

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**Evaluación eléctrica y energética en la planta de alimentos balanceados
para animales de la empresa AVUGA**

**Informe de práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniero
en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura.**

Yimy David Vega Masís

I SEMESTRE 2020



Carrera evaluada y acreditada por:

Canadian Engineering Accreditation Board
Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

Profesor Guía

Ing. Osvaldo Guerrero Castro

Asesor Industrial

Ing. Juan Manuel Ortega Castillo

Tribunal Examinador:

Ing. Greivin Barahona Guzmán

Ing. Juan José Rojas Hernández

Datos personales

Nombre completo: Yimy David Vega Masís

Número de cédula: 1-1646-0472

Número de carné: 2014063256

Edad: 23 años

Número de teléfono: 8758 6618

Correo electrónico: yidave96@gmail.com

Dirección exacta de domicilio: De la entrada principal del Tecnológico de Costa Rica 50 metros oeste y 50 metros norte, Oriental, Cartago, Costa Rica.

Datos de la empresa

Nombre: ECOPOWER CA

Actividad principal: Estudio, diseño y construcción electromecánica en proyectos de eficiencia energética y energías renovables.

Dirección: San Juan de Tibás, Calle 7, Avenidas 61 y 63, Tibás, San José, Costa Rica.

Contacto: Juan Manuel Ortega Castillo.

Teléfono: 8819 6197

Nombre: Avicultores Unidos La Garita

Actividad principal: Producción y comercialización de alimentos para animales, producción de huevo para consumo humano, carne porcina y ganado vacuno.

Dirección: La Garita, 200 metros oeste de la escuela pública de La Garita, Alajuela Costa Rica.

Dedicatoria

A mis padres por todos los sacrificios y esfuerzos que han realizado para que juntos podamos salir adelante, el apoyo incondicional que siempre he recibido por parte de ustedes hoy me permite alcanzar este triunfo.

¡Los amo demasiado y espero me alcance la vida para retribuir todas las pequeñas y grandes acciones que han tenido conmigo!

Agradecimientos

A mi madre Rosemary y mi padre Randall por enseñarme el valor de la perseverancia el trabajo y no rendirme ante las adversidades que presente la vida, son mi ejemplo a seguir y no puedo estar más agradecido por ese apoyo incondicional.

Agradezco a todas las personas que me acompañaron durante mi etapa universitaria y me ayudaron en el camino.

Agradecer a la empresa Ecopower y al Ingeniero Juan Manuel Ortega por la confianza y apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto.

Tabla de contenido

Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo 1.	17
Introducción.....	17
1.1 Reseña de la empresa.....	18
1.1.1 Descripción de Avuga	18
1.1.2 Misión de Avuga:	18
1.1.3 Visión de Avuga:	18
1.1.4 Descripción de ECOPOWER	19
1.1.5 Misión de ECOPOWER:	19
1.1.6 Visión de ECOPOWER:.....	19
1.2 Planteamiento del problema.....	19
1.3 Descripción del problema a resolver.....	20
1.4 Objetivo general.....	20
1.5 Objetivos específicos	20
1.6 Justificación	21
1.7 Viabilidad.....	22
1.8 Metodología a seguir.....	22
1.9 Alcance	25
1.10 Limitaciones	26
Capítulo 2.	27
Marco teórico.....	27
2.1 Definiciones	27
2.2 Energía	28
2.3 Evaluación energética	29
2.4 Energía eléctrica.....	30
2.5 Cortocircuito	31
2.5.1 Corriente simétrica y corriente asimétrica.....	32
2.5.2 Tipos de fallas.....	34
2.6 Análisis de cortocircuito	36
2.7 Método de los kVA equivalentes.....	36
2.8 Coordinación de protecciones.....	40
2.9 Factor de potencia.....	41

2.10	Proyecto eléctrico.....	44
2.11	Motores eléctricos	45
2.11.1	Eficiencia motores eléctricos.....	47
2.11.2	Cálculo del factor de carga y eficiencia por medio del método de deslizamiento	48
Capítulo 3.		50
Recopilación de información.....		50
3.1	Estado actual de la instalación eléctrica.....	50
3.2	Descripción de los procesos productivos.....	59
3.2.1	Recepción de materias primas	59
3.2.2	Almacenamiento	60
3.2.3	Molienda.....	63
3.2.4	Dosificación.....	64
3.2.5	Mezclado	65
3.2.6	Enfarde.....	66
3.2.7	Despacho a granel.....	67
Capítulo 4.		68
Evaluación eléctrica de la planta de alimentos balanceados		68
4.1	Nuevo sistema de distribución eléctrica	80
4.2	Análisis de cortocircuito	81
4.2.1	Solución manual	81
4.2.2	Solución por software.....	94
4.2.3	Comparación de resultados por método manual y software.....	94
4.3	Coordinación de protecciones.....	96
4.4	Tablero eléctrico propuesto.....	100
4.5	Propuesta para corrección del bajo factor de potencia.....	102
Capítulo 5.		106
Evaluación energética de la planta de alimentos balanceados		106
5.1	Modelo de gestión energética	106
5.2	Indicadores energéticos.....	108
5.3	Consumo energético histórico de la planta de concentrados	111
5.4	Perfil energético de la planta.....	115
5.5	Balance energético de la planta.....	119
5.5.1	Área de recepción y almacenamiento de materia prima.....	120
5.5.2	Área de molienda.....	123

5.5.3	Área de dosificación	126
5.5.4	Área de mezclado	129
5.5.5	Área de enfarde y despache a granel	131
5.5.6	Aire comprimido.....	134
5.5.7	Carga total instalada (kW) y consumo de energía (kWh) en la planta de alimentos balanceados para animales	136
5.5.8	Diagrama de Pareto de demanda (kW) y consumo de energía (kWh)	139
Capítulo 6.	143
Oportunidades de conservación de energía y ahorro en la facturación eléctrica.....		143
6.1	Sustitución motores eléctricos	143
6.2	Disminución de tiempos muertos en equipos eléctricos	145
6.3	Corrección del factor de potencia	147
6.4	Implementación del nuevo sistema de distribución eléctrica	148
6.5	Resumen de oportunidades de conservación de la energía y ahorro en la factura eléctrica.....	150
Conclusiones.....		153
Recomendaciones		154
Bibliografía.....		155
Apéndices		157
Apéndice 1.	Cálculos corrección del factor de potencia	157
Apéndice 2.	Pareto de los equipos por demanda (kW).....	160
Apéndice 3.	Pareto de los equipos por consumo (kWh/mes).....	161
Apéndice 4.	Inventario motores eléctricos planta de alimentos	162
Apéndice 5.	Energía consumida por los equipos en el proceso de recepción de materias prima y almacenamiento.....	163
Apéndice 6.	Energía consumida por los equipos en el proceso de molienda.....	163
Apéndice 7.	Energía consumida por los equipos en el proceso de dosificación	163
Apéndice 8.	Energía consumida por los equipos en el proceso de mezclado	164
Apéndice 9.	Energía consumida por los equipos en el proceso de enfarde y despache a granel	164
Apéndice 10.	Energía consumida por los equipos del sistema de aire comprimido.	164
Apéndice 11.	Energía consumida por los sistemas de aire acondicionado e iluminación	164
Anexos		165
Anexo 1.	Especificaciones sistema de distribución propuesto	165
Anexo 2.	Lista de materiales para nuevos tableros de distribución eléctrica	170

Anexo 3. Cotización de tableros eléctricos propuestos	172
Anexo 4. Cotización motores de alta eficiencia	173
Anexo 5. Cotización banco de capacitores	174
Anexo 6. Cotización para modificación del sistema SCADA.....	175
Anexo 7. Factura eléctrica empresa AVUGA	176
Anexo 8. Registro de producción de alimento en el período de un día.....	177

Índice de figuras

Figura 1. Metodología para el desarrollo del proyecto.....	23
Figura 2. Estructura de un sistema de energía eléctrica	31
Figura 3. Corriente simétrica	33
Figura 4. Corriente asimétrica	33
Figura 5. Falla trifásica.....	34
Figura 6. Falla línea a línea	35
Figura 7. Falla línea a línea a tierra	35
Figura 8. Falla línea a tierra.....	36
Figura 9. Configuración en serie y paralelo de kVA.....	39
Figura 10. Selectividad cronométrica.....	40
Figura 11. Selectividad amperimétrica.....	41
Figura 12. Selectividad lógica	41
Figura 13. Triángulo de potencias	42
Figura 14. Compensación central	43
Figura 15. Compensación por grupos.....	43
Figura 16. Compensación individual.....	44
Figura 17. Tipos de motores eléctricos.....	46
Figura 18. Eficiencia de los motores eléctricos	48
Figura 19. Transformadores existentes conexión delta abierta	51
Figura 20. Distribución de motores según su capacidad	52
Figura 21. Ejemplo placa de datos de motor CP-01	53
Figura 22. Tablero eléctrico en la planta de alimentos.....	54
Figura 23. Diagrama unifilar actual de la planta de concentrados	55
Figura 24. Sección diagrama unifilar nivel superior	56
Figura 25. Sección 1 diagrama unifilar nivel inferior	57
Figura 26. Sección 2 diagrama unifilar nivel inferior	58
Figura 27. Área para recepción de materias primas a granel.....	59
Figura 28. Silos para almacenamiento de granos de maíz.....	60
Figura 29. Silos para almacenamiento de harina de soya.....	61
Figura 30. Almacenamiento materia prima ensacada.....	62

Figura 31. Tanque almacenamiento aceite vegetal.....	63
Figura 32. Molino de martillos.....	64
Figura 33. Tolvas de dosificación.....	65
Figura 34. Mezcladora horizontal.....	66
Figura 35. Producto terminado	67
Figura 36. Instalación equipo de medición eGauge 4115 en la planta	68
Figura 37. CT's instalados para medición de corriente del equipo eGauge 4115.....	69
Figura 38. Potencia activa de la planta de concentrados (kW).....	70
Figura 39. Corrientes registradas en la planta de concentrados (A).....	71
Figura 40. Interruptor principal de la planta de concentrados	72
Figura 41. Barras de distribución hacia cargas de la planta.	73
Figura 42. Interruptor con fusibles 630A y sus respectivas cargas	74
Figura 43. Interruptor con fusibles 630A NP447	75
Figura 44. Estado actual interruptores de la planta	76
Figura 45. Combinación de fusibles en los interruptores	77
Figura 46. Ejemplo de identificación de circuitos en tablero eléctrico TAV1	79
Figura 47. Estado de un tablero eléctrico de la planta.....	79
Figura 48. Diagrama unifilar kVA equivalentes	81
Figura 49. Codificación de los conductores	82
Figura 50. Valores de kVA's en los 29 puntos calculados.....	93
Figura 51. Coordinación de protecciones circuito ramal motor del molino.....	97
Figura 52. Coordinación de protecciones circuito ramal motor de mezcladora.....	98
Figura 53. Coordinación de protecciones circuito ramal motor de extractor de polvo	99
Figura 54. Tablero de distribución PRL4.....	100
Figura 55. Diagrama unifilar propuesto	101
Figura 56. Potencia activa (kW) y reactiva (kVAR) en la empresa AVUGA.....	103
Figura 57. Potencia activa (kW)/FP	104
Figura 58. Modelo de gestión energética propuesto.....	107
Figura 59. Representación de indicadores en la planta de alimentos balanceados.....	110
Figura 60. Energía consumida en el año 2018 planta de concentrados	112
Figura 61. Energía consumida por períodos en el año 2018 planta de concentrados.....	112

Figura 62. Demanda registrada en el año 2018	113
Figura 63. Energía consumida en el año 2019 planta de concentrados	113
Figura 64. Energía consumida por períodos en el año 2019 planta de concentrados	114
Figura 65. Demanda registrada en el año 2019	114
Figura 66. Consumo de energía eléctrica (kWh) durante una semana	116
Figura 67. Demanda (kW) registrada en el período de una semana.....	116
Figura 68. Demanda (kW) registrada durante el día 02 de marzo 2020.....	118
Figura 69. Distribución potencia instalada en área de recepción y almacenamiento de materia prima.....	121
Figura 70. Distribución del consumo de energía en el área de recepción y almacenamiento de materia prima	122
Figura 71. Distribución potencia instalada en área de molienda.....	124
Figura 72. Distribución del consumo de energía en el área de molienda.....	125
Figura 73. Distribución potencia instalada en área de dosificación	127
Figura 74. Distribución del consumo de energía en el área de dosificación	128
Figura 75. Distribución potencia instalada en área de mezclado	130
Figura 76. Distribución del consumo de energía en el área de mezclado	131
Figura 77. Distribución potencia instalada en área de enfarde y despacho a granel	132
Figura 78. Distribución del consumo de energía en el área de enfarde y despache a granel	133
Figura 79. Distribución potencia instalada en el sistema de aire comprimido	134
Figura 80. Distribución del consumo de energía en el sistema de aire comprimido.....	135
Figura 81. Distribución de potencia eléctrica instalada en la planta de alimentos balanceados para animales AVUGA	137
Figura 82. Consumo energía eléctrica en la planta de alimentos balanceados para animales AVUGA.....	138
Figura 83. Diagrama de Pareto potencia eléctrica (kW)	140
Figura 84. Diagrama de Pareto consumo de energía (kWh).....	141
Figura 85. Indicadores con propuestas de mejora empresa AVUGA.....	152
Figura 86. Relación para corrección del factor de potencia	157
Figura 87. Potencia reactiva del banco de capacitores	159

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de entregables del proyecto	25
Tabla 2. Datos generales acometida principal	51
Tabla 3. Valores kVA de los motores CCM1.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. Valores kVA de los conductores de CCM1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Valores kVA equivalentes de los ramales de CCM1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Valores kVA equivalentes de la barra de CCM1 ...	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Valores de kVA de los motores de CCM2.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Valores kVA de los conductores de CCM2	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. Valores kVA equivalentes de los ramales de CCM2	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. Valores kVA de la barra de CCM2	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11. Valores kVA de los motores de CCM3	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12. Valores kVA de los conductores de CCM3	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13. Valores kVA´s equivalentes de los ramales de CCM2	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14. Valores kVA de la barra de CCM3	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15. Valores de kVA en los 29 puntos calculados	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16. Valores factor de potencia en el año 2019.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 17. Características del banco de capacitores a instalar.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 18. Información para obtención de indicadores	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 19. Indicadores en la planta de alimentos balanceados	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 20. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de recepción y almacenamiento de materia prima	120
Tabla 21. Consumo de energía en el área de recepción y almacenamiento de materia prima	121
Tabla 22. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de molienda.....	123

Tabla 23. Consumo de energía en el área de molienda	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 24. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de dosificación	126
Tabla 25. Consumo de energía en el área de dosificación....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 26. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de mezclado	129
Tabla 27. Consumo de energía en el área de mezclado.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 28. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de enfarde y despacho a granel	132
Tabla 29. Consumo de energía en el área de enfarde y despacho a granel	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 30. Potencia eléctrica instalada para el sistema de aire comprimido	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 31. Consumo de energía en el sistema de aire comprimido	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 32. Potencia eléctrica instalada en la planta de alimentos balanceados para animales AVUGA.....	136
Tabla 33. Consumo de energía eléctrica en la planta de alimentos balanceados para animales AVUGA.....	138
Tabla 34. Comparación energía de recibos eléctricos y balance energético	139
Tabla 35. Equipos que representan el 80 % de la potencia eléctrica de la planta	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 36. Equipos que consumen el 80 % de energía eléctrica en la planta	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 37. Equipos a analizar.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 38. Factores de carga y eficiencia de los motores eléctricos	143
Tabla 39. Cambio de equipos propuesto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 40. Indicadores financieros cambio de motores	145
Tabla 41. Ahorros anuales generados por disminuir tiempos muertos en diferentes equipos	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 42. Indicadores financieros, disminución de tiempos muertos.....	147
Tabla 43. Multa bajo factor de potencia año 2019	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 44. Indicadores financieros banco de capacitores	148

Tabla 45. Resumen de oportunidades de conservación de energía y ahorro en la factura eléctrica.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 46. Indicadores actuales en la empresa AVUGA	151
Tabla 47. Indicadores con propuestas de mejora empresa AVUGA	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 48. Muestra de valores obtenidos para la potencia reactiva del banco de capacitores	158
Tabla 49. Datos obtenidos para dimensionamiento del banco de capacitores.....	159

Resumen

El proyecto fue desarrollado en la planta de alimentos balanceados para animales de la empresa Avicultores Unidos La Garita (AVUGA), consistió en una evaluación del sistema eléctrico y una evaluación energética de la planta de alimentos. Para poder realizar la evaluación eléctrica, primeramente, se elaboró el diagrama unifilar actual y el levantamiento eléctrico con la distribución de los equipos en la planta, ya que no se contaba con esta información.

Una vez realizada la evaluación eléctrica, se determina que el actual sistema de distribución de energía eléctrica no cumple con las condiciones establecidas por el NEC 2014, por lo que se propone un nuevo sistema de distribución eléctrica, basado en el Código Eléctrico Nacional 2014.

Se realiza un estudio de cortocircuito del sistema eléctrico y una coordinación de protecciones, para asegurar un correcto funcionamiento del nuevo sistema de distribución eléctrica. Se cotizan tableros de distribución EATON, tipo PRL4 y PRL1a, el costo de implementar el nuevo sistema de distribución es de ₡ 12 044 210. Asimismo, se determina que la empresa tiene un bajo factor de potencia con un valor promedio de 0.75 y se diseña un banco de capacitores automático de 5 etapas con una capacidad de 75 kVAR, para corregir el factor de potencia a un valor de 0.92.

En la evaluación energética, se establece un modelo de gestión energética, el cual la empresa es responsable de implementarlo, se realiza un balance energético por procesos productivos

en la planta y se obtiene que el consumo total de energía es de 23 874.06 kWh, el proceso que consume más energía es el proceso de molienda 38,18 % del consumo total, el equipo que más consume energía es el molino con un 80,49 % de consumo de energía eléctrica del proceso de molienda.

Se plantean oportunidades de conservación de energía y ahorro en la factura eléctrica, como sustitución de motores eléctricos sobredimensionados, con antigüedades de hasta 25 años, por motores de alta eficiencia y con un correcto dimensionamiento, también se plantea la eliminación de tiempos muertos en algunos equipos eléctricos. Además, se propone la eliminación de multa por bajo factor de potencia con un banco de capacitores automático, en conjunto con estas propuestas se logra reducir el consumo energético anual en un 17,14 % (equivale a 46 665 kWh/año) y un ahorro económico en la factura eléctrica de 26,27 % (equivale a ₡12 011 648.88/año).

Palabras clave: Evaluación, interruptor, cortocircuito, energía, planta de alimento, ahorro.

Abstract

The project was developed at the animal feed plant of the company Avicultores Unidos La Garita (AVUGA) and consisted of an evaluation of the electrical system and an energy evaluation of the company.

To develop the electrical evaluation, first the current one-line diagram and the electrical survey with the distribution of the equipment in the plant were prepared, because this information was not available. Once the electrical evaluation was done, it was determined that the current electrical energy distribution system did not accomplish the conditions established by the NEC 2014, so a new electrical distribution system was proposed, based on the National Electrical Code 2014. EATON distribution boards, type PRL4 and PRL1a were quoted, the cost of implementing the new distribution system is ₡ 12,044,210. It was determined that the company has a low power factor with an average value of 0.75, a 5-stage automatic capacitor bank with a capacity of 75 kVAR was designed, to correct the power factor to a value of 0.92.

In the energy evaluation, an energy management model is established, which the company is responsible for implementing; an energy balance is made for the plant's production processes, and it is obtained that the total energy consumption is 23,874.06 kWh; the process that consumes the most energy is the grinding process 38.18% of the total consumption; the

equipment that consumes the most energy is the mill with 80.49% of the electrical energy consumption of the grinding process.

There are energy conservation opportunities and savings in the electricity bill, such as replacing oversized electric motors, which are up to 25 years old, with high efficiency motors and correctly sized, there is also a proposal to eliminate downtime in some electrical equipment, and to eliminate penalties for low power factor with an automatic capacitor bank, together with these proposals, the annual energy consumption is reduced by 17.14% (equivalent to 46,665 kWh/year) and an economic saving in the electricity bill of 26.27% (equivalent to ₡12,011,648.88/year).

Key words: Evaluation, on-off switch, short circuit, energy, feed plant, saving.

Capítulo 1.

Introducción

El presente proyecto se va a desarrollar en la empresa Avicultores Unidos La Garita (AVUGA), por medio del contratista electromecánico ECOPOWER, el cual se dedica al desarrollo de diferentes proyectos de ingeniería.

El grupo AVUGA posee una planta de concentrados de alimentos para animales en La Garita de Alajuela, con un tamaño aproximado de 1500 m². En esta planta, en el año 2006, el grupo AVUGA desarrolló un proyecto de modernización y automatización de su proceso productivo, con el objetivo de fortalecer la eficiencia productiva y contribuir con el sistema de gestión de la calidad del proceso de fabricación de los alimentos. Este proyecto le otorgó al proceso productivo una integración total, desde la recepción de las materias primas, hasta el producto terminado, con lo cual actualmente tienen una producción mensual promedio de 4000 toneladas de alimento.

La empresa AVUGA desea conocer las condiciones actuales con las que trabajan en la planta de concentrados, por lo que se pretende realizar una evaluación eléctrica y energética que genere la información necesaria para conocer el estado del sistema eléctrico de la planta y, además, que permita tomar decisiones para mejorar el consumo energético en la planta por

kilo producido de alimento, para así obtener mayores beneficios económicos, por lo que contactan a la empresa ECOPOWER, para que esta empresa pueda brindarles diferentes soluciones ingenieriles.

1.1 Reseña de la empresa

1.1.1 Descripción de Avuga

Grupo AVUGA es una empresa que se dedica a la producción y comercialización de alimentos para animales, producción de huevo para consumo humano, carne porcina y ganado vacuno. Esta empresa se funda a principios de la década de los 80, cuando avicultores de las zonas comprendidas por Turrúcares, La Garita y Atenas se unieron para formar el Grupo Avicultores Unidos Avuga, con un total de doce socios de los cuales hoy en día permanecen once, este grupo constituye la primera organización avícola de Costa Rica.

El grupo AVUGA posee en producción de huevo comercial un total de 306 000 aves, las cuales son desarrolladas en los módulos de crianza en jaula de la empresa. La participación en el mercado costarricense se estima en el 12 %. En alimento para animales, tales como aves, caballos, cerdos y ganado, la producción mensual promedio es de 4000 toneladas; en carne de cerdo, se producen en promedio 60 toneladas mensuales. La empresa posee 210 hectáreas de terrenos en diferentes zonas del país, las cuales son utilizadas en granjas avícolas, porcinas, planta de concentrado, entre otros.

1.1.2 Misión de Avuga:

“Somos un grupo unido de gente emprendedora, visionaria, e innovadora, dedicada a proveer alimentos nutritivos, opciones inmobiliarias, elaborados bajo los más altos estándares”

1.1.3 Visión de Avuga:

“Ser una prestigiosa empresa, líder en sus actividades, basadas en la excelencia, calidad en principios y valores”

1.1.4 Descripción de ECOPOWER

ECOPOWER es una empresa que se ha enfocado en el desarrollo y construcción de proyectos de energía a nivel mundial, actualmente cuentan con un sólido grupo de ingenieros y técnicos con formación académica de alto nivel y amplia experiencia en diferentes proyectos de ingeniería, la empresa ofrece servicios integrales de inspección, estudio y análisis de los sistemas de energía para aumentar la eficiencia energética de las empresas. Además, brindan asesoramiento técnico ya que cuentan con expertos en diseño de infraestructura, construcción y puesta en marcha, montaje industrial, evaluación de inversiones y dirección de proyectos. La empresa cuenta con experiencia en: proyectos de energía solar, eólica, hidroeléctrica, subestaciones eléctricas MT / BT, eficiencia energética en industria y comercio, sistemas de respaldo de energía e instalaciones autónomas, diseño y construcción de proyectos electromecánicos. Cuentan con sedes en Panamá, Costa Rica y se proyecta en los próximos años establecerse en Colombia con la creación de una nueva sede

1.1.5 Misión de ECOPOWER:

“Que nuestros clientes puedan satisfacer sus necesidades de energía al menor costo posible y con la mayor responsabilidad ambiental”

1.1.6 Visión de ECOPOWER:

“Ser el líder regional en soluciones de energía limpia, logrando el equilibrio entre ahorro, uso eficiente de la energía y cuidado del medio ambiente”

1.2 Planteamiento del problema

La planta de alimentos balanceados ubicada en La Garita de Alajuela no tiene conocimiento de la condición de su sistema eléctrico actual, ni de la eficiencia de su consumo energético en la elaboración de los alimentos balanceados para animales. Por lo que no tienen manera de conocer si las condiciones actuales con las que trabajan son las óptimas, en cuanto a seguridad de la planta y eficiencia del consumo energético en la producción de alimento, debido a esto no se han podido tomar decisiones para implementar mejoras en la planta.

