/08/2017 al 31/08/2017

Cliente **Austral Group S.A.A**

Dirección **Carr. Panamericana Norte.Km. Int. 0143. Villa Del Miramar. Coishco**

R.U.C **20338054115**

Ruta de reparto 29-252-119

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
1,567.8589	2,050.0000

Tarifa	MT3	**Serie Medidor**	000000010483501 - Electrón.
Medición	Media Tensión	**N° Hilos Medidor**	4
Tensión	22.9/13.2 KV	**Modalidad**	Potencia Variable
SED	E-303789	**Inicio Contrato**	22/11/2016
Tipo Suministro	Trifásica-Aéreas(C5.4)	**Término Contrato**	21/11/2017

Calificación Fuera de Punta **Horas Punta** 130

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (kwh)	6,591.4948	6,774.9064	183.4116	458,195.5210
Energía Activa Hora Punta (kwh)	1,160.7318	1,191.7664	31.0346	77,530.0729
Energía Activa Fuera Punta (kwh)	5,430.7630	5,583.1400	152.3770	380,665.4481
Energía Reactiva (KVarh)	2,297.5299	2,359.9773	62.4474	156,004.9581
Potencia Hora Punta (kw)	0.2697	0.3963	0.3963	990.0294
Potencia Fuera Punta (kw)	0.5394	0.5901	0.5901	1,474.1771

Factor Calificación: 0.4046 ***Factor Medición: 2498.1818***

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		7.8468	7.85
Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			15.00
Energía Activa HP	77,530.0729	0.1634	12,668.41
Energía Activa FP	380,665.4481	0.1399	53,255.10
Energía Reactiva	18,546.3018	0.0331	613.88
Pot. Uso Redes Distrib. FP	1,567.8589	9.2800	14,549.73
Pot. Activa Generación FP	1,474.1771	20.4700	30,176.41
Alumbrado Público (Alicuota: S/. 02906)			1,453.00
Interés Compensatorio	1.0000	87.3176	87.32
SUB TOTAL			112,826.69
Imp. Gral. A las ventas			20,308.81
Saldo por Redondeo	1.0000	0.0300	0.03
Redondeo		0.0300	0.03
Aporte Ley Nro. 28749	458,195.5210	0.0073	3,344.83
TOTAL RECIBO DE AGOSTO-2017			136480.40

Aporte FOSE (Ley N°27510) S/. 2618.37

Figura 24: Recibo de pago del mes de agosto, Austral Group S.A.A, 2007.
Fuente: Empresa AUSTRAL Group S.A.A, 2017.

3.1.15. Registro del suministro y consumo eléctrico de la empresa Austral Group S.A.A.

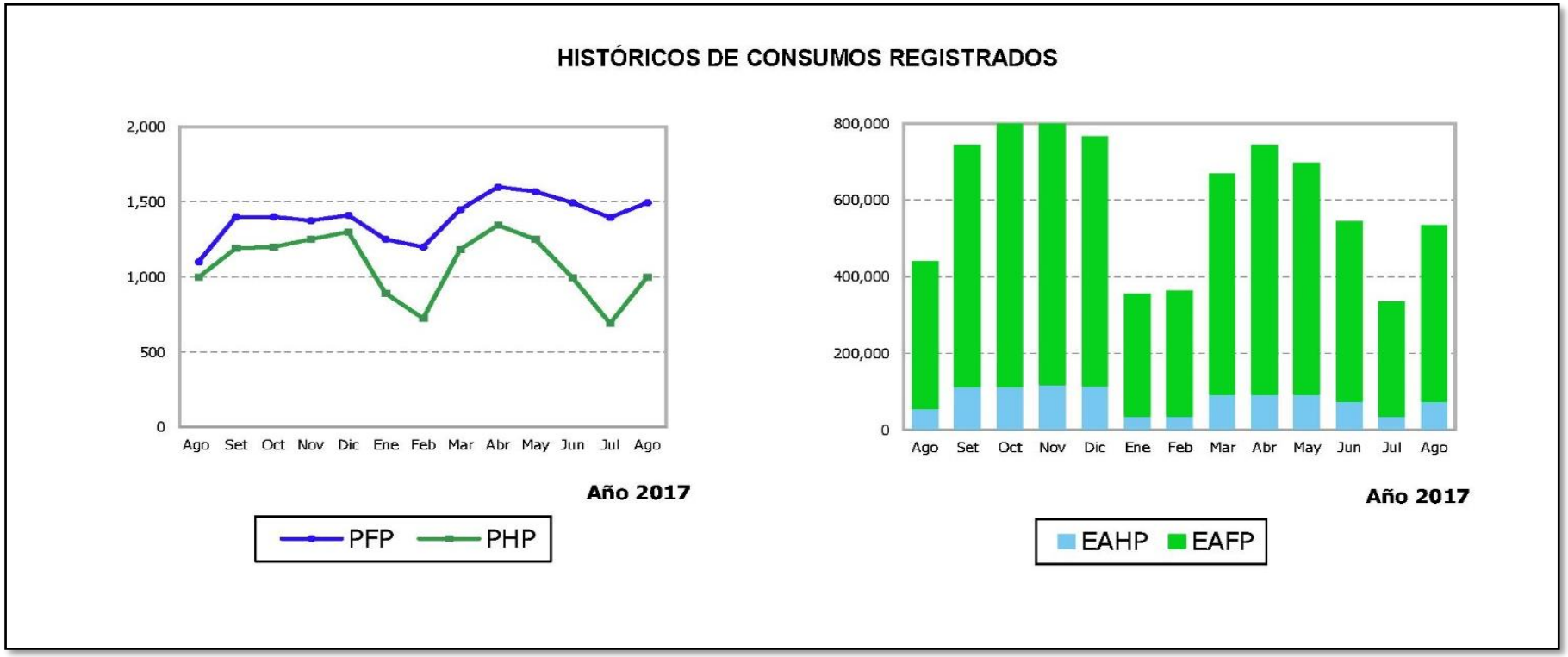


Figura 25: Registro del suministro y consumo eléctrico, Austral Group S.A.A, 2007.
Fuente: Empresa AUSTRAL Group S.A.A, 2017.

3.2. SELECCIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO A GAS NATURAL CONSIDERANDO UN PLAN DE ARRANQUE SECUENCIAL DE LOS MOTORES Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

3.2.1. Selección del grupo electrógeno:

Según el análisis del sistema eléctrico actual, se encontró que la planta térmica Austral Group S.A.A, puede llegar a consumir a máxima carga una potencia calculada promedio de 1670.96 KW y una nominal 2299.545 KW, operando 3103 horas/año.

Del catálogo de grupos electrógenos a gas natural de la empresa CATERPILLAR, seleccionamos el modelo G3520H con una potencia eléctrica a capacidad máxima de 2500 KW, con un regulador automático de tensión estándar mínima (380 voltios). Este grupo electrógeno viene con controladores de consumo de combustible de acuerdo a la capacidad de carga. Anexo A.4.

Tabla 13: Porcentaje de exceso entre la potencia calculada y la potencia nominal para la selección del grupo electrógeno.

POTENCIA CALCULADA Y NOMINAL	POTENCIA (KW)	PORCENTAJE DE EXCESO (%)
Potencia grupo electrógeno	2500.00	-
Potencia calculada	1670.960	33.16
Potencia nominal	2299.545	8.02

Fuente: Anexo A4, Tabla 8: Resultados del cálculo con datos técnicos del sistema eléctrico a los tableros de la empresa Austral Group S.A.A, 2017. y Tabla 9: Potencia nominal del sistema eléctrico en los tableros de la empresa Austral Group S.A.A.

El grupo electrógeno nos entrega una potencia de 2500 KW en comparación con la potencia calculada de 1670.960 KW resultando un exceso de 33.16 %, siendo 1/3 de mayor capacidad del grupo electrógeno con la necesidad de potencia que se requiere en la empresa.

Y con la potencia nominal de 2299.545 KW tenemos un exceso de 8.02 %, eso quiere decir que el grupo electrógeno seleccionado está en capacidad de futuras ampliaciones eléctricas en la empresa Austral Group S.A.A.

Tabla 14: Parámetros del grupo electrógeno G3520H.

Parámetro	Cantidad	Unidad (Símbolo)
Potencia Eléctrica	2500	KW ($P_{e,máx/nom}$)
Eficiencia Eléctrica	45.3	% ($\eta_{e.e}$)
Eficiencia Térmica	41.0	% ($\eta_{e.t}$)
Frecuencia	60	Hz (f)
Velocidad de Rotación	1500	RPM (n)
Cilindrada neta	97.5	Lt (V_0)
Calibre	170	mm (d)
Carrera	215	mm (S)
Número de cilindros V	20	(N_c)
Voltaje salida estándar mínima	0.38	U_{1n} (KV)

Fuente: Anexo A.4 ficha técnica del grupo electrógeno G3520H.

Figura 26: Grupo Electrógeno CAT G3520H a gas natural.
Fuente: Anexo A4.

3.2.2. Implementación del grupo electrógeno en el sistema eléctrico de la empresa Austral Group S.A.A:

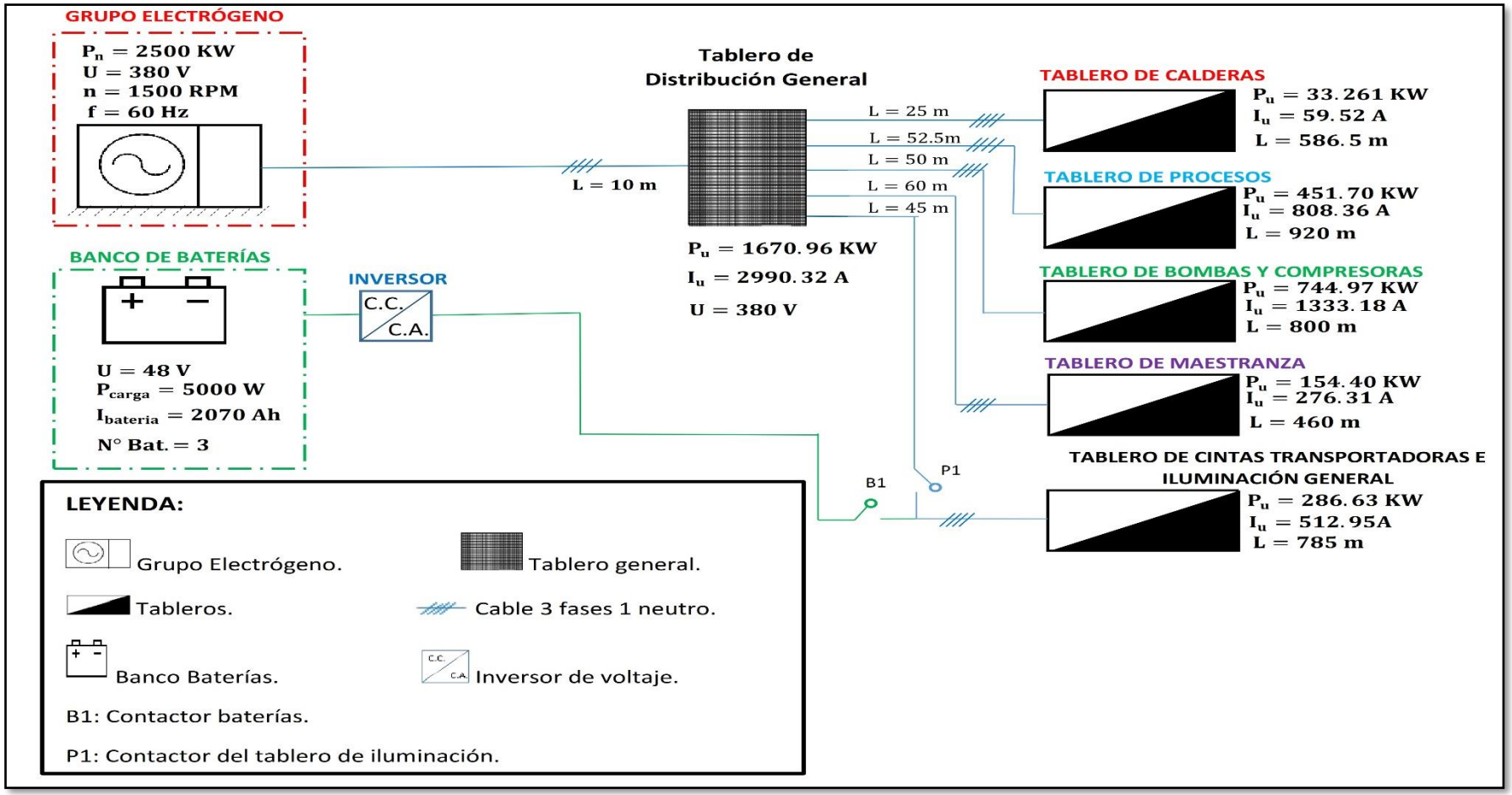


Figura 27: Implementación del grupo electrógeno a gas natural en el sistema eléctrico de la empresa.
Fuente: Anexo A2, A4 y figura 21: Tablero general de alimentación con potencias calculadas en cada tablero de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.

3.2.3. Arranque secuencial de los motores en los tableros por orden de mayor potencia:

A la hora de seleccionar un grupo electrógeno también hay que definir la potencia que este debe tener, esto será en función de factores de simultaneidad y de uso que aplican los proyectistas eléctricos. Para nuestro caso, una buena aproximación es aplicar un factor de 1.5 al motor de mayor potencia de todo el sistema. *Fuente: Tabla 5: Potencias y consumos de energía absorbidas en tablero de alimentación de bombas de tornillo y compresores de aire, Austral Group S.A.A, 2017.*

La condición más crítica para el grupo electrógeno será cuando todos los equipos estén funcionando simultáneamente, es por es que se diseñó una secuencia de arranque de los equipos de mayor potencia en cada tablero para que al momento del arranque no afecte al grupo electrógeno. En resumen, para seleccionar un grupo electrógeno se debe considerar cuantos equipos se conectarán al sistema y la orden de marcha.

El orden secuencial es el siguiente:

$$1. -\text{Tablero de bombas: } 1.5 * 300 \text{ HP} = \{450 \text{ HP}\}$$

$$2. -\text{Tablero de procesos: } 100 \text{ HP} = \{100 \text{ HP}\}$$

$$3. - \text{ Tablero de cintas transportadoras: } 40 \text{ HP} = \{40 \text{ HP}\}$$

$$4. -\text{Tablero de maestranza: } 20 \text{ HP} = \{20 \text{ HP}\}$$

$$5. -\text{Tablero de calderos: } 20 \text{ HP} = \{20 \text{ HP}\}$$

3.2.3.1. Diagrama de arranque secuencial en los tableros por orden de mayor potencia:

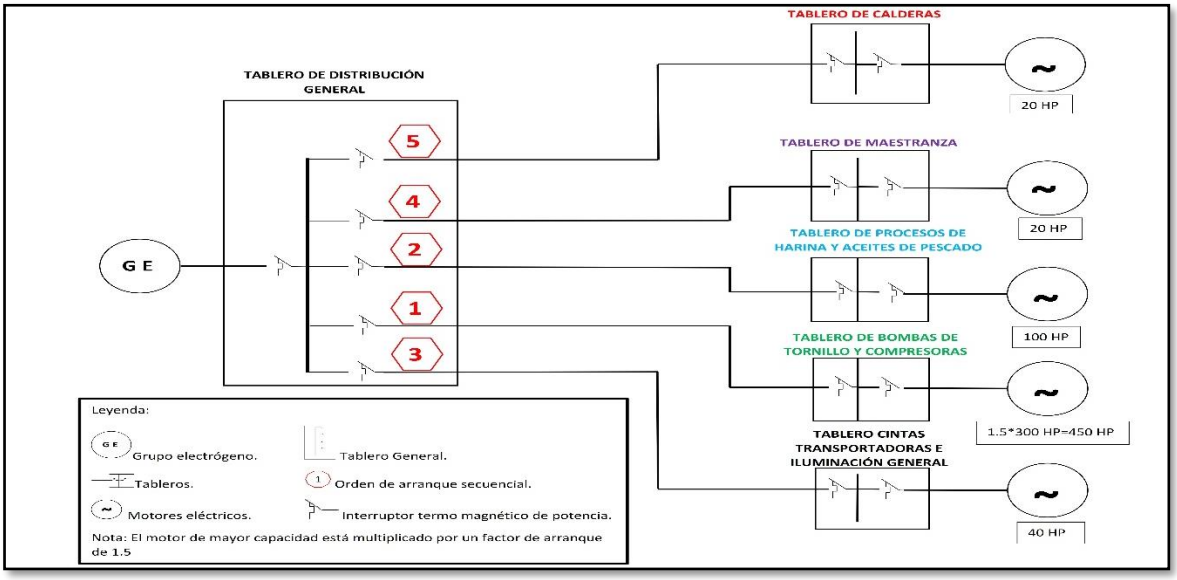


Figura 28: Diagrama de arranque secuencial en los tableros de distribución Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Tablas 3, 4, 5, 6 y 7. Figura 20: Tablero general de alimentación con potencias nominales en cada tablero de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.

3.2.3.2. Diagrama unifilar de arranque secuencial de los motores por orden de mayor potencia:

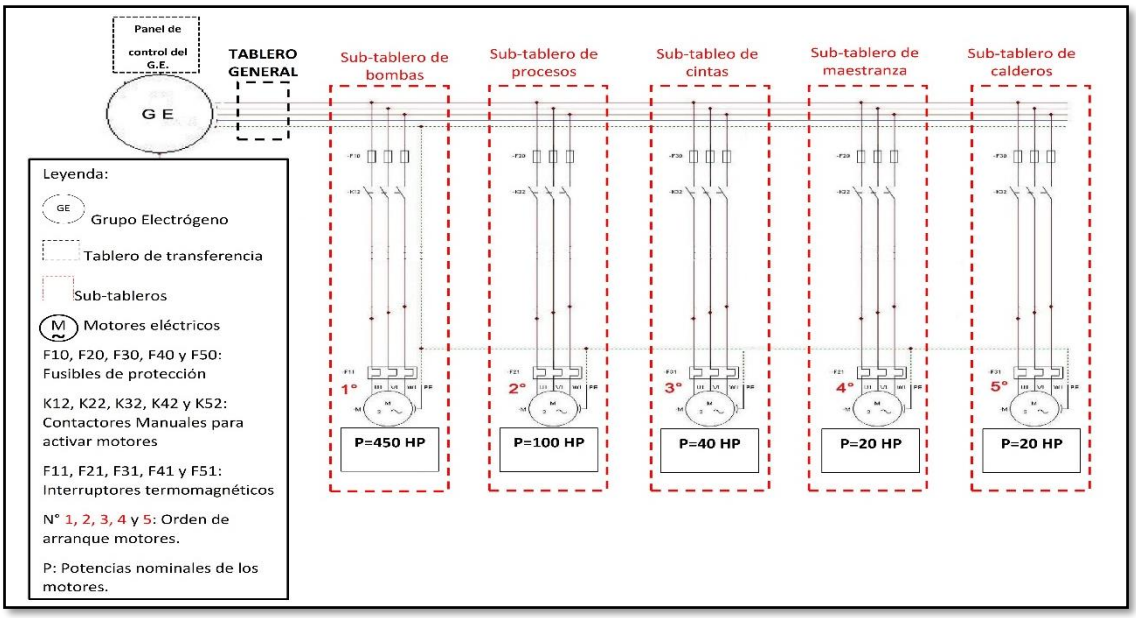


Figura 29: Diagrama unifilar de arranque secuencial de los motores de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Figura 28: Diagrama de arranque secuencial en los tableros de distribución Austral Group S.A.A, 2017. y tablas 3, 4, 5, 6 y 7.

3.2.4. Determinación del consumo de gas natural:

3.2.4.1. Composición del gas natural en Perú:

El gas natural del Perú, está compuesto en mayor composición de metano. El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), establece la siguiente composición para el gas natural.

Tabla 15: Composición del gas natural en el Perú, 2017.

Componente	Nomenclatura	Composición másica (%)
Metano	CH_4	95.08
Etano	C_2H_6	2.14
Propano	C_3H_8	0.29
Butano	C_4H_{10}	0.11
Pentano	C_5H_{12}	0.04
Hexano	C_6H_{14}	0.01
Nitrógeno	N_2	1.94
Gas carbónico	CO_2	0.39

Fuente: Anexo A.5 Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2017.

3.2.4.2. Poder calorífico inferior del gas natural:

El poder calorífico inferior a través de la ecuación de Dulong para combustibles gaseosos, depende de la masa molar de cada hidrocarburo, participación másica y poder caloríficos inferiores del carbono e hidrogeno.

En la tabla 13, se evalúan los PCI de cada componente (Hidrocarburo, HC) para determinar el PCI del gas natural.

Tabla 16: Poder calorífico inferior del gas natural en el Perú.

HC	M_{C_m} (Kg/Kmol)	M_{H_n} (Kg/Kmol)	$M_{C_nH_m}$ (Kg/mol)	$PCI_{C_nH_m}$ (KJ/Kg) Ecuación (33)	g_i	$PCI_{G.N}$ (KJ/Kg) Ecuación (34)
CH_4	12	4	16	54495.558	0.9508	51814.376
C_2H_6	24	6	30	50139.386	0.0214	1072.983
C_3H_8	36	8	44	48555.324	0.0029	140.810
C_4H_{10}	48	10	58	47735.981	0.0011	52.510
C_5H_{12}	60	12	72	47235.272	0.0004	18.894
C_6H_{14}	72	14	86	46897.584	0.0001	4.690
N_2	-	-	-	-	0.0194	-
CO_2	12	-	12	32714.7	0.0039	127.587
						53231.85

Para el análisis, se consideró: $PCI_C = 32714.7\frac{KJ}{Kg}$; $PCI_H = 119838.13\frac{KJ}{Kg}$

Fuente: Anexo A.5 Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2017.

Por lo consiguiente, queda establecido que el PCI del gas natural de los yacimientos del Perú, es 53231.85 KJ/Kg.

3.2.4.3. Análisis de combustión con gas natural:

El objetivo es determinar la relación aire-combustible real con gas natural a la cual trabajará el grupo electrógeno. Para lo cual se debe determinar el número de Kmol de cada hidrocarburo en base a 100 Kg de combustible, tal como se detalla en la tabla 14.

Tabla 17: Evaluación del número de Kmol de cada hidrocarburo.

HC	$M_{C_nH_m}$ (Kg/Kmol)	$g_i = m$ (Kg)	$n = \frac{m}{M_{C_nH_m}}$ (Kmol)
CH_4	16	95.08	5.9425
C_2H_6	30	2.14	0.0713
C_3H_8	44	0.29	0.0066
C_4H_{10}	58	0.11	0.0019
C_5H_{12}	72	0.04	0.0006
C_6H_{14}	86	0.01	0.0001
N_2	28	1.94	0.0693
CO_2	44	0.39	0.0089
		100	

Fuente: Tabla 16 Poder calorífico inferior del gas natural en el Perú.

3.2.4.4. Combustión completa:

Para análisis de combustión es necesario, definir la masa de gas natural, aire y gases residuales en función de sus números de moles y peso molecular.