1.3 Descripción del problema a resolver

La falta de información acerca del estado actual de la planta de alimentos balanceados puede generar riesgos relacionados a la seguridad de los trabajadores y la infraestructura, así como un desperdicio de recursos económicos y energéticos. Con el desarrollo de este proyecto, se busca generar la información necesaria para conocer el estado actual de la empresa y así tomar decisiones que ayuden a mejorar la seguridad de la planta, además de buscar la optimización del consumo energético en la producción de alimentos, para obtener mayores beneficios de ahorros económicos y de consumo de energía.

1.4 Objetivo general

Determinar el estado actual de la planta de concentrados AVUGA, mediante una evaluación eléctrica y energética que genere la información necesaria para la toma de decisiones en mejora de la seguridad y eficiencia energética.

1.5 Objetivos específicos

- Valorar, por medio del Código Eléctrico Nacional 2014 NEC NFPA-70, el estado actual de la instalación eléctrica de la planta de concentrados AVUGA.
- Realizar un balance de energía de la planta AVUGA para identificar los principales consumidores de energía.
- Establecer un modelo de gestión energética mediante índices, para permita identificar las principales Oportunidades de Conservación de la Energía (OCE)
- Realizar un análisis financiero que permita justificar la implementación de las mejoras propuestas.

1.6 Justificación

La empresa AVUGA como eje central de actividades tiene proyectado continuar con la misión de proveer alimentos nutritivos de alta calidad y que cumplan las expectativas de los clientes, por lo que la estrategia de la empresa consiste en fortalecer la eficiencia de todos los procesos dentro de la planta de alimentos balanceados, implementado diferentes proyectos que ayuden a alcanzar esta meta.

Para que la empresa pueda cumplir estos objetivos, es preciso contar con la información necesaria que le permita tomar decisiones para mejorar. Con el propósito de continuar de forma segura con la producción de alimentos balanceados, es necesario contar con una instalación eléctrica que cumpla con la normativa nacional (Código Eléctrico Nacional 2014 NEC), para evitar posibles daños en la infraestructura de la planta, ya sea por fallos en equipos eléctricos o que debido a una falla en el sistema eléctrico se presente un incendio en las instalaciones, provocando grandes pérdidas económicas por daños en activos de la empresa, así como el riesgo de la integridad física de los trabajadores.

Por lo anterior, se pretende realizar una evaluación eléctrica que permita determinar los principales riesgos que pueda presentar la planta en su sistema eléctrico. Para realizar las recomendaciones de mejora que aseguren un correcto funcionamiento, teniendo en cuenta la seguridad de la infraestructura, así como la del personal que labora en la empresa.

La planta de alimentos balanceados AVUGA trabaja en un mercado competitivo, ya que en el país existen otras empresas que se dedican a la elaboración de alimentos balanceados, por lo que deben optimizar sus recursos para generar rentabilidad en sus actividades y suplir las necesidades de los clientes a precios accesibles, por lo tanto, un desperdicio de recursos, ya sean económicos o energéticos, deja a la empresa por detrás de sus competidores.

Para asegurar la optimización de recursos durante la producción de alimentos, se pretende realizar una evaluación energética en la planta de alimentos y, por medio de un modelo de gestión energética, conocer las condiciones actuales de trabajo en materia de energía y costos, para así optimizar los recursos energéticos y económicos, por medio de propuestas de mejora, que permitan a la empresa tener una rentabilidad aún mayor en el mercado de alimentos balanceado para animales.

Debido a lo anterior, con la realización de este proyecto, se busca seguridad para las condiciones de trabajo en la empresa y poder brindar una continua producción de alimentos, así como la optimización de recursos económicos y energéticos, con el propósito de seguir a la vanguardia en este mercado competitivo de alimentos balanceados para animales.

1.7 Viabilidad

Para la realización de este proyecto, se cuenta con el respaldo de la empresa ECOPOWER, específicamente con el departamento de ingeniería, el cual se encarga del estudio y análisis de los diferentes proyectos que se presenten. También se cuenta con el apoyo del departamento comercial, el cual se encarga del análisis de inversiones de los proyectos planteados. Además, en la empresa AVUGA, se cuenta con el apoyo del departamento de mantenimiento, que se encarga de dar soporte técnico e ingenieril a la planta de alimentos balanceados.

De igual forma, para realiza el proyecto se toma en consideración el código eléctrico nacional, NEC-NFPA-70, el cual va a servir como guía para analizar el sistema eléctrico actual y así brindar mejoras en el diseño de la instalación eléctrica. Asimismo, se cuenta con diferentes bases de datos suscritas por medio del sistema de bibliotecas del Tecnológico de Costa Rica, en las cuales se pueden encontrar de libros de texto, artículos científicos, normas técnicas, para así realizar todos los cálculos de los parámetros necesarios. Además, se consideraron diferentes catálogos de equipos para realizar una adecuada selección de equipos que se van a necesitar en el desarrollo del presente proyecto.

Este es un proyecto viable, ya que existe un interés por parte de la empresa AVUGA para mejorar sus condiciones actuales de trabajo en temas de energía y seguridad en la infraestructura de la planta, además existe un respaldo de la empresa ECOPOWER, la cual cuenta con profesionales capacitados para solventar las dudas que puedan aparecer durante el desarrollo del proyecto.

1.8 Metodología a seguir

A continuación, se muestra, gráficamente, la metodología que se va a seguir para el desarrollo del proyecto, luego, se describe cada una de las etapas planteadas.

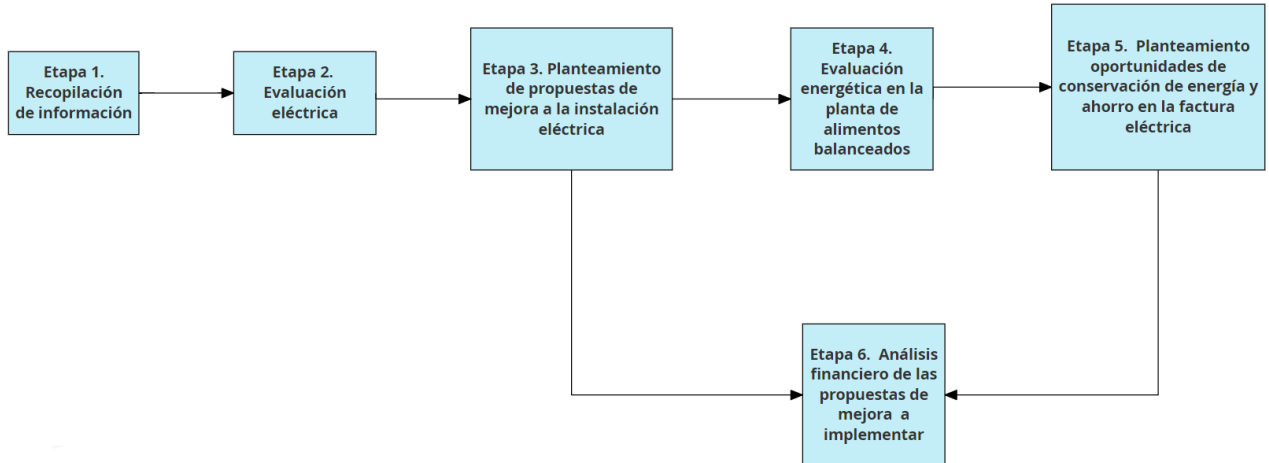


Figura 1. Metodología para el desarrollo del proyecto
Fuente: Elaboración propia

Etapa 1. Recopilación de información.

Esta primera etapa consiste en la visita a la planta de concentrados AVUGA, para documentar la instalación eléctrica actual, por medio de fotografías y apuntes, se determinan las características de las cargas y los equipos en la planta, por ejemplo, la revisión de los conductores, protecciones, tableros eléctricos, motores eléctricos instalados, capacidad de los transformadores e identificación de los circuitos ramales.

Una vez documentada dicha información, con ayuda del software AutoCAD, se realiza el diagrama unifilar actual de la instalación eléctrica de la empresa. Como parte del proyecto, se realiza un levantamiento eléctrico, donde se muestra la distribución de planta con todos los equipos eléctricos instalados. Para realizar este levantamiento eléctrico, se dibuja la planta arquitectónica, se anotan las dimensiones reales y se ubican los equipos eléctricos en cada área de la empresa, primeramente, esta información se documenta en papel por medio de un cuaderno de apuntes, posteriormente, con el software AutoCAD, se obtiene como producto final un plano eléctrico, donde se muestran todos los equipos eléctricos con su debida codificación e identificación del circuito alimentador de cada motor eléctrico. Cabe destacar que la codificación a utilizar es la misma que tienen los equipos en los diagramas de control de los centros de control de motores existentes.

En esta etapa, se solicitan facturas eléctricas y datos de producción de la planta de alimentos, también, para una mejor comprensión del lugar de trabajo, se explican los diferentes procesos

productivos y así, posteriormente, caracterizar el consumo energético de la planta dentro de estos procesos de producción.

Etapa 2. Evaluación eléctrica.

Con la etapa 1 completada, se realiza la evaluación eléctrica del sistema, por lo que se instala un equipo de medición en la acometida de la empresa para determinar diferentes variables del sistema eléctrico, como lo es el valor del factor de potencia, la verificación de valor de corriente en los conductores de la acometida, para determinar si son valores acordes al Código Eléctrico Nacional NEC 2014, también con la instalación de este equipo de medición se determina la demanda de la empresa y se puede verificar si la capacidad del transformador es la óptima de acuerdo con la potencia demandada, se evalúan el estado de las protecciones, tableros eléctricos, motores eléctricos y circuitos ramales.

Etapa 3. Propuestas de mejora a la instalación eléctrica.

Con la evaluación eléctrica realizada, se determinan los puntos de mejora en la instalación eléctrica y se plantean soluciones por medio de proyectos de ingeniería que cumplan con las diferentes normas requeridas

Etapa 4. Evaluación energética en la planta de alimentos balanceados.

En esta etapa, se establece un modelo de gestión energética, en el cual la empresa será la encargada de implementarlo y darle continuidad, para dar una base al modelo de gestión se realiza una evaluación energética para conocer las condiciones actuales con las que trabaja la empresa, por lo que se establecen diferentes indicadores energéticos que permitan evaluar el desempeño de la empresa a través del tiempo. Para determinar cómo se usa la energía en la planta y con qué eficiencia se hace, se debe caracterizar el consumo energético en los diferentes procesos productivos para así identificar los principales consumidores de energía.

Etapa 5. Análisis de oportunidades de conservación de energía y ahorro en la factura eléctrica.

Una vez identificados los principales consumidores de energía, se presentan diferentes proyectos de ingeniería que permitan reducir el consumo de energía y generar ahorros

económicos en la factura eléctrica, generando mejoras en los indicadores energéticos planteados anteriormente.

Etapas 6. Análisis financiero de las propuestas de mejora planteados.

Ya con la identificación y análisis de las propuestas de mejoras establecidas en las etapas anteriores, se realiza un análisis financiero para determinar la viabilidad en la implementación de las diferentes propuestas de mejora, se calculan los ahorros generados y se obtienen diferentes indicadores económicos como lo son el VAN, TIR, período de recuperación.

Tabla 1. Resumen de entregables del proyecto

Nº etapa	Descripción	Entregables
1	Recopilación de información.	Diagrama unifilar actual de la planta.
		Plano eléctrico de la planta.
2	Evaluación eléctrica.	Informe con observaciones sobre el estado actual de la instalación eléctrica.
3	Propuestas de mejora a la instalación eléctrica.	Estudio técnico las propuestas de mejora para la instalación eléctrica.
4	Evaluación energética.	Informe con el modelo de gestión energético establecido.
		Informe del consumo de energía dividido por procesos productivos, indicando los principales consumidores de energía.
5	Análisis de OCE y ahorro en la factura eléctrica.	Estudio técnico para la implementación de OCE´s y ahorro en la factura eléctrica.
6	Análisis financiero de las propuestas de mejora.	Informe con el análisis financiero para determinar la viabilidad de implementación de las propuestas de mejora, por medio de indicadores financieros (VAN, TIR, PRI).

Fuente: Elaboración propia

1.9 Alcance

La realización de este proyecto tiene como objetivo generar la información necesaria para tomar decisiones que puedan mejorar la seguridad de la planta, así como conocer el uso que se le da a la energía actualmente, con el propósito de establecer las bases de una mejora continua en materia energética para la empresa. Por lo que se busca tener una base de información para analizar la implementación de diferentes mejoras que se determinen durante la realización del proyecto. Al finalizar este proyecto, se pretende generar la siguiente información:

- Diagrama unifilar de la planta de concentrados.

- Planos eléctricos de la planta de concentrados.
- Informe acerca del estado de la instalación eléctrica con observaciones y recomendaciones de mejora.
- Inventario de los equipos y sistemas eléctricos de la planta de concentrados.
- Informe de eficiencia energética de los equipos eléctricos con los que cuenta la empresa.
- Informe con las recomendaciones pertinentes para la disminución del consumo energético en la planta de concentrados.
- Informe con el análisis de la implementación de las oportunidades de conservación de energía y ahorro en la factura eléctrica.
- Informe con un análisis económico que permita conocer la magnitud de las inversiones a realizar en las diferentes mejoras planteadas, así como de los proyectos energéticos, para así poder tomar decisiones sobre cuales propuestas implementar.

1.10 Limitaciones

Una de las limitaciones es que el equipo de medición a utilizar en el presente proyecto se ve limitado en sus características de medición, por lo que, para el análisis del comportamiento de las variables eléctricas de los motores, no serán analizadas a profundidad.

Se intentó utilizar un equipo de medición marca FLUKE, el cual es un analizador de calidad de energía eléctrica, pero, debido a la situación de pandemia que enfrenta el país, no fue posible la adquisición de dicho equipo.

Otra limitación del proyecto es que en la identificación de los circuitos ramales se deben realizar algunas pruebas en las cuales se va a afectar el suministro eléctrico de la planta, por lo que se debe coordinar con el encargado de la planta de concentrados para visualizar el mejor momento, con el fin de realizar las pruebas y así lograr el menor impacto en la productividad de la planta de concentrados.

Capítulo 2.

Marco teórico

En esta sección, se presenta información necesaria para lograr un mejor entendimiento acerca de diferentes conceptos y cálculos necesarios para el desarrollo del proyecto, mostrados por ejemplo en el Código Eléctrico Nacional NEC 2014 NFPA-70. Para el análisis de corto circuito, se tendrán como bases teóricas las normas ANSI/IEEE 551/2006 y ANSI/IEEE 141-1993, las cuales se detallan en secciones posteriores.

Para lo referente a motores eléctricos, se toman como base las especificaciones brindadas por el fabricante WEG, así como diferentes trabajos de investigación sobre eficiencia energética en motores eléctricos.

Por su parte, la información mostrada sobre corrección del factor de potencia se toman en consideración trabajos de graduación de diferentes universidades, así como recomendaciones para un correcto diseño de un banco de capacitores, brindado por la empresa EATON en sus manuales técnicos.

2.1 Definiciones

El Código Eléctrico Nacional 2014 NEC-NFPA-70 cuenta con conceptos básicos y de acuerdo con el artículo 100 las definiciones son:

- Acometida: “Los conductores y el equipo para entrega de energía eléctrica desde la red local de servicio público, hasta el sistema de cableado del inmueble”.
- Alimentador: “Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal”.
- Autoridad competente: “Organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requisitos de un código o de una norma, o responsable de aprobar equipos, materiales, una instalación o un procedimiento”.

- Canalización: “Canal encerrado de materiales metálicos o no metálicos, diseñado expresamente para contener cables, o barras colectoras, con funciones adicionales, según lo permitido en el presente código “.
- Carga continua: “Carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más “.
- Dispositivo: “Unidad de sistema eléctrico, que no sea un conductor, que transporta o controla la energía eléctrica como su función principal “.
- Equipo: “Término general que incluye los materiales, herrajes, dispositivos, artefactos, luminarias, aparatos, maquinaria y similares utilizados como parte de, o en conexión con una instalación eléctrica “.
- Salida: “Punto de una instalación eléctrica en el que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización “.
- Sobrecarga: “Funcionamiento de un equipo por encima de su capacidad nominal de plena carga, o de un conductor por encima de su capacidad nominal de conducción de corriente que, cuando persiste durante un tiempo suficiente largo, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga “.
- Sobrecorriente: “Cualquier corriente que supere la corriente nominal de un equipo o la capacidad de conducción de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra “.

2.2 Energía

El término energía proviene de la palabra “*energeia*” que significa actividad, operación y “*energos*” que significa fuerza de acción o fuerza de trabajo. En física, “energía” se conoce como la capacidad para realizar un trabajo y su unidad correspondiente es el Joule. En el campo tecnológico “energía”, se refiere a un recurso natural y su tecnología asociada para poder extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico. Como bien se sabe la energía no se crea ni se destruye solamente se transforma, por lo que existen diversos tipos de energía las cuales se pueden ir transformando para cumplir un propósito. Las formas más comunes de energía son:

Energía mecánica: expresa la capacidad que poseen los cuerpos con masa de efectuar un trabajo debido a su movimiento y/o posición.

Energía potencial: la energía potencial puede definirse como la energía almacenada en un sistema, o como una medida del trabajo que un sistema puede entregar.

Energía cinética: es la energía que tiene un objeto debido a su movimiento.

Energía química: es la energía acumulada en alimentos y en combustibles, la transformación de estas sustancias da paso a otros tipos de energía.

Energía térmica: es la energía que se transmite en forma de calor, este calor es debido al movimiento de los átomos que forman las moléculas.

Energía eléctrica: es la forma de energía que existe debido a una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite el paso de una corriente eléctrica entre ambos por medio de un conductor eléctrico, para así obtener trabajo.

2.3 Evaluación energética

Una evaluación energética es una herramienta que sirve para determinar dónde, cuándo y cómo se utiliza la energía en diferentes aplicaciones, ya sea en aplicaciones agrícolas, comerciales, industriales entre otros. Más allá de conocer el uso de la energía con una evaluación energética, se busca reducir la cantidad de energía de entrada al sistema procurando no afectar la calidad de los procesos, con esta reducción de energía se pretende lograr una disminución en la facturación de energía, además de mejorar el rendimiento del proceso y la instalación en general

De acuerdo con la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning, ASHRAE, 2004), existen 3 niveles de evaluaciones energéticas:

Nivel I: un análisis de energía de Nivel I identificará y proporcionará un análisis de ahorro y costo de medidas de bajo costo/sin costo. También proporcionará una lista de posibles mejoras de capital que merecen una mayor consideración, y un juicio inicial de los posibles costos y ahorros.

Nivel II: esto incluye una encuesta más detallada del edificio y análisis de energía. Se proporciona un desglose del uso de energía dentro del edificio. Un análisis de energía de Nivel II identificará y proporcionará el análisis de ahorro y costo de todas las medidas

prácticas que cumplan con las restricciones y criterios económicos del propietario, junto con una discusión sobre cualquier cambio en los procedimientos de operación y mantenimiento. También, puede proporcionar una lista de posibles mejoras intensivas en capital que requieren una recopilación de datos y un análisis de ingeniería más exhaustivos, y un juicio sobre los posibles costos y ahorros. Este nivel de análisis será adecuado para la mayoría de los edificios y medidas.

Nivel III: este nivel de análisis de ingeniería se enfoca en proyectos potenciales intensivos en capital identificados durante el análisis de Nivel II e involucra una recolección de datos de campo más detallada, así como un análisis de ingeniería más riguroso. Proporciona cálculos detallados de costos y ahorros del proyecto con un alto nivel de confianza suficiente para las principales decisiones de inversión de capital.

2.4 Energía eléctrica

La energía eléctrica es una de las formas de energía que más utiliza la humanidad ya que se puede transformar en gran cantidad de formas de energía tales como energía luminosa, energía mecánica, energía térmica entre otros. Debido a la importancia de la energía eléctrica en las actividades cotidianas se deben tener ciertos objetivos, en el suministro de energía eléctrica, de acuerdo con el texto Nuevos desafíos para la energía eléctrica (Arnera, 2012), los objetivos son:

- La energía eléctrica debe estar disponible en forma permanente y absoluta, para cada usuario en la cantidad requerida.
- El suministro debe cumplir normas de calidad, la cuales se evalúan a través de las magnitudes físicas, que deben ser prácticamente constantes.
- El suministro de energía eléctrica debe realizarse de manera económica y eficiente, respetando el medio natural y social.

La energía eléctrica se produce en centrales de generación y se transporta a las áreas de consumo mediante una red de transporte, para luego ser distribuida en las distintas áreas de consumo mediante las redes de distribución, por lo que una instalación eléctrica es la encargada de distribuir la energía eléctrica desde las redes de distribución hasta los puntos de consumo. El consumo de energía eléctrica se realiza generalmente en baja o media tensión, se define baja tensión como un nivel de tensión menor a igual a 1kV y media tensión como

un nivel de tensión mayor a 1 kV pero menor a 100 kV, según la norma técnica regulatoria AR-NT-SUINAC.

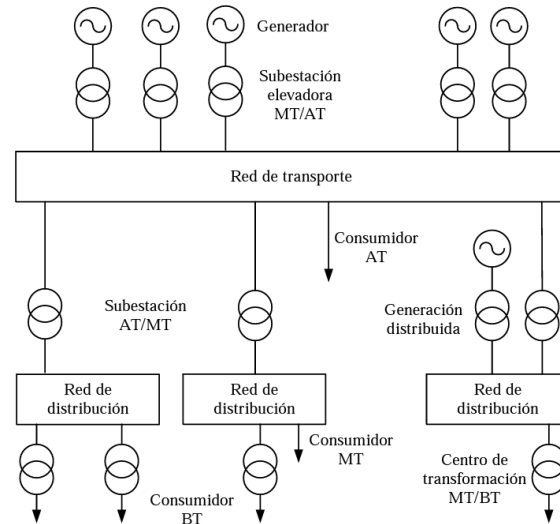


Figura 2. Estructura de un sistema de energía eléctrica

Fuente: Conejo, 2007.

2.5 Cortocircuito

Un corto circuito es un fenómeno eléctrico que se presenta cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de voltaje tienen contacto entre sí, se caracterizan por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla (Gómez, 2010).

Cuando se produce una falla por cortocircuito, la impedancia percibida en el punto de falla se reduce a valores cercanos a cero y con la diferencia de tensión que exista en el punto la corriente se va a comportar de acuerdo con la Ley de Ohm, ya que con una tensión constante y un valor de impedancia cercana a cero la corriente se incrementa de forma abrupta.

$$I = \frac{V}{Z} \quad (1)$$

De acuerdo con la norma ANSI/IEEE 551-2006, las fallas por corto circuito se pueden presentar por las siguientes causas:

- a) Presencia de animales en los equipos
- b) Conexiones sueltas que causan el sobrecalentamiento del equipo.
- c) Subidas de tensión.
- d) Deterioro del aislamiento debido al paso del tiempo.
- e) Tensiones o esfuerzos mecánicos aplicados a los equipos.
- f) Acumulación de humedad y contaminantes.
- g) La intrusión de objetos metálicos o conductores los equipos.
- h) Una gran cantidad de “causas indeterminadas”.

Algunas de las consecuencias que pueden ocurrir al momento de una falla por corto circuito, según la norma ANSI/IEEE 551-2006, son:

1. Las corrientes de cortocircuito pueden ser muy altas, introduciendo una cantidad significativa de energía en la falla.
2. En la localización de la falla, se puede presentar un riesgo de quemaduras por arco eléctrico para el personal que trabaja cerca de los equipos.
3. La corriente de cortocircuito puede fluir de las diversas máquinas rotativas en el sistema de distribución al lugar de la falla. I^2t
4. Todos los componentes que transportan las corrientes de cortocircuito estarán sujetos a tensiones mecánicas debidas al flujo de corriente. Este estrés varía en función de la magnitud de la corriente al cuadrado y la duración del flujo de corriente (I^2t) y puede dañar estos componentes.
5. Los niveles de tensión del sistema caen en proporción a la magnitud de las corrientes de cortocircuito que fluyen a través de los elementos del sistema. La máxima caída de tensión se produce en la ubicación de la falla.

2.5.1 Corriente simétrica y corriente asimétrica

Los términos simétrica y asimétrica describen la forma de onda de la corriente alrededor del cero del eje de las ordenadas, si los valores positivos y negativos alrededor del cero de la ordenada tienen los mismos valores se llama “Corriente simétrica” (Figura 3) cuando la corriente fluye a través de cargas meramente resistivas se presenta el tipo corriente antes mencionado.

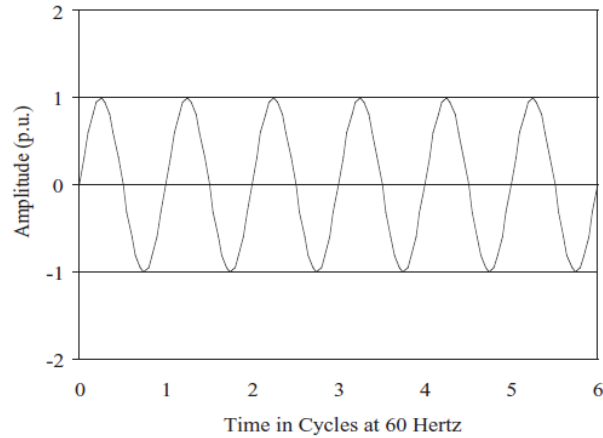


Figura 3. Corriente simétrica

Fuente: ANSI/IEE 551-2006

La corriente asimétrica sucede cuando los valores positivos y negativos alrededor del cero en el eje de las ordenadas son magnitud diferente, este tipo de corriente presenta cuando existen combinación de cargas resistivas e inductivas, ya que las cargas inductivas tienen una compensación positiva por la oscilación del flujo magnético que existe en las máquinas eléctricas (transformadores, motores síncronos, motores de inducción)

Las corrientes de corto circuito asimétricas se presentan generalmente durante los primeros ciclos esto, debido a que existen componentes de corriente en DC y AC. La componente de corriente asimétrica DC siempre es máxima durante el primer ciclo, luego de presentarse el corto circuito, este componente DC disminuye gradualmente su valor a cero, luego de ciertos ciclos.

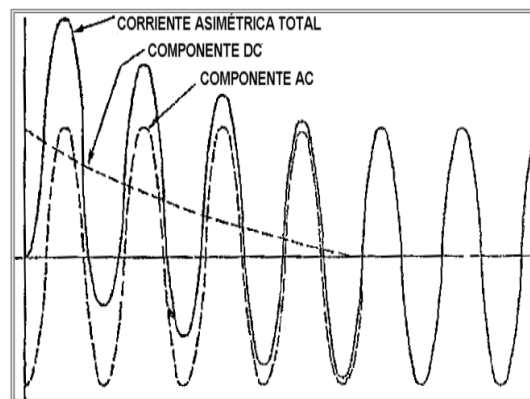


Figura 4. Corriente asimétrica

Fuente: Gómez, 2010

Por lo anterior, la corriente de cortocircuito total depende de las componentes DC decreciente, la cual se debe a la resistencia del sistema, componente AC decreciente que se debe al aporte de los motores y la componente AC estable, y al aporte por parte de la empresa distribuidora.

$$I_{total} = I_{dc\ decreciente} + I_{ac\ estable} + I_{ac\ estable} \quad (2)$$

La magnitud y la duración de la corriente asimétrica depende del factor X/R y el ángulo de fase del voltaje al momento de la falla por cortocircuito. Siendo el factor X/R la relación de impedancia equivalente y reactancia equivalente en un punto del sistema, cuanto mayor sea el factor X/R, mayor será el tiempo para el decrecimiento de la corriente asimétrica.

2.5.2 Tipos de fallas

Falla trifásica

Este tipo de falla describe la condición como si los tres conductores estuvieran unidos físicamente con una impedancia, igual a cero entre ellos. Este tipo de fallas no ocurre frecuentemente, pero presenta los mayores valores de corriente de cortocircuito

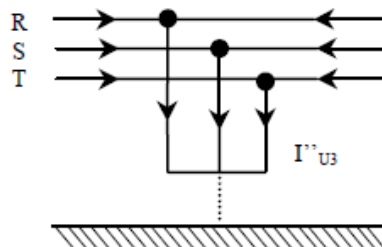


Figura 5. Falla trifásica

Fuente: Mujal, 2002.

Falla línea a línea

Este tipo de fallas es más común que la falla trifásica y los valores corriente de corto circuito son aproximadamente un 87 % del valor en las fallas trifásicas, este tipo de fallas son desequilibradas, por lo que presentan valores de corriente asimétrica importantes.

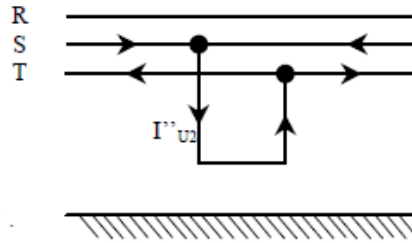


Figura 6. Falla línea a línea
Fuente: Mujal, 2002.

Falla línea a línea a tierra

Este tipo de falla presenta características similares a la falla línea a línea, pero con la diferencia de que existe una pérdida de energía hacia el suelo y los valores de corriente de cortocircuito, generalmente, son mayores en este tipo de falla comparado a la falla línea a línea, pero menores los valores presentados en la falla trifásica.

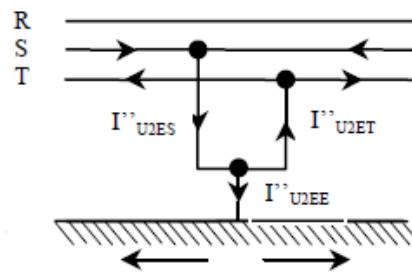


Figura 7. Falla línea a línea a tierra
Fuente: Mujal, 2002.

Falla línea a tierra

Este tipo de fallas son las más comunes que se presentan, además son las menos que menos perturban al sistema. La corriente de cortocircuito en la línea puede variar desde un valor cercano a cero hasta un valor ligeramente mayor al presentado en la falla trifásica, la magnitud de la corriente de cortocircuito está determinada principalmente por la impedancia en la ruta de retorno a tierra de la corriente de cortocircuito.

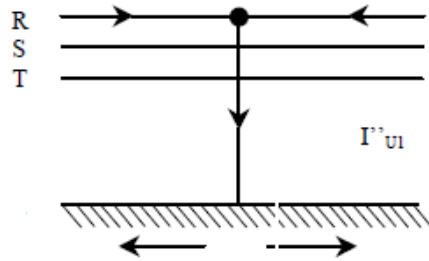


Figura 8. Falla línea a tierra

Fuente: Mujal, 2002.

2.6 Análisis de cortocircuito

Existen diferentes métodos numéricos para el cálculo de las corrientes de corto circuito en una instalación eléctrica, cada uno con sus ventajas, como por ejemplo, la precisión y la confiabilidad de sus resultados y también desventajas como cálculos matemáticos tediosos y que pueden requerir gran cantidad de tiempo para obtener los valores de corrientes de cortocircuito. Existen normas con sus respectivos métodos para el cálculo de corrientes de cortocircuito, entre las que se encuentran:

- Método de las impedancias.
- Método del teorema de Thévenin.
- Método de la superposición.
- Método de los kVA equivalentes.

De los métodos mencionados anteriormente, para el cálculo manual de las corrientes de cortocircuito se va a utilizar en el presente proyecto el método de los kVA equivalentes, utilizando como referencia lo indicado en la norma std-141-1993 de la IEEE, para comprobar los resultados obtenidos manualmente por medio del método de los kVA equivalente, se va a obtener las corrientes de cortocircuito mediante el uso del software ETAP.

2.7 Método de los kVA equivalentes

Para el cálculo manual de las corrientes de corto circuito del presente proyecto, se escoge el método de los kVA equivalentes, debido a que es un método preciso y sencillo de utilizar,

pues este método se basa en la premisa que todos los sistemas eléctricos son sistemas de kVA y se manipulan los kVA del sistema para lograr una solución integral.

Una de las principales ventajas que tiene este método es que permite calcular rápidamente las corrientes de cortocircuito disponibles en cualquier punto del sistema a diferencia del método de las impedancias, donde se necesita realizar un cálculo por cada punto en específico a analizar, por lo que puede resultar tedioso y, además, inducir al error humano, ya que, por ejemplo, si se van a analizar 15 puntos en específico en un sistema eléctrico, por medio del método de las impedancias, se deben realizar 15 cálculos individuales para cada punto de interés; en cambio, con el método de los kVA equivalentes, solo es necesario realizar un solo cálculo para obtener los valores de los 15 puntos de interés, por lo que, al ser un solo cálculo, hay menos probabilidad de cometer un error de cálculo.

Para el desarrollo del análisis de cortocircuito por medio del método de los kVA equivalente, se deben tener en cuenta varias consideraciones para obtener resultados confiables. Estas consideraciones son: este método considera como fuentes de corriente de cortocircuito principalmente a la energía aportada por la compañía distribuidora por medio de la red eléctrica, los motores eléctricos, tanto síncronos como asíncronos, generadores internos y otros elementos adicionales se considerarán cuando puedan poseer una resistencia considerable que aporte a la falla como lo son los transformadores y los conductores eléctricos.

Se debe contar con un diagrama unifilar del sistema eléctrico a analizar. Este diagrama debe contar con la información necesaria para el desarrollo del análisis, como lo son: características de los equipos eléctricos instalados, ya sean motores, generadores, transformadores, conductores. Luego de obtener el diagrama unifilar de la instalación, se identifican las fuentes de corriente de corto circuito y se realiza un diagrama de kVA equivalentes, el cual consiste en obtener los valores de kVA_{cc} de cada fuente de corriente de cortocircuito acompañado de una flecha, donde se van a colocar los cálculos obtenidos en cada punto.

Para obtener los kVA de cada fuente de cortocircuito, se debe tener en cuenta: los kVA de la red eléctrica son suministrados por la compañía distribuidora, por lo que se debe solicitar este valor a la misma. Este valor puede estar en MVA_{cc} o Kva_{cc} en la barra, aunque también se puede brindar de alguna otra forma que requiera su conversión.

Por ejemplo, si la compañía distribuidora suministra la corriente de corto circuito (I_{cc}) entonces para convertir este dato en kVA se utiliza la siguiente expresión:

$$kVA_{cc} = \sqrt{3} * kV * I_{cc} \quad (3)$$

El aporte que realizan los generadores y los motores eléctricos está determinado por la impedancia de estos, en el momento de la falla, estos equipos poseen tres tipos de impedancia en tres momentos diferentes, los cuales son:

- a) Reactancia sub-transitoria: se presenta justamente en el instante de la falla y es la que aporta las mayores corrientes de corto circuito.
- b) Reactancia transitoria: se da luego de unos cuantos ciclos luego de la falla y no origina corrientes tan elevadas con la reactancia sub-transitoria.
- c) Reactancia sincrónica: sucede luego de varios ciclos después de la falla, cuando la corriente ha disminuido considerablemente comparada con la corriente en el inicio de la falla.

Por lo tanto, para el cálculo de los kVA_{cc} equivalentes, se utiliza la reactancia sub-transitoria (X''_d), ya que es la que mayor corriente aporta a la falla. Entonces, para un generador y un motor, se utiliza la ecuación:

$$kVA_{cc} = \frac{kVA \text{ del equipo}}{X''_{dpu}} \quad (4)$$

Para los motores eléctricos, es válida la aproximación de que 1 HP es igual a 1kVA. Para calcular los kVA_{cc} de un transformador, se utiliza la siguiente ecuación:

$$kVA_{cc} = \frac{kVA \text{ del transformador}}{Z_{pu}} \quad (5)$$

Para el caso de los conductores, se utiliza la ecuación:

$$kVA_{cc} = \frac{kV^2}{Z_{conductor} * L} \quad (6)$$

Donde:

- $Z_{conductor}$: (Ω/km)
- L: km
- kV: Voltaje de línea

Una vez obtenidos todos los kVA_{cc} del sistema, se procede a calcular los kVA equivalentes iniciando aguas abajo hasta llegar a la red de alimentación, luego, realizar el cálculo de aguas arriba hacia aguas abajo e ir colocando en cada paso el valor de los kVA obtenidos. Para ir obteniendo los kVA equivalentes, se debe ir determinando cuáles partes del circuito se encuentran en serie y en paralelo, para así poder ir reduciendo el sistema, en la figura 9 se muestra cómo se debe ir calculando esta reducción.

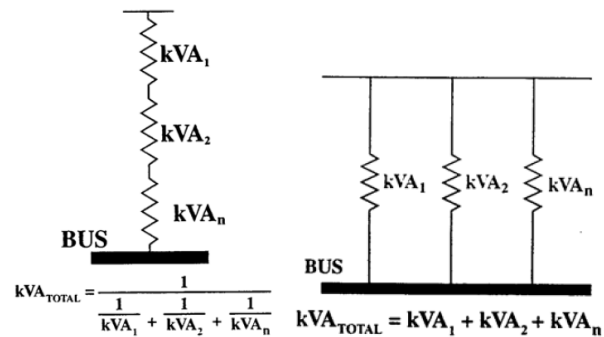


Figura 9. Configuración en serie y paralelo de kVA

Fuente: ANSI/IEE 551-2006

Ya con los kVA calculados aguas abajo hacia aguas arriba y aguas arriba hacia aguas abajo, se calcula la corriente de cortocircuito en dado punto por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = \frac{kVA's}{\sqrt{3} * kV} \quad (7)$$

La corriente obtenida en la ecuación 7 es la corriente de corto circuito simétrica. Como la corriente que interesa es la corriente asimétrica, ya que presenta mayores valores, se debe utilizar un factor que multiplica a I_{cc} , este factor depende de la relación X/R del circuito en el punto de falla y se aproxima a un valor de 1,6 para sistemas con una tensión superior a 600V y de 1,25 para sistemas por debajo de 600V, por lo que la corriente asimétrica es igual a:

$$I_{cc_asim} = I_{cc} * Factor \quad (8)$$

2.8 Coordinación de protecciones

El objetivo de una coordinación de protecciones es determinar las características, capacidades y configuraciones de los dispositivos, que minimicen el daño a los equipos e interrumpan de la manera más rápida y eficaz ante una falla de cortocircuito, con la coordinación de protecciones, se busca desconectar de la red la carga o derivación que presenta falla de cortocircuito, manteniendo en funcionamiento la mayor parte de la instalación eléctrica (Barrantes, 2010). Para una coordinación, existen diferentes tipos de selectividades, las cuales son:

Selectividad cronométrica: este tipo de selectividad se fundamenta en el tiempo de disparo entre las protecciones, este tiempo mitiga los efectos desde el momento en que se detecta la falla, el tiempo de disparo y un tiempo adicional para que la siguiente protección pueda detectar de manera adecuada la mitigación de la falla (Schneider Electric, 2009).

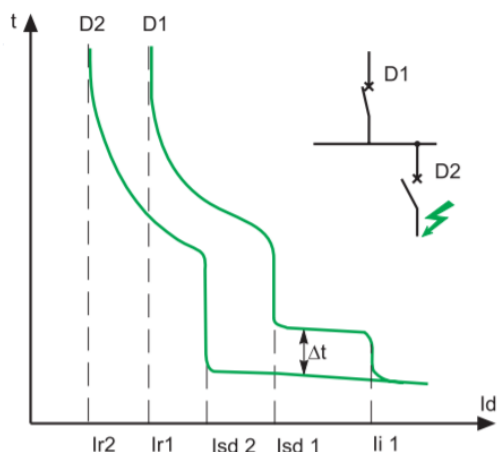


Figura 10. Selectividad cronométrica
Fuente: Schneider Electric, 2009

Selectividad amperimétrica: este tipo de selectividad se basa en el principio de amortiguamiento de las corrientes de corto circuito a través de la red eléctrica, es decir, con la misma impedancia de la red, especialmente cuando se poseen transformadores entre aguas arriba y aguas abajo de la red, donde los transformadores suelen poseer suficiente impedancia como para amortiguar las corrientes circulantes (Schneider Electric, 2009).

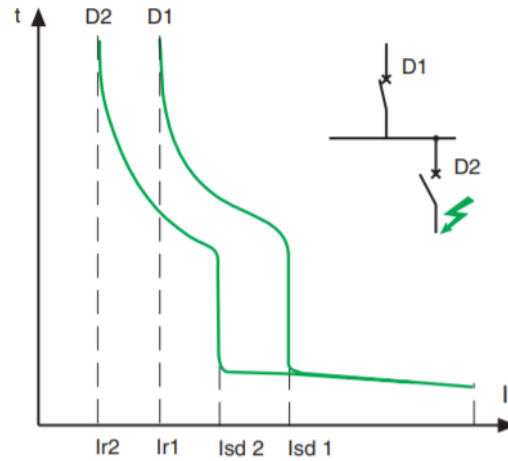


Figura 11. Selectividad amperimétrica
Fuente: Schneider Electric, 2009

Selectividad lógica: esta selectividad se observa en relés avanzados con comunicación entre ellos que permite registrar en cual ramal se da la falla, para así determinar cuál protección es la adecuada para desconectar y mitigar la falla (Schneider Electric, 2009).

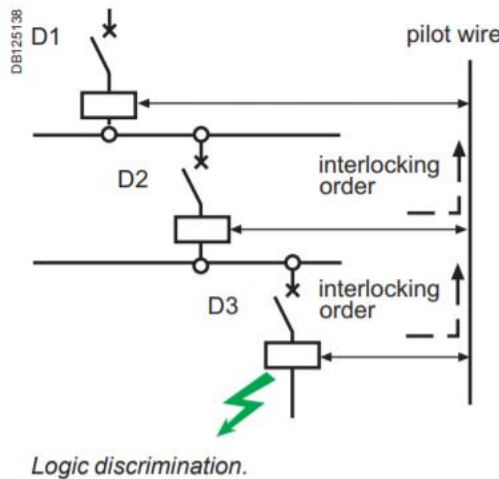


Figura 12. Selectividad lógica
Fuente: Schneider Electric, 2009

2.9 Factor de potencia

En los sistemas eléctricos actuales la mayoría de cargas son de tipo inductivo, por ejemplo motores eléctricos, transformadores, tubos fluorescentes entre otros, este tipo de cargas inductivas necesitan un campo magnético para su funcionamiento, por lo que utilizan potencia activa (kW) la cual se transforma en trabajo (calor, movimiento, entre otros) y

también utilizan potencia reactiva (kVAR), la cual se encarga de mantener el campo magnético, esta potencia reactiva no se transforma en “trabajo útil”, la suma geométrica de la potencia activa y potencia reactiva conforman la potencia aparente (kVA).

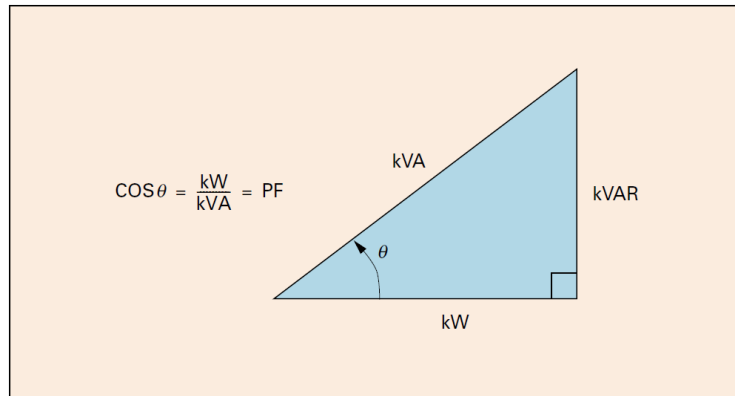


Figura 13. Triángulo de potencias
Fuente: EATON, 2010

El factor de potencia se conoce como la relación que existe entre la potencia activa y la potencia aparente, por lo que mide la eficacia con la que se utiliza la energía eléctrica, un bajo factor de potencia indica un mal uso de la energía eléctrica, caso contrario con un valor alto de factor de potencia (Wildi, 2007).

Un bajo factor de potencia trae consecuencias tanto al consumidor como a la empresa distribuidora de energía, una de ellas podría ser el aumento de corriente en los conductores, por lo que los aislamientos se deterioran de forma rápida, produce caídas de tensión, reduce la vida útil de transformadores y motores eléctricos, provoca multas por bajo factor de potencia, sobrecarga de transformadores, entre otras (Cabezas, 2016).

Para determinar qué valor es un bajo o alto factor de potencia, el país cuenta con la norma técnica “Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión” (AR-NT-SUCOM), la cual establece que se aplicará una multa por bajo de factor de potencia cuando la demanda máxima sea menor o igual que 1000 kW y el factor de potencia sea inferior a 0,90 o, cuando la demanda máxima sea mayor que 1000 kW y menor o igual que 5000 kW y el factor de potencia sea inferior a 0,95 o cuando la demanda máxima sea mayor que 5000 kW y el factor de potencia sea inferior a 0,98.

Para obtener evitar un bajo valor de factor de potencia, se instalan capacitores, los cuales aportan la potencia reactiva necesaria en el sistema eléctrico del consumidor y así se evita el consumo de potencia reactiva a la empresa distribuidora, con cual se eliminan posibles multas por bajo factor de potencia. La ubicación de estos capacitores en el sistema puede ser variada, a continuación, se muestran las configuraciones existentes:

Compensación central:

Este tipo de compensación se utiliza cuando existe gran cantidad de cargas, con diferentes consumos de potencia y conectados en diferentes períodos de tiempo (Cabezas, 2016).

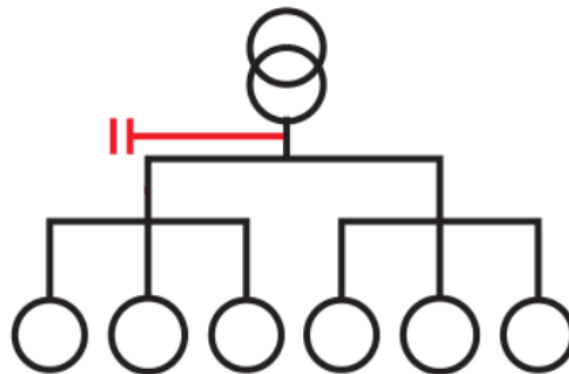


Figura 14. Compensación central
Fuente: Martínez, 2016

Compensación por grupos:

Se recomienda esta configuración cuando la instalación es amplia y los patrones de carga/tiempo son diferentes de un circuito ramal a otro (Cabezas, 2016).

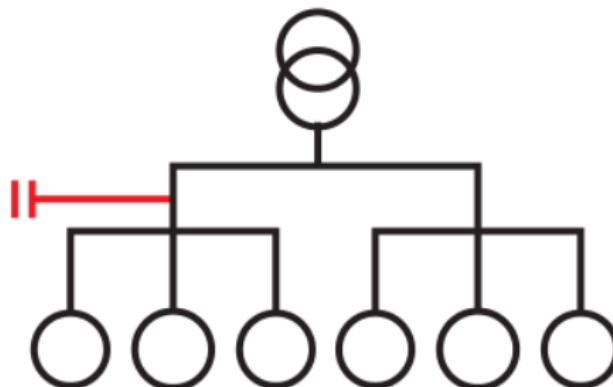


Figura 15. Compensación por grupos
Fuente: Martínez, 2016

Compensación individual:

Esta configuración se utiliza cuando la potencia del motor es significativa respecto al conjunto de la potencia total demandada en la instalación eléctrica (Cabezas, 2016).

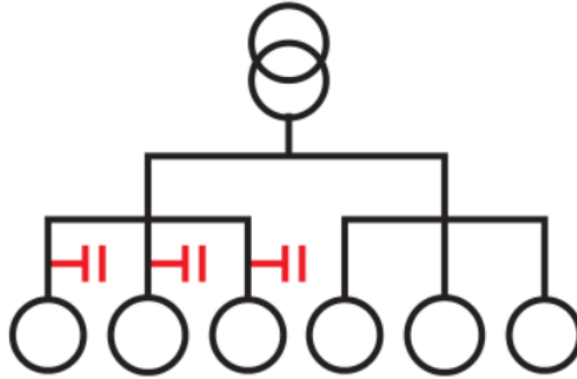


Figura 16. Compensación individual

Fuente: Martínez, 2016

2.10 Proyecto eléctrico

De acuerdo con el Reglamento para el Trámite de Planos y la Conexión de los Servicios Eléctrico:

Se define como proyecto eléctrico, todo aquel que requiera de un servicio profesional para la prestación de uno o varios de los siguientes servicios: estudios preliminares, anteproyecto, diseños, especificaciones, presupuesto, asesoría para la adjudicación, inspección, dirección técnica y asesoría en general de sistemas eléctricos, de telecomunicaciones (voz, datos y/o video), señales, controles y otros sistemas operados por electricidad.

En Costa Rica, este tipo de proyectos se encuentran regulados por el Colegio Federado de Ingenieros y arquitectos (CFIA). En el reglamento mencionado anteriormente, se tiene que en el capítulo II en el punto 2.2 se establece que los planos eléctricos deben cumplir con:

- El NEC Código Eléctrico Nacional (NFPA 70) en su última versión en español.
- NFPA 70 E “Norma para la seguridad eléctrica de los empleados en los lugares de trabajo”, en su última versión en español.
- Las últimas revisiones de las normas ANSI/EIA/TIA 568, 569, 570, 606, 607.