- $m_{\text{Gas Natural}} = 5.9425CH_4 + 0.0713C_2H_6 + 0.0066C_3H_8 + 0.0019C_4H_{10} + 0.0006C_5H_{12} + 0.0001C_6H_{14} + 0.0693N_2 + 0.0089CO_2$
- $m_{\text{aire}} = \alpha * (O_2 + 3.76\ N_2)$
- $m_{\text{gases evacuados}} = \beta CO_2 + \gamma H_2O + \varphi N_2$

Por lo consiguiente el balance en combustión completa, seria:

$$5.9425CH_4 + 0.0713C_2H_6 + 0.0066C_3H_8 + 0.0019C_4H_{10} + 0.0006C_5H_{12} + 0.0001C_6H_{14} + 0.0693N_2 + 0.0089CO_2 + \alpha * (O_2 + 3.76\ N_2) = \beta CO_2 + \gamma H_2O + \varphi N_2$$

✓ Determinación del número de Kmol, del carbono (Balance de carbonos):

$$5.9425 + 2 * 0.0713 + 3 * 0.0066 + 4 * 0.0019 + 5 * 0.0006 + 6 * 0.0001 + 0.0089 = \beta$$

$$\beta = 6.125\ \text{Kmol}$$

✓ Determinación del número de mol, del hidrogeno (Balance de hidrógenos):

$$5.9425 * 4 + 6 * 0.0713 + 8 * 0.0066 + 10 * 0.0019 + 12 * 0.0006 + 14 * 0.0001 = 2\gamma$$

$$\gamma = 12.14\ \text{Kmol}$$

✓ Determinación del número de mol, del oxígeno (Balance de oxígenos):

$$2 * 0.0089 + 2\alpha = 2\beta + \gamma$$

$$\alpha = \frac{2\beta + \gamma - 2 * 0.0089}{2} = \frac{2 * 6.125 + 12.14 - 2 * 0.0089}{2} = 12.2\ \text{Kmol}$$

✓ Determinación del número de mol, del nitrógeno (Balance de nitrógenos):

$$2 * 0.0693 + 2 * 3.76\alpha = 2\varphi$$

$$2 * 0.0693 + 2 * 3.76 * 12.2 = 2\varphi$$

$$\varphi = 46\ \text{Kmol}$$

3.2.4.5. Combustión real e incompleta:

El análisis en combustión real, se determina:

$$5.9425CH_4 + 0.0713C_2H_6 + 0.0066C_3H_8 + 0.0019C_4H_{10} + 0.0006C_5H_{12} + 0.0001C_6H_{14} + 0.0693N_2 + 0.0089CO_2 + \alpha * a_t * (O_2 + 3.76\ N_2) = \beta CO_2 + \gamma H_2O + \omega N_2 + \delta O_2$$

Donde, $\alpha, \beta \wedge \gamma$, se mantienen constantes

$$5.9425CH_4 + 0.0713C_2H_6 + 0.0066C_3H_8 + 0.0019C_4H_{10} + 0.0006C_5H_{12} + 0.0001C_6H_{14} + 0.0693N_2 + 0.0089CO_2 + 12.2 * a_t * (O_2 + 3.76\ N_2) = 6.125CO_2 + 12.14H_2O + \omega N_2 + \delta O_2$$

Para el gas natural, el exceso de aire varía entre un mínimo de 10% y un máximo de 40%, necesitamos evaluar el consumo de gas natural máximo que consumiría el grupo electrógeno, por lo tanto, se considerara el 10%, es decir el porcentaje de aire teórico (a_t), es 110%. Anexo A.6.

Tenemos:

$$5.9425CH_4 + 0.0713C_2H_6 + 0.0066C_3H_8 + 0.0019C_4H_{10} + 0.0006C_5H_{12} + 0.0001C_6H_{14} + 0.0693N_2 + 0.0089CO_2 + 12.20 * 1.1 * (O_2 + 3.76\ N_2) = 6.125CO_2 + 12.14H_2O + \omega N_2 + \delta O_2$$

✓ Balance de oxígenos:

$$2 * 0.0089 + 2 * 12.20 * 1.1 = 2 * 6.125 + 12.14 + 2\delta$$

$$\delta = 1.23\ \text{Kmol}$$

✓ Balance de Nitrógenos:

$$2 * 0.0693 + 2 * 3.76 * 1.1 * 12.20 = 2\omega$$

$$\omega = 50.53\ \text{Kmol}$$

Finalmente, la ecuación real de combustión, seria:

$$5.9425CH_4 + 0.0713C_2H_6 + 0.0066C_3H_8 + 0.0019C_4H_{10} + 0.0006C_5H_{12} + 0.0001C_6H_{14} + 0.0693N_2 + 0.0089CO_2 + 13.42 * (O_2 + 3.76\ N_2) = 6.125CO_2 + 12.14H_2O + 50.53N_2 + 1.23O_2$$

3.2.4.6. Masas reales de la combustión:

De la ecuación real de combustión tenemos;

Masa de combustible:

$$m_{\text{Gas Natural}} = 5.9425CH_4 + 0.0713C_2H_6 + 0.0066C_3H_8 + 0.0019C_4H_{10} + 0.0006C_5H_{12} + 0.0001C_6H_{14} + 0.0693N_2 + 0.0089CO_2$$

$$m_{\text{Gas Natural}} = 5.9425 * 16 + 0.0713 * 30 + 0.0066 * 44 + 0.0019 * 58 + 0.0006 * 72 + 0.0001 * 86 + 0.0693 * 28 + 0.0089 * 44$$

$$m_{\text{Gas Natural}} = 100 \text{ Kg}$$

Masa de aire:

$$m_{\text{aire}} = 13.42 * (O_2 + 3.76\ N_2)$$

$$m_{\text{aire}} = 13.42 * (32 + 3.76 * 28)$$

$$m_{\text{aire}} = 1842.30 \text{ Kg}$$

Masa de gases residuales:

$$m_{GR} = 6.125CO_2 + 12.14H_2O + 50.53N_2 + 1.23O_2$$

$$m_{GR} = 6.125 * 44 + 12.14 * 18 + 50.53 * 28 + 1.23 * 32$$

$$m_{GR} = 1942.22 \text{ Kg}$$

3.2.4.7. Relación aire/combustible:

$$r_{(a/c)} = \frac{m_{\text{aire}}}{m_{\text{Gas Natural}}}$$

$$r_{(a/c)} = \frac{1842.30 \text{ Kg aire}}{100 \text{ Kg GN}}$$

$$r_{(a/c)} = 18.42 \frac{\text{Kg aire}}{\text{Kg comb.}}$$

Con los datos ya establecidos, determinamos el flujo másico de combustible de gas natural del grupo electrógeno:

$$\dot{m}_{GN} = \frac{P_{u,máx}}{\eta_{e.t} * \left(PCI_{GN} + Cp_{GN} * T_{GN} + r_{(a/c)} * C_{P_a} * T_a\right)}$$

Datos:

$P_{u,máx} = 2500\ KW$, potencia útil generada por el grupo electrógeno. Tabla 14.

$\eta_{e.t} = 41.0\% = 0.410$, rendimiento térmico del grupo electrógeno. Tabla 14.

$PCI_{GN} = 53231.85 \frac{KJ}{Kg}$, Poder calorífico inferior del gas natural del Perú. Tabla 16.

$Cp_{GN} = 8.57 \frac{Kcal}{Kmol.°C} = 2.134 \frac{KJ}{Kg°C}$, calor especifico a presión constante del gas natural. ($M_{GN} = \sum M_{C_nH_m} * g_i = 16.8 \frac{Kg}{Kmol}$). Anexo A.5.

$T_{GN} = 15\ °C$, Temperatura del gas natural. Anexo A.7.

$r_{(a/c)} = 18.42$, ratio de combustión.

$T_a = 28°C$, Temperatura ambiental, según la zona (Chimbote). Anexo A.8

$Cp_a = 1.007 \frac{KJ}{Kg°C}$, calor especifico a presión constante del aire. Anexo A.9

Sustituyendo, tenemos:

$$\dot{m}_{GN} = \frac{2500}{0.410 * (53231.85 + 2.134 * 15 + 18.42 * 1.007 * 28)}$$

$$\dot{m}_{GN} = 0.1134 \frac{Kg}{s} = 408.24 \frac{Kg}{h}$$

3.3. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA GAS NATURAL.

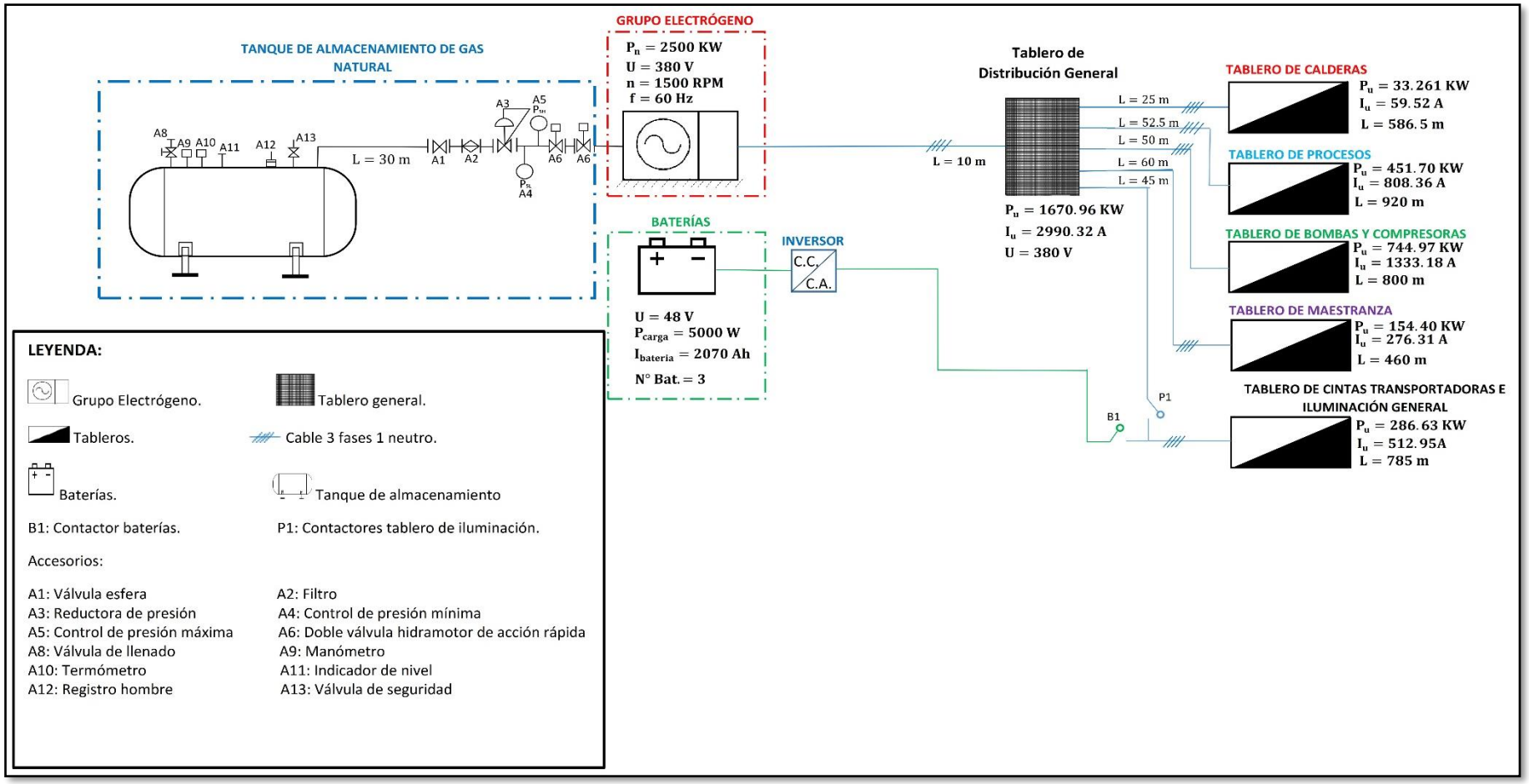


Figura 30: Diagrama con la implementación del tanque de almacenamiento de gas natural y demás elementos, Austral Group S.A.A, 2017.
Fuente: Figura 27: Implementación del grupo electrógeno a gas natural en el sistema eléctrico de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

El diseño del tanque de almacenamiento de gas natural, se basará en la metodología de cálculo del Código ASME Sección VIII Div. 1; mediante el siguiente procedimiento:

3.3.1. Determinación de la masa de gas natural:

Es la masa contenida en el tanque cilíndrico horizontal, para almacenar gas natural en fase líquida, es decir GNL (Gas Natural Licuado). El tanque de gas natural, se diseñará para un servicio de 7 días (59.5 horas/semana), por lo tanto, la masa contenida en el recipiente, seria:

$$m_{GN} = \dot{m}_{GN} * t_p$$

$$m_{GN} = 408.24\frac{Kg}{h} * 59.50\frac{h}{semana} = 24290.28\frac{Kg}{semana}$$

3.3.2. Densidad del gas natural licuado:

Tabla 18: Densidad del gas natural licuado.

Fase	HC	Densidad unitaria, ρ_i $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	Participación másica, g_i	Densidad del GNL, $\rho_{GNL} = \sum_{i=1}^{n} \rho_i * g_i \left[\frac{kg}{m^3}\right]$
Líquido	C_1H_4	422.36	0.9508	401.58
Líquido	C_2H_6	543.83	0.0214	11.64
Líquido	C_3H_8	580.88	0.0029	1.68
Líquido	C_4H_{10}	601.26	0.0011	0.661
Líquido	C_5H_{12}	630	0.0004	0.252
Líquido	C_6H_{14}	654.8	0.0001	0.0655
Líquido	N_2	806.11	0.0194	15.64
Líquido	CO_2	1256.74	0.0039	4.901
				436.42

Fuente: A.5 Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2017.

3.3.3. Volumen de gas natural contenido en el tanque cilíndrico:

La masa del gas natural en estado líquido (GNL) y en estado gaseoso (GNC) es la misma. Por lo tanto:

$$V_{GNL} = \frac{m_{GN}}{\rho_{GNL}}$$

$$V_{GN} = \frac{24290.28\frac{Kg}{semana}}{436.42\frac{kg}{m^3}} = 55.66\ \frac{m^3}{Semana}$$

3.3.4. Volumen máximo:

Los tanques de almacenamiento de gas natural, por lo general se diseñan con un 25% adicional a su capacidad máxima.

$$(V_{GNL})_{máx} = V_{GNL} * f.s$$

$$(V_{GNL})_{máx} = 55.66\ \frac{m^3}{Semana} * 1.25 = 69.58\ m^3 = 2457.18\ pie^3$$

3.3.5. Condiciones de operación del tanque cilíndrico horizontal:

Las condiciones de operación del tanque cilindro horizontal a GNL, se regirá según lo expuesto en la Sección VIII – División 1 del código ASME:

- ✓ Presión y Temperatura de almacenamiento: Norma Técnica peruana: NTP-111.013
    - Presión = 14.5 psi (1 bar abs.)
    - Temperatura = - 162º C (- 259.6 °F)
- ✓ Margen de corrosión: $C = \frac{1}{8}\text{pulg.} = 0.125\ \text{pulg}\ (3.175\ \text{mm})$
- ✓ Velocidad de corrosión: 5 milésimas de pulg/año (0.005 in/año) = 0.127 mm/año
- ✓ Vida operativa del recipiente a gas natural, ecuación:

$$\text{Vida operativa} = \frac{\text{margen de corrosión}}{\text{Velocidad de corrosión}} = \frac{0.125\ \text{pulg}}{0.005\ \frac{\text{pulg}}{\text{año}}} = 25\ \text{años}$$

- ✓ Material del tanque: Acero al carbón SA-285 Grado C (Material recomendado para tanques a gas natural-ASME), con un esfuerzo admisible S=13.8Kpsi, (Anexo A.10).
- ✓ Eficiencia de soldadura: Los tipos de uniones, serán soldados a tope unida con soldadura por ambos lados, con una eficiencia E=85%, (Anexo A.10).

3.3.6. Presión máxima de diseño:

Basada en la presión de operación $P_o = 14.5\ \text{psi}$:

$$\text{Si } P_o > 300\ \text{Psi} \rightarrow\ P = 1.1P_o$$

$$\text{Pero si } P_o \leq 300 \text{ Psi} \rightarrow \ P = (P_o + 30\ )\text{psi}$$

En nuestro caso es: $P = 14.5 + 30 = 44.5 \text{ psi}$

3.3.7. Dimensionamiento óptimo del recipiente:

Para determinar el diámetro optimo, primero se determina el factor "F" de medidas adecuadas en el recipiente a presión:

$$F = \frac{P}{C * S * E}$$

$$F = \frac{44.5}{0.125 * 13.8 * 10^3 * 0.85} = 0.030 \text{ pulg}^{-1}$$

En la figura 31, interceptamos el valor de 0.030 pulg^{-1} y 2457.18 pie^3, obteniendo el diámetro interior del tanque:

$$D_{int} = \ 9 \text{ pies } = 108 \text{ pulg} = \ 2.7432 \text{ m}$$

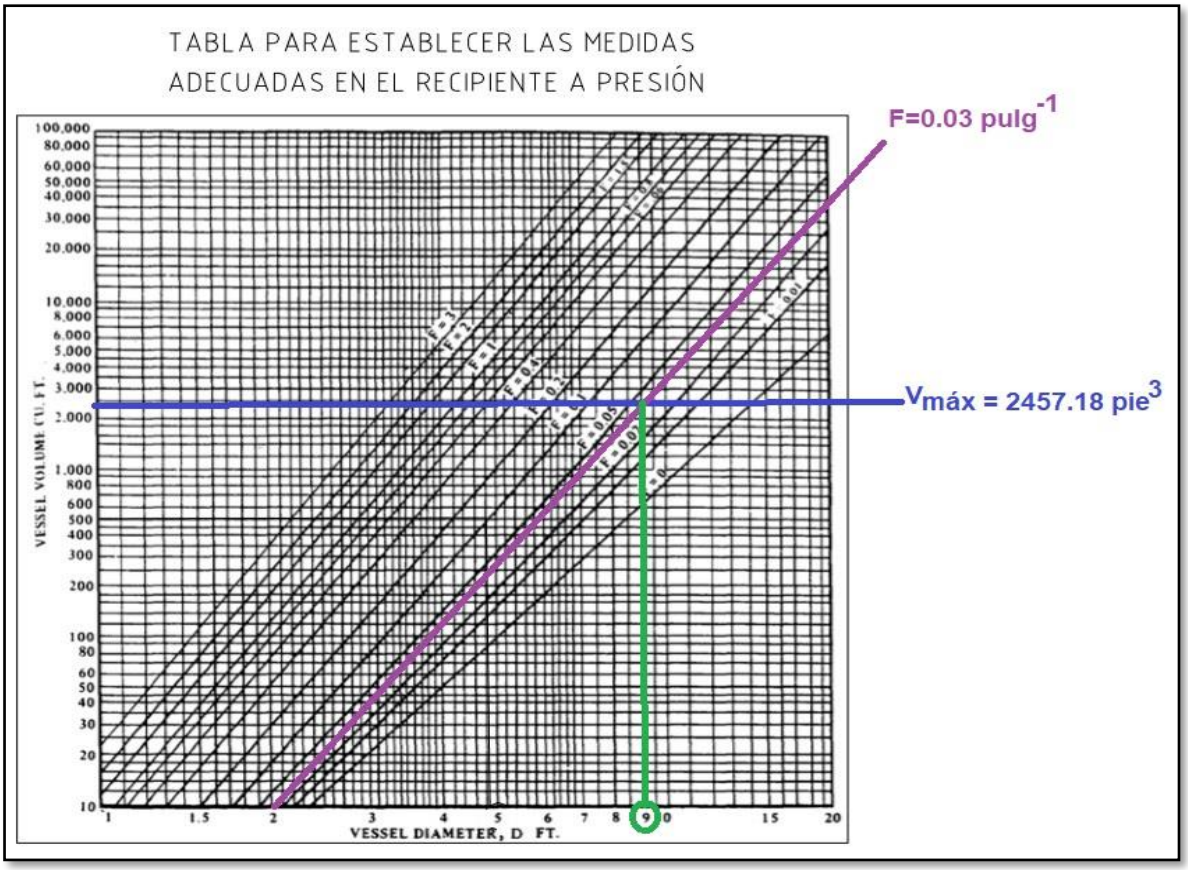


Figura 31: Medidas óptimas del diámetro interior del recipiente.
Fuente: Anexo A.10 Sección VIII – División 1 del código ASME.

3.3.8. Longitud del tanque de almacenamiento:

Ya obtenido el diámetro interno óptimo, se procede a determinar el valor de la longitud del recipiente:

$$L = \frac{4 * (V_{GNL})_{max}}{\pi * {D_{int}}^2} - \frac{D_{int}}{3}$$

$$L = \frac{4 * 2457.18 \text{ pie}^3}{\pi * (9 \text{ pie})^2} - \frac{9 \text{ pie}}{3}$$

$$L = 35.62 \text{ pie} = 427.44 \text{ pulg} = 10.857 \text{ m}$$

3.3.9. Cálculo del espesor del cuerpo y tapas por presión interna:

Para un recipiente cilíndrico horizontal por presión interna, es necesario realizar independientemente el cálculo del espesor del cuerpo y las tapas.