- El Reglamento para el Trámite de Planos y la Conexión de los Servicios Eléctrico y otros reglamentos y normas aprobados por el CFIA.

El objetivo del CFIA de Costa Rica es que estos proyectos se ajusten a la buena técnica y a los avances científicos y técnico, para que la calidad de las obras esté de acuerdo con las normas establecidas.

2.11 Motores eléctricos

El motor eléctrico es una máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica (Weg, 2016). Los motores eléctricos son los equipos de mayor consumo de energía eléctrica en las instalaciones industriales, aproximadamente entre el 60 % y el 70 % del consumo de energía eléctrica corresponde a equipos electromotrices (equipos auxiliares), tales como ventiladores, bombas, compresores de aire, bandas transportadoras, entre otros y que, a su vez, están acoplados a motores eléctrico (Gerencia electricidad UEN, 2018).

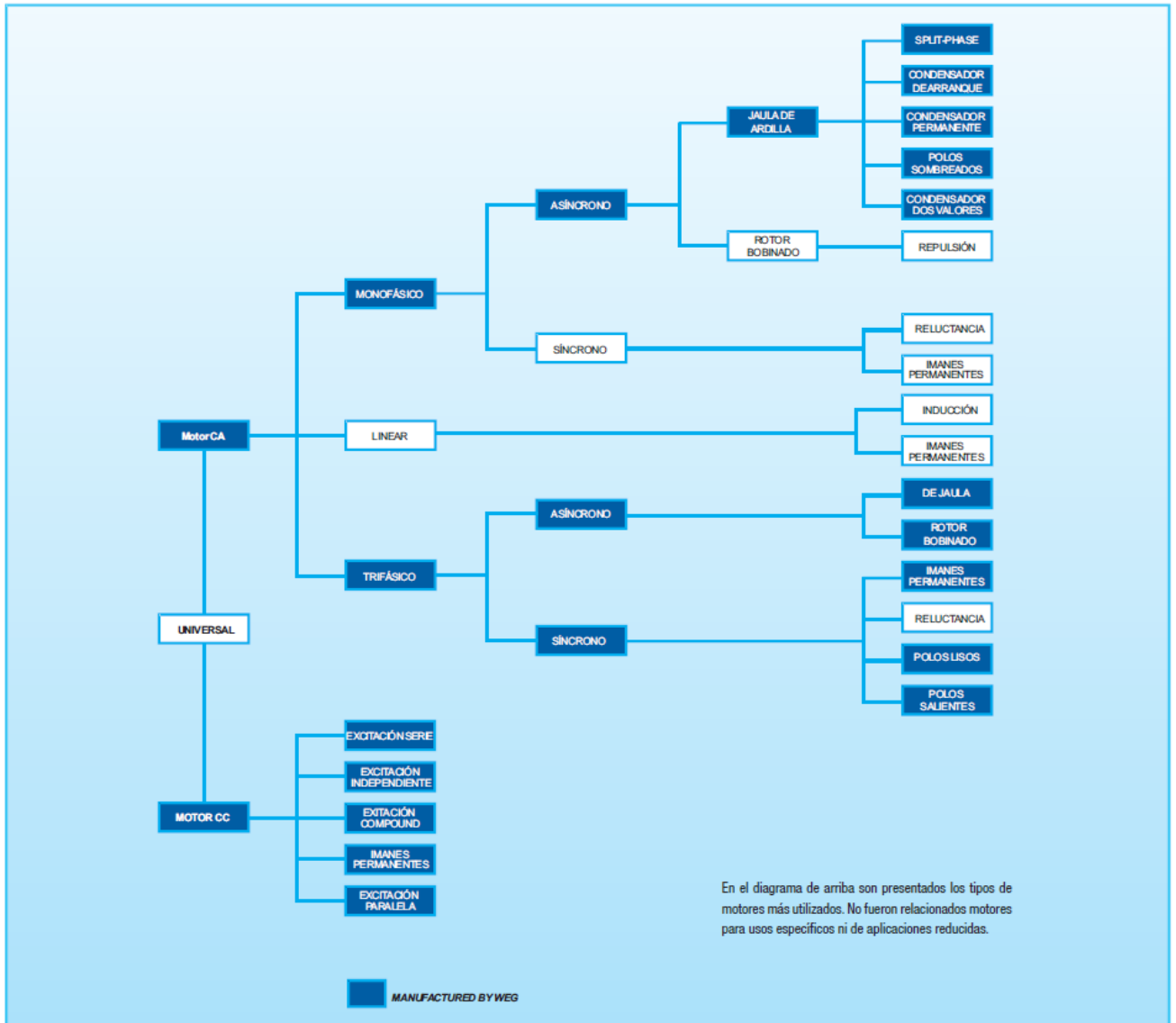


Figura 17. Tipos de motores eléctricos
 Fuente: Weg, 2016

El motor de inducción funciona normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje. Debido a su gran simplicidad, robustez y bajo costo, es el motor más utilizado de todos, siendo adecuado para casi todos los tipos de máquinas accionadas, encontradas en la práctica (Weg, 2016).

2.11.1 Eficiencia motores eléctricos

La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada, este concepto es el más importante desde el punto de vista del consumo de energía y del costo de operación de un motor eléctrico, la eficiencia se expresa como:

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ mecánica\ de\ salida}{Potencia\ eléctrica\ de\ entrada} \quad (1)$$

El valor más alto de eficiencia sería la unidad, si acaso las pérdidas fueran igual a cero, los fabricantes de motores están haciendo innovaciones tecnológicas tendientes a disminuir las pérdidas lo máximo posible, por lo que utilizan materiales de mejor calidad y mejores procesos de fabricación. Según la eficiencia existen tres tipos de motores eléctricos:

- Motores de eficiencia estándar.
- Motores de alta eficiencia.
- Motores de eficiencia premium.

Los motores estándar no consideran la eficiencia como la principal cualidad, más bien, privilegian la funcionalidad y precio, el concepto alta eficiencia surge en la década de los años noventa, como consecuencia de contrarrestar los altos precios de la energía y por la necesidad ya existente de hacer un uso eficiente y racional de la energía. La innovación de los premium se da en la actual década con la pretensión de elevar aún más la eficiencia de los motores eléctricos, para ellos se ha perfeccionado el proceso de manufactura y se utilizan materiales muy superiores, ello acarrea que el diferencial en precio sea también más elevado (CNEE, 2010).

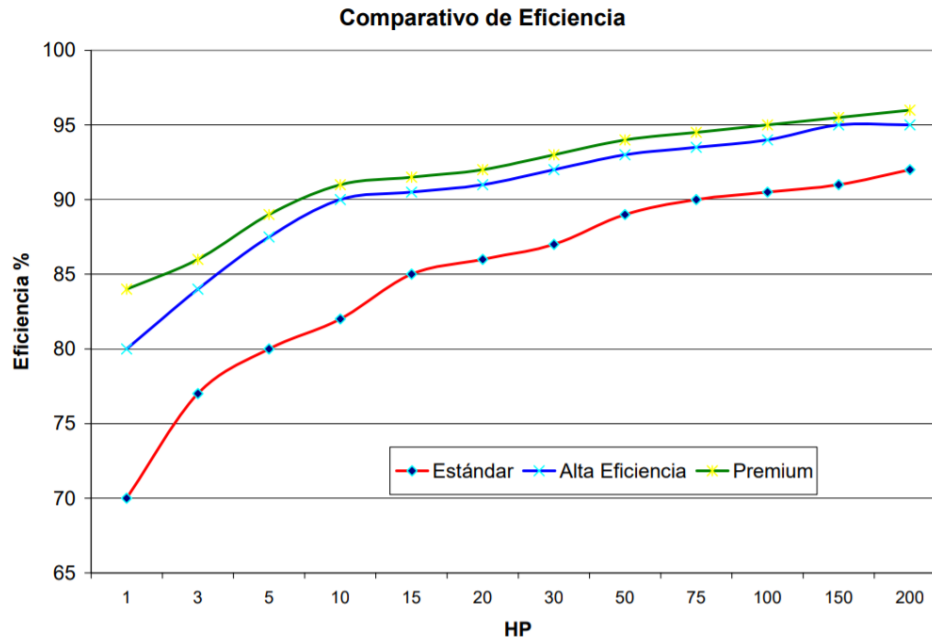


Figura 18. Eficiencia de los motores eléctricos
Fuente: CNEE, 2010

2.11.2 Cálculo del factor de carga y eficiencia por medio del método de deslizamiento

El funcionamiento de un motor asíncrono se basa en la creación de un campo magnético giratorio en el entrehierro, la velocidad de este campo rotatorio depende de la frecuencia de la fuente y del número de polos que existan en el estator (Wildi, 2007), por lo que la velocidad síncrona se expresa:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (2)$$

Donde:

n_s = Velocidad síncrona (rpm)

p = Número de polos en el estator

Se llama deslizamiento “s” a la diferencia entre la velocidad de sincronismo n_s y la velocidad del rotor n , expresada en % de la velocidad de sincronismo:

$$s (\%) = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 \quad (3)$$

A partir de los datos de placa y de los parámetros medidos, se determina la potencia demandada en la línea, conociendo las RPM de operación del motor, el deslizamiento se expresa:

$$\text{Deslizamiento} = (\text{RPM}_{\text{sincronas}} - \text{RPM}_{\text{medidas}}) \quad (4)$$

Por lo que se determina la carga del motor y la eficiencia a partir del deslizamiento:

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Deslizamiento}}{(\text{RPM}_{\text{sincronas}} - \text{RPM}_{\text{placa}})} \quad (5)$$

La potencia de salida se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia de salida} = \text{Factor de carga} \cdot \text{Potencia de placa} \quad (6)$$

Por lo que la eficiencia se determina como:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia de salida (kW)}}{\text{Potencia demandada (kW)}} \quad (7)$$

Capítulo 3.

Recopilación de información

En el desarrollo del proyecto, tal como se mencionó en la sección 1.8, la etapa 1 de la metodología a seguir es la recopilación de información, en esta sección, se documenta la siguiente información:

- a) Estado actual de la instalación eléctrica.
- b) Distribución actual de los equipos instalados.
- c) Características de las cargas y equipos en la planta.
- d) Información de los tableros eléctricos.
- e) Descripción de los procesos productivos.
- f) Determinación de la potencia demandada por la empresa.

Esta información es necesaria para iniciar el desarrollo de la evaluación eléctrica y energética del proyecto, por ejemplo, con la recopilación del estado actual de la instalación eléctrica se obtiene el diagrama unifilar actual de la empresa, el cual se toma como punto de partida para verificar las condiciones actuales de trabajo, de acuerdo con las condiciones establecidas por el Código Eléctrico Nacional NEC 2014.

3.1 Estado actual de la instalación eléctrica

Para poder evaluar el estado actual de la instalación eléctrica, se realizó un recorrido en la planta de alimentos, comenzando por la revisión de los transformadores existentes, luego, la revisión de la acometida principal, revisión de las protecciones, revisión del estado de los conductores, revisión de los tableros eléctricos y revisión de las conexiones en los equipos eléctricos. Tomando durante estas actividades para así poder analizar el estado de la instalación actual en secciones posteriores del presente proyecto.

Acometida principal

La acometida principal de la planta de concentrados cuenta con dos transformadores de poste monofásicos de 167 kVA en conexión delta abierta con una tensión secundaria de 240V/120V, con un factor de potencia de 0.75.



Figura 19. Transformadores existentes conexión delta abierta
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Datos generales acometida principal

Datos generales acometida principal	
Potencia	2 transformadores tipo poste monofásicos 167kVA c/u, conexión delta abierta.
Voltaje primario	34.5kV/19.92kV
Voltaje secundario	240V/120V
Factor de potencia	0.75

Fuente: Elaboración propia

Equipos y cargas:

La mayoría de los equipos instalados en la planta de concentrados son motores de inducción con un rango de potencia desde 0.5 HP (0.373 kW) hasta 150HP (112kw). En total, existen 62 motores de inducción instalados, siendo los motores con una potencia de 3 HP los que se presentan en mayor cantidad con un total de 25 motores (40,32 % del total), en menor proporción existen motores de 10 HP, 7.5 HP, 5 HP, entre otras capacidades. En la instalación

el motor con mayor capacidad, es de 150 HP se presenta solo una vez y es usado en el molino de la empresa.

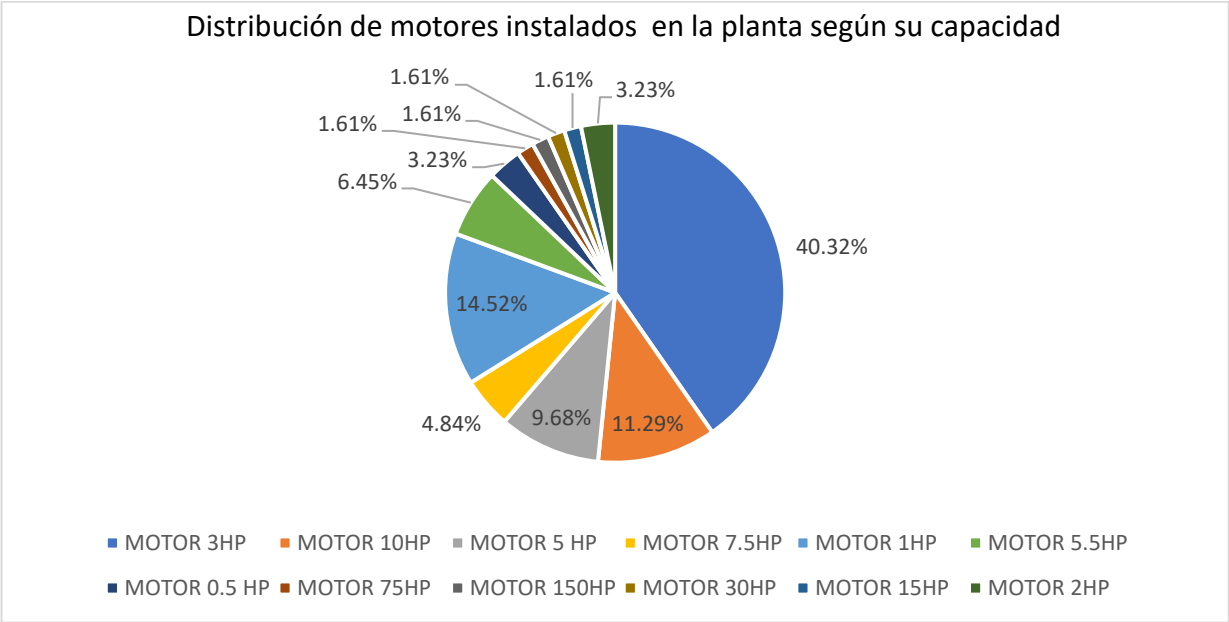


Figura 20. Distribución de motores según su capacidad
Fuente: Elaboración propia

Todas las variables de los motores fueron obtenidos a través de sus placas de datos por lo que se resume dicha información en el apéndice 4. Otras cargas instaladas en la planta de concentrados diferentes de los motores son luminarias, dos aires acondicionados, así como equipo de cómputo y sistemas de control para los centros de control de motores.

El código de los equipos mostrados en el apéndice 4 mantienen la nomenclatura existente en los diagramas de control realizados hace un tiempo atrás, cuando se automatizó parte del proceso productivo en la planta, por lo que, para mayor facilidad para el departamento de mantenimiento, se mantiene esta nomenclatura y así facilitar la localización de los equipos. Como han pasado varios años desde que se automatizó parte del proceso productivo los diagramas de control y los equipos existentes no coinciden necesariamente, por lo que se agregan nuevos códigos a los equipos que no están contemplados en los diagramas de control existentes, para facilitar la localización de todos los equipos, se representan en los planos de distribución de los equipos eléctricos realizados en este proyecto.

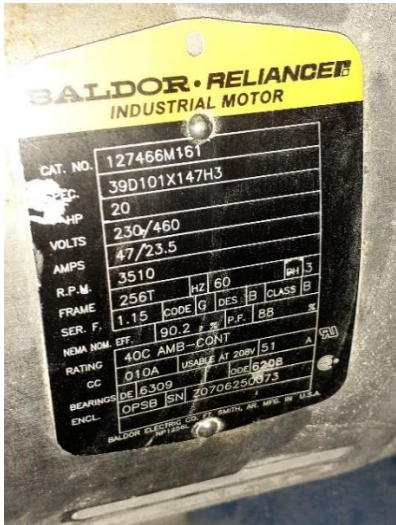


Figura 21. Ejemplo placa de datos de motor CP-01

Fuente: Elaboración propia.

Tableros eléctricos:

En la planta de concentrados existen 8 tableros eléctricos con diferentes capacidades, estos tableros alimentan principalmente cargas como luminarias, los receptáculos, aires acondicionados y, en menor cantidad, motores eléctricos, ya que estos últimos son alimentados principalmente por los tres centros de control de motores existentes, estos tableros eléctricos se muestran en el diagrama unifilar.



Figura 22. Tablero eléctrico en la planta de alimentos
Fuente: Elaboración propia

Diagrama unifilar de la planta:

En la figura 23, se muestra el diagrama unifilar de la planta de concentrados, este diagrama unifilar muestra solamente los tres centros de control de motores sin todas las cargas conectadas a cada centro de control, esto para facilitar la visualización del diagrama unifilar actual.

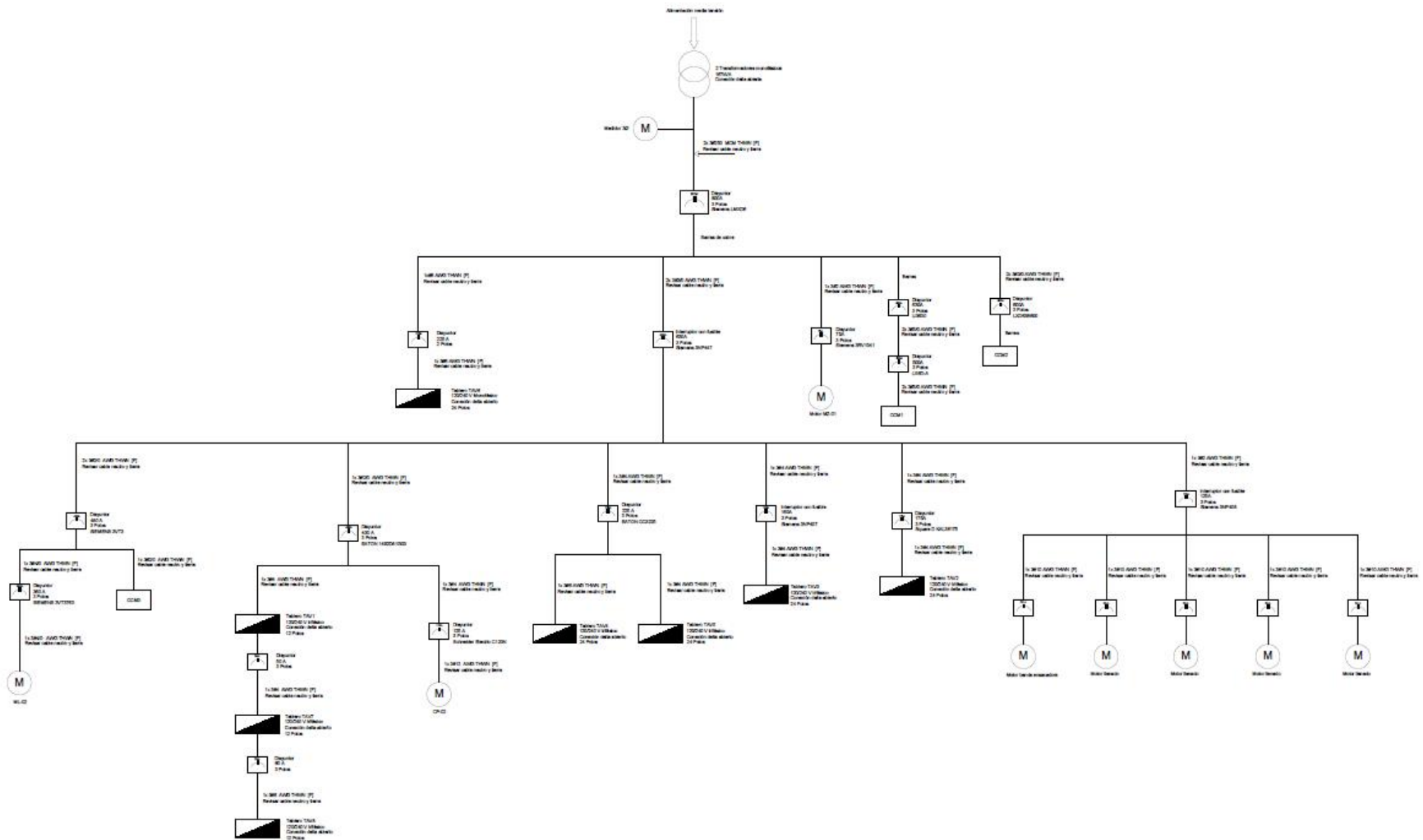


Figura 23. Diagrama unifilar actual de la planta de concentrados
Fuente: Elaboración propia.