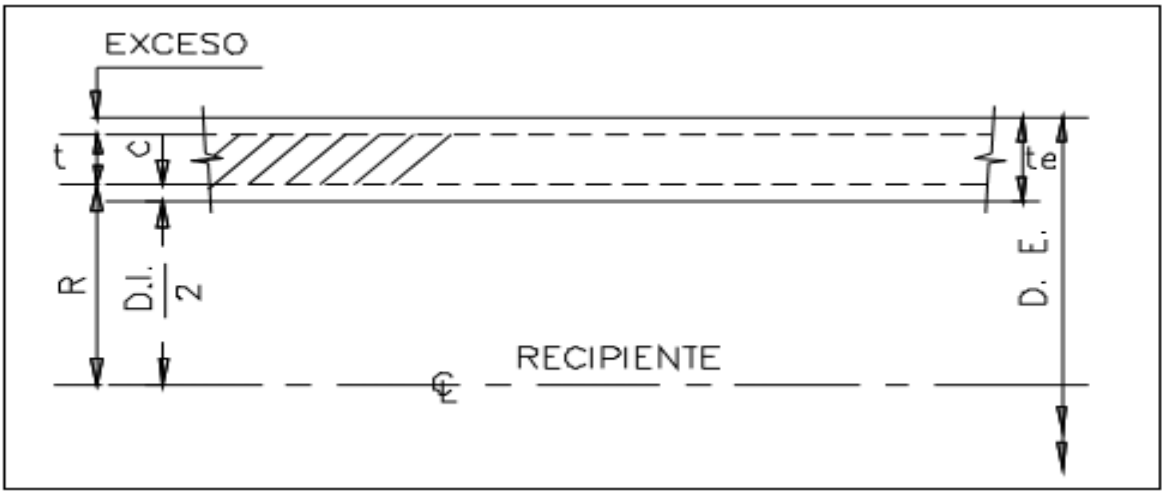


Figura 32: Espesor de pared del cuerpo.
Fuente: Anexo A.10 Sección VIII – División 1 del código ASME.

$$t = \frac{P * R_{int}}{S * E - 0.6\,P}$$

$$t = \frac{0.0445 * 54}{13.8 * 0.85 - 0.6 * 0.0445} = 0.2053 \text{ pulg}$$

Al valor obtenido, se le suma el margen de corrosión y el valor obtenido se aproxima a valores comerciales (Anexo A.10), es decir:

$$t_e = t + 2 * C = 0.2053 + 2 * 0.125 = 0.4553 \text{ pulg } \approx \frac{1}{2} \text{ pulg } = 0.0127 \text{ m}$$

3.3.10. Cálculo del espesor de pared de las tapas semielípticas:

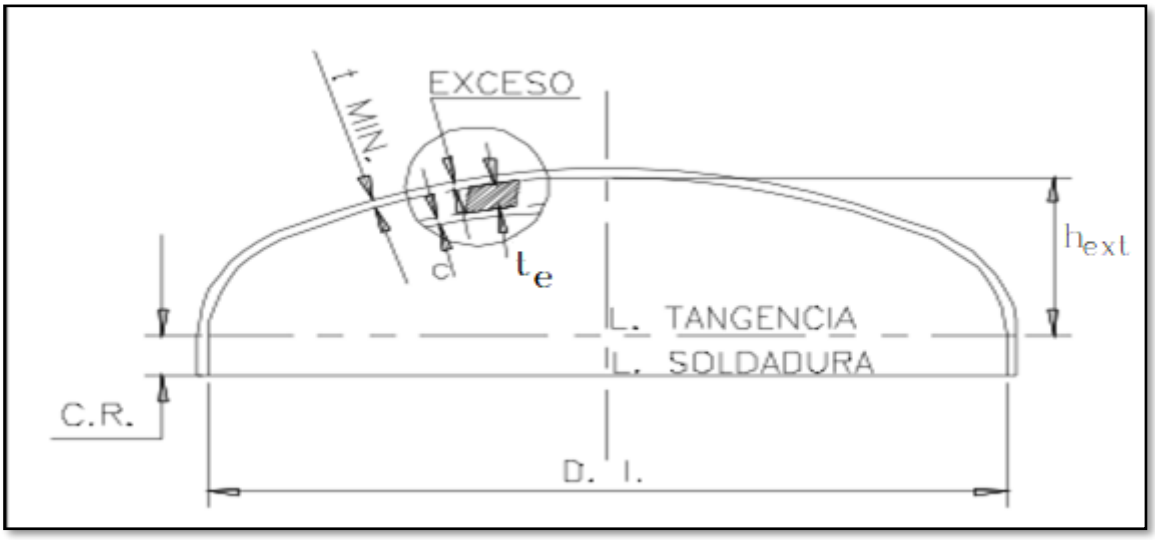


Figura 33: Cabezales del recipiente a GNL.
Fuente: Anexo A.10 Sección VIII – División 1 del código ASME.

$$t = \frac{P * R_{int}}{S * E - 0.1\ P}$$

$$t = \frac{0.0445 * 54}{(13.8 * 0.85 - 0.1 * 0.0445)} = 0.2049\ \text{pulg}$$

Al valor obtenido, se le suma el margen de corrosión y el valor obtenido se aproxima a valores comerciales (Anexo A.10), es decir:

$$t_e = t + 2 * C = 0.2049 + 2 * 0.125 = 0.4549\ \text{pulg} \approx \frac{1}{2}\ \text{pulg} = 0.0127\ \text{m}$$

3.3.11. Calculamos las alturas de las tapas semielípticas:

$$h_{int} = \frac{D_{int}}{4} = \frac{108\ \text{pulg}}{4} = 27\ \text{pulg} = 0.6096\ \text{m}$$

$$h_{ext} = h_{int} + t_e = 27 + \frac{1}{2} = 27.50\ \text{pulg} = 0.6985\ \text{m}$$

3.3.12. Diámetro exterior del tanque de GNL:

$$D_{ext} = D_{int} + 2 * t_e = 108 + 2 * \frac{1}{2} = 109\ \text{pulg} = 2.7686\ \text{m}$$

En la figura 34, se muestran las principales dimensiones del tanque de GNL.

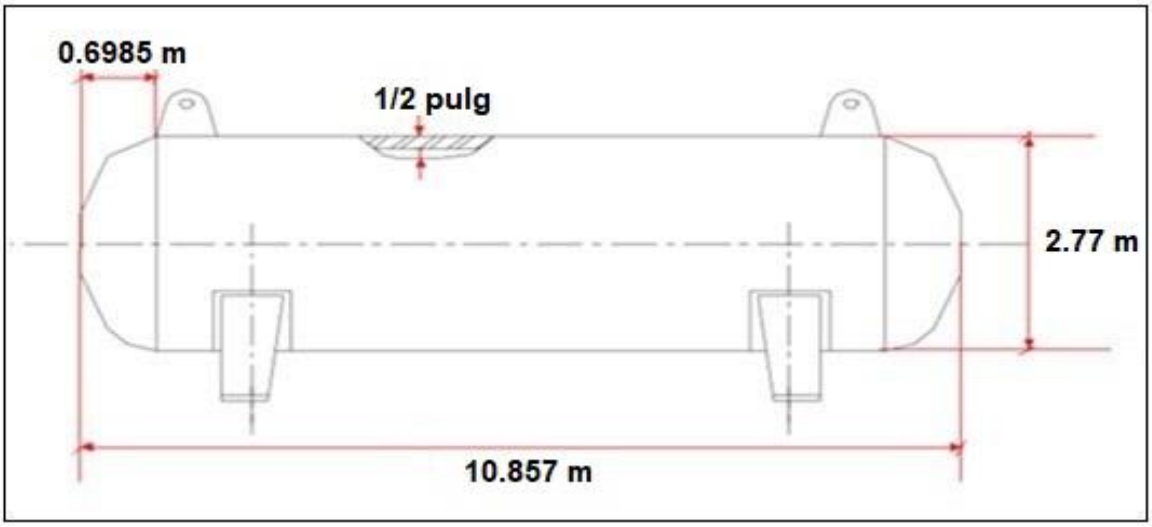


Figura 34: Dimensiones del tanque a GNL.
Fuente: Anexo A.10 Sección VIII – División 1 del código ASME.

3.3.13. Dimensionamiento de la tubería de transporte de gas natural (Tanque de almacenamiento – grupo electrógeno).

- Número de cédula: Para un factor de servicio, recomendado de 1.75.

$$\mathrm{SHC} = \frac{1000 * \mathrm{P}}{\mathrm{S}} * \mathrm{fs}$$

$$\mathrm{SHC} = \frac{1000 * 0.0445\ \mathrm{Kpsi}}{13.8\mathrm{Kpsi}} * 1.75$$

$$\mathrm{SHC} = 5.64 \approx 40$$

- Diámetro interior de la tubería de transporte: Para una velocidad promedio de 0.61 m/s. Anexo A.11.

Hallamos la superficie transversal:

$$\mathrm{S} = \frac{\dot{\mathrm{m}}_{\mathrm{GN}}}{\rho_{\mathrm{GNL}} * \mathrm{U}_{\mathrm{GN}}}$$

$$\mathrm{S} = \frac{0.1134\,\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{s}}}{436.42\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} * 0.61\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{S}}} = 4.259 * 10^{-4}\mathrm{m}^2$$

Por lo consiguiente:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}}$$

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * 4.259 * 10^{-4} m^2}{\pi}} = 0.023 \text{ m} = 23 \text{ mm} = 1 \text{ pulg}$$

- Dimensiones de la tubería de transporte: Las dimensiones normalizadas de las tuberías para el transporte de gas natural. Anexo A.10, serian:

$$Dn = 1 \text{ pulg} \begin{cases} d_{ext} = 33.4 \text{ mm} \\ t = 3.38 \text{ mm} \\ d_{int} = 26.64 \text{ mm} \end{cases}$$

- Vida estimada máxima de la tubería: El Código ASME Sección VIII Div. 1, establece que la velocidad de corrosión del acero es 0.127 mm/año (0.005 in/año).

$$t_{vida} = \frac{2.87 \text{ mm}}{0.127 \frac{\text{mm}}{\text{año}}} = 22 \text{ años}$$

3.4. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

3.4.1. Selección del conductor eléctrico desde el grupo electrógeno hasta el tablero general.

Como dato del cálculo realizado el grupo electrógeno tiene una potencia nominal de 2500 KW, una tensión de 380 V. (Ver anexo A.4)

- Intensidad eléctrica nominal:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_n * \varphi}$$

Tenemos:

- Potencia nominal: $P_n = 2500\ KW$
- Voltaje nominal: $U_n = 0.38\ KV$
- $\varphi = 0.85$

$$I_n = \frac{2500\ KW}{\sqrt{3} * 0.38\ KV * 0.85}$$

$$I_n = 4468.66\ A$$

- Corriente de diseño:

$$I_d = I_n * F.D.$$

Tenemos:

- Factor de diseño: $F.D. = 1.15$ (asumimos un 15% porque el grupo electrógeno no trabajará a su máximo potencia nominal).

$$I_d = 4468.66\ A * 1.15$$

$$I_d = 5138.96\ A$$

Debido a la alta potencia se utilizarán Ternas de cables, es por ello que dividimos la intensidad nominal del grupo electrógeno entre 6 ternas.

$$I_d = \frac{5585.823\ A}{6} = 856.49\ A$$

Del catálogo INDECO, el cable adquirido es del tipo FREETOX N2XOH (0.6/1 kV), $6(4 - 1 * 400\ mm^2)$ que tiene una capacidad de corriente de 895A enterrado (Anexo A.12). Equivalente al calibre americano 800 MCM (Anexo A.14). No se hará análisis de caída de tensión por ser mínima la distancia (10 m) entre el grupo electrógeno y el tablero general. La conexión en el tablero general será a través de barras. (Ver Anexo A.18).

3.4.2. Selección de los conductores eléctricos desde el tablero general hasta los tableros de distribución.

Tabla 19: Datos corrientes nominales y diseño de los tableros de la empresa Austral Group S.A.A.

TABLEROS	POTENCIA NOMINAL (KW)	TENSIÓN (V)	FACTOR DE POTENCIA	LONGITUD (m)	CORRIENTE NOMINAL (A) $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_n * \varphi}$	CORRIENTE DE DISEÑO (A) $I_d = I_n * 1.25$
Calderas	39.911	380	0.85	25	71.42	89.28
Procesos	552.786	380	0.85	52.5	989.26	1236.58
Bombas	839.250	380	0.85	50	1501.91	1871.39
Maestranza	181.278	380	0.85	60	324.41	405.51
Cintas	350.620	380	0.85	52	627.46	784.33

Fuente: Tabla 9: Potencia nominal del sistema eléctrico en cada tablero de la empresa Austral Group S.A.A, 2017 y Figura 20: Tablero general de alimentación con potencias nominales en cada tablero de distribución, Austral Group S.A.A, 2017.

Del catálogo CONDUCTORES Y CABLES DEL PERÚ, los cables adquiridos son del tipo N2XY (0.6/1 KV), (Anexo A.13).

a) Conductores eléctricos para el tablero de calderas:

*Tabla 20: Tabla datos técnicos del cable Conductores y cables del Perú tipo N2XY (0.6/1KV) 4-1*16mm2.*

CORRIENTE DE DISEÑO (A) $I_d = I_n * 1.25$	89.28
TERNA	--
AMPACIDAD ENTERRADO (CORRIENTE MÁXIMA I_{max}) (20°)	133
CALIBRE (mm^2)	16
DESIGNACIÓN	$4 - 1 * 16\ mm^2$
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20° EN A.C. $\mathbf{R_{20°c}}$ (Ohm/Km)	1.47
REACTANCIA INDUCTIVA $\mathbf{X_L}$ (Ohm/Km)	0.138
TEMPERATURA DEL SUELO Ts (°C)	20
TEMPERATURA DE OPERACIÓN Tp (°C)	90
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL $\boldsymbol{\alpha}$ $(°\mathbf{C^{-1}})$	$3.93 * 10^{-3}$

1.- Verificación de la sección del cable por capacidad de corriente:

CORRIENTE MÁXIMA (A) (I_{max})		CORRIENTE DE DISEÑO (A) (I_d)
133	>	89.28

2.- Verificación por caída de tensión:

Temperatura de servicio (°C) $\Delta T = Tp - Ts$	Resistencia a 70°C (Ohm/Km) $R_{70°c} = R_{20°c} * (1 + \alpha * \Delta T)$	**Impedancia** (Ohm/Km) $Z = \sqrt{R_{70°c}{}^2 + X_L{}^2}$	**Factor de potencia** $\varphi = \arccos(\frac{R_{70°c}}{Z})$	**Longitud (Km)**	**Caída de tensión (V)** $\Delta U_{cd} = \sqrt{3} * I_d * L * (R_{70°c} * \cos\varphi + X_L * \operatorname{sen}\varphi)$	***Porcentaje de caída de tensión (%)**
70	1.874	1.910	11.14	0.025	7.21	1.89

3.- Verificación por corto circuito: donde la superficie o área transversal en corto circuito debe ser menor al área transversal del conductor seleccionado.

$$I_{cc} = \frac{K * S_{CC}}{\sqrt{t}}$$

Donde:

I_{cc}= Corriente por cortocircuito.
S_{CC}= Sección del conductor.
K= Constante para: Conductor/Cobre; Aislamiento/PVC (115). (Anexo A.14)
t= Tiempo en segundos que puede durar el cortocircuito.

$$I_{cc} = \frac{115 * 16}{\sqrt{0.1}}$$

$$I_{cc} = 5818.59 \text{ A}$$

La superficie de corto circuito se calcula:

$$S_{CC} = \frac{I_{cc}}{13 * \left(\frac{\Delta\in}{t}\right)^{0.5}}$$

Dónde:

$\Delta\in$: Incremento de temperatura a efecto de C.C, para el Cu es 150ºC

t: Tiempo de duración del corto circuito, promedio 0.1 seg.

$$S_{CC} = \frac{5818.59\ A}{13 * \left(\frac{150}{0.1}\right)^{0.5}}$$

$$S_{CC} = 11.55\ mm^2$$

Tenemos:

$$S_{CC} < S$$
$$11.55\ mm^2 < 16\ mm^2$$

Por lo tanto, se concluye también que el cable seleccionado no falla por cortocircuito.

b) Conductores eléctricos para el tablero de procesos:

*Tabla 21: Tabla datos técnicos del cable Conductores y cables del Perú tipo N2XY (0.6/1KV) 2(4-1*300mm2).*

CORRIENTE DE DISEÑO (A) $I_d = I_n * 1.25$	1236.58
TERNA	2
AMPACIDAD ENTERRADO (CORRIENTE MÁXIMA I_{max}) (20°)	656
CALIBRE (mm^2)	300
DESIGNACIÓN	$2(4 - 1 * 300\ mm^2)$
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20° EN A.C. $\mathbf{R_{20°c}}$ (Ohm/Km)	0.0817
REACTANCIA INDUCTIVA $\mathbf{X_L}$ (Ohm/Km)	0.112
TEMPERATURA DEL SUELO Ts (°C)	20
TEMPERATURA DE OPERACIÓN Tp (°C)	90
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL $\boldsymbol{\alpha}$ $(°\mathbf{C^{-1}})$	$3.93 * 10^{-3}$

1.- Verificación de la sección del cable por capacidad de corriente:

CORRIENTE MÁXIMA (A) (I_{max})		CORRIENTE DE DISEÑO (A) (I_d)
2X656	>	1236.58

2.- Verificación por caída de tensión:

Temperatura de servicio (°C) $\Delta T = Tp - Ts$	Resistencia a 70°C (Ohm/Km) $R_{70°c} = R_{20°c} * (1 + \alpha * \Delta T)$	**Impedancia** (Ohm/Km) $Z = \sqrt{R_{70°c}{}^2 + X_L{}^2}$	**Factor de potencia** $\varphi = \arccos(\frac{R_{70°c}}{Z})$	**Longitud (Km)**	**Caída de tensión (V)** $\Delta U_{cd} = \sqrt{3} * I_d * L * (R_{70°c} * \cos\varphi + X_L * \operatorname{sen}\varphi)$	***Porcentaje de caída de tensión (%)**
70	0.104	0.153	47.18	0.0525	9.12	2.40

3.-Verificación por corto circuito:

$$I_{cc} = \frac{115 * 300}{\sqrt{0.1}}$$

$$I_{cc} = 109098.58\ A$$

$$S_{CC} = \frac{109098.58\ A}{13 * \left(\frac{150}{0.1}\right)^{0.5}}$$

$$S_{CC} = 216.69\ mm^2$$

Tenemos:

$$S_{CC} < S$$
$$216.69\ mm^2 < 300\ mm^2$$

Por lo tanto, se concluye también que el cable seleccionado no falla por cortocircuito.

c) Conductores eléctricos para el tablero de bombas:

*Tabla 22: Tabla datos técnicos del cable Conductores y cables del Perú tipo N2XY (0.6/1KV) 3(4-1*300mm2).*

CORRIENTE DE DISEÑO (A) $I_d = I_n * 1.25$	1871.39
TERNA	3
AMPACIDAD ENTERRADO (CORRIENTE MÁXIMA I_{max}) (20°)	656
CALIBRE (mm^2)	300

DESIGNACIÓN	$3(4-1*300\ \mathrm{mm}^2)$
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20° EN A.C. $\mathbf{R_{20°c}}$ (Ohm/Km)	0.0817
REACTANCIA INDUCTIVA $\mathbf{X_L}$ (Ohm/Km)	0.112
TEMPERATURA DEL SUELO Ts (°C)	20
TEMPERATURA DE OPERACIÓN Tp (°C)	90
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL $\boldsymbol{\alpha}$ $(°\mathbf{C}^{-1})$	$3.93*10^{-3}$

1.- Verificación de la sección del cable por capacidad de corriente:

CORRIENTE MÁXIMA (A) (I_{max})		CORRIENTE DE DISEÑO (A) (I_d)
3X656	>	1871.39

2.- Verificación por caída de tensión:

Temperatura de servicio (°C) $\Delta\mathbf{T}=\mathbf{Tp}-\mathbf{Ts}$	Resistencia a 70°C (Ohm/Km) $\mathbf{R_{70°c}}=\mathbf{R_{20°c}}*(\mathbf{1}+\boldsymbol{\alpha}*\Delta\mathbf{T})$	**Impedancia** (Ohm/Km) $\mathbf{Z}=\sqrt{\mathbf{R_{70°c}}^2+\mathbf{X_L}^2}$	**Factor de potencia** $\boldsymbol{\varphi}=\mathbf{arc\cos}(\frac{\mathbf{R_{70°c}}}{\mathbf{Z}})$	**Longitud (Km)**	**Caída de tensión (V)** $\Delta\mathbf{U_{cd}}=\sqrt{\mathbf{3}}*\mathbf{I_d}*\mathbf{L}*(\mathbf{R_{70°c}}*\mathbf{cos}\boldsymbol{\varphi}+\mathbf{X_L}*\mathbf{sen}\boldsymbol{\varphi})$	***Porcentaje de caída de tensión (%)**
70	0.104	0.153	47.18	0.05	9.12	2.40

3.- Verificación por corto circuito:

$$I_{cc}=\frac{115*300}{\sqrt{0.1}}$$

$$I_{cc}=109098.58\ \mathrm{A}$$

$$S_{CC}=\frac{109098.58\ \mathrm{A}}{13*\left(\frac{150}{0.1}\right)^{0.5}}$$

$$S_{CC}=216.69\ \mathrm{mm}^2$$

Tenemos:

$$S_{CC}<S$$

$$216.69\ \mathrm{mm}^2<300\ \mathrm{mm}^2$$

Por lo tanto, se concluye también que el cable seleccionado no falla por cortocircuito.

d) Conductores eléctricos para el tablero de maestranza:

*Tabla 23: Tabla datos técnicos del cable Conductores y cables del Perú tipo N2XY (0.6/1KV) 4-1*150mm2.*

CORRIENTE DE DISEÑO (A) $I_d = I_n * 1.25$	405.51
TERNA	--
AMPACIDAD ENTERRADO (CORRIENTE MÁXIMA I_{max}) (20°)	449
CALIBRE (mm^2)	150
DESIGNACIÓN	$4 - 1 * 150\ mm^2$
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20° EN A.C. $\mathbf{R_{20°c}}$ (Ohm/Km)	0.161
REACTANCIA INDUCTIVA $\mathbf{X_L}$ (Ohm/Km)	0.117
TEMPERATURA DEL SUELO Ts (°C)	20
TEMPERATURA DE OPERACIÓN Tp (°C)	90
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL $\boldsymbol{\alpha}$ $(°\mathbf{C^{-1}})$	$3.93 * 10^{-3}$

1.- Verificación de la sección del cable por capacidad de corriente:

CORRIENTE MÁXIMA (A) (I_{max})		CORRIENTE DE DISEÑO (A) (I_d)
449	>	405.51

2.- Verificación por caída de tensión:

Temperatura de servicio (°C) $\Delta T = Tp - Ts$	Resistencia a 70°C (Ohm/Km) $R_{70°c} = R_{20°c} * (1 + \alpha * \Delta T)$	**Impedancia** (Ohm/Km) $Z = \sqrt{R_{70°c}^2 + X_L^2}$	**Factor de potencia** $\varphi = \arccos(\frac{R_{70°c}}{Z})$	**Longitud (Km)**	**Caída de tensión (V)** $\Delta U_{cd} = \sqrt{3} * I_d * L * (R_{70°c} * \cos\varphi + X_L * \operatorname{sen}\varphi)$	***Porcentaje de caída de tensión (%)**
70	0.104	0.153	47.18	0.05	9.12	2.42

3.- Verificación por corto circuito:

$$I_{cc} = \frac{115 * 150}{\sqrt{0.1}}$$

$$I_{cc} = 54549.29\ A$$

$$S_{CC} = \frac{54549.29\ A}{13 * \left(\frac{150}{0.1}\right)^{0.5}}$$

$$S_{CC} = 108.34\ mm^2$$

Tenemos:

$$S_{CC} < S$$
$$108.34\ mm^2 < 150\ mm^2$$

Por lo tanto, se concluye también que el cable seleccionado no falla por cortocircuito.

e) Conductores eléctricos para el tablero de cintas:

*Tabla 24: Tabla datos técnicos del cable Conductores y cables del Perú tipo N2XY (0.6/1KV) 2(4-1*150mm2).*

CORRIENTE DE DISEÑO (A) $I_d = I_n * 1.25$	784.33
TERNA	2
AMPACIDAD ENTERRADO (CORRIENTE MÁXIMA I_{max}) (20°)	401
CALIBRE (mm^2)	120
DESIGNACIÓN	$2(4 - 1 * 150\ mm^2)$
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20° EN A.C. $\mathbf{R_{20°c}}$ (Ohm/Km)	0.197
REACTANCIA INDUCTIVA $\mathbf{X_L}$ (Ohm/Km)	0.117
TEMPERATURA DEL SUELO Ts (°C)	20
TEMPERATURA DE OPERACIÓN Tp (°C)	90
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL $\boldsymbol{\alpha}$ $(°\mathbf{C^{-1}})$	$3.93 * 10^{-3}$

1.- Verificación de la sección del cable por capacidad de corriente:

CORRIENTE MÁXIMA (A) (I_{max})		CORRIENTE DE DISEÑO (A) (I_d)
2X401	>	784.33

2.- Verificación por caída de tensión:

Temperatura de servicio (°C) $\Delta T = Tp - Ts$	Resistencia a 70°C (Ohm/Km) $R_{70°c} = R_{20°c} * (1 + \alpha * \Delta T)$	**Impedancia** (Ohm/Km) $Z = \sqrt{{R_{70°c}}^2 + {X_L}^2}$	**Factor de potencia** $\varphi = \arccos(\frac{R_{70°c}}{Z})$	**Longitud (Km)**	**Caída de tensión (V)** $\Delta U_{cd} = \sqrt{3} * I_d * L * (R_{70°c} * \cos\varphi + X_L * \operatorname{sen}\varphi)$	***Porcentaje de caída de tensión (%)**
70	0.251	0.277	29.69	0.06	9.18	2.26

3.- Verificación por corto circuito:

$$I_{cc} = \frac{115 * 150}{\sqrt{0.1}}$$

$$I_{cc} = 54549.29 \text{ A}$$

$$S_{CC} = \frac{54549.29 \text{ A}}{13 * \left(\frac{150}{0.1}\right)^{0.5}}$$

$$S_{CC} = 108.34 \text{ mm}^2$$

Tenemos:

$$S_{CC} < S$$
$$108.34 \text{ mm}^2 < 150 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, se concluye también que el cable seleccionado no falla por cortocircuito.

Del análisis de los conductores en cada tablero llegamos a las tres conclusiones principales:

- Que los conductores no fallaran por capacidad de corriente.
- Que los conductores no fallaran por caída de tensión.
- Que los conductores no fallaran por corto circuito.

*Del código nacional de electricidad (CNE) en Generalidades sección 050-102 Caída de Tensión.

(1) Los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados para que:

(a) La caída de tensión no sea mayor del 2.5%.

Por lo tanto, deducimos que los conductores seleccionados si cumplen con los requisitos que estipula el código nacional de electricidad (CNE).

3.4.3. Diagrama eléctrico unifilar de toda la planta Austral Group S.A.A.

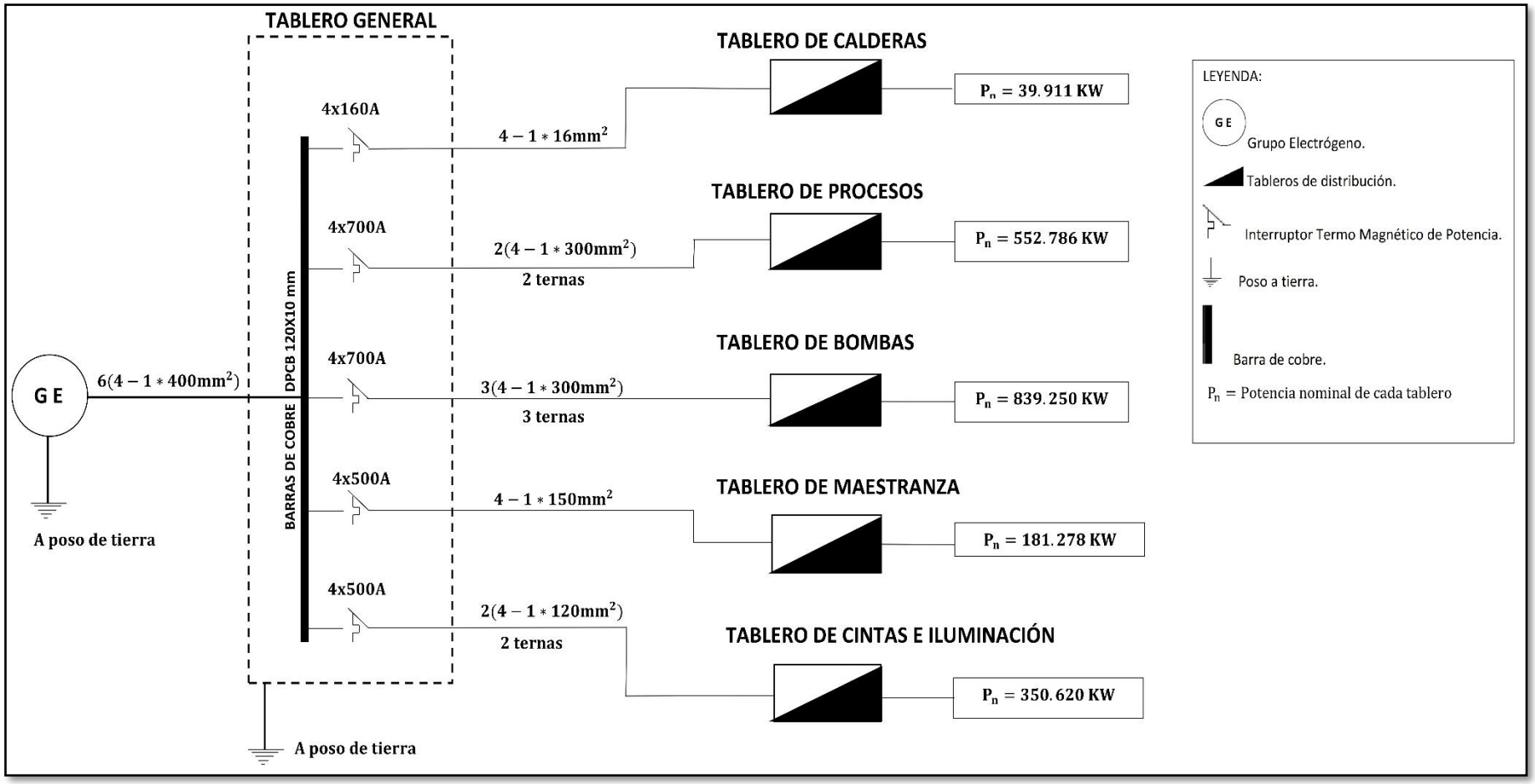


Figura 35: Diagrama unifilar eléctrico de toda la planta Austral Group S.A.A.
Fuente: Anexo A.12, A.13, A.16 y Tabla 20 Tabla datos técnicos del cable Conductores y cables del Perú tipo N2XY (0.6/1KV).

3.4.4. Dimensionamiento y selección de baterías:

Se implementarán acumuladores, para el servicio de iluminación, cuando el grupo electrógeno este fuera de su rango de trabajo de 8.5 horas/día. La potencia de iluminación máxima requerida en la empresa es 5000 W, los cuales operaran 12 horas al día.

La capacidad de un acumulador, se determina:

$$C_{Bateria} = \frac{E_{max} * D_{aut}}{U * P_d}$$

Donde:

- La energía seria: $E_{max} = 5000W * 12\ h/dia \rightarrow E_{max} = 60000\ Wh/día$
- Voltaje de las baterías, U = 48 V
- Días de autonomía, D_{aut}=2 días
- Profundidad de descarga de la batería, $P_d = 0.50$

Reemplazando:

$$C_{Bateria} = \frac{(60000\ KWh/día) * (2\ días)}{48\ V * 0.50}$$

$$C_{Bateria} = 5000\ Ah$$

Por lo consiguiente del catálogo AUTOSOLAR (Proveedor de baterías en Perú para energías renovables), seleccionamos 3 Baterías estacionarias GEL – VRLA (batería de ácido-plomo regulada por válvula), modelo BAE 48V 2070Ah. Anexo A.22.

3.5. ANÁLISIS ECOLÓGICO DE IMPACTO AMBIENTAL, EN COMPARATIVO CON GRUPOS ELÉCTROGENOS QUE CONSUMEN PETROLÉO Y GAS NATURAL.

3.5.1. Análisis ecológico del impacto ambiental con petróleo industrial N°6:

Tabla 25: Composición másicas del petróleo industrial N°6.

Componente	Nomenclatura	Participación másica (%)
Carbono	C	85
Azufre	S	3
Hidrogeno	H_2	10
Oxigeno	O_2	2

Fuente: Valores típicos del petróleo industrial N°6.

Tabla 26: Número de moles de los compuestos

Nomenclatura	Masa (Kg)	Peso Molar $\left(\frac{Kg}{Kmol}\right)$	Numero de Kmol $n = \frac{m}{M}$
C	85	12	7.0833
S	3	32	0.0938
H_2	10	2	5
O_2	2	32	0.0625

Fuente: Tabla 24 Composición másicas del petróleo industrial N°6.

3.5.1.1. Análisis de combustión:

$$\text{Combustible} + a * (O_2 + 3.76N_2) = b * CO_2 + c * SO_2 + d * H_2O + e * N_2$$

$$7.0833C + 0.0938S + 5H_2 + 0.0625O_2 + a * (O_2 + 3.76N_2)$$
$$= b * CO_2 + c * SO_2 + d * H_2O + e * N_2$$

Análisis de carbonos: $b = 7.0833\ \text{Kmol}$

Análisis de hidrógenos: $d = 5\ \text{Kmol}$

Análisis de azufres: $c = 0.0938\ \text{Kmol}$

Análisis de oxígenos $a = 9.6146\ \text{Kmol}$

Análisis de nitrógenos: $e = 36.15\ \text{Kmol}$

3.5.1.2. Relación CO2/combustible:

$$R_{\substack{CO2 \\ comb.}} = \frac{m_{CO2}}{m_c} = \frac{bCO_2}{m_c} = \frac{7.0833 * 44}{100} = 3.12 \frac{KgCO2}{Kgcombustible}$$

3.5.1.3. Relación SO2/combustible:

$$R_{\substack{SO2 \\ comb.}} = \frac{m_{SO2}}{m_c} = \frac{cSO_2}{m_c} = \frac{0.0938 * 64}{100} = 0.06 \frac{KgSO2}{Kgcombustible}$$

Una vez determinado el análisis de combustión con petróleo industrial N°6, se procede a determinar el consumo de combustible del grupo electrógeno, si consumiera petróleo industrial N°6.

El Poder calorífico del petróleo industrial N°6, tiene una gravedad de 11.5 °API.

$$PCI_{petróleo} = 17290 + 40 * (°API - 10)$$

$$PCI_{petróleo} = 17290 + 40 * (°11.5 - 10)$$

$$PCI_{petróleo} = 17350 \frac{BTU}{lb} = 40353.3 \frac{KJ}{Kg}$$

El flujo másico de petróleo, se determinaría por la siguiente formulación:

$$\dot{m}_{petróleo} = \frac{P_{u,máx}}{\eta_{e.t} * PCI_{petróleo}}$$

$$\dot{m}_{petróleo} = \frac{2500\ KW}{0.41 * 40353.3 \frac{KJ}{Kg}}$$

$$\dot{m}_{petróleo} = 0.15 \frac{Kg}{s} = 540 \frac{Kg}{h}$$

3.5.1.4. Flujo másico CO2:

$$\dot{m}_{CO2} = R_{\substack{CO2 \\ comb}} * \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_{CO2} = 3.12 \frac{KgCO2}{Kgcomb} * 540 \frac{Kgcomb}{h} * 3103 \frac{h}{año} * \frac{1TM}{1000} = 5227.93 \frac{TM}{año}$$

3.5.1.5. Flujo másico SO2:

$$\dot{m}_{SO2} = R_{\substack{SO2 \\ comb}} * \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_{SO2} = 0.06\frac{KgSO2}{Kgcomb} * 540\frac{Kgcomb}{h} * 3103\ \frac{h}{año} * \frac{1TM}{1000} = 100.54\ \frac{TM}{año}$$

3.5.2. Análisis ecológico del impacto ambiental con gas natural.

Del análisis de combustión realizado con gas natural se determinó:

$$R_{\substack{CO2 \\ comb.GN}} = \frac{m_{CO2}}{m_c} = \frac{6.125CO_2}{m_c} = \frac{6.125 * 44}{100} = 2.70\frac{KgCO2}{Kgcombustible}$$

Por lo consiguiente, la masa de gases de dióxido de carbono, evacuados con gas natural, son:

$$\dot{m}_{CO2} = R_{\substack{CO2 \\ comb}} * \dot{m}_{GN}$$

$$\dot{m}_{CO2} = 2.70\frac{KgSO2}{Kgcomb} * 408.24\frac{Kgcomb}{h} * 3103\ \frac{h}{año} * \frac{1TM}{1000} = 3420.28\ \frac{TM}{año}$$

Tabla 27. Comparativo de combustibles petróleo y gas natural, como consumo en grupo electrógeno

COMBUSTIBLE	CO2 (TM/año)	SO2 (TM/año)
GRUPO ELECTRÓGENO CON PETROLÉO	5227.93	100.54
GRUPO ELECTRÓGENO CON GAS NATURAL	3420.28	0
REDUCCIÓN DE GASES	1807.65	100.54

Fuente: Análisis ecológico de impacto ambiental con petróleo industrial y gas natural.

3.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CIMENTACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO.

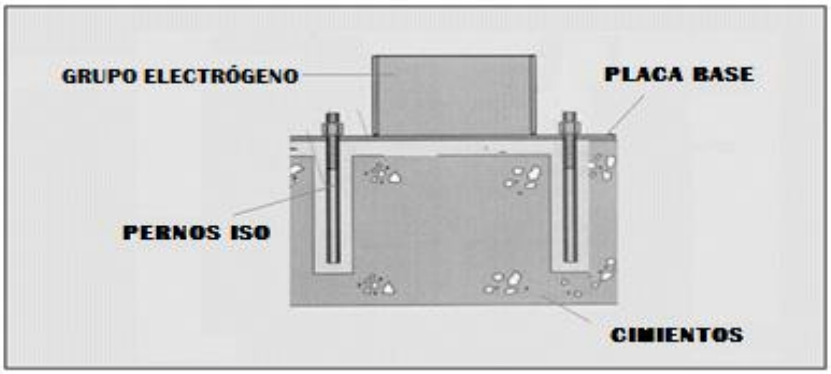


Figura 36: Cimentación de soporte del grupo electrógeno.

3.6.1. Peso del grupo electrógeno:

$$W_{GE} = 24800\ \text{Kg} = 243288\ \text{N}$$

3.6.2. Dimensionamiento de la placa base:

- Espesor de la placa: Dado el caso que el grupo electrógeno tiene una sección de 7.668 m x 2.173 m se considerara para la sección de las placas 8 m x 2.5 m de lado. Y el esfuerzo a la fluencia del material es 250 MPa, considerando factor de seguridad 5.

$$t = \frac{2 * W_{GE} * n}{l_{menor} * Sy}$$

$$t = \frac{2 * 243288 * 5}{2.5 * 250 * 10^6} = 3.89\ \text{mm}$$

$$t = \frac{1}{2}\text{pulg} = 12.7\ \text{mm}$$

3.6.3. Pernos de sujeción:

- Fuerza cortante por cada perno:

$$V_{Perno} = \frac{W_{GE}}{N°\ \text{pernos}} = \frac{243288}{4} = 60822\ \text{N}$$

Seleccionamos pernos ISO 898 clase 8.8, con esfuerzo de fluencia de 85 KPsi (586.34 MPa). (Anexo A.16).

Esfuerzo cortante máximo por diseño del perno.

$$\tau_{max} = \frac{S_y}{2} = \frac{586.34\ \text{MPa}}{2} = 293.17\ \text{MPa}$$

- Diámetro del perno:

$$d = \frac{n * V_{Perno}}{\pi * \tau_{max} * t} = \frac{5 * 60822}{\pi * 293.17 * 10^6 * 12.7 * 10^{-3}} = 25\ \text{mm}$$

$$d = 1\frac{1}{2}\text{pulg} = 38.10\ \text{mm}$$

3.6.4. Cimientos:

- Peso neto a soportar por la cimentación: Es el peso del grupo electrógeno y placa. Donde el peso específico del acero es: $\gamma_{acero} = 76500\ \frac{N}{m^3}$ (Anexo A.17).

$$W_{neto} = W_{GE} + P_{Placas}$$

$$W_{neto} = W_{GE} + \gamma_{acero} * V_{placa}$$

$$W_{neto} = 243288 + 76500 * (8 * 2.5 * 0.0127) = 245231.1\ N$$

- Dimensiones: El largo y ancho del cimiento es representado con la letra "b" y la altura con la letra "e", donde: e=b/2. El peso específico del concreto es $\gamma_c = 22\frac{KN}{m^3}$ y el esfuerzo admisible del terreno es 380 KPa (Anexo A.18).

$$b^2 = \frac{W_{neto}}{(\sigma_{adm})_t - \gamma_c * e} = \frac{W_{neto}}{(\sigma_{adm})_t - \gamma_c * \frac{b}{2}}$$

Remplazando:

$$b^2 = \frac{245231.1}{(380 * 10^3 Pa) - (22 * 10^3) * \frac{b}{2}}$$

Resolviendo, el ancho o largo mínimo, seria:

$$b = 0.872\ m = 872\ mm$$

Por lo consiguiente, las dimensiones requeridas para el cimiento de acuerdo a las dimensiones de la placa, serian:

- ✓ Largo máximo: 8.50 m
- ✓ Ancho máximo: 3.00 m
- ✓ Altura: b/2 = 744/2 = 436 mm ≈ 450 mm ≈ 45 cm.

3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO.

3.7.1. Beneficio en ahorro de energía eléctrica:

En condiciones actuales el costo anual de energía eléctrica comprada a la concesionaria Hidrandina, con un costo unitario promedio de 0.3364 S./KWh (0.1035 $/KWh).

$$C_{\text{Hidrandina}} = 1670.96\ \text{KW} * 0.1035\ \frac{\$}{\text{KWh}} * 3103\ \frac{\text{h}}{\text{año}} = 536646.35\frac{\$}{\text{año}}$$

- Costo en consumo o de gas natural del grupo electrógeno: 408.24 Kg/h (1266768.72 Kg/año). Con un precio unitario de 0.175 $/Kg.

$$C_{\text{gas natural}} = 408.24\frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.175\frac{\$}{\text{Kg}} * 3103\ \frac{\text{h}}{\text{año}} = 221684.53\frac{\$}{\text{año}}$$

El beneficio en ahorro de energía eléctrica:

$$B_{\text{EE}} = 536646.35\frac{\$}{\text{año}}\ - 221684.53\frac{\$}{\text{año}} = 314961.82\ \frac{\$}{\text{año}}$$

3.7.2. Costos de mantenimiento:

Valores extraídos de la empresa Austral Group SAA y de proveedores según el equipo.

Tabla 28: Costos de mantenimiento de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

Equipo/sistema	Costo anual (U$$/año)
Grupo electrógeno	25000.00
Tanque de gas natural	20000.00
Líneas de combustible	3000.00
Accesorios eléctricos	10000.00
Accesorios térmicos	10000.00
Total	**68000.00**

Fuente: Empresa Austral Group S.A.A, 2017.

Tabla 29: Costos de personal de la empresa Austral Group S.A.A, 2017.

Personal de planta fuerza	Cantidad	Costo mensual (U$$/mes)	Costo anual (U$$/año)
Jefe de mantenimiento	1	1846.15	25846.10
Supervisor de mantenimiento	1	1100.00	15400.00
Técnicos mecánicos	1	461.54	6461.56
Técnicos electricistas	2	461.54	12923.12
Total			**60630.78**

Fuente: Empresa Austral Group S.A.A, 2017.

Los costos en mantenimiento y personal, serian:

$$\mathrm{B_m} = 68000.00\ \frac{\$}{\text{año}} + 60630.78\ \frac{\$}{\text{año}} = 128630.78\frac{\$}{\text{año}}$$

3.7.3. Beneficio útil del proyecto:

Es la diferencia del beneficio de ahorro de energía eléctrica y los costos de mantenimiento, es decir:

$$\mathrm{B_{útil}} = 314961.82\ \frac{\$}{\text{año}} - 128630.78\frac{\$}{\text{año}} = 186331.04\frac{\$}{\text{año}}$$

3.7.4. Inversión de activos: Se consideraron precios de acuerdo al mercado industrial de los departamentos de Lima, La Libertad y Ancash. Y según registros de compra de la empresa Austral Group SAA.

Tabla 30: Inversión en activos fijos

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (U$$)	PRECIO TOTAL (U$$)
GRUPO ELECTRÓGENO A GAS NATURAL			**320885.00**
Grupo electrógeno Caterpillar G3520H, P: 2500KW, Ef: 45.30%	1	320285.00	320285.00
Placa ASTM A-36, 8m x2.5m, e: 1/2 in, Sy: 250Mpa	1	350.00	350.00
Cimientos de concreto 8.5x3x0.45m, Sadm: 380 KPa	1	150.00	150.00
Pernos grado ISO 898 clase 8.8 d: 1½ in, Sy: 85Kpsi	4	25.00	100.00
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL			**48000.00**
Tanque de almacenamiento de gas natural, ASTM, SA-285 Grado C, 13.8 Kpsi, D: 109 in, L: 427.44 in y t: 1/2 in (Incluye accesorios)	1	48000.00	48000.00
CONDUCTORES ELÉCTRICOS			**49983.04**
G. Electrógeno-Tablero general: INDECO FREETOX N2XOH 0.6/1KW, S: 6(4-1*400 mm^2), I:895A enterrado, L: 10m.	240m	40.92	9819.32
Calderas: Conductores y cables del Perú 0.6/1KV, S: 4-1*16 mm^2, I:133A enterrado, L: 25m.	100m	1.64	164.00
Procesos: Conductores y cables del Perú 0.6/1KV, S: 2(4-1*300 mm^2), I:656A enterrado, L: 52.5m	420m	30.69	12889.80
Bombas: Conductores y cables del Perú 0.6/1KV, S: 3(4-1*300 mm^2), I:656A enterrado, L: 50m	600m	30.69	18414.00
Maestranza: Conductores y cables del Perú 0.6/1KV, S: 4-1*150 mm^2, I:449A enterrado, L: 60m	240m	15.34	3681.60

Cintas: Conductores y cables del Perú 0.6/1KV, S: 2(4-1*120 mm^2), I:401A enterrado, L: 52m	416m	12.27	5014.32
INTERRUPTORES TERMO MAGNÉTICOS DE POTENCIA			**2210.47**
Marca LSIS, Modelo TS800, 700 A, 4 polos	2	604.43	1208.86
Marca LSIS, Modelo LV430320, 160 A, 4 polos	1	138.15	138.15
Marca LSIS, Modelo TS630, 500 A, 4 polos	2	431.73	863.46
BATERIA – ACUMULADOR			**300.00**
Batería estacionaria GEL - VRLA, modelo BAE 48V 2070Ah.	3	100.00	300.00
INVERSOR DE VOLTAJE			**141.84**
Inversores Phoenix 24V/250VA	1	141.84	141.84
MANO DE OBRA Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS			**47100.00**
Mano de obra (grupo electrógeno, tanque de gas natural, barras de cobre, cimientos, obras civiles, instalaciones térmicas y eléctricas)	1	45000.00	45000.00
Accesorios térmicos (termómetros, válvulas, manómetros, y tuberías)	1	2100.00	2100.00
TOTAL			**468620.35**

3.7.5. Periodo de retorno de la inversión:

Una vez determinados el beneficio útil y la inversión del proyecto, podemos cuantificar el tiempo de retorno de la inversión, es decir:

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio útil}} = \frac{468620.35\ \$}{186331.04\ \frac{\$}{\text{año}}}$$

$$\text{PRI} = 2.5\ \text{años}$$

3.8. ANÁLISIS FINANCIERO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE GRUPO ELECTRÓGENO A GAS NATURAL.

Para el cálculo del valor actual neto y la tasa interna de rentabilidad, se consultó a la entidad bancaria BCP obteniendo los siguientes datos, para el estudio financiero:

- Tasa de interés: 14%
- Periodo de préstamo: 10 años

Tabla 31: Resultados del análisis financiero

AÑOS	FLUJO DE FONDOS	MOVIMIENTOS EN EL PERIODO - AÑO
Inversión	**-$468,620.35**	Costo Inicial del Proyecto
1	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
2	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
3	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
4	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
5	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
6	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
7	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
8	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
9	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
10	$186,331.04	Beneficios Netos anuales
Total, Ingresos	$1,863,331.40	
Tasa de Interés:	14.00%	
TIR	**38%**	**Tasa interna de Retorno**
VAN	**$ 503,303.90**	**Valor Actual Neto**

IV. DISCUSIÓN

4.1. En el estudio de Ramírez (2008), “Comportamiento termodinámica diésel generador convertido para uso exclusivo de gas natural”, el cual tuvo como objetivo en cuestión investigar cuáles son los parámetros que influyen en el desempeño de un grupo diésel generador convertido para uso exclusivo de gas natural, seleccionó un grupo electrógeno de 2500KW, con una eficiencia total de 85% y un consumo de gas natural de 164 Kg/h. En comparación con la presente tesis el grupo electrógeno también tiene una capacidad de 2500KW, con una eficiencia global de 86.30% (Eficiencia térmica y eficiencia eléctrica) y un consumo de gas natural de 408.24 Kg/h.