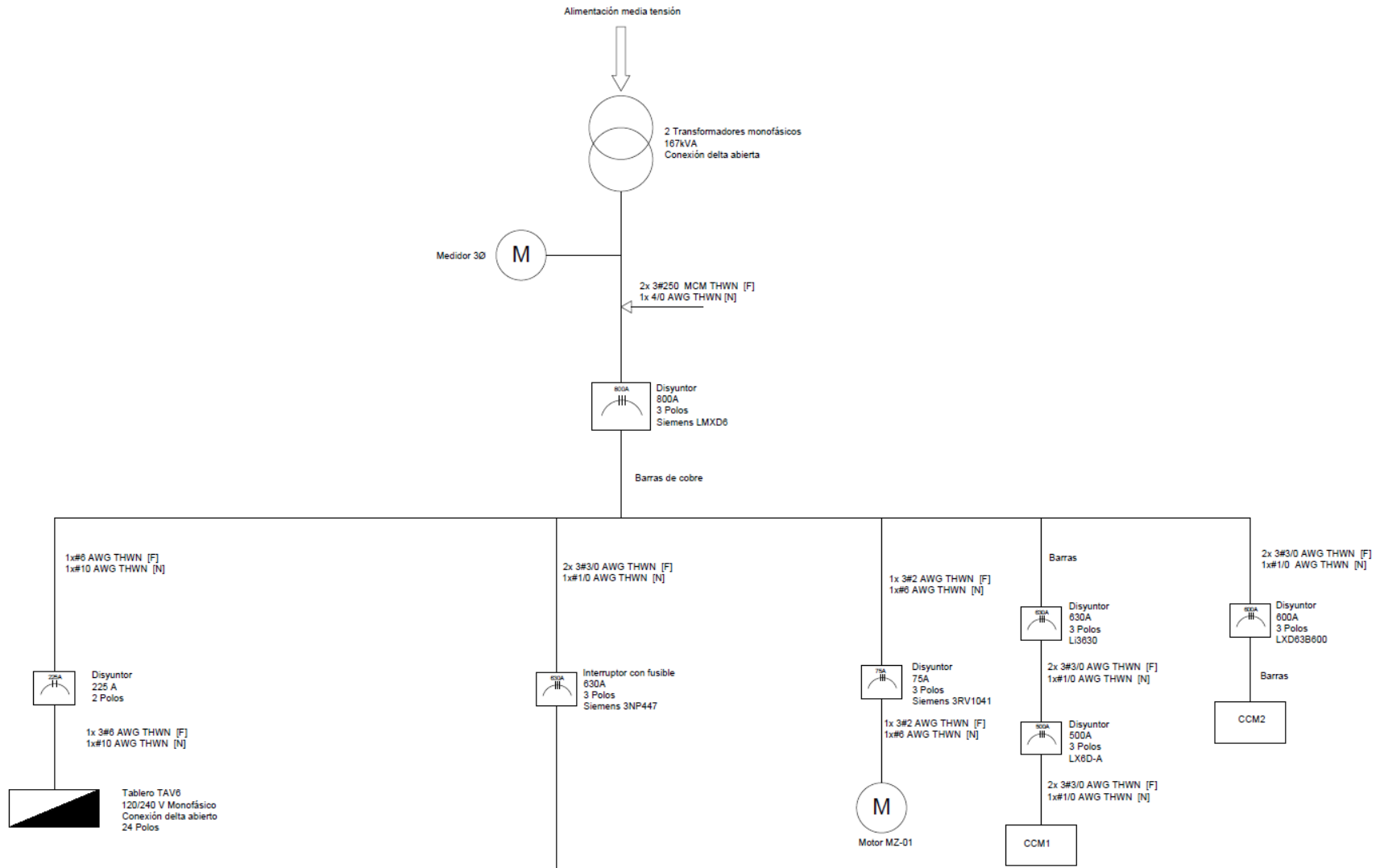


Figura 24. Sección diagrama unifilar nivel superior
Fuente: Elaboración propia

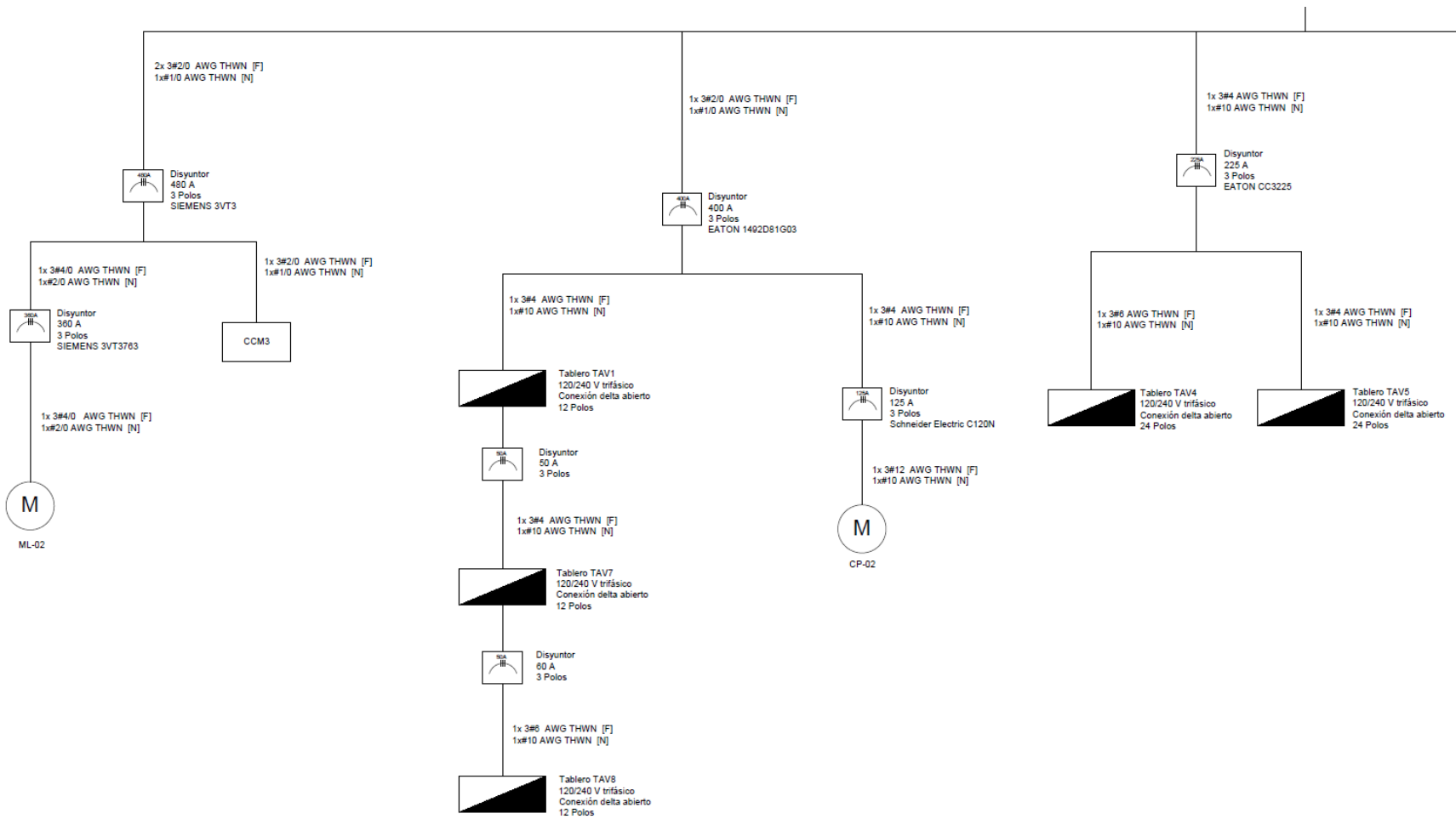


Figura 25. Sección 1 diagrama unifilar nivel inferior
Fuente: Elaboración propia

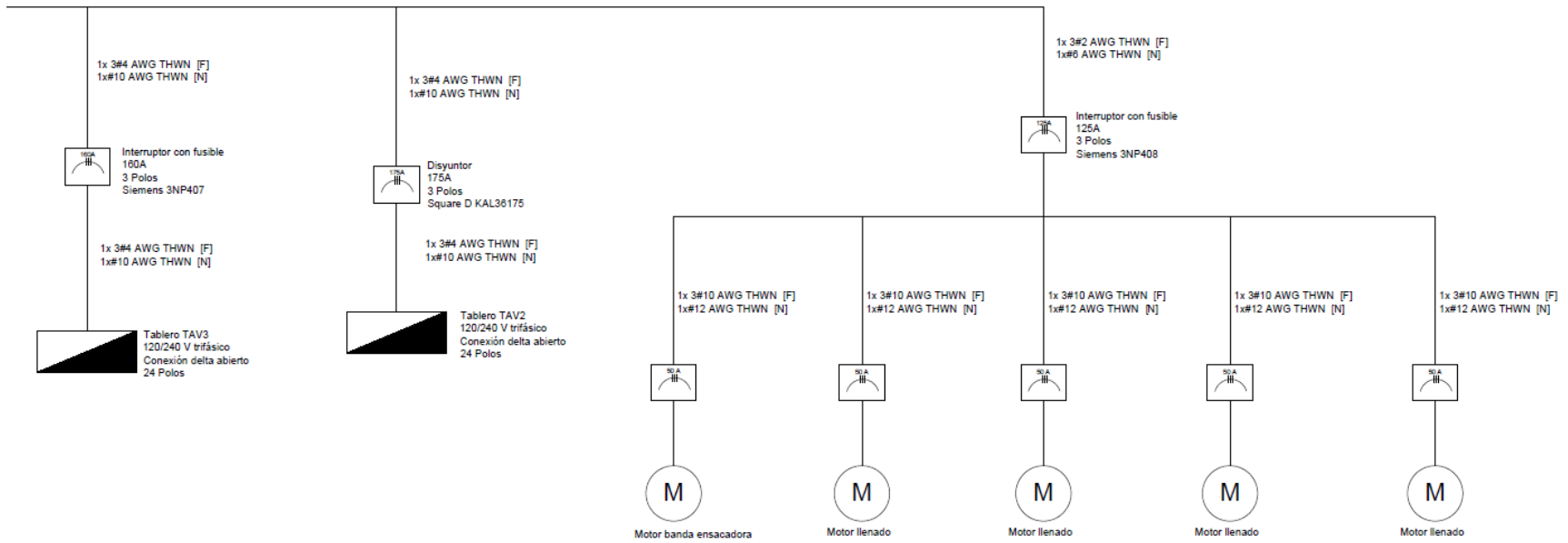


Figura 26. Sección 2 diagrama unifilar nivel inferior
Fuente: Elaboración propia

3.2 Descripción de los procesos productivos

Para la elaboración de alimentos balanceados, se toman como base los procesos de molienda, dosificación y mezclado de materias primas, a continuación, se describe cada uno de los procesos productivos para la elaboración de alimentos balanceados en la planta de la empresa AVUGA.

3.2.1 Recepción de materias primas

La recepción de las materias primas se realiza por medio de camiones, estos vehículos, una vez que ingresan a la planta, deben pasar por una báscula, la cual indica el peso de los vehículos y así se logra conocer que la cantidad de materia prima sea la correcta. Cuando se comprueba esto, se toman muestras de las materias primas, esto para garantizar la calidad de estas, luego, los camiones se dirigen a las respectivas áreas para la recepción de las materias primas. Estas materias primas se clasifican en dos grupos:

- Sólidos (granos, harinas).
- Líquidos (aceites, melaza).

En el caso de la materia prima sólida, existen dos subcategorías, las cuales son a granel y ensacado, si es a granel, los camiones ingresan a un área donde se cuenta con una rejilla, la cual deja pasar la materia hacia los tornillos sinfín y cangilones para continuar con otro proceso productivo.



Figura 27. Área para recepción de materias primas a granel.
Fuente: Elaboración propia.

Para la materia prima que se recibe en sacos, se tiene un área destinada para su recepción, donde se descargan los sacos manualmente y se colocan en la bodega de vitaminas. Por su parte, las materias primas líquidas, tales como melaza y aceite vegetal, se reciben en un área determinada, donde, por medio de un sistema de bombeo, se extrae la materia prima de los tanques cisterna de los camiones hacia los tanques de almacenamiento.

3.2.2 Almacenamiento

El almacenamiento varía para cada tipo de materia prima, la materia sólida a granel, es almacenada en diferentes áreas. En el caso de los granos de maíz (principal materia prima en términos de volumen), es almacenada en cuatro silos diferentes, tres silos cuentan con una capacidad para almacenar 400 toneladas de maíz cada uno y existe un silo con una capacidad de almacenamiento de 1300 toneladas.



Figura 28. Silos para almacenamiento de granos de maíz

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la materia prima de la subcategoría harinas, existen, de igual manera, silos para su almacenamiento, por ejemplo, para el almacenamiento de la harina de soya existen dos silos de 23 toneladas cada uno



Figura 29. Silos para almacenamiento de harina de soya
Fuente: Elaboración propia.

La materia prima que se divide en la subcategoría ensacado es almacenada en una bodega denominada la bodega de vitaminas, todos los sacos son apilados sobre tarimas.



Figura 30. Almacenamiento materia prima ensacada
Fuente: Elaboración propia.

Para el almacenamiento de materia prima de la categoría líquida, se tienen tanques de almacenamiento, para el aceite vegetal, se cuenta con un tanque vertical con una capacidad de 20 toneladas, por su parte, la melaza se tiene un tanque horizontal con una capacidad de 125 toneladas.



Figura 31. Tanque almacenamiento aceite vegetal
Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Molienda

Para el proceso de molienda, la empresa cuenta con dos molinos de martillos de diferentes capacidades, un molino funciona con un motor de 75 HP y el otro molino funciona con un motor de 150 HP. Aunque actualmente el proceso de molienda solo se realiza con el que es alimentado por el motor de 150 HP, el molino con el motor de 75 HP se utiliza solamente cuando el molino de mayor capacidad está fuera de servicio.

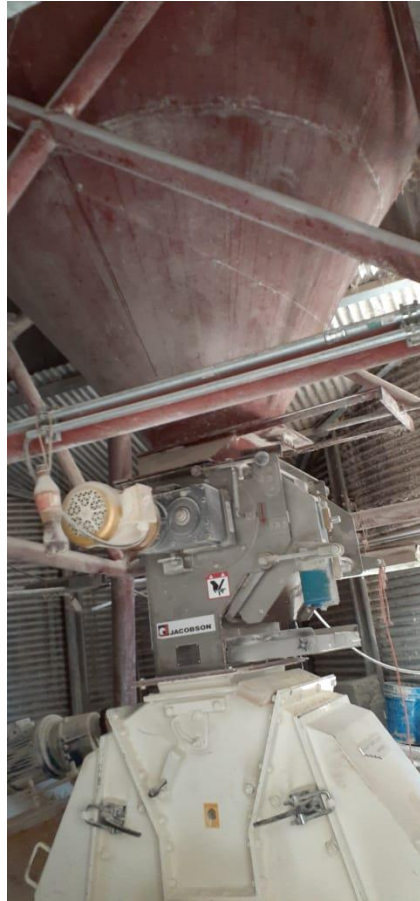


Figura 32. Molino de martillos
Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Dosificación

Para el proceso de dosificación, donde se realiza la formulación de los alimentos, la planta cuenta con un sistema automatizado, donde accionan por medio de tornillos sinfín las diferentes materias primas, las cuales se almacenan en una tolva báscula que realiza la dosificación correcta dependiendo del tipo de alimento a producir. En total, existen 8 tolvas de dosificación para macro ingredientes y una tolva de dosificación para micro ingredientes, la capacidad de la tolva báscula es de 4 toneladas.



Figura 33. Tolvas de dosificación
Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 Mezclado

Con los ingredientes dosificados, según el alimento a producir, se descargan en una mezcladora horizontal, la cual es accionada por un motor con una capacidad de 30 HP y se realiza la mezcla en lotes de 1800 kilogramos, en este proceso, se mezclan las materias primas líquidas y sólidas.



Figura 34. Mezcladora horizontal
Fuente: Elaboración propia.

3.2.6 Enfarde

Para empacar el producto terminado, se utiliza una ensacadora, la cual, por medio de un proceso automatizado, llena los empaques con la cantidad de alimento necesario. Además, la ensacadora cuenta con una cosedora y bandas transportadoras, luego, manualmente se apilan los sacos en tarimas y un montacargas lleva el producto terminado a las bodegas, en espera de que sea despachado.



Figura 35. Producto terminado
Fuente: Elaboración propia.

3.2.7 Despacho a granel

Parte del producto se despacha a granel en camiones de la empresa, en este proceso, se cuenta con tres tolvas de descarga, en un área determinada para este proceso, este producto no se almacena en la empresa, ya que, luego del proceso de mezclado, es transportado directamente hasta las tolvas de descarga.

Capítulo 4.

Evaluación eléctrica de la planta de alimentos balanceados

Como se mencionó anteriormente para la evaluación de la instalación eléctrica, se realizó un recorrido en toda la planta de concentrados para evaluar el estado de la instalación eléctrica actual. Además, se conectó un equipo de medición marca eGauge modelo 4115, el cual registró diferentes variables eléctricas necesarias para el desarrollo del presente proyecto, el equipo de medición se instaló, por un período de una semana (entre las fechas del 25 de febrero de 2020 al 3 de marzo de 2020).



Figura 36. Instalación equipo de medición eGauge 4115 en la planta
Fuente: Elaboración propia.



Figura 37. CT's instalados para medición de corriente del equipo eGauge 4115

Fuente: Elaboración propia.

Primeramente, se comenzó la evaluación eléctrica en el banco de transformadores eléctricos, la empresa cuenta con dos transformadores tipo poste monofásicos, cada transformador tiene una capacidad de 167 kVA, por lo que, de acuerdo con la teoría, la capacidad de carga del banco de transformadores en esta configuración delta abierta es de un 86,6 % de la capacidad instalada de los transformadores (Wildi, 2007), por lo que la capacidad que pueden brindar estos transformadores es igual a:

$$\text{Potencia disponible: } (167\text{kVA} + 167\text{kVA}) * 86.6 \% = 289,244 \text{ kVA} \quad (9)$$

De acuerdo con la ecuación 9, la capacidad que tiene el banco de transformadores actual es de 289,244 kVA, con el equipo de medición instalado se registró la potencia activa (kW) demandada por la planta de concentrados, los datos obtenidos se muestran en la figura 38.

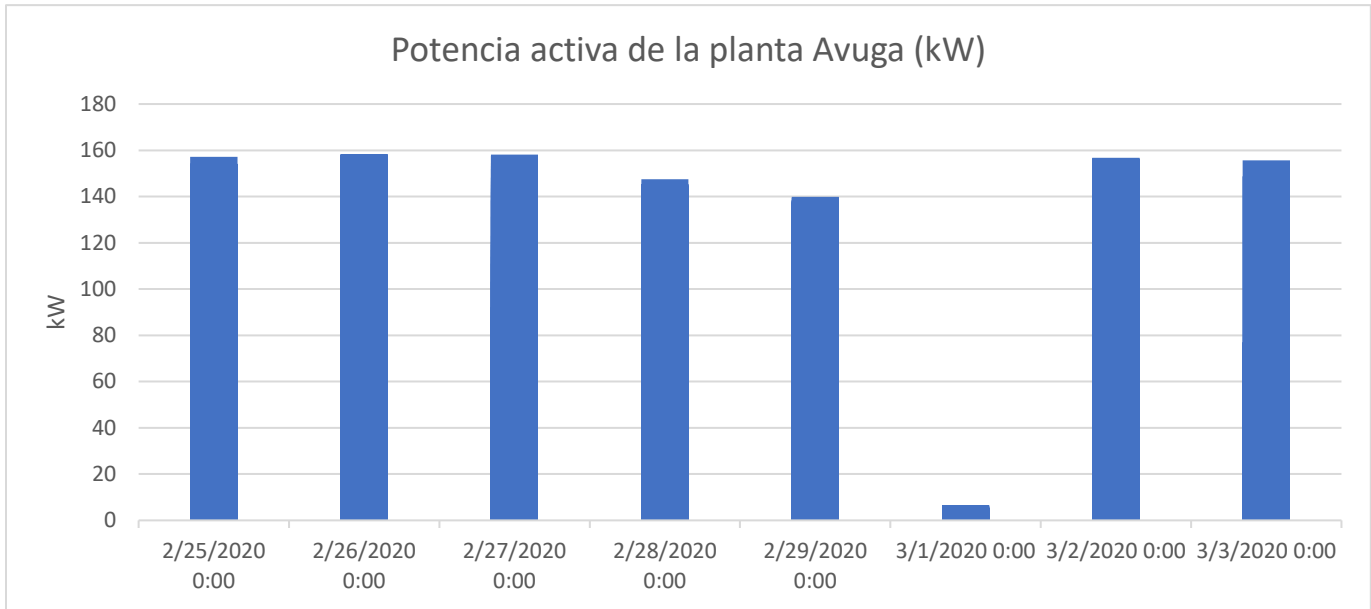


Figura 38. Potencia activa de la planta de concentrados (kW)

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el gráfico anterior, se puede observar que las demandas máximas rondan valores cercanos a 160 kW, específicamente la mayor demanda de potencia activa registrada por el equipo de medición fue de 158.27 kW, con un factor de potencia aproximado de 0.75 la máxima potencia aparente es de 211 kVA, por lo que no se sobrepasa la capacidad del banco de transformadores, ya que se está trabajando por debajo de 289.244 kVA que puede ofrecer el banco de transformadores, con la configuración delta abierta.

Una vez verificado que la instalación eléctrica no demanda más potencia de la que puede brindar el banco de transformadores, se procede a revisar la acometida eléctrica, la cual consta de dos cables por fase con un calibre de 250 Kcmil THHN. Para conocer los valores de corriente existentes en la planta, de igual manera, se grafican las corrientes obtenidas por el equipo de medición, que fue instalado en la entrada del interruptor principal de la planta.

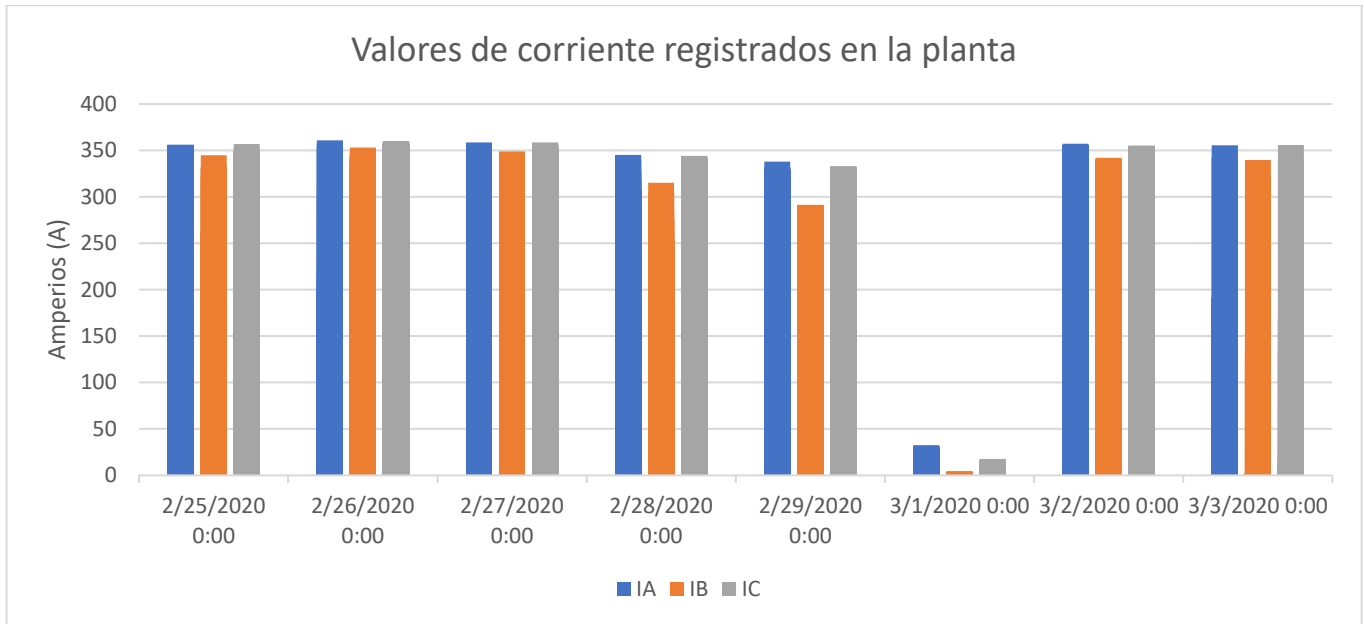


Figura 39. Corrientes registradas en la planta de concentrados (A)
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura 39, se puede observar que los valores máximos de corriente registrados rondan los 360 A en las tres fases, exactamente se tiene que en la fase A el valor máximo registrado es de 360.55^a; en la fase B, el valor máximo registrado es de 353.22A y, en la fase C, el valor máximo registrado es de 359.88A. Como se mencionó anteriormente, la acometida tiene dos cables calibre 250 Kcmil THHN, de acuerdo con la tabla 310.15(B)(16) del NEC 2014, este cable tiene una ampacidad de 290A, debido a que son dos conductores por fase se tiene en total una ampacidad de 580A, esto sin tomar en cuenta factores como agrupamiento y temperatura ambiente, por lo que las corrientes existentes en la planta no están sobrepasando la capacidad de los conductores.

Los conductores de la acometida se conectan a un interruptor con una capacidad interruptiva de 800A marca Siemens modelo LMXD63B800, este interruptor en su salida tiene un bus de distribución con barras de cobre.

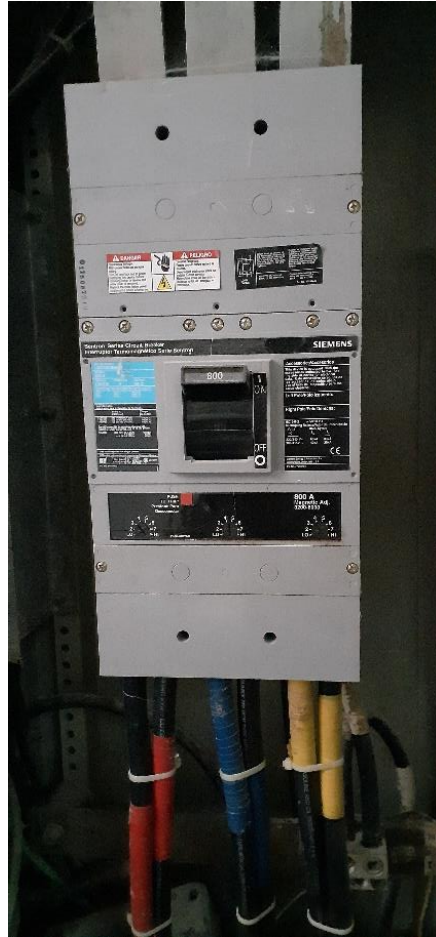


Figura 40. Interruptor principal de la planta de concentrados
Fuente: Elaboración propia.

Las barras de cobre alimentan toda la instalación eléctrica, por ejemplo, el centro de control de motores 2 se ubica a la par del gabinete de potencia que contiene el interruptor principal; de las barras de cobre se conectan dos conductores por fase calibre #3/0 AWG THWN, el cual se conecta a un interruptor de 500A marca Siemens modelo LX6D-A, a su vez, este interruptor alimenta el centro de control de motores 2 por medio de barras de cobre.

La distribución eléctrica hacia la mayoría de cargas se hace a través de un interruptor con fusibles de 630A marca Siemens modelo 3NP447, este interruptor se alimenta por medio de dos conductores por fase calibre #3/0 AWG THWN de las barras de distribución del gabinete de potencia, y alimenta diferentes cargas como 7 de los 8 tableros existentes en la instalación eléctrica, el motor eléctrico con mayor potencia de la empresa (150 HP) y el centro de control de motores 3 por mencionar algunos ejemplos.