4.2. En el estudio de Rabines (2006), “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de parámetros físicos y eléctricos de grupos electrógenos” El tema del estudio se enfoca en el monitoreo de las señales eléctricas como lo son la potencia, el voltaje y la corriente, así como los parámetros físicos de temperatura, presión de aceite entre otros, por medio de microcontroladores y circuitos integrados de bajo costo, implemento un grupo electrógeno a petróleo el cual consume en promedio 700 Kg/h para generar 3000KW de energía eléctrica, con un rendimiento del 30%. En comparación con el presente estudio el grupo electrógeno de 2500KW al consumir petróleo, el consumo sería de 540 Kg/h. Y que el rendimiento con la utilización de un combustible ecológico como el gas natural, el rendimiento del grupo electrógeno seria alrededor de 41%.

4.3. En el estudio de Palma (2010), “Selección y mantención de un grupo electrógeno para un buque mercante”, Esta tesis tiene como objetivo principal seleccionar un grupo electrógeno para instalar en un buque mercante, en este caso un buque granelero, luego de seleccionar el equipo necesario, se describirán algunas consideraciones a realizarse para la mantención periódica de los grupos electrógenos a bordo, y así podrá tener a bordo un correcto funcionamiento de estos equipos, para lo cual selecciono un grupo electrógeno CAT MT 230 con una potencia de 10000KW con un consumo de gas natural de 1080 Kg/h. En similitud al presente estudio el grupo electrógeno seleccionado CAT G3520H con un consumo de gas natural de 408.24 Kg/h para generar una potencia útil promedio de 1670.96KW que se consume en la empresa.

V. CONCLUSIÓN

5.1 Se realizó un balance energético al sistema eléctrico actual de la planta Austral Group S.A.A, el cual se obtuvo por calculo que el consumo máximo de energía eléctrico demandado por la planta es 1670.96 KW con una tensión de 380V, el cual distribuido en 5 tableros tales como: tablero de calderos 33.261 KW, tablero de procesos de harina y aceite de pescado 451.70 KW, tablero de bombas de tornillo y compresores 744.97 KW, tablero de Maestranza 154.40 KW y tablero de citas transportadoras e iluminación 286.63 KW. Encontrando un consumo máximo de energía eléctrica de 5184995.08 KWh/año.

5.2 Se seleccionó un grupo electrógeno a gas natural Caterpillar, modelo G3520H, con una potencia nominal de 2500 KW, rendimiento térmico de 41%, voltaje de 0.38 KV, consumiendo 408.24 Kg/h de gas natural, para cumplir con la demanda máxima promedio de la empresa de 1670.96 KW.

5.3 Se dimensionó un tanque de gas natural horizontal, con una longitud de 427.44 pulg, diámetro 109 pulg y espesor de ½ pulg, para almacenar 55.66 m^3 de gas natural para un intervalo de tiempo de 1 semana (59.5 horas/semana). El material del tanque seleccionado es acero al carbono SA-285 Grado C, con un esfuerzo a la fluencia de 13.80Kpsi, según lo especificado por el Código ASME Sección VIII Div. 1.

5.4 Los conductores para las condiciones de operación del grupo electrógeno es de 2500 KW, tensión de 0.38KV y una longitud de 10m, se estableció 6 ternas con un conductor marca INDECO del tipo FREETOX N2XOH (0.6/1kV) con una sección de $6(4-1*400\,\mathrm{mm}^2)$ y una corriente de 5138.96A, el cual equivale a 800 MCM de calibres americanos. El conductor no fue verificado por capacidad de corriente y caída de tensión por ser corta la distancia de los conductores.

5.5 Los conductores que van desde el tablero general hasta los 5 tableros de distribución son de la marca CONDUCTORES Y CABLES DEL PERÚ tipo N2XY (0.6/1 KV). En el tablero de calderos tiene una sección de 4-1*16mm2, una corriente de 89.29A; en el tablero de procesos de harina y aceite de

pescado 2(4-1*300mm2), una corriente de 1236.58A; tablero de bombas de tornillo y compresores 3(4-1*300mm2), una corriente de 1871.39A; tablero de Maestranza 4-1*150mm2, una corriente de 405.51A; y tablero de cintas transportadoras e iluminación 2(4-1*120mm2) una corriente de 784.33A. Los conductores fueron verificados por capacidad de corriente y caída de tensión, encontrando que los conductores no fallarán por ninguno de estos aspectos.

5.6 Se seleccionó 3 baterías estacionarias del catálogo AUTOSOLAR (Proveedor de baterías en Perú para energías renovables) modelo BAE 48V 2070Ah, para que operen 12 horas al día para una potencia de 5000W que requiere la empresa.

5.7 El análisis estructural determino que los pernos deben ser de 1 ½ in ISO 898 clase 8.8, cimientos de 3mx8.5mx450mm y con placas de 2.5mx8mx12.7mm de espesor de acero AST-A36.

5.8 El análisis ecológico de impacto ambiental, detallo que, con la utilización del gas natural como combustible para el grupo electrógeno, se reducirán 1807.65 TM/año de dióxido de carbono y 100.54 TM/año de dióxido de azufre, con respecto a si se utiliza petróleo industrial como combustible en el grupo electrógeno.

5.9 Se concluye que el presente estudio de tesis tiene un beneficio útil de 186331.04 $/año, con una inversión inicial de 468620.35 U$$ y un retorno operacional de la inversión de 2.5 años.

5.10 El análisis concluye que el proyecto es muy factible con un VAN de 503303.90 $ y un TIR de 38%, con una tasa de interés del 14% y un periodo de 10 años.

VI. RECOMENDACIONES

6.1 Implementar un plan de mantenimiento correctivo y preventivo para el grupo electrógeno y tanque de almacenamiento de gas natural, para lo cual dicho mantenimiento debe estar en paralelo al mantenimiento realizado a las máquinas de la planta fuerza.

6.2 Instruir al personal de mantenimiento de la planta térmica con respecto a la operación de la nueva tecnología de implementación del grupo electrógeno.

6.3 La condición más crítica para el grupo electrógeno será cuando todos los equipos estén funcionando simultáneamente, es por es que recomienda la secuencia correcta de arranque de los equipos de mayor potencia en cada tablero para que al momento del arranque no afecte al grupo electrógeno.

6.4 Utilizar en el diseño del tanque de gas natural acero al carbono con un espesor mínimo de 1/8in (margen de corrosión) para una vida de 25 años.

6.5 Se recomienda elaborar un diagrama de Gantt para exponer las diferentes actividades o tareas para la ejecución del proyecto en un tiempo determinado.

VII. REFERENCIAS

Abamotor. 2009. Grupos eléctrogenos . [En línea] 15 de Octubre de 2009. [Citado el: 22 de Septiembre de 2016.] http://www.abamotor.com/.

Austral Group. 2010. Auditorías Energéticas . [En línea] 1 de Enero de 2016. [Citado el: 13 de Octubre de 2016.] http://www.bvl.com.pe/.

Charles K, Alexander y Matthew N, Sadiku. 2006. Fundamentos de Circuitos Eléctricos . México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2006. 0-07-326800-3.

Cram. 2013. Tablero de Transferencia. [En línea] 15 de Enero de 2013. [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] http://cramelectro.com/.

Dizzo. 2012. Mantenimiento preventivo de un generador eléctrico. [En línea] 6 de Mayo de 2012. [Citado el: 20 de Octubre de 2016.] http://manttogeneradores.blogspot.pe/.

Ecured. 2016. Grupo Eléctrogeno . [En línea] 1 de Enero de 2016. [Citado el: 18 de Octubre de 2016.] https://www.ecured.cu/.

Harper, Enríquez. 2004. Generadores, Transformadores y motores eléctricos. México : Limusa Noriega Editores S.A, 2004. 9681860535.

Ladislao, Saucedo, et al. 2010. "Eléctricidad Básica" Vol1, núm.1, p. 23-76.

Martín Blas, Tereza y Serrano Fernandez, Ana. 2016. Magnetismo . Universidad Politécnica de Madrid. [En línea] 1 de Enero de 2016. [Citado el: 15 de Noviembre de 2016.] http://acer.forestales.upm.es/.

Martines Massoni, Juan M. 2010. Normas de construccion de recipientes a presion: guia del codigo ASME, Seccion VIII. Division 1. Madrid : Bellisco, 2015. 9788496486737.

Milla Lostaunau, Luis. 2006. Máquinas Eléctricas. Lima: San Marcos, 2006. 9972-34-586-6.

Palma Contreras, Víctor Manuel. Universidad Austral de Chile “Selección y mantención de un grupo electrógeno para un buque mercante”. Director: Héctor Legue Legüe, Departamento Civil Mecánico, 2010.

Rabines Lara, Franco Mario. “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de parámetros físicos y eléctricos de grupos electrógenos”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería Electrónica, 2006.

Ramírez Gutiérrez, Ricardo Homero**.** “Comportamiento termodinámica diésel generador convertido para uso exclusivo de gas natural.” Universidad Nacional De Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2008.

Sowell, Tomas. 2013**.** Economia Basica . España : Deusto SA, 2013. 9788423412648.

Viejo Zubicaray, Manuel. 2010. Energías eléctricas y renovables. Madrid : Limusa-Wiley, 2010. 9786070501760.

ANEXOS

A.1. Recibo tarifario de pago de consumo de energía eléctrica de la empresa Austral Group S.A.A.

Recibo N° 501-27582535

Áncash/Coishco

Facturación: **Agosto-2017**

Código **47417268**

Recibo por Consumo del 01/08/2017 al 31/08/2017

Cliente **Austral Group S.A.A**

Dirección **Carr. Panamericana Norte.Km. Int. 0143. Villa Del Miramar. Coishco**

R.U.C **20338054115**

Ruta de reparto 29-252-119

Tarifa	MT3	**Serie Medidor**	000000010483501 - Electrón.
Medición	Media Tensión	**N° Hilos Medidor**	4
Tensión	22.9/13.2 KV	**Modalidad**	Potencia Variable
SED	E-303789	**Inicio Contrato**	22/11/2016
Tipo Suministro	Trifásica-Aéreas(C5.4)	**Término Contrato**	21/11/2017

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
1,567.8589	2,050.0000

Calificación Fuera de Punta **Horas Punta** 130

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (kwh)	6,591.4948	6,774.9064	183.4116	458,195.5210
Energía Activa Hora Punta (kwh)	1,160.7318	1,191.7664	31.0346	77,530.0729
Energía Activa Fuera Punta (kwh)	5,430.7630	5,583.1400	152.3770	380,665.4481
Energía Reactiva (KVarh)	2,297.5299	2,359.9773	62.4474	156,004.9581
Potencia Hora Punta (kw)	0.2697	0.3963	0.3963	990.0294
Potencia Fuera Punta (kw)	0.5394	0.5901	0.5901	1,474.1771

Factor Calificación: 0.4046 ***Factor Medición: 2498.1818***

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		7.8468	7.85
Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			15.00
Energía Activa HP	77,530.0729	0.1634	12,668.41
Energía Activa FP	380,665.4481	0.1399	53,255.10
Energía Reactiva	18,546.3018	0.0331	613.88
Pot. Uso Redes Distrib. FP	1,567.8589	9.2800	14,549.73
Pot. Activa Generación FP	1,474.1771	20.4700	30,176.41
Alumbrado Público (Alicuota: S/. 02906)			1,453.00
Interés Compensatorio	1.0000	87.3176	87.32
SUB TOTAL			112,826.69
Imp. Gral. A las ventas			20,308.81
Saldo por Redondeo	1.0000	0.0300	0.03
Redondeo		0.0300	0.03
Aporte Ley Nro. 28749	458,195.5210	0.0073	3,344.83
TOTAL RECIBO DE AGOSTO-2017			136480.40

Aporte FOSE (Ley N°27510) S/. 2618.37

Su AMT es: A3150 - COI005 de SE de Potencia: S.E. COISHCO-02

Son: CIENTO TREINTA Y SEIS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y 40/100 NUEVOS SOLES (*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Agosto-2017.

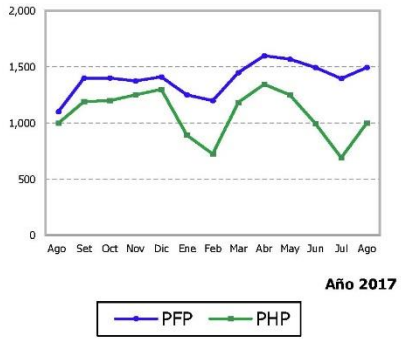
Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I. Art. 4, Inciso 6.1.d.

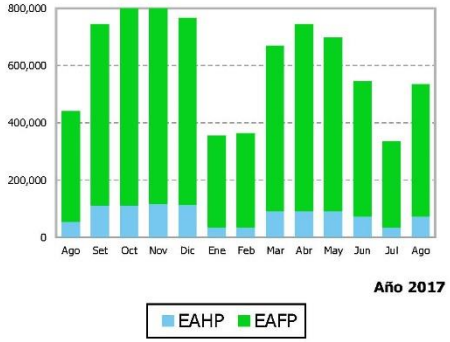
4/09/2017 **21/09/2017**

Distriluz promoviendo una cultura de puntualidad

******136,480.40**

HISTÓRICOS DE CONSUMOS REGISTRADOS





Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe mandar un correo a: pagoshdna@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: http://www.distriluz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.aspx?empresa=3

Facturación: **Agosto-2017**

Austral Group S.A.A

Suministro	47417268
Dirección	Carr. Panamericana Norte.Km. Int. 0143. Villa Del Miramar. Coishco
Ruta	29-252-119
Emisión	04/09/2017
Vencimiento	21/09/2017

Recibo N°	501-27582535
Áncash/Coishco	
TOTAL A PAGAR	******136,480.40**

A.2. Parámetros de operación de los tableros de la empresa Austral Group S.A.A - Fichas de registro de los equipos eléctricos.

Tabla 32: Ficha de registro del tablero de calderas pirotubulares

TABLERO DE CALDERAS PIROTUBULARES		
TENSIÓN	380 V	
CORRIENTE LINEA	59.52 A	
NÚMERO DE MOTORES ELÉCTRICOS	10	
TIEMPO DE OPERACIÓN	3103 horas/año	
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE CALDERA DECONAT FABRINET 1200BHP		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico de agua	5.22	Kg/s
Altura neta	25	m.c.a
Rendimiento volumétrico	85	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	86.3	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE CALDERA DISTRAL 900BHP		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico de agua	3.915	Kg/s
Altura neta	20	m.c.a
Rendimiento volumétrico	88	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	85	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE CALDERA HALVORSEN 800BHP		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico de agua	3.48	Kg/s
Altura neta	15	m.c.a
Rendimiento volumétrico	85	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	83.5	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE CALDERA DISTRAL 800BHP		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico de agua	3.48	Kg/s
Altura neta	16	m.c.a
Rendimiento volumétrico	85	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	83.5	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico de agua	16.095	Kg/s
Altura neta	50	m.c.a
Rendimiento volumétrico	82	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	92.9	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA DE AGUA DE REPOSICIÓN		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico de agua	3.219	Kg/s
Altura neta	20	m.c.a
Rendimiento volumétrico	78	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	85	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE VENTILADOR DE CALDERA DECONAT FABRINET 1200BHP		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo volumétrico de aire	10.42	m^3/s
Variación de presión neta	360	Pa

Rendimiento volumétrico	75	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	90.8	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE VENTILADOR DE CALDERA DISTRAL 900BHP		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo volumétrico de aire	7.8936	m^3/s
Variación de presión neta	280	Pa
Rendimiento volumétrico	82	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	89.5	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE VENTILADOR DE CALDERA HALVORSEN 800BHP		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo volumétrico de aire	5.945	m^3/s
Variación de presión neta	250	Pa
Rendimiento volumétrico	78	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	87.3	%
MOTOR DE INDUCCIÓN DE VENTILADOR DE CALDERA DISTRAL 800BHP		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo volumétrico de aire	6.406	m^3/s
Variación de presión neta	257	Pa
Rendimiento volumétrico	80	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	87.3	%

Tabla 33: Ficha de registro del tablero de procesos de harina y aceite de pescado

TABLERO DE PROCESOS DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO		
TENSIÓN	380 V	
CORRIENTE LINEA	808.36 A	
NÚMERO DE MOTORES ELÉCTRICOS	26	
TIEMPO DE OPERACIÓN	3103 horas/año	
ÁREA DE PRENSADO		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Velocidad de rotación	1175	RPM
Momento torsor	380	N.m
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	95.6	%
Número de motores eléctricos	4	-
ÁREA DE SECADO		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Velocidad de rotación	890	RPM
Momento torsor	560	N.m
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	95.6	%
Número de motores eléctricos	2	-
ÁREA DE EVAPORACIÓN		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico de agua de cola	5.28/6.11/5.56	Kg/s
Altura neta	20	m.c.a
Rendimiento volumétrico	85	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	86.3	%
Número de motores eléctricos	3	-
ÁREA DE COCCIÓN		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico de condensado	12.876	Kg/s

Altura neta	55	m.c.a
Rendimiento volumétrico	85	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	94.2	%
Número de motores eléctricos	1	-
SISTEMA DE VENTILACIÓN EXTRACCIÓN		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo volumétrico de aire	3	m^3/s
Variación de presión neta	250	Pa
Rendimiento volumétrico	75	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	85	%
Número de motores eléctricos	16	-
SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE EQUIPOS		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Potencia de iluminación monofásica	15	KW
Rendimiento eléctrico	75	%

Tabla 34: Ficha de registro del tablero de bombas de tornillo de succión y compresores de aire.

TABLERO DE BOMBAS DE TORNILLO Y COMPRESORES DE AIRE		
TENSIÓN	380 V	
CORRIENTE LINEA	1333.18 A	
NÚMERO DE MOTORES ELÉCTRICOS	7	
TIEMPO DE OPERACIÓN	3103 horas/año	
MOTOR DE INDUCCION DE BOMBA DE TORNILLO N°1, N°2, N°3 y N°4		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo másico pescado + agua N°1	22.22	Kg/s
Flujo másico pescado + agua N°2	138.89	Kg/s
Flujo másico pescado + agua N°3	250	Kg/s
Flujo másico pescado + agua N°4	111.11	Kg/s
Altura neta	100	m.c.a
Rendimiento volumétrico	80	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	96.6/96.1/96.7/95.8	%
COMPRESORAS DE AIRE N°1, N°2 Y N°3		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Flujo volumétrico de aire N°1	0.2236	m^3/s
Flujo volumétrico de aire N°2	0.175	m^3/s
Flujo volumétrico de aire N°3	0.1389	m^3/s
Etapas de compresión “Z”	2	-
Presión de succión absoluta atmosférica “P1”	1	bar
Presión de descarga absoluta “P2”	6.5	Bar
Constante adiabática del aire “K”	1.4	-
Rendimiento volumétrico del compresor	75	%
Rendimiento mecánico	86	%
Rendimiento eléctrico	95.6/95.4/95.1	%
SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE EQUIPOS		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Potencia de iluminación monofásica	11	KW
Rendimiento eléctrico	75	%

Tabla 35: Ficha de registro del tablero de alimentación de maestranza.

TABLERO DE ALIMENTACIÓN MAESTRANZA		
TENSIÓN	380 V	
CORRIENTE LINEA	276.31 A	
NÚMERO DE MOTORES ELÉCTRICOS	17	
TIEMPO DE OPERACIÓN	3103 horas/año	
MÁQUINAS DE SOLDAR, MECÁNICA DE BANCOS Y ÁREA DE TORNOS, FRESAS Y COMPRESORAS		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Corriente eléctrica consumida máquina de soldar	56.37	A
Corriente eléctrica consumida mecánica de bancos	48.59	A
Corriente eléctrica consumida área tornos, fresas	96.58	A
Tensión en los motores	380	V
Factor de potencia	0.85	-
SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE EQUIPOS		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Potencia de iluminación monofásica maestranza	7	KW
Potencia de iluminación monofásica calderería	4	KW
Rendimiento eléctrico	75	%

Tabla 36: Ficha de registro del tablero de alimentación de cintas transportadoras e iluminación general de equipos.

TABLERO DE ALIMENTACIÓN DE CINTAS TRANSPORTADORAS		
TENSIÓN	380 V	
CORRIENTE LINEA	512.95 A	
NÚMERO DE MOTORES ELÉCTRICOS	17	
TIEMPO DE OPERACIÓN	3103 horas/año	
CINTAS TRANSPORTADORAS PESCADO CRUDO, HARINA, RESIDUOS Y PESCADO COCIDO		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Corriente eléctrica cintas transportadoras pescado crudo	126.9	A
Corriente eléctrica cintas transportadoras harina de pescado	156	A
Corriente eléctrica cintas transportadoras residuos	39	A
Corriente eléctrica cintas transportadoras pescado cocido	129.36	A
Tensión en los motores	380	V
Factor de potencia	0.85	-
SISTEMA DE ILUMINACIÓN GENERAL DE EQUIPOS		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Potencia de iluminación monofásica	15	KW
Rendimiento eléctrico	75	%
BOMBAS DE COMBUSTIBLE		
Parámetro de funcionamiento	Cantidad	Unidad
Corriente de motor inducción de bomba de petróleo	29.5	A
Tensión en el motor	380	V
Factor de potencia	0.85	-

Tabla 37: Ficha de registro de toma de corrientes en cada fase en los tableros de la Empresa Austral Group S.A.A.

TOMA DE CORRIENTES (Amperios) EN CADA FASE EN LA EMPRESA AUSTRAL GROUP S.A.A.						
TABLERO/HORA/FASE	**9:00 a. m.**			**3:30 p. m.**		
	R	**S**	**T**	**R**	**S**	**T**
CALDERAS PIROTUBULARES	50.1	57.2	60.3	61.7	58.3	57.6
PROCESOS	796	812.8	801	806	741	804
BOMBAS Y COMPRESORAS	1291	1335	1340	1294	1334	1339
MAESTRANZA	240	243.1	283	258	289	281
CINTAS TRANSPORTADORAS	481	511.8	522	461	521	530

Tabla 38: Promedio de corrientes tomadas en cada fase en los tableros de la Empresa Austral Group S.A.A.

	Promedio 9:00 am	**Promedio 3:30 pm**	**PROMEDIO GENERAL**
CALDERAS PIROTUBULARES	55.9	59.2	**57.5**
PROCESOS	803.3	783.4	**793.3**
BOMBAS Y COMPRESORAS	1322.2	1322.2	**1322.2**
MAESTRANZA	255.4	276.2	**265.8**
CINTAS TRANSPORTADORAS	504.8	503.9	**504.4**

A.3. Ficha técnica del transformador Promelsa.

Ficha Técnica

Transformador Trifásico

Función

Permite elevar o reducir la tensión en un sistema o circuito eléctrico de corriente alterna; la energía eléctrica alterna de un cierto nivel tensión es transformada en energía alterna de otro nivel de tensión por medio de interacción electromagnética.

Aplicación

Zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.

1.- Características Técnicas

Potencia	5 KVA hasta 5000 KVA
Lado de Media Tensión	
Tensión nominal	4.16,7.62,10,13.2,22.9,33 kV
Tensión máxima de servicio	12,17.5,24,36 kV
Bil exterior	95,125,170,200 kV
Tensión de prueba a 60 Hzx1 minuto	34,38,50,70
Número determinales	3, 4
Conexión	Delta / Estrella
Lado de Baja Tensión	
Tensión nominal	230,380,400,460,480,600V
Tensión máxima de diseño	1.1 kV
Tensión de prueba a 60 Hzx1 minuto	3 kV
Número determinales	3, 4, 6, 7
Conexión	Delta / Estrella
Grupos de conexión	Dyn5,Dd6,Dd0,Yyn6,Yyn0

Frecuencia	50, 60 Hz
Tipo de aislador	Porcelana, Polimérico
Tipo de montaje	Exterior, Interior
Rango de altura de operación	1000, 5000 msnm
Línea de fuga	25 mm/kV, 31 mm/kV
Normas de Referencia:	
Diseño, fabricación y pruebas	IEC-60076, NTP 370.002
Capacidad de sobrecarga y condiciones térmicas	IEC-354
Norma para aceite aislante	IEC-296

*Normas Nacionales e Internacionales NTP-ITINTEC, IEC, ANSI, así como especificaciones técnicas particulares del cliente.

2.- Características Constructivas

2.1 Núcleo

Fabricado con láminas de acero silicoso de grano orientado de alta permeabilidad magnética con recubrimiento aislante (***Carlyte***). Utilizamos dos tipos de núcleos :

- Núcleo del tipo Columna, conformada por chapas cortadas a 45° y apiladas formando escalones para obtener la sección circular más optimizada.
- Núcleo del tipo Enrrollado, conformada por chapas cortadas a 90° y dobladas en "C" formando una sección sólida cuadrangular, esta particular solución favorece el flujo magnético obteniéndose características constructivas del transformador más compacta.

Los sistemas empleados en la construcción de los núcleos proporciona reducidos niveles de pérdidas, intensidad de vacío y ruido.

Nucleo Enrrollado

Núcleo Columnas o Apilados

2.2 Bobinas

Los bobinados de M.T. y B.T. son fabricados con cobre electrolítico de alta conductividad y están provistos de canales de refrigeración. Las bobinas de M.T. están fabricadas con conductores eléctricos de sección circular recubiertas con doble capa de esmalte clase térmica 180°C, y las bobinas de B.T. son fabricadas con platina de Cu de sección rectangular forradas con papel Kraft.

Los aislamientos usados son de clase térmica 120 °C consistentes en papel kraft, cartón y papel presspahn y papel crepé, estos se destacan por sus excelentes propiedades mecánicas y dieléctricas a los esfuerzos electrodinámicos y sobre tensiones transitorias que se presentan en la línea.

Alambre de cobre electrolítico esmaltado

2.3 Tanque

Fabricados de acero laminado en frío de primera calidad y con espesores adecuados para evitar cualquier tipo de deformación o fisuras, las costuras de soldadura son verificadas presurizando el tanque y con un detector ultrasónico se descartan probables filtraciones.

La refrigeración del Transformador se realiza por medio de radiadores por donde circula el fluido aislante.

2.4 Fluido Aislante

El interior del Transformador se encuentra sumergido en un fluido aislante, el que cumple la función de dar la rigidez dieléctrica y refrigerar el transformador. El sistema de refrigeración puede ser **ONAN** (refrigeración externa Aire Natural) ó **ONAF** (refrigeración externa Aire Forzada, con instalación de ventiladores).

En función a las características de seguridad ambiental requeridas, podemos suministrar inmersos en:

- Aceites Dieléctricos Minerales : Con punto de inflamación aproximado de 155°C.
- Fluidos Dieléctricos Ecológicos (*Silicona ó Envirotemp FR3*) : Con punto de inflamación superior a los 350°C.

3.- Accesorios

3.1 Accesorios Estandar

Aislador

Placa de características.

Válvula para vaciado y toma de muestras de aceite

Bornes de puesta a tierra

Tanque conservador (*para potencias > 100 KVA*).

Indicador de nivel de aceite sin contactos.

Bases con canal "U" para su fijación.

Ruedas orientables en ambos sentidos. (*para potencias ≥ 500kVA*).

Conmutador con mando exterior, maniobrar sin tensión

Niple de llenado de aceite con tapón incorporado

Orejas de izaje.

Válvula de sobrepresión.

3.2 Accesorios Opcionales

- Relé Buchholz con contactos.
- Indicador de nivel de aceite con contactos.
- Termómetro de aceite con ó sin contactos.
- Relé de Imagen Térmica con contactos.
- Válvula de sobrepresión con contactos.
- Válvula para filtrado de aceite.
- Deshumedecedor de Aire.
- Tapa de protección de aluminio para Conmutador.
- Cajuela de protección para aislar los bornes de MT y BT.

Nota

- Las pruebas de rutina se realizan en nuestro laboratorio que cuenta con equipos calibrados y certificación vigente. Las pruebas tipo se realizan a solicitud del cliente.
- Nuestra política de calidad, medio ambiente y prevención de riesgos establece los compromisos de promoción e integración de una cultura responsable con el entorno. En este contexto nuestro sistema de gestión de la calidad alcanza el reconocimiento internacional mediante la certificación ISO 9001-2008.

4.- Beneficios

- Reducción del mantenimiento y mayor vida útil.
- Mínimo impacto ambiental.
- Cero posibilidad de filtraciones o fugas de aceite.
- Dimensiones optimizadas del transformador.
- Transformadores con pérdidas reducidas.
- Bajo nivel de ruido.
- Robustez de la cuba o tanque.
- Equipos adaptables a la evolución de la red.
- No agresión al entorno o medio ambiente.

5.- Consideraciones para el Transporte

- Tomar en cuenta las dimensiones y peso del transformador.
- Confirmar si el transformador lleva embalaje de madera.
- Para realizar la carga y descarga del transformador es necesario utilizar grúa o montacargas cuya capacidad debe ser superior al peso bruto del transformador.
- La movilidad de transporte debe tener una capacidad de carga superior al peso del transformador.
- Para transformadores que no llevan embalaje de madera, pero si llevan ruedas, se recomienda para el transporte quitar las ruedas a fin de evitar desplazamientos y sujetar correctamente el transformador de las orejas de izaje, nunca de los aisladores ni accesorios.

6.- Consideraciones para su Instalación

- Las características del transformador deben corresponder a las condiciones de operación requeridas (tensión de línea y capacidad solicitada, entre otras). Verifique esto en la placa de características.
- Verifique que el transformador y sus accesorios no hayan sufrido daños durante su montaje.
- Verifique el nivel de aceite.
- Compruebe que la relación de transformación esté correcta en las 5 posiciones del conmutador de tomas. Asegúrese de que el transformador no esté en corto o que alguno de los devanados esté abierto. Instrumento a utilizar DTR.
- Verifique la resistencia de los aislamientos y asegúrese de que los devanados no estén en corto entre ellos o a masa. Instrumento a utilizar Megger.
- Si lleva deshumedecedor de aire asegúrese que éste quede correctamente instalado una vez que el transformador quede ubicado y fijado en su lugar de instalación.
- Asegúrese de conectar sólidamente a tierra la carcasa del transformador.
- Verifique que el transformador no presente fugas ni aisladores o accesorios dañados.
- Verifique que las protecciones o accesorios no incluidos en el transformador sean los apropiados conforme a las especificaciones técnicas o de coordinación requeridas.
- Verifique que los cables de alimentación primaria y salidas secundarias estén correctamente instalados y fijados sobre los soportes, de esta manera se pueda evitar que se genere esfuerzos sobres sus aisladores.
- En caso de que se instale el transformador en el interior de un ambiente cerrado, haga las provisiones necesarias de entrada y salida de aire para una ventilación adecuada.
- Verifique la resistencia a tierra y compruebe que el sistema de tierras sea el adecuado para el sitio de instalación del transformador. Instrumento a utilizar Telurómetro.

Nota

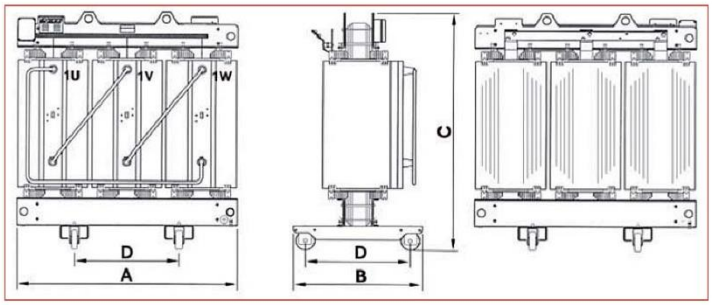
- Los transformadores **"Promelsa"** se envían con las conexiones internas establecidas en la norma IEC o bien, conforme a las especificadas por el cliente, las mismas que se encuentran indicadas en la placa de características.
- Si usted requiere cambiar la conexión de su transformador, solicítelo a fábrica y evite que personal no calificado o autorizado hagan el cambio de conexión ya que el riesgo de una condición insegura, invalida su garantía.
- Los valores registrados en la medición de la resistencia de aislamiento y relación de transformación deber ser comparados con lo indicado en el Protocolo de Pruebas del transformador.

7.- Mantenimiento

COMPROBAR Y CONTROLAR	PERIODO
Temperatura del transformador	Periódicamente
El nivel de aceite.	6 meses
Hermeticidad del tanque, sin fugas de aceite.	6 meses
El deshumedecedor y su agente higroscópico.	6 meses
Aisladores limpios.	6 meses
Las conexiones en MT y BT, ajuste de sus pernos.	12 meses
Funcionamiento de los equipos de protección.	12 meses
Rigidez dieléctrica del aceite y su análisis físico químico.	12 meses
Valor de la resistencia de puesta a tierra de los puntos neutros y el tanque del transformador.	12 meses
Análisis cromatográfico del aceite.	24 meses

PÉRDIDAS ESTÁNDARES TRANSFORMADORES

Potencia (KVA)	Clase (kV)	Pfe (W)	Pcu (W)	Vcc	Io %	Lwa (dB)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Peso (kg)
100	12 24	420 460	1880 1960	6	1,68 2,10	59	1120 1120	670	1100	520	510 550
160	12 24	580 650	2550 2700	6	1,60 2,00	62	1230 1230	670	1150	520	720 760
200	12 24	700 750	2900 3100	6	1,50 1,87	64	1230 1270	670	1200	520	840 880
250	12 24	800 880	3400 3300	6	1,42 1,78	65	1230 1300	670	1300	520	970 1020
315	12 24	950 1000	4100 4100	6	1,40 1,65	67	1300 1330	820	1300	670	1100 1160
400	12 24	1150 1200	4850 4800	6	1,18 1,48	68	1330 1380	820	1400	670	1290 1360
500	12 24	1300 1400	5700 6000	6	0,96 1,20	69	1380 1410	820	1500	670	1530 1610
630	12 24	1450 1600	6700 6900	6	0,85 1,06	70	1410 1460	820	1550	670	1760 1850
800	12 24	1750 2000	8300 8300	6	0,72 0,90	72	1460 1530	1000	1650	820	2080 2190
1000	12 24	2000 2300	8800 9600	6	0,64 0,80	73	1530 1620	1000	1750	820	2480 2610
1250	12 24	2400 2700	11200 11500	6	0,56 0,70	75	1530 1640	1000	1850	820	2870 3020
1600	12 24	2800 3100	12700 14000	6.5	0,52 0,65	76	1640 1700	1000	2150	820	3350 3530
2000	12 24	3400 3650	16000 16500	6.5	0,48 0,60	78	1700 1790	1300	2200	1070	3950 4610
2500	12 24	4300 4800	18000 20000	7	0,45 0,56	79	2000 2060	1300	2250	1070	4700 4950
3150	12 24	5400 5600	22900 23500	7	0,40 0,50	80	2060 2150	1300	2450	1070	5640 5940
4000	12 24	6800 7000	26000 27000	7.5	0,32 0,40	82	2200 2260	1350	2500	1070	7700 8100
5000	12 24	7500 8100	29000 30000	8	0,29 0,36	83	2350 2380	1500	2680	1250	9600 10100



A.4. Ficha técnica: Grupo Electrógeno Cartepillar.

Barloworld Finanzauto CAT

Caterpillar G3520H
2500 kW

Imagen con finalidad ilustrativa únicamente

CE

CATERPILLAR ENGINE FACILITIES ISO 9001 CERTIFIED

GRUPO ELECTRÓGENO
CATERPILLAR G3520H
CON CUADRO DE TRANSFERENCIA

2500 kW @ 1500 RPM
380 V - 60 Hz

AENOR ER Empresa Registrada IQNet CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM

CATG3520H. 11/17 1 - 9

ALCANCE DE SUMINISTRO

Grupo electrógeno formado por conjunto motor a gas natural CATERPILLAR y generador CATERPILLAR modelo G3520H, montados sobre bancada metálica común, incorporando los componentes que se describen según sus distintos sistemas.

SISTEMA DE ADMISIÓN

- Filtro de aire modular de tipo cartucho.
- Indicador de servicio para cambio de filtro.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- Radiador instalado en bancada de grupo, incorporando tanque de expansión. Suministrado con rejilla de protección en descarga de aire.
- Ventilador soplante con protecciones.
- Bomba de agua centrífuga accionada por el motor a gas natural mediante engranajes.
- Anticongelante para primer llenado de circuito.
- Resistencia de calefacción del agua de refrigeración.

SISTEMA DE ESCAPE

- Silenciador industrial de 25 dB(A) de atenuación. (Suministro suelto).
- Flexible de escape de acero inoxidable.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Filtro de combustible tipo cartucho.
- Dimensionado para gas natural de 31.5 a 47.2 MJ/NM3.
- Tapón de llenado con respiradero y filtro.
- Tapón de drenaje.
- Conductos de alimentación y retorno de combustible.

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

- Cárter de aceite.
- Filtro de aceite.
- Bomba de circulación de aceite de engranajes accionada por el motor.
- Aceite lubricante para primer llenado.

SISTEMA DE ARRANQUE

- Motor de arranque de 24 Vcc.
- Baterías de arranque, con soporte, cables y botellas de ácido para llenado.
- Alternador de carga de 60 Amp.
- Cargador de baterías de 5 Amp.

SISTEMA DE CONTROL

Regulador de velocidad electrónico.

INSTRUMENTACIÓN

Panel de control EMCP 4.3 instalado en el grupo electrógeno:

- Pantalla de cristal líquido para visualización de parámetros de operación tanto de motor como de generador
- 2 lámparas de aviso de alarma/parada (ámbar, rojo)
- 3 teclas con sus lámparas indicadoras de estado para: arranque manual/paro manual/funcionamiento en automático
- 1 tecla de prueba de lámparas
- 1 tecla para reconocimiento de alarmas
- Teclado multifunción para navegación
- 1 tecla para visualización de parámetros de motor
- 1 tecla para visualización de parámetros de generador
- Multimedidor digital, con indicación de:
  - Tensiones de generación de línea y de fase
  - Corrientes (por fase y media)
  - Frecuencia
  - Revoluciones de motor
  - Tensión de baterías
  - Horas de motor
  - Presión de aceite
  - Temperatura de agua
  - Registro de los 20 últimos fallos
- Medidas en verdadero valor eficaz con precisión del 2%
- Ajustes y programación almacenados en memoria no volátil, para evitar pérdidas ante eventuales fallos de alimentación
- 3 niveles de seguridad mediante contraseña para protección de los ajustes
- Grado de protección del frontal IP56, resistente a salpicaduras de combustible y aceite de motor, IP 22 en la parte trasera
- Rango de temperatura de funcionamiento desde -20º C a 70º C
- Indicaciones de alarma/parada por:
  - Fallo de arranque
  - Alta temperatura de agua alarma/parada

Baja presión de aceite alarma/parada
Sobrevelocidad
Alta/baja tensión de baterías
Parada de emergencia activada

Todas estas condiciones de alarma/parada son anunciadas mediante el encendido de la correspondiente lámpara, así como con el texto descriptivo en la pantalla.

- Controles:
  Automático/Arranque/Paro
  Parada con tiempo de enfriamiento
  Parada de emergencia
  Ciclo de arranque programable
  Prueba de lámparas

- Entradas digitales (6 en total):
  Parada de emergencia remota
  Arranque Remoto
  2/4 canales programables en función del tipo motor
  El número de entradas programables puede variar en función de la versión del panel

- Salidas de relé (6 en total):
  Activación del motor de arranque
  Control de combustible
  4 canales programables
  El número de relés programables puede variar en función de la versión del panel

GENERADOR

- Autoexcitado sin escobillas.
- Interruptor automático tetrapolar.
- Regulador de tensión automática y manual para consumo económico de combustible Mark V.
- Aislamiento clase H.

CUADRO DE TRANSFERENCIA RED-GRUPO

Panel para montaje sobre pared de dimensiones altura 600 mm, anchura 400 mm y fondo 200 mm.

Incluye los siguientes elementos:

Un conmutador para transferir entre red/grupo, con posibilidad de manejo manual en caso de emergencia, de 160 Amp.

Controles:

- Selector de modo de funcionamiento Manual/ Automático.
- Selector para retransferencia a la vuelta de red Manual/ Automático.
- Máxima/mínima frecuencia.
- Máxima/mínima tensión.
- Temporizador de retraso al arranque – Evita que el grupo se ponga en marcha en caídas de tensión de la red o en fallos momentáneos.
- Vigilante de tensión de generador (50 – 380 V c.a.).
- Temporizador de retraso a la conmutación – Permite que el grupo se estabilice antes de transferir la carga tras la caída de red.
- Temporizador de retraso a la conmutación a la vuelta de red – Espera a que la red se estabilice antes de transferir la carga a la red de nuevo.
- Temporizador de enfriamiento–Permite que el motor se enfríe sin carga antes de parar, tras haber transferido la carga a la red establecida.
- Botón de prueba de lámparas.
- Posibilidad de instalar candado de seguridad para evitar maniobras no deseadas.

Pantalla de cristal líquido:

Detalla los siguientes parámetros:

- Tensiones de línea en red L12, L13, L23.
- Tensión de fase en red L1N, L2N, L3N.
- Tensión de línea en grupo L13.
- Frecuencia de red.
- Frecuencia de grupo.

- Número de transferencias.
- Ajustes de tiempos.

Indicación de estados:

Se detallan los siguientes parámetros:

- Red disponible.
- Red con carga.
- Generador disponible.
- Generador con carga.
- Red y generador sin cargas.
- Modo manual/modo automático.
- Test con carga.
- Test sin carga.

GENERAL
Tacos antivibratorios para amortiguación de vibraciones lineales, ubicados entre bancada metálica y conjunto motor-generador.

Certificado CE.

Pintura amarilla en motor y generador, bancada en negro.

En función de lo establecido por el fabricante del bien objeto de esta oferta, su Garantía será de 24 meses desde su puesta en marcha ó de 30 meses desde que les comuniquemos que el mismo está a su disposición para proceder a su instalación, lo que antes se produzca, no siéndole de aplicación lo establecido a este respecto en la Ley 23/2003, de 10 de julio, de Garantías en la venta de Bienes de Consumo que desarrolla la Directiva de la Unión Europea 1999/44/CE, de 25 de mayo de 2015.

DOCUMENTACIÓN

Con la entrega física del grupo electrógeno se suministra la siguiente documentación:

- Esquema eléctrico.
- Manual de operación de mantenimiento de motor y generador.
- Hoja original de garantía.

DATOS TÉCNICOS

GRUPO ELECTRÓGENO

Marca ..... CATERPILLAR
Modelo G3520H
Potencia ..... 2500 kWe
Tensión ..... 380 - 11000 Vac 3F+N

MOTOR

DATOS GENERALES

Marca ..... CATERPILLAR
Modelo G3520H
Tipo de combustible ..... Gas natural
Número de cilindros 20
Disposición ..... En V
Diámetro ..... 170 mm
Carrera ..... 215 mm
Cilindrada ..... 97.5 litros
Aspiración ..... Turbo postenfriado aire-aire
Velocidad ..... 1500 rpm
Potencia al volante (sin ventilador) ..... 1933 kWm

SISTEMA DE ADMISIÓN

Volumen de aire de combustión ..... 6,3 m^3/min

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Volumen de agua incluido el radiador ..... 17,5 litros
Caudal de aire del radiador ..... 187,8 m^3/min
Potencia consumida por el ventilador ..... 2,8 kW
Tensión alimentación resistencia calefacción. 220-380 V

SISTEMA DE ESCAPE

Caudal de gases de escape ..... 16,3 m^3/min
Temperatura gases de escape ..... 543 ºC

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Capacidad del cárter de aceite ..... . 545 litros
Consumo de aceite a máxima potencia.....0.426l/kwh
Tipo de aceite recomendado ..... .API CC/SE

SISTEMA DE ARRANQUE

Tensión de baterías ..... 24 Vdc

GENERADOR

DATOS GENERALES

Marca ..... CATERPILLAR
Modelo SR4B
Potencia ..... 2941.18 kVA
Velocidad ..... 1500 rpm
Frecuencia ..... 60 Hz
Tensión ..... 380 - 11000 Vac 3F+N
Factor de potencia 0,85
Regulación de tensión en rég. permanente .. ± 0,5%
Aislamiento ..... Clase H
Protección IP23
Factor de influencia telefónica ..... < 50
Paso de devanado 2/3
Desviación de onda en tensión ..... < 2%
Rendimiento ..... 86.3 %

CONJUNTO MOTOR ALTERNADOR

CONDICIONES DE TRABAJO

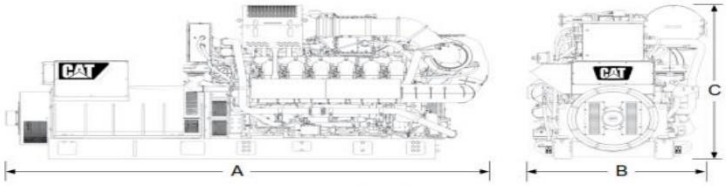
Potencia dada a las siguientes condiciones: 25ºC - 100 m - 30% de humedad
* Para condiciones distintas a las de referencia consultar

Calor absorbido en agua de refrigeración ..... 50,7 kW
Calor radiado (motor + generador) ..... 15,3 kW

Consumo de combustible
100% carga ..... 783.82 l/h
75% Carga ..... 587.87 l/h
50% Carga ..... 391.91 l/h

DIMENSIONES Y PESOS
Largo ..... 7668 mm
Ancho ..... 2173 mm
Alto ..... 2473 mm
Peso ..... 24800 kg

Dimensions and Weight



	G3512H	G3516H	G3520H
(A) Length – mm (in)	6093 (240)	7395 (291)	7668 (302)
(B) Width – mm (in)	1899 (75)	2139 (84)	2173 (86)
(C) Height – mm (in)	2311 (91)	2402 (95)	2473 (97)
Dry Weight – kg (lb)	16 700 (36,800)	18 315 (40,384)	24 800 (54,675)

NORMATIVA

El grupo electrógeno cumple o excede las siguientes normas internacionales:

IEC60034-1, IEC60034-22, ISO3046, ISO8528, NEMA MG 1-32, NEMA MG 1-33, 2004/108/EC, 2006/42/EC, 2006/95/EC.