Figura 41. Barras de distribución hacia cargas de la planta.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la siguiente figura, en el cuadro color rojo, se ubica el interruptor de 630A modelo 3NP447 y en el cuadro color anaranjado se muestran todas las cargas que alimenta este interruptor con fusibles de 630A

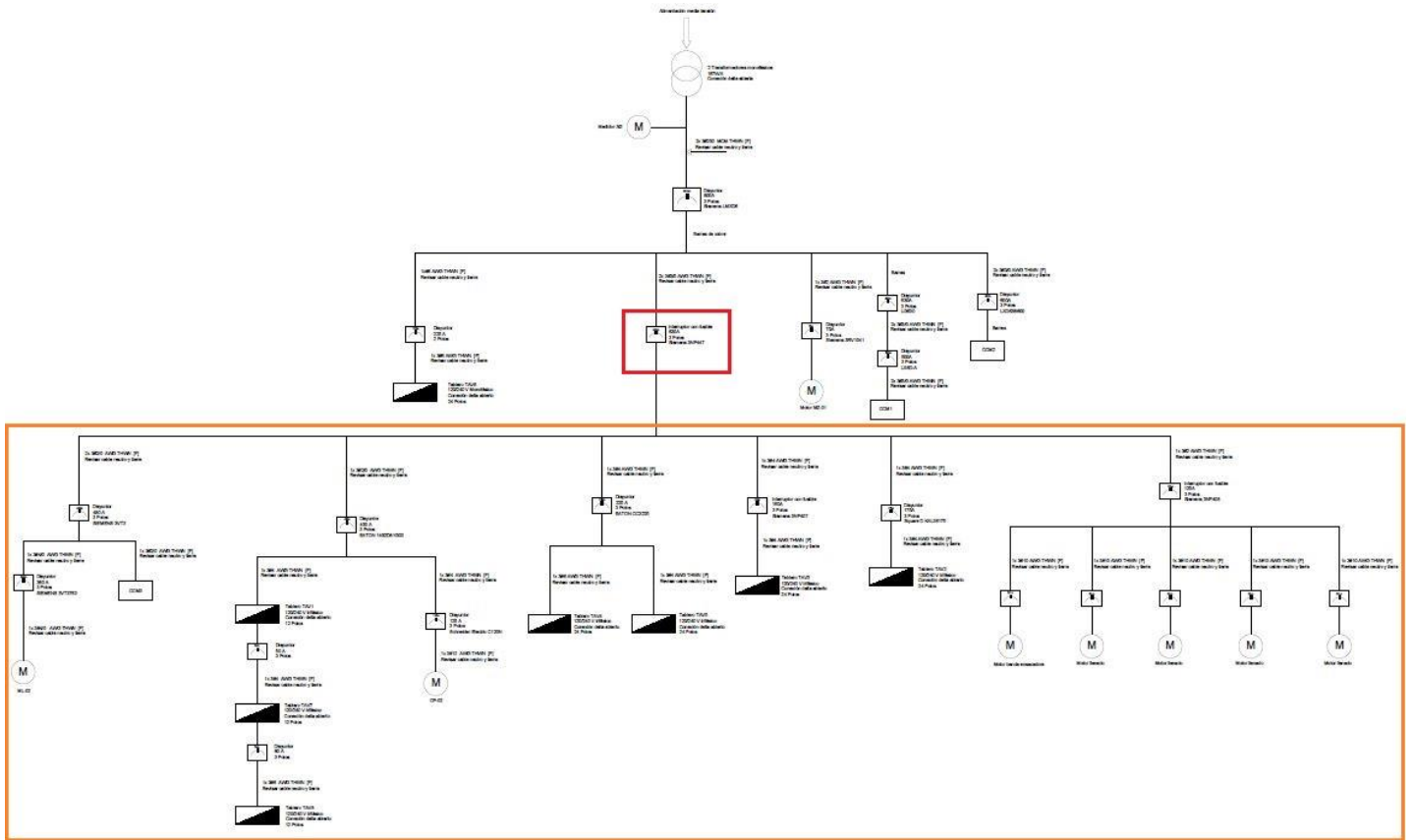


Figura 42. Interruptor con fusibles 630A y sus respectivas cargas
Fuente: Elaboración propia.



Figura 43. Interruptor con fusibles 630A NP447
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el estado físico del interruptor no es el adecuado y, además, existe gran cantidad de conductores de diferentes calibres en su salida, lo que puede ocasionar problemas en la instalación eléctrica, como falsos contactos y, en caso de que suceda una falla en un equipo alimentado por este interruptor, existe la posibilidad de que este se active e interrumpa el paso de corriente al circuito, dejando así sin energía a gran cantidad de cargas importantes en la planta.

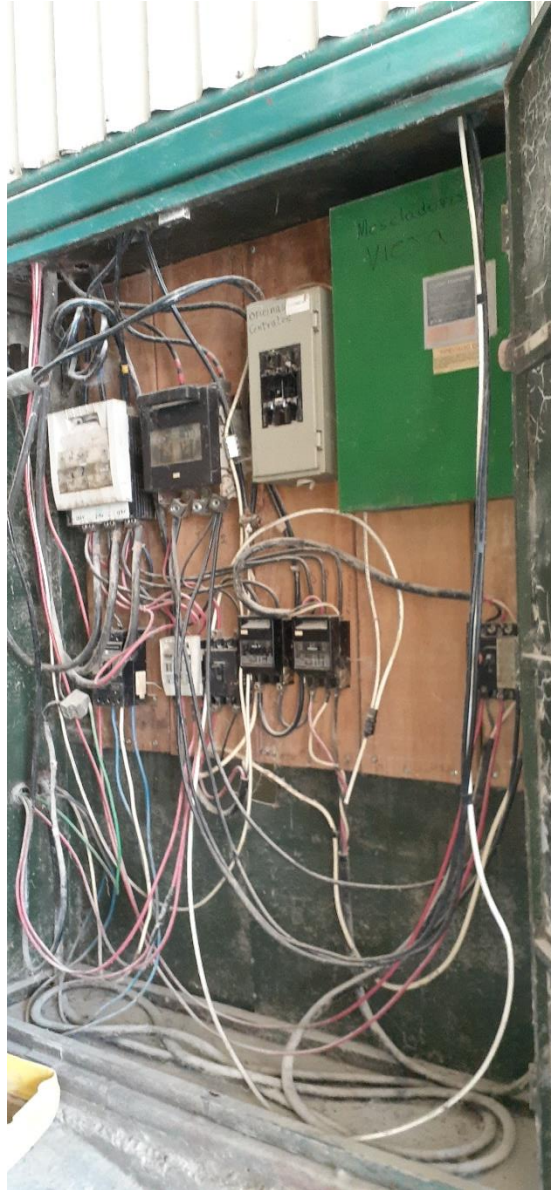


Figura 44. Estado actual interruptores de la planta
Fuente: Elaboración propia.

Tal como lo muestra la figura 44, el estado de la instalación en este punto no es el óptimo, ya que, como se mencionó anteriormente, gran parte de las cargas de la empresa dependen de un solo interruptor y, además, la mayoría de los conductores en este punto se encuentran deteriorados y no se tiene certeza de su calibre ni el tipo de chaqueta con el que cuentan, pues no muestran esta información en los conductores.

De acuerdo con el Código Eléctrico Nacional (NEC 2014), en el artículo 408.17 “Ubicación con respecto a materiales fácilmente inflamables”, establece que los paneles y accesorios de

distribución no deben ser ubicados cerca de materiales combustibles, como se observa en la figura 44, todos los dispositivos de protección se encuentran fijados a una pared de madera (material combustible), por lo que la configuración actual presenta un riesgo a la seguridad de la planta, ya que, en caso de ocurrir una falla eléctrica y que se produzca un arco eléctrico en alguno de los dispositivos de protección fijados a la pared de madera existe la posibilidad de un incendio en la instalación.

Además, algunos de los interruptores con fusible cuentan con valores de disparo diferentes a los establecidos por el dispositivo, por ejemplo, en la figura 45, se muestra un interruptor con fusible tipo cartucho con un valor de disparo 160 A, sin embargo, actualmente cuenta con fusibles de 125 A en 2 de sus fases, lo cual no es una práctica recomendable, ya que, de acuerdo con el artículo 240.60 (B), se debe evitar la implementación de fusibles de diferentes clases.



Figura 45. Combinación de fusibles en los interruptores
Fuente: Elaboración propia.

La instalación actual no cuenta con coordinación de protecciones y no se conoce cómo se comportaría el sistema en caso de una falla por corto circuito, por estas razones y las mencionadas anteriormente, se decide realizar un nuevo sistema de distribución que no presente un riesgo para la planta, en este nuevo sistema de distribución se realiza un análisis de cortocircuito y coordinación de protecciones, para así brindar seguridad y confiabilidad al sistema eléctrico de la planta.

Con la revisión de los tableros eléctricos en la instalación, se observó la gran cantidad de polvo que acumulan en su interior, esto es peligroso, pues, de acuerdo con el artículo 500.6(B)(3), el polvo producido por harinas se clasifica como polvo combustible. Según la norma NFPA 499 “Práctica recomendada para la clasificación de polvos combustibles y de ubicaciones peligrosas para instalaciones eléctricas”, el polvo de maíz y de soya que son dos de las materias primas utilizadas en la elaboración de los alimentos, son clasificados dentro del grupo G de polvos combustibles, los cuales presentan una temperatura de ignición de 250 °C y 190 °C respectivamente, por lo que, en caso de una falla donde se forme un arco eléctrico, se corre el riesgo de un incendio en la instalación.

Según el artículo 408.4 (A) del NEC 2014, los tableros eléctricos deben tener una identificación de los circuitos que alimenta el tablero, esta identificación se debe colocar en la parte frontal o en el interior de la puerta del panel, de los ocho tableros existentes en la planta ninguno cuenta con esta información, por lo que se realiza la identificación de los circuitos alimentados por los ocho tableros, para así poder facilitar las labores de mantenimiento cuando se presenten y cumplir los requerimientos estipulados en el artículo 408.4 (A) del NEC 2014.

Tablero TAV1		Planta de alimentos balanceados AVUGA			
Barras:	225A	Acometida:	3-1/0 AWF (F)-1-#1/0 AWG (N), 1-#4 AWG (T)		
Interruptor principal:	200 A	Alimentado desde:	TP		
Voltaje:	120/240 V				
N° Circuito	Descripción	Protección	Protección	Descripción	N° Circuito
1	Tomacorrientes bodega vitaminas	20A	50A	Salida especial comedor	2
3	Tomacorrientes vestidor	20A			4
5	Iluminación vestidor, cuarto compresor	LIBRE	20A	Tomacorriente elevador materia prima	6
7	Tomacorrientes cuarto compresor	20A	20A	Iluminación comedor	8
9	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	10
11	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	12
13	Tomacorrientes descarga materia prima	20A	LIBRE	LIBRE	14
15	Salida especial descarga materia prima	60A	LIBRE	LIBRE	16
17			LIBRE	LIBRE	18
19	LIBRE	LIBRE	40A	Salida especial cuarto compresores	20
21	LIBRE	LIBRE			22
23	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	24

Figura 46. Ejemplo de identificación de circuitos en tablero eléctrico TAV1
Fuente: Elaboración propia

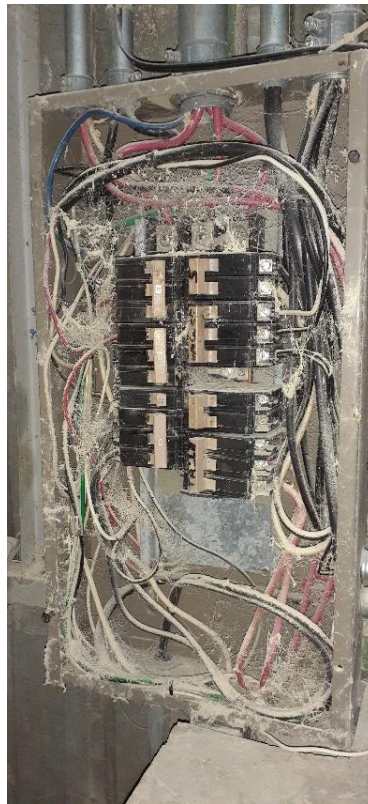


Figura 47. Estado de un tablero eléctrico de la planta
Fuente: Elaboración propia.

4.1 Nuevo sistema de distribución eléctrica

Para seleccionar correctamente las protecciones del sistema, se debe tomar en cuenta la carga de los circuitos ramales y los criterios del Código Eléctrico Nacional 2014 NEC NFPA70, para el dimensionamiento de los conductores, se considera el artículo 430.24, donde se dice que para los conductores que alimentan varios motores no deben tener una ampacidad inferior a la suma del 125 % de la corriente nominal del motor de mayor capacidad y la suma del 100 % de la corriente nominal de los demás motores, además del 100 % y 125 % para cargas no continuas y cargas continuas respectivamente.

Para el dimensionamiento de valores nominales para los dispositivos de protección contra cortocircuito, se debe tener en cuenta el artículo 430.52, donde se determina el porcentaje de la corriente nominal a la que será dimensionada la protección contra cortocircuito, dependiendo del tipo de protección ya sea fusible o disyuntor, en el caso de este proyecto, se utilizan los interruptores automáticos de tiempo inverso, los cuales deben ser dimensionados un 250 % respecto a la corriente a plena carga.

En el caso de la protección de un circuito alimentador para grupo de motores, se debe tener en cuenta el artículo 430.62 (A), donde establece que, para la protección de un grupo de motores, se toma el mayor valor de ampacidad de la protección del grupo de motores y, luego, se suma la corriente a plena carga del resto de motores de los ramales.

Ya con los valores nominales de las protecciones, se necesita conocer los valores de corriente de cortocircuito que se pueden presentar en el nuevo sistema de distribución eléctrica, para así poder especificar las protecciones a instalar y asegurar que tienen la capacidad interruptiva adecuada, en el caso de la presencia de una falla por corto circuito.

4.2 Análisis de cortocircuito

4.2.1 Solución manual

Como se mencionó en la sección 2.7, el cálculo manual de las corrientes de corto circuito se va a realizar por medio del método de los kVA equivalentes, posteriormente, se van a verificar los resultados por medio del uso de software. Tal como se indicó anteriormente, en el método de los kVA equivalentes se necesita conocer las principales fuentes de corriente de corto circuito, por lo que, a partir del diagrama mostrado en la figura 26, se obtiene un diagrama de kVA equivalentes, el cual se va a utilizar para ir colocando los valores de kVA de cada uno de los componentes del sistema.

Primeramente, se debe empezar a obtener los kVA equivalentes de aguas abajo hacia aguas arriba, hasta llegar a la red de alimentación del sistema, una vez que se obtienen todos estos valores se procede a realizar el mismo procedimiento, pero esta vez desde aguas arriba hacia aguas abajo.

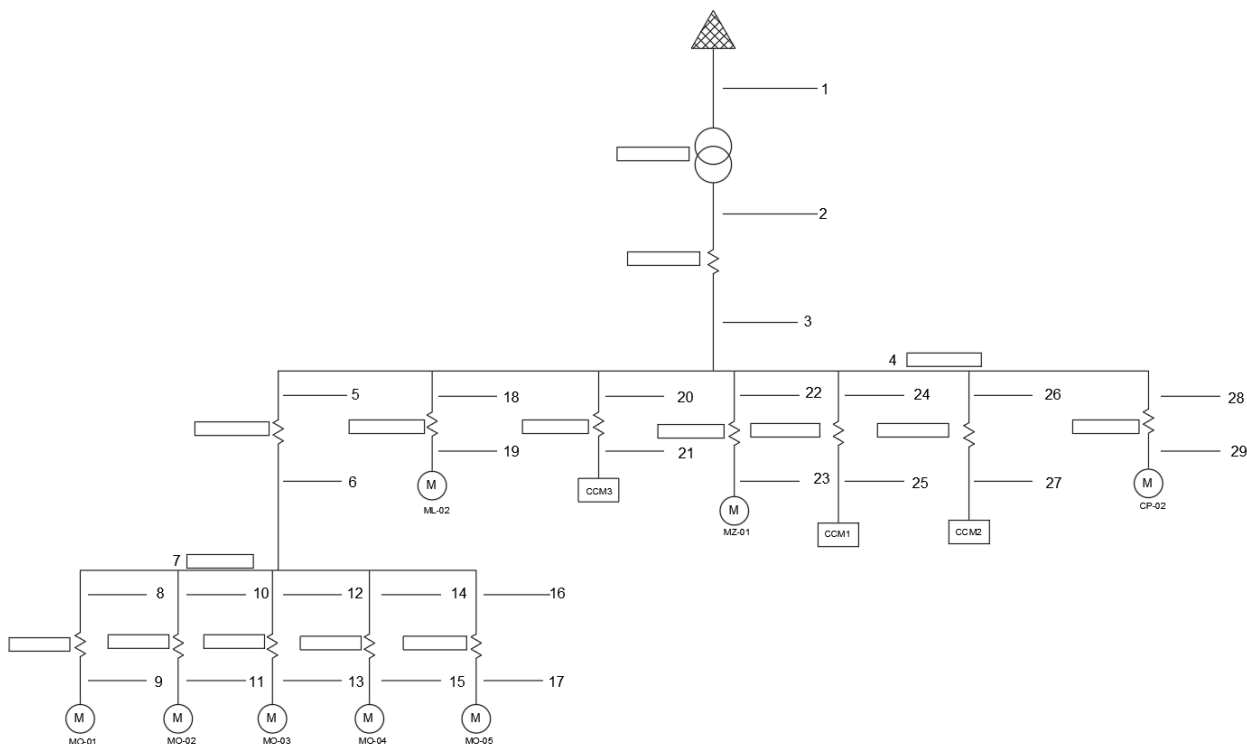


Figura 48. Diagrama unifilar kVA equivalentes
Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el diagrama de kVA equivalentes, se procede a calcular los kVA de cada componente mostrado en el diagrama de aguas abajo hacia aguas arriba, para obtener estos valores se utilizan las fórmulas de la sección 2.7. Para el cálculo de los kVA del centro de control de motores 1, primeramente, se deben obtener los kVA de cada motor que conforman este centro de control de motores, estos valores se muestran en la tabla 3. Una vez obtenidos los valores de cada motor, se obtienen los valores de kVA de cada conductor que alimenta a su respectivo motor, en el caso de los conductores, se utiliza la siguiente nomenclatura para su codificación.

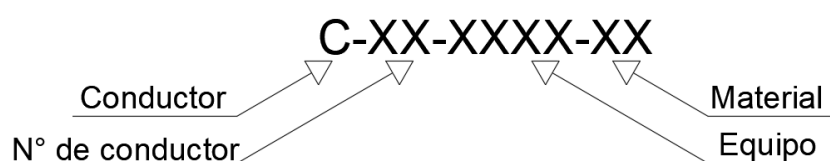


Figura 49. Codificación de los conductores

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2019

Tabla 3. Valores kVA de los motores CCM1

CCM	Código del motor	Potencia (kVA)	Reactancia sub transitoria	kVA
CCM1	TR-01	3	0.20	15
CCM1	TR-02	3	0.20	15
CCM1	TR-03	3	0.20	15
CCM1	TR-04	3	0.20	15
CCM1	TR-05	3	0.20	15
CCM1	TR-06	10	0.20	50
CCM1	TR-07	3	0.20	15
CCM1	TR-08	3	0.20	15
CCM1	TR-11	10	0.20	50
CCM1	EL-01	10	0.20	50
CCM1	EL-02	10	0.20	50
CCM1	EL-04	5	0.20	25
CCM1	AG-04	1	0.20	5
CCM1	AG-05	1	0.20	5
CCM1	ML-01	75	0.17	441.176
CCM1	CP-01	20	0.20	100
CCM1	VC-01	1	0.20	5

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4, se muestran los datos necesarios para el cálculo de los kVA de los conductores, para conocer la longitud de cada conductor se tomaron las medidas a partir del plano de distribución de los equipos eléctricos, tomando como inicio la ubicación del centro de control de motores 1 y final de la medición la ubicación física del equipo en la planta.

Tabla 4. Valores kVA de los conductores de CCM1

Código del conductor	Longitud (km)	Calibre (AWG/kcmil)	Tensión (kV)	Número de conductores	Impedancia	kVA
C-01-TR-01-Cu	0.0221	#12	0.24	1	6.0726	429.1938
C-02-TR-02-Cu	0.0084	#12	0.24	1	6.0726	1129.1885
C-03-TR-03-Cu	0.0233	#12	0.24	1	6.0726	407.0894
C-04-TR-04-Cu	0.0192	#12	0.24	1	6.0726	494.0200
C-05-TR-05-Cu	0.0264	#12	0.24	1	6.0726	359.2873
C-06-TR-06-Cu	0.0721	#6	0.24	1	1.4835	538.5228
C-07-TR-07-Cu	0.0483	#12	0.24	1	6.0726	196.3806
C-08-TR-08-Cu	0.0214	#12	0.24	1	6.0726	443.2329
C-12-TR-11-Cu	0.0185	#10	0.24	1	3.5889	867.5357
C29-EL-01-Cu	0.0461	#10	0.24	1	3.5889	348.1434
C30-EL-02-Cu	0.0482	#10	0.24	1	3.5889	332.9753
C32-EL-04-Cu	0.0364	#12	0.24	1	6.0726	260.5820
C47-AG-04-Cu	0.0273	#12	0.24	1	6.0726	347.4426
C48-AG-05-Cu	0.0286	#12	0.24	1	6.0726	331.6498
C53-ML-01-Cu	0.0225	#2	0.24	1	0.6116	4185.6947
C56-CP-01-Cu	0.0173	#10	0.24	1	3.5889	927.7115
C57-VC-01-Cu	0.0174	#12	0.24	1	6.0726	545.1255

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores de kVA obtenidos para cada uno de los motores y conductores, se procede a simplificar el circuito, como los cables están en serie con los motores, sus kVA se suman en paralelo, para así poder obtener los kVA equivalentes del motor y conductor. Esta operación se realiza para todos los motores y conductores, dando como resultado los datos mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Valores kVA equivalentes de los ramales de CCM1

Ramal	Elemento	kVA individuales	kVA equivalentes
1	TR-01	15	14.493
	C-01-TR-01-Cu	429.194	
2	TR-02	15	14.803
	C-02-TR-02-Cu	1129.189	
3	TR-03	15	14.467
	C-03-TR-03-Cu	407.089	
4	TR-04	15	14.558
	C-04-TR-04-Cu	494.020	
5	TR-05	15	14.399
	C-05-TR-05-Cu	359.287	
6	TR-06	50	45.752
	C-06-TR-06-Cu	538.523	
7	TR-07	15	13.936
	C-07-TR-07-Cu	196.381	
8	TR-08	15	14.509
	C-08-TR-08-Cu	443.233	
9	TR-11	10	9.886
	C-12-TR-11-Cu	867.536	
10	EL-01	50	43.721
	C29-EL-01-Cu	348.143	
11	EL-02	50	43.472
	C30-EL-02-Cu	332.975	
12	EL-04	25	22.811
	C32-EL-04-Cu	260.582	
13	AG-04	5	4.929
	C47-AG-04-Cu	347.443	
14	AG-05	5	4.926
	C48-AG-05-Cu	331.650	
15	ML-01	441.18	399.110
	C53-ML-01-Cu	4185.695	
16	CP-01	100	90.270
	C56-CP-01-Cu	927.712	
17	VC-01	5	4.955
	C57-VC-01-Cu	545.125	

Fuente: Elaboración propia.

Con los kVA equivalentes de cada ramal del CCM1, ya se pueden simplificar sumando los kVA de los ramales, como si fuera una conexión en serie, obteniendo así el valor de kVA equivalentes del CCM1, el cual se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Valores kVA equivalentes de la barra de CCM1

Ramal	kVA ramal	kVA barra
1	14.493	770.997
2	14.803	
3	14.467	
4	14.558	
5	14.399	
6	45.752	
7	13.936	
8	14.509	
9	9.886	
10	43.721	
11	43.472	
12	22.811	
13	4.929	
14	4.926	
15	399.11	
16	90.27	
17	4.955	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 6, se puede observar que los kVA equivalentes del CCM1 son iguales a 770.997 kVA. Este valor se agrega al diagrama de kVA equivalentes mostrado anteriormente. Para el cálculo de los CCM2 y CCM3, se sigue un procedimiento similar al mostrado en CCM1, por lo que los resultados obtenidos se muestran a continuación. Para el CCM2 los kVA equivalentes de los motores se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Valores de kVA de los motores de CCM2.