El consumo de combustible está basado en un combustible gas natural de densidad 436.42 y de acuerdo con BS2869: 1998 Clase A2.

Los datos técnicos contenidos en el presente documento están basados en la hoja de especificación LEHE1313-00 (06/16) y LEHE0887-00 (07/15).

Los materiales y especificaciones están sujetos a cambio sin previo aviso. Para la elaboración del presente documento se ha utilizado el Sistema Internacional de unidades.

A.5. Composición del gas natural en el Perú.

Componente	*Nomenclatura(%)*	*Composición*	*Estado Natural*
Metano	(CH_4)	95,08	gas
Etano	(C2H6)	2,14	gas
Propano	(C3H8)	0,29	gas licuable
Butano	(C4H10)	0,11	gas licuable
Pentano	(C5H12)	0,04	líquido
Hexano	(C6H14)	0,01	líquido
Nitrógeno	(N2)	1,94	gas
Gas carbónico	(CO2)	0,39	gas

Impurezas: helio, oxigeno, vapor de agua, H2S

Cp (presión Cte) : 8,57 cal/mol.°C

A.6. Excesos de aire recomendados en combustibles.

Exceso de aire. Coeficiente de suministro

En la práctica es imposible obtener una combustión completa suministrando la cantidad teórica de aire a la combustión, ya que siendo ésta una reacción química de oxidación, es prácticamente imposible que todo el oxígeno del aire se combine con las sustancias combustibles hasta completar la reacción. Como en todas las reacciones químicas, es necesaria una concentración de los reactivos y un determinado tiempo y condiciones para que la reacción se complete. Si queremos que todo el oxígeno se combine, será necesario un exceso de combustible que, naturalmente, dará una pérdida importante en el rendimiento térmico. Por ello es preferible que haya exceso (mínimo) de aire para que arda la totalidad del combustible. Ello provocará, naturalmente, una dilución de los productos de la combustión y una pérdida térmica por los humos, la cual será siempre inferior a la pérdida por inquemados. A este exceso de aire se le conoce por coeficiente de suministro de aire K. Dicho coeficiente tiene los siguientes valores para los distintos combustibles: para combustibles sólidos, $K = 1{,}4$ a $2{,}5$ (exceso de aire de 40 a 150 %); para combustibles líquidos, $K = 1{,}25$ a $1{,}6$ (exceso de aire de 25 a 60 %); para combustibles gaseosos, $K = 1{,}1+$ a $1{,}4$ (exceso de aire de 10 a 40 %). Este coeficiente, relativamente bajo para el gas natural comparado con el de los combustibles sólidos y líquidos, representa una importante mejora en el rendimiento térmico de la combustión, a consecuencia de una pérdida más baja en la chimenea y una temperatura más alta de combustión.

A.7. Temperatura del gas natural en cámara de combustión del grupo electrógeno.

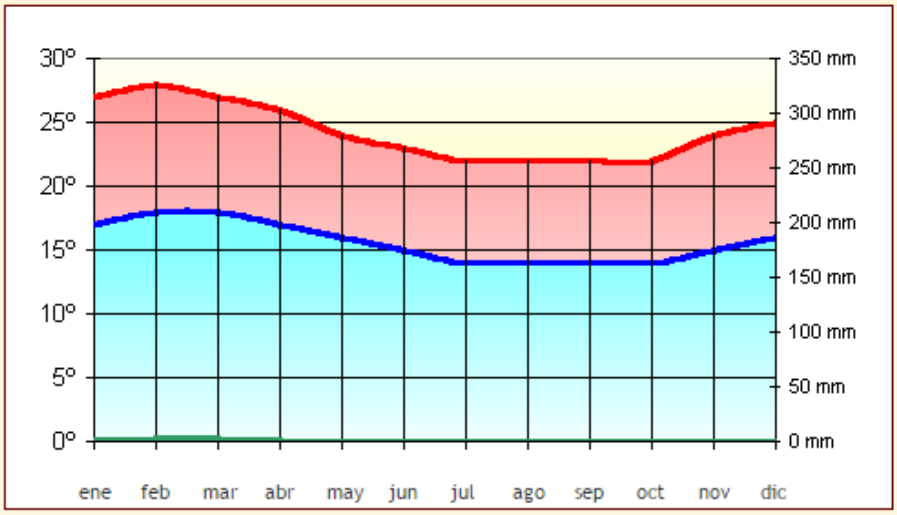
GAS NATURAL

	Densidad (*)	Temperatura	Presión	
Gas natural	0,743 kg/(n)m^3	0 ºC	1 atm	Normal m^3 Europeo
Gas natural	0,737 kg/(s)m^3	15 ºC	1 atm	Estandar m^3 Americano
GNC	158,49 kg/m^3	15 ºC	200 bar	Indice de compresibilidad=0,93
GNL	431,0 kg/m^3	-161 ºC	1 atm	

A.8. Temperatura del aire promedio en Chimbote

Temperaturas anuales: Chimbote

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
27º	28º	27º	26º	24º	23º	22º	22º	22º	22º	24º	25º
17º	18º	18º	17º	16º	15º	14º	14º	14º	14º	15º	16º
2	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0



Temperatura >máxima (en ºC)
Temperatura mínima (en ºC)
Precipitacione >mensuales (en mm)

A.9. Propiedades físicas del aire.

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, ρ, kg/m³	Calor específico, c_p, J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α, m²/s²	Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν, m²/s	Número de Prandtl, Pr
−150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
−100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
−50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
−40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
−30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
−20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
−10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935

A.10. Tablas del Código ASME Sección VIII Div. 1

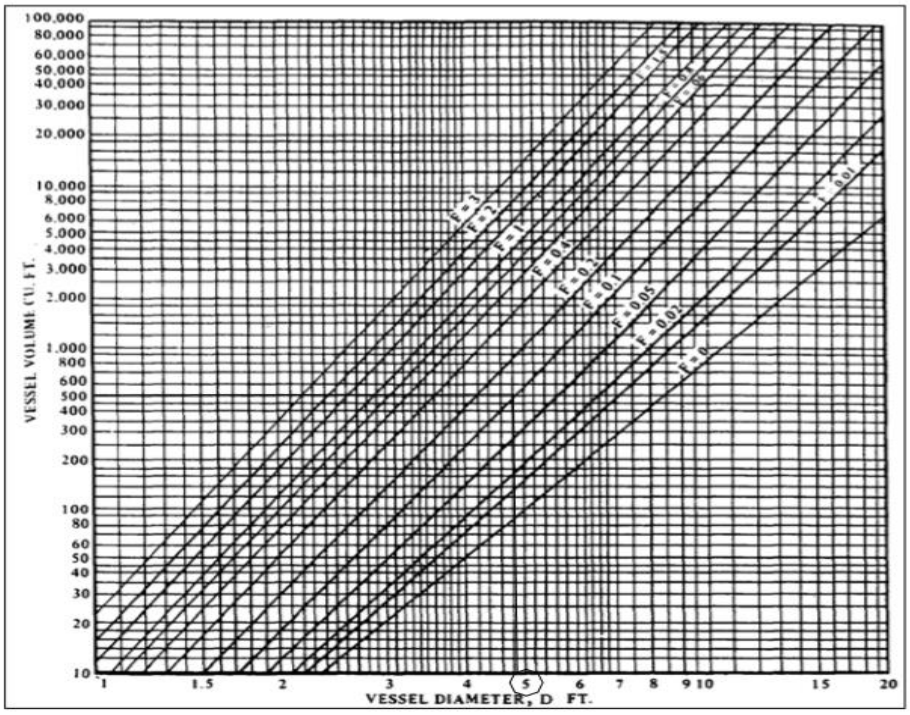
PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES DE ACERO
AL CARBON Y ACEROS DE BAJA ALEACION

ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE DE DISEÑO A LA TENSION EN 1,000 PSI

ESPECIFICACION DEL MATERIAL		CUANDO LA TEMPERATURA DE DISEÑO NO EXCEDE DE: °F							
NUMERO	GRADO	−20 A 650	700	750	800	850	900	950	1050
SA−283	C	12.7	---	---	---	---	---	---	---
SA−285	C	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5		

EFICIENCIA DE SOLDADURAS VALORES DE "E"				
TIPOS DE UNIONES NORMA UW—12		EFICIENCIA DE LA UNION CUANDO LA JUNTA ESTA RADIOGRAFIADA		
		AL 100 %	POR PUNTOS	SIN
	SOLDADURA A TOPE UNIDA CON SOLDADURA POR AMBOS LADOS, O BIEN POR OTRO METODO CON LO CUAL SE OBTENGA LA MISMA CALIDAD DEL METAL DE APORTE EN AMBOS LADOS DE LA SUPERFICIE SOLDADA. SI SE USA LA SOLERA DE RESPALDO, DEBERA QUITARSE DESPUES DE APLICAR LA SOLDADURA Y ANTES DE RADIOGRAFIAR.	1.00	0.85	0.70
	SOLDADURA SIMPLE A TOPE CON SOLERA DE RESPALDO LA CUAL PERMANECERA EN EL INTERIOR DEL RECIPIENTE.	0.90	0.80	0.65
	UNION SIMPLE POR UN SOLO LADO SIN SOLERA DE RESPALDO	---	---	0.60
	UNION TRASLAPADA CON DOBLE FILETE	---	---	0.55
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO Y TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.50
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO SIN TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.45

TABLA PARA ESTABLECER LAS MEDIDAS ADECUADAS EN EL RECIPIENTE A PRESIÓN



Diámetro Nominal	Diámetro Exterior (D)	Espesor Nominal	Peso Teórico
pulg.	mm.	mm(e).	Kg/m.
1/8	10,3	1,73	0,37
1/4	13,7	2,24	0,63
3/8	17,1	2,31	0,84
1/2	21,3	2,77	1,27
3/4	26,7	2,87	1,69
1	33,4	3,38	2,5
1 1/4	42,2	3,56	3,39
1 1/2	48,3	3,68	4,05
2	60,3	3,91	5,44
2 1/2	73	5,16	8,63
3	88,9	5,49	11,29
4	114,3	6,02	16,07
6	168,3	7,11	28,26

A.11. Velocidades de los fluidos.

SERVICIO	VELOCIDAD DEL FLUIDO	
	ft/min	m/s
Tubos de caldera y turbina	6000 -12000	30.5 - 60.9
Colectores de vapor	6000 - 8000	30.5 - 40.6
Líneas ramales de vapor	6000 -15000	30,5 - 76.2
Líneas de alimentación de agua	250 - 850	1.3 - 4.3
Líneas de salida de vapor y de baja presión	6000 -15000	30,5 - 76.2
Líneas de succión de bombas	100 - 300	0.51 - 1.52
Líneas de purga de vapor	4000 - 6000	20.3 - 30.5
Líneas principales de servicio	120 - 3000	0.61 - 1.52
Líneas de vapor flash en calentadores	10-120	0.05 – 0.60
Líneas de vapor de vació	20000 - 40000	101.6 - 203.2
Líneas de petróleo crudo	50 - 350	0.25 - 1.78
Líneas de aire comprimido	1500 - 2000	7.5 -10.2
Tubos de vapor recalentado	2000 - 5000	10.2 - 25.4
Tubos economizadores (agua)	12 - 20	0.06 – 0.1
Tubos economizadores (gases de chimenea)	6000 - 10000	30.5 – 50.8

A.12. Catalogo Indeco conductor FREETOX N2XOH.

INDECO
empresa Nexans

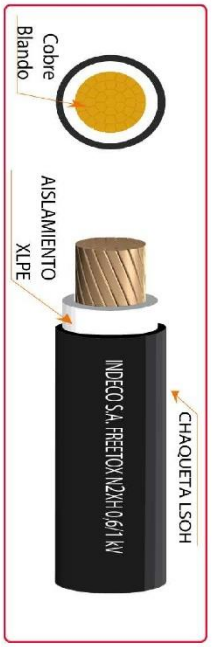
FREETOX N2XOH

Usos

En redes eléctricas de distribución de baja tensión, en urbanizaciones, Instalaciones industriales. Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.
Se puede instalar en ductos o directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

Descripción

Uno, dos, tres o cuatro conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado (comprimido, compactado) ó flexible.
Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), cubierta externa hecha a base de un compuesto Libre de Halógenos HFFR.



Características

El cable reúne magníficas propiedades eléctricas y mecánicas. El aislamiento de polietileno reticulado permite mayor capacidad de corriente en cualquier condición de operación, mínimas pérdidas dieléctricas, alta resistencia de aislamiento. La cubierta exterior tiene las siguientes características: Baja emisión de humos tóxicos y ausencia de halógenos, además de una alta retardancia a la llama.

Marcación

INDECO S.A. FREETOX N2XOH 0.6/1 kV <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibres

4 mm² – 500 mm²

Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

Colores

Aislamiento(1) : Negro, blanco, rojo.
Cubierta(2) : Negro.

Normas de Fabricación
IEC 60754-2, IEC 60332-3 CAT. A, NTP-IEC 60502-1
Tensión de servicio
0.6/1 kV
Temperatura de operación
90ºC

(1) y (2) A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

INDECO
empresa Nexans

TABLA DE DATOS TECNICOS N2XOH (UNIPOLAR)

CALIBRE	Nº HILOS	ESPESORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
1 x 4	7	0.7	0.9	5.8	64	65	55	55
1 x 6	7	0.7	0.9	6.3	86	85	65	68
1 x 10	7	0.7	0.9	7.1	128	115	90	95
1 x 16	7	0.7	0.9	8.0	189	155	125	125
1 x 25	7	0.9	0.9	9.7	287	200	160	160
1 x 35	7	0.9	0.9	10.7	384	240	200	195
1 x 50	19	1.0	0.9	12.1	507	280	240	230
1 x 70	19	1.1	0.9	14.0	713	345	305	275
1 x 95	19	1.1	1.0	16.0	975	415	375	330
1 x 120	37	1.2	1.0	17.6	1216	470	435	380
1 x 150	37	1.4	1.1	19.6	1497	520	510	410
1 x 185	37	1.6	1.2	22.1	1879	590	575	450
1 x 240	37	1.7	1.2	24.6	2436	690	690	525
1 x 300	37	1.8	1.3	27.2	3040	775	790	600
1 x 400	61	2.0	1.4	30.6	3877	895	955	680
1 x 500	61	2.2	1.5	34.3	4931	1010	1100	700

(*) Temperatura ambiente: 30ºC

Temperatura en el conductor: 90ºC

Temperatura del suelo: 20ºC

Resistividad del suelo: 1 ℃.m/W

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

A.13. Catalogo Conductores y Cables del Perú tipo N2XY.

CONDUCTORES Y CABLES DEL PERÚ

CEPER CABLES

N2XY UNIPOLAR 0,6/1 KV

En sistemas de distribución de baja tensión. Instalaciones eléctricas de tipo industrial.

Descripción cable:
1. Conductor de cobre
2. Aislamiento
3. Cubierta exterior

Energía Baja Tensión

1. DESCRIPCION:

1. Conductor de cobre electrolítico temple suave.
- Sólido para secciones hasta 10 mm².
- Cuerda redonda compacta para secciones mayores de 10 mm².
2. Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) color natural.
3. Cubierta exterior de cloruro de polivinilo (PVC ST2) en color negro.

2. MAXIMA TENSION DE OPERACION:

1200 Voltios entre fases.

3. TEMPERATURA MAXIMA EN EL CONDUCTOR:

- En operación normal : 90°C
- En condiciones de emergencia : 130°C
- En condiciones de cortocircuito : 250°C

4. NORMA DE FABRICACION:

NTP-IEC 60502-1

5. APLICACIONES:

En sistemas de distribución de baja tensión. Instalaciones eléctricas de tipo industrial.

6. CARACTERISTICAS PARTICULARES:

Ligeros y fáciles de instalar. Excelente comportamiento frente a los ciclos térmicos garantizando mayor tiempo de vida útil. Alta resistencia a la humedad y a gran diversidad de agentes químicos. Cubierta exterior resistente a la abrasión, no propaga la llama.
Debido a las características eléctricas y mecánicas de los materiales que intervienen en su construcción, los cables N2XY son adecuados para múltiples aplicaciones y condiciones de instalación, pudiendo instalarse sobre bandeja portacables, en canaleta o enterrado directamente y trabajar largo tiempo inclusive sumergido en agua, como puede ocurrir en inundación de ductos o terrenos.

90° Temperatura máxima del conductor: 90°C | Resistencia a la humedad | No propagación de la llama | Protección al medio ambiente

CONDUCTORES Y CABLES DEL PERÚ AV. LOS FRUTALES Nº 334 ATE - LIMA - PERÚ
T. (+511) 713 6000 F. (+511) 713 6001 COMERCIAL@CEPER.COM.PE WWW.CEPER.COM.PE

7. CARACTERISTICAS DIMENSIONALES:

Sección Nominal (mm^2)	Número de Hilos por Conductor	Espesor Nominal (mm)		Diámetro Exterior (mm)	Peso Total (Kg/Km)
		Aislante	Cubierta		
1x2,5	1	0,7	1,4	6,5	60
1x4	1	0,7	1,4	7,0	75
1x6	1	0,7	1,4	7,5	95
1x10	1	0,7	1,4	8,5	140
1x16	7	0,7	1,4	10	205
1x25	7	0,9	1,4	12	303
1x35	7	0,9	1,4	13	397
1x50	19	1,0	1,4	14	520
1x70	19	1,1	1,4	16	722
1x95	19	1,1	1,5	18	990
1x120	37	1,2	1,5	20	1230
1x150	37	1,4	1,6	22	1500
1x185	37	1,6	1,6	24	1865
1x240	61	1,7	1,7	27	2430
1x300	61	1,8	1,8	29	3000
1x400	61	2,0	1,9	33	3785
1x500	61	2,2	2,0	36	4880

Datos sujetos a tolerancias normales de manufactura.

8. CARACTERISTICAS ELECTRICAS:

Sección Nominal (mm^2)	Resistencia Conductor (Ohm/Km)		Reactancia Inductiva Ohm/Km a 60 Hz	Capacidad de Corriente (Amp)	
	c.c. a 20°C	c.a. a 90°C		Aire Libre 30°C	Enterrado temp=25°C 0,9K-m/W
1x2,5	7,41	9,45	0,178	35	48
1x4	4,61	5,88	0,166	46	62
1x6	3,08	3,93	0,157	58	77
1x10	1,83	2,34	0,146	79	103
1x16	1,15	1,47	0,138	105	133
1x25	0,727	0,928	0,134	141	170
1x35	0,524	0,670	0,129	174	204
1x50	0,387	0,495	0,125	214	242
1x70	0,268	0,343	0,121	270	295
1x95	0,193	0,248	0,118	335	353
1x120	0,153	0,197	0,117	391	401
1x150	0,124	0,161	0,117	452	449
1x185	0,0991	0,130	0,116	522	506
1x240	0,0754	0,100	0,114	623	584
1x300	0,0601	0,0817	0,112	717	656
1x400	0,0470	0,0661	0,111	840	741
1x500	0,0366	0,0541	0,110	965	829

90° Temperatura máxima del conductor: 90°C

Resistencia a la humedad

No propagación de la llama

Protección al medio ambiente

A.14. Valores para sección mínima de conductor por cortocircuito.

Sien **t** el tiempo en segundos que puede durar el cortocircuito y **K** una constante cuyo valor se obtiene de la tabla siguiente.

Valor de K para cálculo de seccíon por cortocircuito.

Norma UNE 20460-5-523

CONDUCTOR	AISLAMIENTO	K
Cobre	PVC	115
	XLPE-EPR	143
Aluminio	PVC	76
	XLPE-EPR	94

A.15. Características técnicas de los conductores eléctricos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Material	Densidad a 20°C gr/cm^3	Resistividad a 20°C Ω.mm^2/m	Conductividad % IACS	Coeficiente térmico de resistencia a 20°C por °C	Modulo de elasticidad Kg/mm^2	Esfuerzo mínimo de rotura Kg/ mm^2	Coeficiente de dilatación lineal a 20°C por °C
Cobre blando	8.89	0.01724	100	0.00393	10.000	25	1.7×10^{-5}
Cobre semiduro	8.89	0.01783	96.66	0.00384	11.500	35	1.7×10^{-5}
Cobre duro	8.89	0.01790	96.16	0.00382	12.650	42	1.7×10^{-5}
Alineación de aluminio	2.7	0.0328	52.5	0.00360	5.700	28	2.3×10^{-5}

A.16. Ficha técnica de llaves termomagnéticos LSIS 4 polos.