CCM	Código del motor	Potencia kVA	Reactancia sub transitoria	kVA
CCM2	TR-09	3	0.20	15
CCM2	TR-10	5	0.20	25
CCM2	TR-12	2	0.20	10
CCM2	TR-13	5	0.20	25
CCM2	TR-14	3	0.20	15
CCM2	TR-15	3	0.20	15
CCM2	TR-16	3	0.20	15
CCM2	TR-17	3	0.20	15
CCM2	TR-18	3	0.20	15

CCM2	TR-19	3	0.20	15
CCM2	TR-20	3	0.20	15
CCM2	TR-21	3	0.20	15
CCM2	TR-22	3	0.20	15
CCM2	TR-23	5	0.20	25
CCM2	TC-24	5	0.20	25
CCM2	EL-05	5	0.20	25
CCM2	EL-06	3	0.20	15
CCM2	AG-01	7.5	0.20	37.5
CCM2	AG-02	3	0.20	15
CCM2	AG-03	1	0.20	5
CCM2	MB-01	3	0.20	15
CCM2	MB-02	5.5	0.20	27.5
CCM2	MB-03	10	0.20	50
CCM2	LM-01	15	0.20	75
CCM2	DS-01	1	0.20	5
CCM2	DS-02	0.5	0.20	2.5

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, se obtienen los valores de kVA de cada conductor que alimenta a los motores de CCM2, utilizando la misma codificación para los conductores.

Tabla 8. Valores kVA de los conductores de CCM2

Código del conductor	Longitud (km)	Calibre (AWG/kcmil)	Tensión (kV)	Número de conductores	Impedancia	kVA
C-09-TR-09-Cu	0.0392	#12	0.24	1	6.0726	241.9690
C-10-TR-10-Cu	0.0313	#10	0.24	1	3.5889	512.7607
C-13-TR-12-Cu	0.0386	#12	0.24	1	6.0726	245.7301
C-13-TR-13-Cu	0.0312	#10	0.24	1	3.5889	514.4042
C-14-TR-14-Cu	0.0264	#12	0.24	1	6.0726	359.2873
C15-TR-15-Cu	0.0268	#12	0.24	1	6.0726	353.9248
C16-TR-16-Cu	0.0277	#12	0.24	1	6.0726	342.4254
C17-TR-17-Cu	0.0273	#12	0.24	1	6.0726	347.4426
C18-TR-18-Cu	0.0282	#12	0.24	1	6.0726	336.3540
C19-TR-19-Cu	0.0293	#12	0.24	1	6.0726	323.7264
C20-TR-20-Cu	0.0297	#12	0.24	1	6.0726	319.3664
C21-TR-21-Cu	0.0296	#12	0.24	1	6.0726	320.4454
C22-TR-22-Cu	0.0287	#12	0.24	1	6.0726	330.4942
C23-TR-23-Cu	0.0235	#12	0.24	1	6.0726	403.6248
C24-TC-24-Cu	0.0218	#12	0.24	1	6.0726	435.1002
C33-EL-05-Cu	0.0423	#12	0.24	1	6.0726	224.2360
C34-EL-06-Cu	0.0415	#12	0.24	1	6.0726	228.5586

C44-AG-01-Cu	0.0423	#10	0.24	1	3.5889	379.4187
C45-AG-02-Cu	0.0434	#12	0.24	1	6.0726	218.5526
C46-AG-03-Cu	0.0452	#12	0.24	1	6.0726	209.8492
C49-MB-01-Cu	0.0651	#12	0.24	1	6.0726	145.7017
C50-MB-02-Cu	0.0392	#12	0.24	1	6.0726	241.9690
C51-MB-03-Cu	0.0394	#10	0.24	1	3.5889	407.3454
C59-LM-01-Cu	0.0194	#10	0.24	1	3.5889	827.2892
C61-DS-01-Cu	0.0372	#12	0.24	1	6.0726	254.9781
C63-DS-02-Cu	0.0391	#12	0.24	1	6.0726	242.5878

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de los kVA de los motores y conductores, se simplifica el circuito sumando en paralelo kVA de cada elemento, para así obtener los kVA equivalentes de cada ramal del CCM2.

Tabla 9. Valores kVA equivalentes de los ramales de CCM2

Ramal	Elemento	kVA individuales	kVA equivalentes
1	TR-09	15.0000	14.1244
	C-09-TR-09-Cu	241.9690	
2	TR-10	25.0000	23.8378
	C-10-TR-10-Cu	512.7607	
3	TR-12	10.0000	9.6090
	C-13-TR-12-Cu	245.7301	
4	TR-13	25.0000	23.8413
	C-13-TR-13-Cu	514.4042	
5	TR-14	15.0000	14.3989
	C-14-TR-14-Cu	359.2873	
6	TR-15	15.0000	14.3901
	C15-TR-15-Cu	353.9248	
7	TR-16	15.0000	14.3705
	C16-TR-16-Cu	342.4254	
8	TR-17	15.0000	14.3792
	C17-TR-17-Cu	347.4426	
9	TR-18	15.0000	14.3596
	C18-TR-18-Cu	336.3540	
10	TR-19	15.0000	14.3357
	C19-TR-19-Cu	323.7264	

11	TR-20	15.0000	14.3271
	C20-TR-20-Cu	319.3664	
12	TR-21	15.0000	14.3292
	C21-TR-21-Cu	320.4454	
13	TR-22	15.0000	14.3488
	C22-TR-22-Cu	330.4942	
14	TR-23	25.0000	23.5418
	C23-TR-23-Cu	403.6248	
15	TC-24	25.0000	23.6416
	C24-TC-24-Cu	435.1002	
16	EL-05	25.0000	22.4923
	C33-EL-05-Cu	224.2360	
17	EL-06	15.0000	14.0762
	C34-EL-06-Cu	228.5586	
18	AG-01	37.5000	34.1270
	C44-AG-01-Cu	379.4187	
19	AG-02	15.0000	14.0366
	C45-AG-02-Cu	218.5526	
20	AG-03	5.0000	4.8836
	C46-AG-03-Cu	209.8492	
21	MB-01	15.0000	13.5999
	C49-MB-01-Cu	145.7017	
22	MB-02	27.5000	24.6936
	C50-MB-02-Cu	241.9690	
23	MB-03	50.0000	44.5337
	C51-MB-03-Cu	407.3454	
24	LM-01	75.0000	68.7659
	C59-LM-01-Cu	827.2892	
25	DS-01	5.0000	4.9038
	C61-DS-01-Cu	254.9781	
26	DS-02	2.5000	2.4745
	C63-DS-02-Cu	242.5878	

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores de los kVA de los ramales del CCM2, se obtienen los kVA equivalentes del CCM2, sumando en serie cada uno de los ramales, obteniendo así los valores mostrados en la tabla 10.

Tabla 10. Valores kVA de la barra de CCM2

Ramal	kVA ramal	kVA barra
1	14.1240	496.4160
2	23.8370	
3	9.6080	
4	23.8410	
5	14.3980	
6	14.3900	
7	14.3710	
8	14.3790	
9	14.3590	
10	14.3350	
11	14.3270	
12	14.3290	
13	14.3480	
14	23.5410	
15	23.6410	
16	22.4920	
17	14.0760	
18	34.1270	
19	14.0370	
20	4.8840	
21	13.6000	
22	24.6940	
23	44.5340	
24	68.7660	
25	4.9040	
26	2.4740	

Fuente: Elaboración propia.

Para el CCM3, los kVA equivalentes de los motores se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Valores kVA de los motores de CCM3

CCM	Código del motor	Potencia kVA'S	Reactancia sub transitoria	kVA
CCM3	TR-25	7.5	0.2	37.50
CCM3	TR-26	7.5	0.2	37.50
CCM3	TR-27	3	0.2	15.00
CCM3	TR-28	3	0.2	15.00
CCM3	EL-03	2	0.2	10.00
CCM3	EL-07	5.5	0.2	27.50

CCM3	EL-08	3	0.2	15.00
CCM3	EL-09	5.5	0.2	27.50
CCM3	MO-06	1	0.2	5.00
CCM3	MB-04	5.5	0.2	27.50

Fuente: Elaboración propia.

Los kVA equivalentes de cada conductor del CCM3 se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Valores kVA de los conductores de CCM3

Código del conductor	Longitud (km)	Calibre (AWG/kcmil)	Tensión (kV)	Número de conductores	Impedancia	kVA
C25-TR-25-Cu	0.0292	#10	0.24	1	3.5889	549.6373
C26-TR-26-Cu	0.0213	#10	0.24	1	3.5889	753.4934
C27-TR-27-Cu	0.0231	#12	0.24	1	6.0726	410.6140
C28-TR-28-Cu	0.0055	#12	0.24	1	6.0726	1724.5788
C31-EL-03-Cu	0.0124	#12	0.24	1	6.0726	764.9342
C35-EL-07-Cu	0.0394	#12	0.24	1	6.0726	240.7407
C36-EL-08-Cu	0.0317	#12	0.24	1	6.0726	299.2171
C37-EL-09-Cu	0.0063	#12	0.24	1	6.0726	1505.5847
C43-MO-06-Cu	0.0217	#12	0.24	1	6.0726	437.1052
C52-MB-04-Cu	0.0316	#12	0.24	1	6.0726	300.1640

Fuente: Elaboración propia.

Con los kVA de los motores y conductores, se obtienen los kVA equivalentes de cada ramal, sumando los valores en paralelo.

Tabla 13. Valores kVA equivalentes de los ramales de CCM2

Ramal	Elemento	kVA individuales	kVA equivalentes
1	TR-25	37.5000	35.1049
	C25-TR-25-Cu	549.6373	
2	TR-26	37.5000	35.7222
	C26-TR-26-Cu	753.4934	
3	TR-27	15.0000	14.4714
	C27-TR-27-Cu	410.6140	
4	TR-28	15.0000	14.8707
	C28-TR-28-Cu	1724.5788	
5	EL-03	10.0000	9.8710
	C31-EL-03-Cu	764.9342	

6	EL-07	27.5000	24.6807
	C35-EL-07-Cu	240.7407	
7	EL-08	15.0000	14.2839
	C36-EL-08-Cu	299.2171	
8	EL-09	27.5000	27.0067
	C37-EL-09-Cu	1505.5847	
9	MO-06	5.0000	4.9435
	C43-MO-06-Cu	437.1052	
10	MB-04	27.5000	25.1920
	C52-MB-04-Cu	300.1640	

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos en cada ramal de CCM3, se obtiene el equivalente de la barra, sumando los valores en serie.

Tabla 14. Valores kVA de la barra de CCM3

Ramal	kVA ramal	kVA barra
1	35.1050	206.147
2	35.7220	
3	14.4710	
4	14.8710	
5	9.8710	
6	24.6810	
7	14.2840	
8	27.0070	
9	4.9430	
10	25.1920	

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de kVA de las barras de cada centro de control de motores se anotan en el diagrama de kVA equivalentes y se procede a calcular, de igual manera, los kVA equivalentes hasta llegar a la red de alimentación. Cabe destacar que, debido a que el procedimiento del método de los kVA, los cálculos se inician de aguas abajo hacia aguas arriba de la red, los kVA equivalentes de cada sección del sistema se anotan en la parte inferior de la sección enumerada del diagrama de kVA equivalente. Por lo que el resto de kVA equivalentes del sistema se calculan de igual manera a la de los centros de control de motores, la única diferencia es que, en el caso del transformador o la red de alimentación, los kVA se obtienen utilizando las respectivas fórmulas de la sección 2.7.

Los kVAcc de la red, tal como se mencionó anteriormente, se deben solicitar a la compañía distribuidora, en este caso el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), los valores que brindó la compañía no fueron kVAcc, sino I_{cc} con sus respectivas componentes, por ello, los kVAcc se deben calcular con la fórmula 3 de la sección 2.7, obteniendo así un valor de 178 191.655 kVA, este valor se coloca en la parte inferior del punto 1 del diagrama de kVA equivalentes. A partir de este valor, se comienzan a realizar los cálculos de aguas arriba hacia aguas abajo, obteniendo así un valor único de kVA en cada uno de los 29 puntos calculados del diagrama. Dando como resultados los valores mostrados en la figura 50.

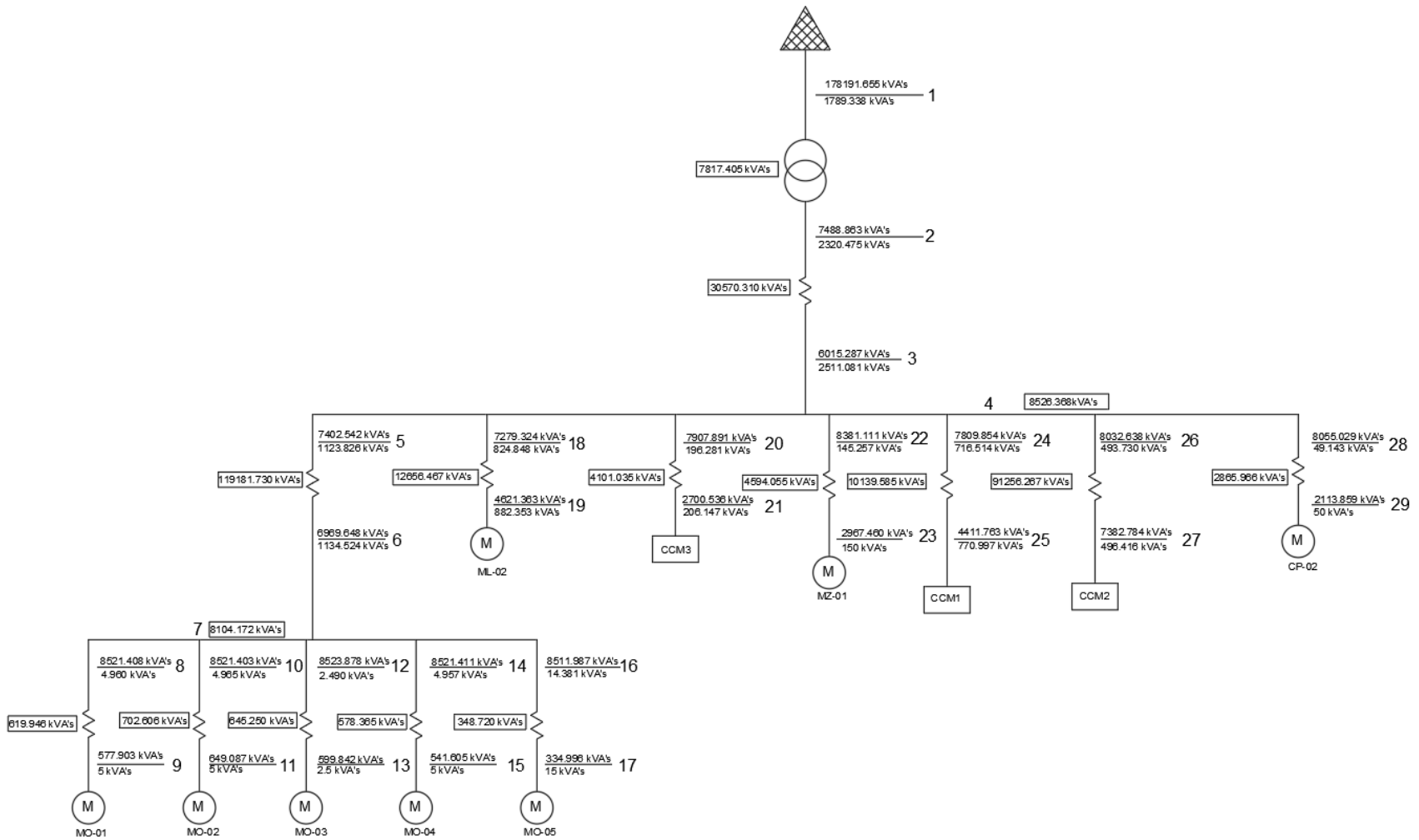


Figura 50. Valores de kVA's en los 29 puntos calculados

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2019

4.2.2 Solución por software

Para realizar el análisis de cortocircuito mediante el uso de software, es necesario introducir el circuito que se va a analizar, por lo que se dibuja el circuito en el software. Se deben tomar en cuenta las especificaciones de los componentes con los que cuenta el circuito, tales como los conductores con su respectivo calibre y longitud. En caso de que existan varios conductores por fase, también se debe especificar en el programa, se deben especificar las características de las cargas, como motores, transformadores, red de alimentación, entre otros.

En el caso de la red de alimentación, se deben introducir los valores brindados por la compañía distribuidora, tales como la tensión de la red, corrientes de corto circuito trifásica con su relación X/R ANSI, corrientes de corto circuito monofásica con su relación X/R ANSI. Ya con el circuito implementado en el software, se procede a realizar el análisis de cortocircuito, se deben indicar los puntos del circuito en los cuales se van a presentar las fallas, además, se debe especificar el estándar a utilizar para el análisis, en este caso, es el estándar ANSI, asimismo, se debe escoger el tipo de falla que se va a simular, en este caso, se va a utilizar la falla trifásica, esto debido a que es la falla que presenta mayor valor de corrientes de corto circuito. Una vez especificados los parámetros descritos anteriormente, se simula la falla y se obtienen los valores de corrientes de corto circuito en cada punto que se indicó.

4.2.3 Comparación de resultados por método manual y software

Para conocer qué tan cercanos se encuentran los valores entre cada método, se realiza una comparación tomando el porcentaje de error que existe entre cada uno de los resultados obtenidos en cada punto, estos resultados se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Valores de kVA en los 29 puntos calculados.

	Solución manual (kA)	Solución por software (kA)	% Error
1	3.0119	3.0090	0.0978
2	23.5976	22.7330	3.8033
3	20.5113	19.0870	7.4619
4	20.5113	19.0870	7.4619

5	20.5113	19.0870	7.4619
6	19.4956	17.9570	8.5683
7	19.4956	17.9570	8.5683
8	20.5113	19.0870	7.4619
9	1.4022	1.3450	4.2563
10	20.5113	19.0870	7.4619
11	1.5735	1.5170	3.7237
12	20.5113	19.0870	7.4619
13	1.4490	1.3950	3.8717
14	20.5113	19.0870	7.4619
15	1.3149	1.2580	4.5252
16	20.5113	19.0870	7.4619
17	0.8420	0.7790	8.0821
18	19.4956	17.9570	8.5683
19	13.2399	11.2990	17.1775
20	19.4956	17.9570	8.5683
21	6.9924	6.3370	10.3423
22	20.5113	19.0870	7.4619
23	7.4994	7.3610	1.8808
24	20.5113	19.0870	7.4619
25	12.4678	11.4480	8.9080
26	20.5113	19.0870	7.4619
27	18.9544	17.7060	7.0508
28	19.4956	17.9570	8.5683
29	5.2054	5.3140	2.0430

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, en la tabla 15 los porcentajes de error varían desde un 0,097 % hasta un 17,17 %, esto tomando en cuenta que el software posee capacidad para obtener datos más precisos, ya que cuenta con diferentes variables, tales como caídas de tensión en los diferentes tramos y estándares para el cálculo de las corrientes, en este caso, utilizando el estándar ANSI/IEEE C37.

La mayoría de los valores mostrados en la tabla 15 tienen mayor magnitud con la solución manual que los mostrados por el software, por lo que, si se diseña el sistema con estos valores de la solución manual, se protege al sistema con los valores reales que se podrían presentar, tomando los valores del software como los más acercados a la realidad.

4.3 Coordinación de protecciones

Como parte de un correcto diseño del sistema de distribución eléctrica en la empresa AVUGA, se deben seleccionar correctamente las protecciones para asegurar que los equipos tienen la capacidad de soportar las corrientes de cortocircuito y mitigar las fallas que se puedan presentar en el sistema, también es necesario para verificar que la capacidad de los conductores es la adecuada y se encuentran protegidos ante una eventual falla. El Código Eléctrico Nacional 2014 NEC NFPA-70, en su artículo 240.12 dice:

Cuando se requiera una interrupción programada para reducir al mínimo el riesgo o riesgos para las personas y equipos para las personas y equipos, debe permitirse un sistema de coordinación basado en las coordinaciones siguientes:

- Protección coordinada contra corto circuitos.
- Indicación de sobrecarga mediante sistema o dispositivos de monitoreo.

Con la coordinación de protecciones, además de las razones mencionadas anteriormente, se busca que, en caso de una falla, el sistema desconecte el ramal donde se presente el evento y no desconecte toda la red, para así evitar el paro innecesario en diferentes áreas.

Para la coordinación, se analizan las curvas TCC de los disyuntores a implementar, con el fin de asegurar que las protecciones elegidas no se disparen en condiciones no deseadas, como las corrientes de arranque de un motor, por ejemplo, y asegurar la selectividad de las protecciones en el sistema.

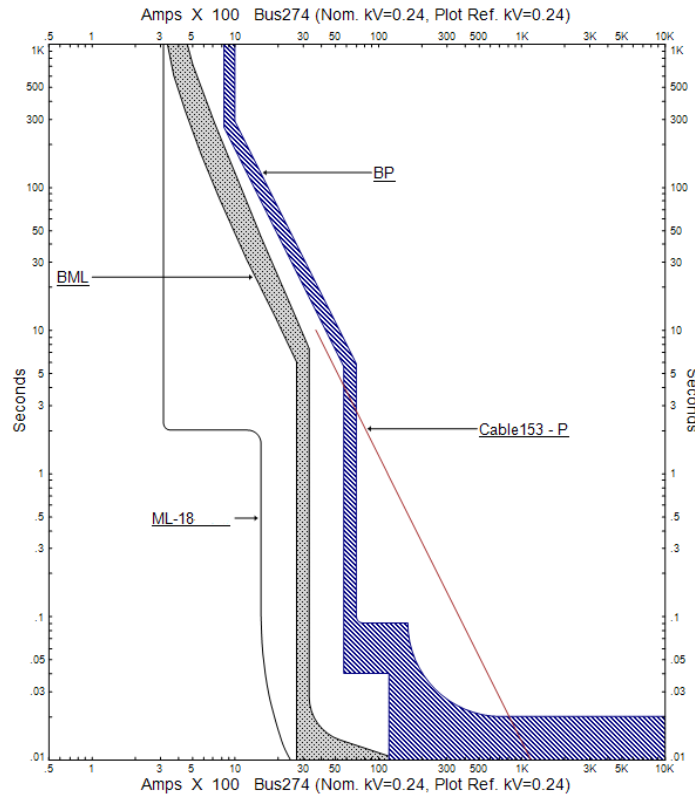


Figura 51. Coordinación de protecciones circuito ramal motor del molino
 Fuente: Software ETAP

En la figura anterior, se observa la coordinación de protecciones para el circuito ramal, donde se ubica el motor del molino, el disyunto BML corresponde a un disyuntor marca EATON modelo KD3400, con una capacidad interruptiva de 65 kA, que se ubica aguas arriba del motor del molino en la curva TCC de este disyuntor se observa que no existe interferencia para la corriente de arranque del motor, además de que protege al cable del cual es alimentado el equipo. La curva TCC del disyuntor BP corresponde al interruptor principal del sistema de distribución eléctrica, este disyuntor es marca EATON, modelos NGS312033E con una capacidad interruptiva de 65 kA, esta curva TCC no interfiere con el interruptor BML, por lo tanto, con las condiciones mencionadas, se concluye que la coordinación es correcta.

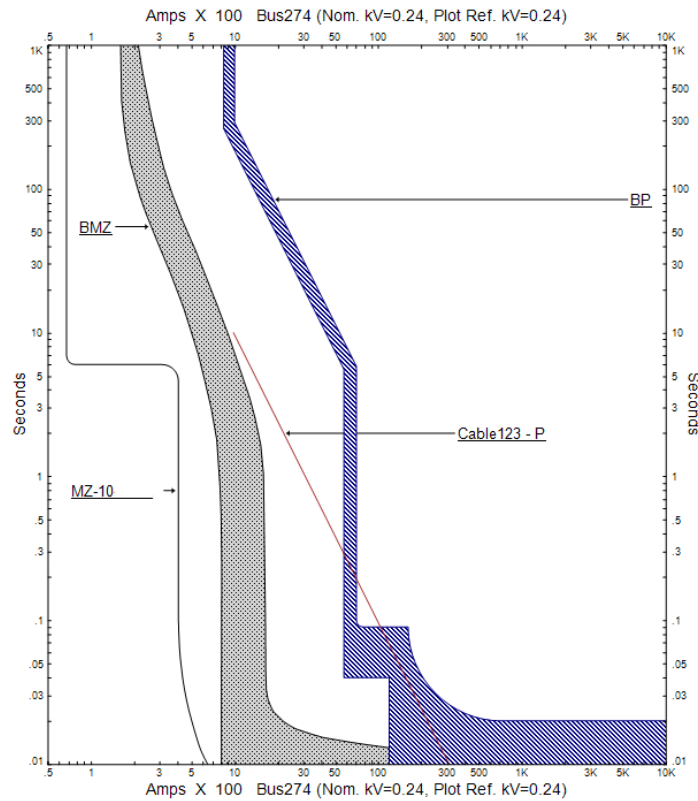


Figura 52. Coordinación de protecciones circuito ramal motor de mezcladora
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se muestran las curvas TCC del disyuntor BMZ y BP, el disyuntor BMZ marca EATON modelo FD3150 corresponde a la protección que se encuentra aguas arriba del motor de la mezcladora, se observa que el dispositivo protege al cable que alimenta al motor de la mezcladora y, además, no interseca la curva de corriente de arranque del motor MZ-10, el disyuntor BP corresponde al interruptor principal del sistema de distribución. Con las mismas características mencionadas en la coordinación anterior, se observa que existe un traslape en las curvas TCC, pero se despeja la falla en la zona instantánea, por lo que se concluye que la coordinación es correcta.