Interruptores Automáticos de Caja Moldeada

Serie Susol MCCB de 100A a 800A

			TD100			TD160			TS100		
Tamaño		[AF]	100			160			100		
Corriente nominal, In ♦		[A]	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100			1P: 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 2, 3P: 100, 125, 160			40, 50, 63, 80, 100		
No. de polos			2*, 3, 4			1, 2*, 3, 4			2*, 3, 4		
Tensión nominal, Ue	AC	[V]	690			240(1P), 690			690		
	DC	[V]	500			250(1P), 500			500		
Máxima tensión de pico, Uimp		[kV]	8			8			8		
Tensión de aislamiento, Ui		[V]	750			750			750		
Poder de corte último, Icu			N	H	L	N	H	L	N	H	L
AC 50/60Hz	220/240V	[kA]	85	100	200	30(1P) 85	50(1P) 100	200	100	120	200
	380/415V	[kA]	50	85	150	50	85	150	50	85	150
	440/460V	[kA]	50	70	130	50	70	130	50	70	130
	480/500V	[kA]	30	50	65	30	50	65	42	65	85
	660/690V	[kA]	5	8	10	5	8	10	10	15	20
DC	250V	[kA]	42	65	100	16(1P) 42	25(1P) 65	100	50	85	100
	500V (2 polos en serie)	[kA]	42	65	100	42	65	100	50	85	100
Poder de corte en servicio, Ics		[%Icu]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Poder de corte en cortocircuito, Icm											
AC 50/60Hz	220/240V	[kA]	187	220	440	105(1P) 187	105(1P) 220	440	220	264	440
	380/415V	[kA]	105	187	330	105	187	330	105	187	330
	440/460V	[kA]	105	154	286	105	154	286	105	154	286
	480/500V	[kA]	63	105	143	63	105	143	88	143	187
	660/690V	[kA]	8	14	17	8	14	17	17	30	40
Categoría de utilización			A			A			A		
Comportamiento de aislamiento			●			●			●		
Unidad de disparo (liberación)											
Térmico-Magnético											
● fijo-térmico , fijo-magnético		FTU	●			●			●		
● ajustable-térmico, fijo-magnético		FMU	●			● *****			●		
● ajustable- térmico, ajustable- magnético		ATU	-			-			-		
● sólo magnético		MTU***	-			-			●		
Electrónico											
● LSI		ETS ***	-			-			●		
● LSI		ETM ***	-			-			-		
Opción	Protección diferencial, Ig		-			-			-		
	Enclavamiento selectivo de zona, ZSI		-			-			-		
	Amperímetro		-			-			-		
	Comunicación		-			-			-		
	Módulo de protección diferencial ****		-			-			-		
Conexión	fijo	conexión frontal	●			●			●		
		conexión trasera	●			● *****			●		
	conector	conexión frontal	●			● *****			●		
		conexión trasera	●			● *****			●		
Vida mecánica		[operaciones]	25000			25000			25000		
Vida eléctrica @ 415 V AC		[operaciones]	10000			10000			10000		
Dimensiones básicas,	1-polos	[mm]	-			35 × 140 × 86			-		
An × Al × P	3-polos	[mm]	90 × 140 × 86			90 × 140 × 86			105 × 160 × 86		
(conexión frontal)	4-polos	[mm]	120 × 140 × 86			120 × 140 × 86			140 × 160 × 86		
Peso	1-polo	[kg]	-			0.57			-		
(conexión frontal)	3-polos	[kg]	1.5			1.5			2		
	4-polos	[kg]	1.8			1.8			2.6		
Normativa			IEC60947-2			IEC60947-2			IEC60947-2		

♦ Aplicable a cajas moldeadas equipadas con FTU, FMU, ATU
* Caja moldeada 2 polos con tamaño de 3 polos
** 700A sólo disponible para TS800FTU
*** Disponible para interruptores de 3polos
**** Fase de desarrollo
***** No disponible para 1 polo

24

TS160			TS250			TS400			TS630			TS800		
160			250			400			630			800		
(100)※, 125, 160			125, 160, 200, 250			300, 400			500, 630			700**, 800		
2*, 3, 4			2*, 3, 4			2*, 3, 4			2*, 3, 4			2*, 3, 4		
690			690			690			690			690		
500			500			500			500			500		
8			8			8			8			8		
750			750			750			750			750		
N	H	L	N	H	L	N	H	L	N	H	L	N	H	L
100	120	200	100	120	200	100	120	200	100	120	200	100	120	200
50	85	150	50	85	150	65	85	150	65	85	150	65	100	150
50	70	130	50	70	130	65	85	130	65	85	130	65	100	130
42	65	85	42	65	85	42	65	85	42	65	85	42	85	100
10	15	20	10	15	20	10	20	35	10	20	35	10	20	35
50	85	100	50	85	100	50	85	100	50	85	100	50	85	100
50	85	100	50	85	100	50	85	100	50	85	100	50	85	100
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
220	264	440	220	264	440	220	264	440	220	264	440	220	264	440
105	187	330	105	187	330	143	187	330	143	187	330	143	220	330
105	154	286	105	154	286	143	187	286	143	187	286	143	220	286
88	143	187	88	143	187	88	143	187	88	143	187	88	187	220
17	30	40	17	30	40	17	40	74	17	40	74	17	40	74
A			A			A			A			A		
●			●			●			●			●		
●			●			●			●			●		
●			●			●			●			●		
●			●			●			●			●		
●			●			●			●			●		
●			●			●			●			●		
-			-			●			●			●		
-			-			●			●			●		
-			-			●			●			●		
-			-			●			●			●		
-			-			●			●			●		
-			-			●			●			●		
●			●			●			●			●		
●			●			●			●			●		
●			●			●			●			●		
●			●			●			●			●		
25000			25000			20000			20000			10000		
10000			10000			6000			6000			3000		
-			-			-			-			-		
105×160×86			105×160×86			140×260×110			140×260×110			210×320×135		
140×160×86			140×160×86			186.5×260×110			186.5×260×110			280×320×135		
-			-			-			-			-		
2			2			5.4			5.4			15.1		
2.6			2.6			7.2			7.2			19.6		
IEC60947-2			IEC60947-2			IEC60947-2			IEC60947-2			IEC60947-2		

1. Los interruptores con unidades de disparo electrónico solo están disponibles en versión de 3 polos. (Sólo para suministros de corriente alterna AC)
※ La unidad de disparo ATU está disponible para 125A

A.17. Ficha técnica inversores de voltaje 48/220.

victron energy
BLUE POWER

Inversores Phoenix

250VA – 1200VA 230V y 120V, 50Hz o 60Hz

www.victronenergy.com

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)		230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%				
Rango de tensión de entrada		9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9,3 / 18,6 / 37,2V				
Dinámica (dependiente de la carga) Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)		Desconexión dinámica, ver https://www.victronenergy.com/live/ve.direct: phoenix-inverters-dynamic-cutoff				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		10,9 / 21,8 / 43,6V				
Detector de batería cargada (ajustable)		14,0 / 28,0 / 56,0V				
Eficacia máx.		87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95%				
CARCASA						
Material y color		Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)				
Conexión de la batería		Bornes de tornillo				
Sección de cable máxima:		10mm² / AWG8	10mm² / AWG8	10mm² / AWG8	25/10/10mm² / AWG4/8/8	35/25/25 mm² / AWG 2/4/4
Tomas de corriente CA estándar		230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R				
Tipo de protección		IP 21				
Peso		2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8.5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)		86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)
ACCESORIOS						
On/Off remoto		Sí				
Conmutador de transferencia automático		Filax				
ESTÁNDARES						
Seguridad		EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1				
EMC		EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3				
Directiva de automoción		ECE R10-4				

1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1
2) Claves de protección:
a) cortocircuito de salida
b) sobrecarga
c) tensión de la batería demasiado alta
d) tensión de la batería demasiado baja
h) temperatura demasiado alta
f) ondulación CC demasiado alta

Alarma de batería
Indica que la tensión está demasiado alta o demasiado baja por medio de una alarma visual y sonora y de un relé de señalización remota

Monitor de baterías BMV
El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería y de carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de m selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería.
El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Mochila VE.Direct a Bluetooth Smart
(Debe pedirse por separado)

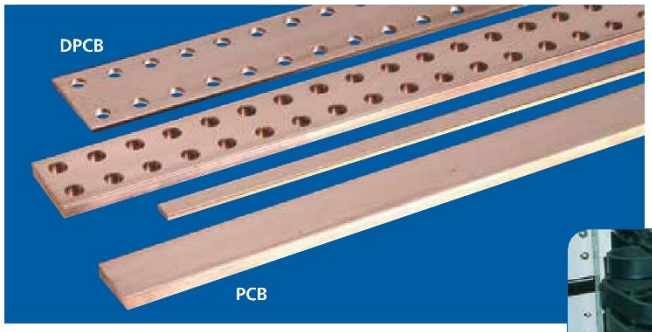
on Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
ralita: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
il: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

victron ener
BLUE POWER

A.18. Ficha técnica de barras perforadas de cobre y soportes de barras universales.

Barras de cobre

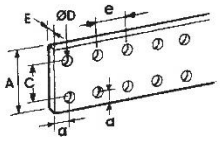
Barras Perforadas DPCB y Barras Planas PCB



- Ahorro de tiempo y facilidad en el diseño
- Intensidades hasta 7400 A
- Espesor: de 4 a 10 mm
- Longitudes: 1000, 1750, 2000 y 4000 mm

DPCB
Barras doble perforación

Espesor 5 mm
- Longitud 1750 mm
- Ancho 25 de 125 mm



Código	Descripción	A mm	C mm	a mm	e mm	ØD mm		kg
550400	DPCB 25 x 5	25		12,5	25	10,5	2	1,40
550410	DPCB 50 x 5	50	25	12,5	25	10,5	2	3,40
550420	DPCB 63 x 5	63	38	12,5	25	10,5	2	4,40
550430	DPCB 80 x 5	80	55	12,5	25	10,5	2	5,70
550440	DPCB 100 x 5	100	75	12,5	25	10,5	2	7,25
550450	DPCB 125 x 5	125	100	12,5	25	10,5	2	9,20

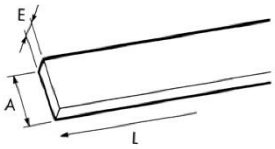
Espesor 10 mm
- Longitud 1750 mm
- Ancho 50 de 120 mm

Código	Descripción	A mm	C mm	a mm	e mm	ØD mm		kg
550350	DPCB 50 x 10	50	25	12,5	25	10,5	2	6,8
550360	DPCB 60 x 10	60	35	12,5	25	10,5	2	8,8
550370	DPCB 80 x 10	80	55	12,5	25	10,5	2	11,4
550380	DPCB 100 x 10	100	75	12,5	25	10,5	2	14,5
550390	DPCB 120 x 10	120	95	12,5	25	10,5	2	18,4

PCB
Barras planas rígidas

Espesor 4 ó 5 mm
- Longitud 1000 y 2000 mm

Código	Descripción	L mm	A mm	E mm		kg
550780	PCB 12 X 4 X 1000	1000	12	4	10	0,430
550790	PCB 12 X 4 X 2000	2000	12	4	10	0,850
550770	PCB 12 X 5 X 2000	2000	12	5	10	1,062



Espesor 5 mm
- Longitud 2000 - 4000 mm
- Ancho 20 de 125 mm

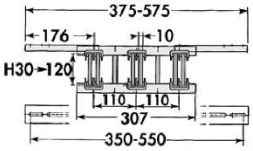
Código	Descripción	L mm	A mm	E mm		kg
549600	PCB 2 m 25 x 5	2000	25	5	2	2,20
549610	PCB 2 m 50 x 5	2000	50	5	2	4,50
549620	PCB 2 m 63 x 5	2000	63	5	2	5,60
549630	PCB 2 m 80 x 5	2000	80	5	2	7,10
549640	PCB 2 m 100 x 5	2000	100	5	2	8,90
549650	PCB 2 m 125 x 5	2000	125	5	2	11,10
550600	PCB 4 m 20 x 5	4000	20	5	10	3,56
550610	PCB 4 m 25 x 5	4000	25	5	10	4,45
550620	PCB 4 m 30 x 5	4000	30	5	10	5,34
550630	PCB 4 m 40 x 5	4000	40	5	10	7,12
550640	PCB 4 m 50 x 5	4000	50	5	10	8,90
550650	PCB 4 m 60 x 5	4000	60	5	10	10,68
550660	PCB 4 m 80 x 5	4000	80	5	10	14,24
550670	PCB 4 m 100 x 5	4000	100	5	5	17,80
550680	PCB 4 m 125 x 5	4000	125	5	5	22,24

Espesor 10 mm
- Longitud 2000 - 4000 mm
- Ancho 30 de 200 mm

Código	Descripción	L mm	A mm	E mm		kg
549700	PCB 2 m 30 x 10	2000	30	10	2	5,30
549710	PCB 2 m 40 x 10	2000	40	10	2	7,10
549720	PCB 2 m 50 x 10	2000	50	10	2	8,90
549730	PCB 2 m 60 x 10	2000	60	10	2	10,70
549740	PCB 2 m 80 x 10	2000	80	10	2	14,20
549750	PCB 2 m 100 x 10	2000	100	10	2	17,80
549760	PCB 2 m 120 x 10	2000	120	10	2	21,40
550970	PCB 4 m 30 x 10	4000	30	10	5	10,69
550980	PCB 4 m 40 x 10	4000	40	10	5	14,25
550900	PCB 4 m 50 x 10	4000	50	10	5	17,80
550910	PCB 4 m 60 x 10	4000	60	10	5	21,35
550920	PCB 4 m 80 x 10	4000	80	10	5	28,50
550930	PCB 4 m 100 x 10	4000	100	10	2	35,60
550940	PCB 4 m 120 x 10	4000	120	10	2	42,80
550950	PCB 4 m 160 x 10	4000	160	10	2	57,00
550960	PCB 4 m 200 x 10	4000	200	10	2	71,00

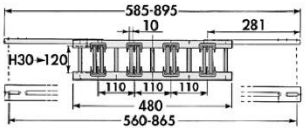
Soportes de barras universales UBS

UBS 2/10T
3600A
- Tres fases
- Barras: 10 mm, una por fase
- Ancho barra: de 30 a 120 mm



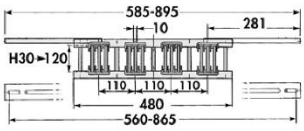
Código	Descripción	Barras por fase		kg
551080	UBS 2/10 T	1-2	1	2,18

UBS 2/10TN
3600A
- Tres fases + Neutro
- Barras: 10 mm, una por fase
- Ancho barra: de 30 a 120 mm



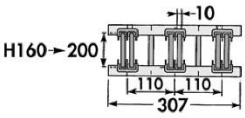
Código	Descripción	Barras por fase		kg
551070	UBS 2/10 TN	1-2	1	2,86

UBS 3/10TN
4500A
- Tres fases + Neutro
- Barras: 10 mm, una por fase
- Ancho barra: de 30 a 120 mm



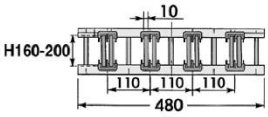
Código	Descripción	Barras por fase		kg
551090	UBS 3/10 TN	1-3	1	2,90

UBS 2/10T 160 & 200
5700A
- Tres fases
- Barras: 10 mm, una por fase
- Ancho barra: de 160 a 200 mm
- Montaje sin extensión.
  Tornillos inox. amagnéticos



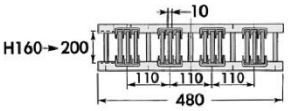
Código	Descripción	Barras por fase		kg
561520	UBS 2/10 T 160	1-2	1	2,60
561530	UBS 2/10 T 200	1-2	1	2,70

UBS 2/10TN 160 & 200
5700A
- Tres fases + Neutro
- Barras: 10 mm, una por fase
- Ancho barra: de 160 a 200 mm
- Montaje sin extensión.
  Tornillos inox. amagnéticos



Código	Descripción	Barras por fase		kg
561870	UBS 2/10 TN 160	1-2	1	3,40
561880	UBS 2/10 TN 200	1-2	1	3,50

UBS 3/10TN 160 & 200
7400A
- Tres fases + Neutro
- Barras: 10 mm, una por fase
- Ancho barra: de 160 a 200 mm
- Montaje sin extensión.
  Tornillos inox. amagnéticos



Código	Descripción	Barras por fase		kg
561540	UBS 3/10 TN 160	1-3	1	3,40
561550	UBS 3/10 TN 200	1-3	1	3,50

A.19. Ficha técnica de pernos ISO.

MARCAS DE CLASES RESISTENCIA PERNOS DE ACERO (EN

CLASES DE RESISTENCIA Y MARCAS SODIPER	ESPECIFICACIÓN	MATERIAL	DIÁMETRO NOMINAL DEL PERNO	CARGA DE PRUEBA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	CARGA DE PRUEBA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	DUREZAS	
				PSI		KG/mm^2		MIN	MÁX
SP 5.8 CLASE DE RESISTENCIA 5.8	ISO 898 PARTE 1	ACERO DE BAJO O MEDIANO CARBONO	DESDE M6 HASTA M38	54.000	71.000	38	50	B82	B99.5
SP 8.8 CLASE DE RESISTENCIA 8.8	ISO 898 PARTE 1	ACERO DE MEDIO CARBONO TEMPLADO Y REVENIDO	M6 HASTA M16	71.000	114.000	58	80	C22	C32
			SOBRE M16 HASTA M38	85.000	114.000	60	80	C23	C39
SP 10.9 CLASE DE RESISTENCIA 10.9	ISO 898 PARTE 1	ACERO ALEADO TEMPLADO Y REVENIDO	DESDE M6 HASTA M38	118.000	143.000	83	100	C32	C39
SP 12.9 CLASE DE RESISTENCIA 12.9	ISO 898 PARTE 1	ACERO ALEADO TEMPLADO Y REVENIDO	DESDE M6 HASTA M38	138.000	171.000	97	120	C39	C44

PSI : LIBRAS/PULGADAS CUADRADA
KG/mm^2 : KILOS POR MILÍMETRO CUADRADO

A.20. Propiedades de los materiales.

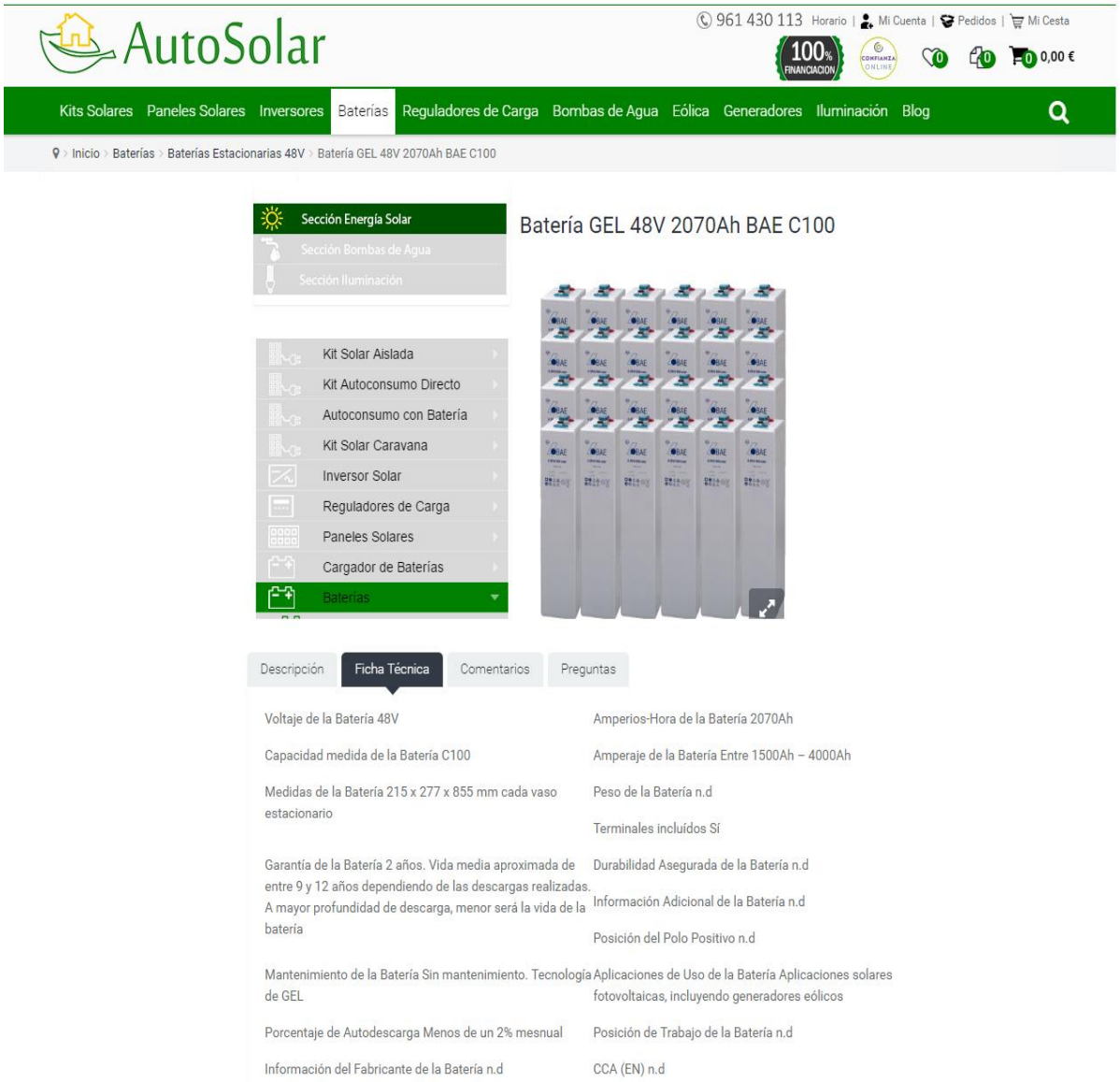
Constantes físicas de materiales

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso específico w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lbf/pulg³	lbf/ft³	kN/m³
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Acero inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0
Aleaciones de titanio	16.5	114.0	6.2	42.4	0.340	0.160	276	43.4
Aluminio (todas las aleaciones)	10.4	71.7	3.9	26.9	0.333	0.098	169	26.6
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Hierro fundido (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel metal	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Plata niquelada	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4

A.21. Esfuerzo de terrenos y concreto o hormigón de 22000 N/m3.

Naturaleza	Esfuerza admisible KPa
Roca dura solida	2400
Pizarra o roca mediana	960
Roca blanda	480
Arcilla dura o grava compacta	380
Arcilla blanda o arena suelda	100

A.22. Ficha técnica de batería o acumulador.



A.23. Accesorios del tanque de combustible: Gas Natural.

DE WIT

Modelos 05

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Exactitud:	+/- 2% del total de la escala
Elemento:	Tubo bourdon de Bronce
Conexión:	Bronce 1/8" N.P.T. Inferior o Posterior al centro
Mecanismo:	Bronce
Caja:	Lámina de acero esmaltado negro
Bisel:	A presión de lámina de acero esmaltado negro
Ventana:	Acrílico
Carátula:	Aluminio fondo blanco, números negros
Aguja:	Aluminio esmaltado negro
Tamaños:	ø 40 mm (1 1/2")
Rangos:	Doble escala, kg/cm² + psi max. 21 kg/cm²

COMO ORDENAR

	Cantidad	Modelo	Tamaño (mm)	Rango	Conexión
Ejem.	50 pzas.	05	40	2 kg/cm²	post. 1/8" N.P.T.

Termómetro Marca De Wit

Exactitud:+/- 1% del total de la escala.
Elemento: Espiral de acero actuado por tensión de gas
Conexión: con compensador de temperatura ambiental.
Mecanismo: Acero inoxidable AISI 304.
Caja: Acero inoxidable AISI 304.
Bisel: Cristal inastillable.
Ventana: Aluminio fondo blanco, números negros.
Aguja: Aluminio esmaltado negro con micro ajuste.
Bulbos: Acero, bronce, acero inoxidable de 100 mm hasta 1000 mm (ver guía de selección)
Fluidos: Glicerina (agregar "V" después del modelo)
Tamaños: ø 63 mm (2 1/2"), ø 100 mm (4"), ø 160 mm (6") y ø 250 mm (10")
Rangos: -200ºC hasta +600ºC

Válvula de llenado Marca Nacobre

	Modelo TE-2	
	Válvula de llenado para tanque estacionario	
	Descripción	
	Conexión de entrada a cilindro	1 1/4"-11.5 NPT
	Conexión de acoplamiento	ACME 1 3/4"-6
	Medida del hexágono para apriete	1 7/8"

Válvula de seguridad Marca Nacobre

Modelo TE-1	
Válvula de seguridad para tanque estacionario	
Descripción	
Apertura válvula de seguridad	1.7 MPa 250 Psig
Conexión de entrada a cilindro	58 m3/min 2060 CFM
Conexión de entrada	3/4 14 NPT
Medida del hexágono de apriete	1 3/4"

Válvula de drene Marca Nacobre

Modelo TE-4	
Válvula de drenado para tanque estacionario con control de exceso de flujo	
Descripción	
Conexión de entrada a cilindro	3/4" 14 NPT
Conexión de acoplamiento	3/4" 14 NPT
Medida del exagono para apriete	1 3/8"

Indicador de Nivel

Rango de Medición: Max. 19.7 ft.
Conexión: 2" NPT, 2"-4" ANSI
Material: Acero Inoxidable, PVC, PPH, PTFE
Max. Presión: 290 PSIG
Max. Temperatura:-20 a 350°F
Precisión: 0.4-0.8"
Salida: Resistencia, 4-20 mA