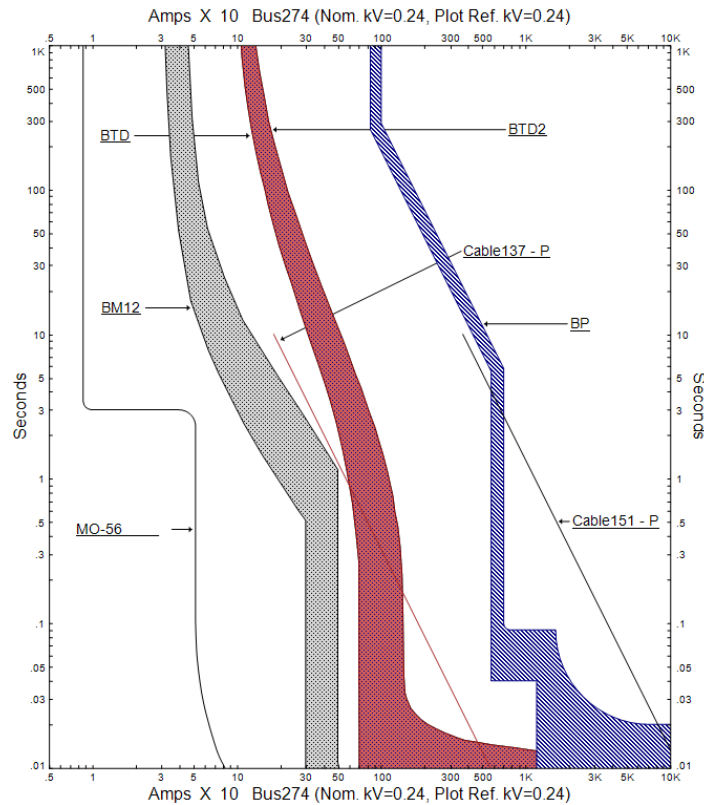


Figura 53. Coordinación de protecciones circuito ramal motor de extractor de polvo
Fuente: Software ETAP

La figura anterior muestra la mayor cantidad de niveles a coordinar, esto debido a que se empieza con el interruptor aguas arriba del motor del extractor de polvo, el disyuntor BM12 marca EATON, modelo FD3030 con una capacidad interruptiva de 65kA, en este disyuntor, se puede observar que protege al cable 137-P y no se acciona con la corriente de arranque del motor, seguido de este disyuntor, se encuentra el interruptor BTD y BTD2. Estos interruptores tienen la misma curva TCC, debido a que es el mismo equipo, disyuntor marca EATON modelo FD3100, estos disyuntores se encuentran en serie, debido a que el disyuntor BTD se encuentra en el gabinete de potencia (tablero principal, TP) y el interruptor BTD2 es el interruptor principal del tablero de distribución secundario, el cual se encuentra a una distancia de 20 metros aproximadamente, por lo que se instala otro interruptor principal en este tablero secundario. De igual manera, se observa que la curva TCC de las protecciones BTD y BTD2 protegen al cable 151-P, el cual conecta el disyuntor BTD con BTD2, finalmente, se observa el interruptor BP, el cual corresponde al interruptor principal del sistema de distribución, la curva TCC de este interruptor se traslapa con la curva de los

interruptores BTD y BTD2 en la zona instantánea, por lo que se concluye que la coordinación de protecciones es correcta.

De igual forma, se verifican las demás cargas del sistema de distribución eléctrica para así poder seleccionar las protecciones adecuadas y garantizar que, en caso de una falla, van a soportar las corrientes de cortocircuito, mitigar la falla y afectar la menor cantidad de circuitos ramales en la red (en el anexo 1 se muestra el resumen de protecciones a instalar).

4.4 Tablero eléctrico propuesto

Para la sustitución del sistema eléctrico actual, se propone un tablero eléctrico de la marca EATON, modelo Pow-R-Line 4, para dimensionar el tablero correctamente se brinda la información con las protecciones correspondientes al departamento de ingeniería de la empresa EATON y se obtiene la distribución de las protecciones en el tablero eléctrico PRL4.

Pow-R-Line 4



***PRL4B
Circuit Breaker
Panelboard***

Figura 54. Tablero de distribución PRL4
Fuente: EATON

La información del sistema de distribución propuesto se muestra en el anexo 1, con las modificaciones propuestas en el presente proyecto se modifica el diagrama unifilar de la empresa, dando como resultado el siguiente diagrama unifilar.

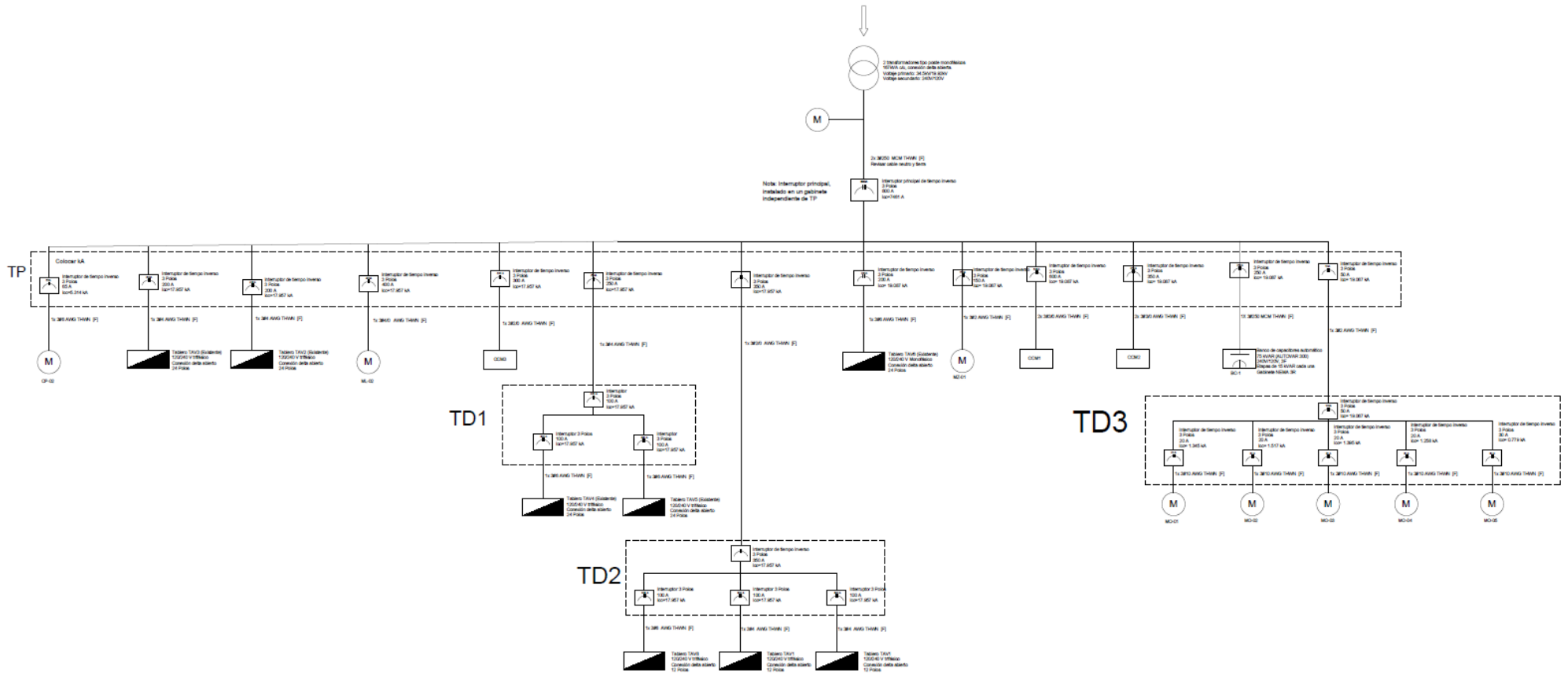


Figura 55. Diagrama unifilar propuesto
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2019

4.5 Propuesta para corrección del bajo factor de potencia

5 De acuerdo con la sección 3 “Estado actual de la instalación eléctrica”, se observa que el factor de potencia de la empresa tiene un valor de 0.75, lo cual es un factor de potencia bajo, ya que, tal como se mencionó en la sección 2.9, la norma técnica “Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión” (AR-NT-SUCOM) establece que se aplicará una multa por bajo de factor de potencia, cuando la demanda máxima sea menor o igual que 1000 kW y el factor de potencia sea inferior a 0,90 o, cuando la demanda máxima sea mayor que 1000 kW y menor o igual que 5000 kW y el factor de potencia sea inferior a 0,95 o cuando la demanda máxima sea mayor que 5000 kW y el factor de potencia sea inferior a 0,98. Por lo que, de acuerdo con esta norma técnica, la empresa AVUGA debe tener un factor de potencia mayor a 0.90, lo cual actualmente no se está logrando, con la información de los recibos eléctricos se tienen los siguientes datos:

Tabla 16. Valores factor de potencia en el año 2019

Mes	Valor factor de potencia
Enero 2019	0.82
Febrero 2019	0.83
Marzo 2019	0.83
Abril 2019	0.72
Mayo 2019	0.71
Junio 2019	0.72
Julio 2019	0.73
Agosto 2019	0.74
Septiembre 2019	0.73
Octubre 2019	0.74
Noviembre 2019	0.72
Diciembre 2019	0.73

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestran los valores de factor de potencia registrados en la factura eléctrica de la empresa, obteniendo como valor mínimo registrado un factor de potencia de 0.71 en el mes de mayo. Además, se observa que, durante todo el año 2019, la empresa tuvo que pagar una multa por bajo de factor de potencia, ya que en ningún momento se registró el valor de 0.9 requerido.

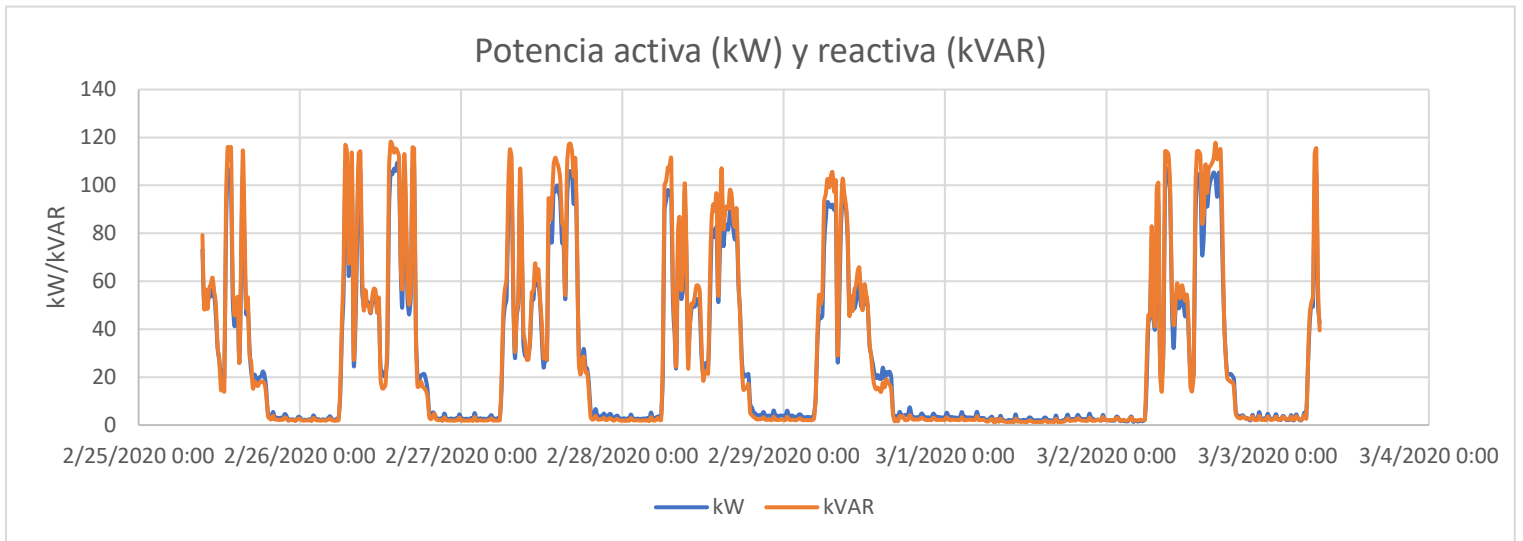


Figura 56. Potencia activa (kW) y reactiva (kVAR) en la empresa AVUGA

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se observa el comportamiento de la potencia activa y reactiva durante el período que estuvo conectado el equipo de medición eGauge 4115, se observan valores de potencia activa y reactiva similares, lo cual es un indicio de bajo factor de potencia, pues, de acuerdo con el triángulo de potencias, se tiene un bajo factor de potencia cuando la potencia activa y reactiva tienen valores similares o cuando la potencia reactiva tiene valores mayores que la potencia activa, esto debido a que el fp es igual a $\cos\theta$.

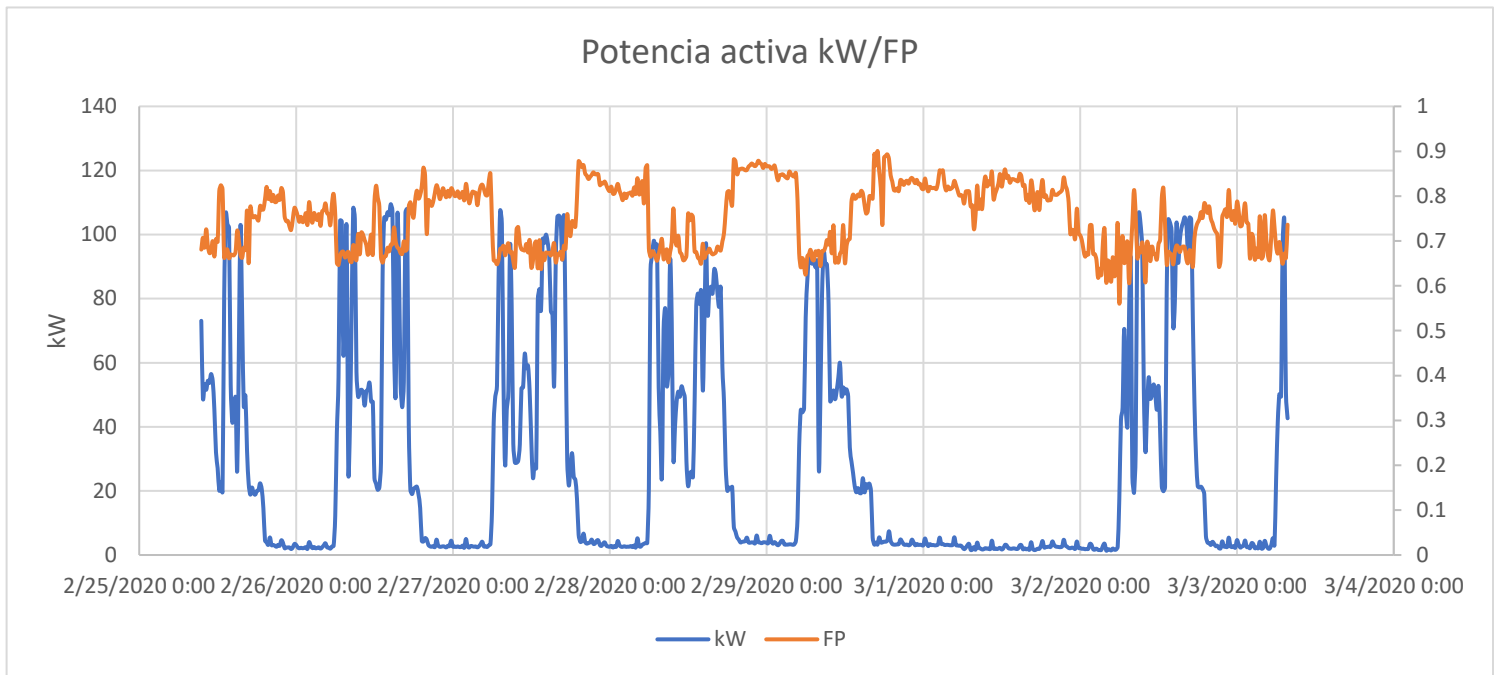


Figura 57. Potencia activa (kW)/FP
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se puede observar que el factor de potencia disminuye cuando la demanda de potencia activa aumenta, esto se debe a que la mayoría de las cargas en la empresa son de tipo inductivo y existen varios equipos que están trabajando con poca carga y con bajas eficiencias lo que afecta el factor de potencia.

Como no se tiene un control sobre el factor de potencia, se propone una compensación central con un banco de capacitores automático, se escoge este tipo de configuración para el banco de capacitores, debido a que las cargas en la empresa son variables y existe una cantidad considerable de equipos inductivos como para considerar en una compensación individual en cada motor. Se propone un banco de capacitores automático con las siguientes características:

Tabla 17. Características del banco de capacitores a instalar

Capacidad del banco de capacitores (kVAR)	75
Cantidad de etapas	5
Etapas 1 (kVAR)	5
Etapas 2 (kVAR)	10

Etapa 3 (kVAR)	15
Etapa 4 (kVAR)	20
Etapa 5 (kVAR)	25
Voltaje (V)	240
Fases	3

Fuente: Elaboración propia

Se elige el valor de estas etapas para así poder satisfacer las diferentes demandas que se puedan presentar en la empresa, ya que, si se dimensionan pocos pasos y grandes valores de kVAR en cada etapa, queda un rango amplio sin cubrir por cada etapa, por ejemplo, si se utilizan solo 3 etapas con un valor de 25 kVAR cada una y el sistema eléctrico necesita solamente 35 kVAR con esta configuración, no va a ser posible llegar a este valor o alguno cercano. Los cálculos realizados para el dimensionamiento del banco de capacitores se muestran en el apéndice 1.

Capítulo 5.

Evaluación energética de la planta de alimentos balanceados

Para el desarrollo de la evaluación energética, es necesario establecer un modelo de gestión energética, que permita cuantificar el uso de la energía en los diferentes procesos productivos de la empresa y relacionar estos datos con la producción de alimento, por medio de indicadores energéticos, con el propósito de establecer las condiciones de trabajo actuales e identificar los mayores consumidores de energía e implementar oportunidades de conservación de energía y ahorro en la factura eléctrica, dando como resultado la disminución de los indicadores energéticos establecidos.

6.1 Modelo de gestión energética

Según Vidal, Caicedo, Campos, Quispe y Ospino (2007), “los modelos de gestión energética (MGE) en las empresas nacen de la necesidad de hacer los procesos de producción más eficiente e impactar de la mejor manera sobre la competitividad, productividad y la contaminación”. La empresa de alimentos balanceados para animales AVUGA actualmente no cuenta con ningún modelo de gestión de energía. Debido al alcance y tiempo de realización del presente proyecto, se limita solamente a establecer un modelo de gestión de energía, para así sentar las bases y, posteriormente, realizar su implementación completa en la empresa. El modelo que se propone es el siguiente:



Figura 58. Modelo de gestión energética propuesto

Fuente: EVE, 1999

El modelo de gestión energética propuesto se basa en la gestión energética integral, planteada con el Ente Vasco de Energía (EVE), este modelo consta de 4 fases, las cuales se describen a continuación:

Fase 1: Diagnóstico de gestión energética

Este diagnóstico permitirá conocer la situación energética de los diferentes equipos y de la instalación en su conjunto.

Aportará información completa y detallada sobre cómo se compra y utiliza la energía, donde se utiliza y con qué eficiencia.

Incorporará una descripción de las medidas de ahorro detectadas.

Fase 2: Desarrollo del manual de procedimientos de eficiencia energética

Con base en la información anterior, se realizará el Manual de Procedimientos de Eficiencia Energética y se definirán las instrucciones técnicas necesarias.

Fase 3: Elaborar registros de gestión energética

Con base en el diagnóstico, se elaborarán los registros que servirán para disponer de una información objetiva sobre cómo se utiliza la energía en la actividad diaria de la empresa para valorar la evolución de la mejora continua y replantear objetivos y para incorporar los costos energéticos correctamente a la contabilidad de la empresa.

Fase 4: Implantar los ciclos de mejora continua

Hay que lograr que el control alcanzado sobre los aspectos energéticos sea punto de partida para un aumento progresivo de la eficiencia energética de la empresa. Una herramienta contrastada para alcanzar este objetivo es el desarrollo de ciclos de mejora continua. Para ello, se sigue la siguiente metodología: Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

Tal como se mencionó anteriormente, debido al alcance y tiempo de realización del proyecto, el modelo de gestión energética no se muestra su implementación completa en el presente informe. Para sentar una base y poder darle continuidad a este modelo de gestión, en el presente informe se desarrolla la fase 1 del modelo y así conocer cómo se consume la energía en los diferentes equipos y procesos productivos de la planta, una vez establecida esta información se presentan oportunidades de conservación de energía y ahorros en la factura eléctrica que se presenten.

En esta fase 1, para conocer el panorama actual del consumo energético en la planta de alimentos balanceados, es necesario obtener indicadores energéticos, para así medir el desempeño actual de la empresa en temas de energía, costos de producción y, posteriormente, ir reduciendo estos indicadores con las oportunidades de conservación de energía y ahorros en la factura eléctrica que se van presentando.

6.2 Indicadores energéticos

De acuerdo con Oviedo (2017), “Los indicadores energéticos son una unidad homogénea que pueden ser comparados con otros datos de origen similar y revelan información sobre la evolución en el tiempo de los progresos alcanzados con respecto al uso de la energía o la falta de ellos”. Por lo que, según la definición anterior, se pretende utilizar varios indicadores en la planta de alimentos, para monitorear el uso de la energía que se le da a la empresa y así determinar si se avanza o se retrocede en el uso racional de la energía a través del tiempo. Los indicadores que se proponen para la empresa Avuga son:

$$IE = \frac{\text{Energía consumida (kWh)}}{\text{Alimento producido (TON)}} \quad (11)$$

El indicador mostrado en la ecuación 11 muestra la cantidad de energía (kWh) por cada tonelada de alimento producido en la planta. Para la determinación de este indicador, se cuenta con los datos de alimento producido por parte del departamento de producción de la empresa durante el año 2019.

$$\text{Costo de electricidad por tonelada} = \frac{\text{Costo total de electricidad (€)}}{\text{Alimento producido (TON)}} \quad (12)$$

El indicador de la ecuación 12 muestra el costo de electricidad que tiene la empresa por cada tonelada de alimento producido, este indicador depende de factores externos al consumo de energía de la empresa, ya que está ligado a ajustes tarifarios establecidos por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos [ARESEP], así como a multas por bajo factor de potencia, por valores de demanda (kW), factores de carga, entre otros.

Tabla 18. Información para obtención de indicadores

Mes	Energía (kWh)	Costo (€)	Producción (TON)
Enero	23175	€ 3,501,095.00	2943.246
Febrero	24154	€ 3,515,615.00	2827.179
Marzo	21868	€ 3,354,060.00	2611.422
Abril	21869	€ 4,078,570.00	2748.096
Mayo	19257	€ 3,777,870.00	2471.870
Junio	23827	€ 4,194,230.00	1979.591
Julio	22848	€ 3,940,175.00	1806.765
Agosto	23828	€ 4,141,345.00	2777.296
Septiembre	22360	€ 3,848,315.00	2112.764
Octubre	23011	€ 3,940,175.00	2753.113
Noviembre	24154	€ 3,943,150.00	2800.083
Diciembre	21869	€ 3,625,605.00	2697.137

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Indicadores en la planta de alimentos balanceados

Mes	kWh/TON	€/TON
Enero	7.87	€ 1,189.54
Febrero	8.54	€ 1,243.51
Marzo	8.37	€ 1,284.38
Abril	7.96	€ 1,484.14
Mayo	7.79	€ 1,528.35
Junio	12.04	€ 2,118.74
Julio	12.65	€ 2,180.79

Agosto	8.58	₡	1,491.14
Septiembre	10.58	₡	1,821.46
Octubre	8.36	₡	1,431.17
Noviembre	8.63	₡	1,408.23
Diciembre	8.11	₡	1,344.24
Promedio	9.12	₡	1,543.81

Fuente: Elaboración propia

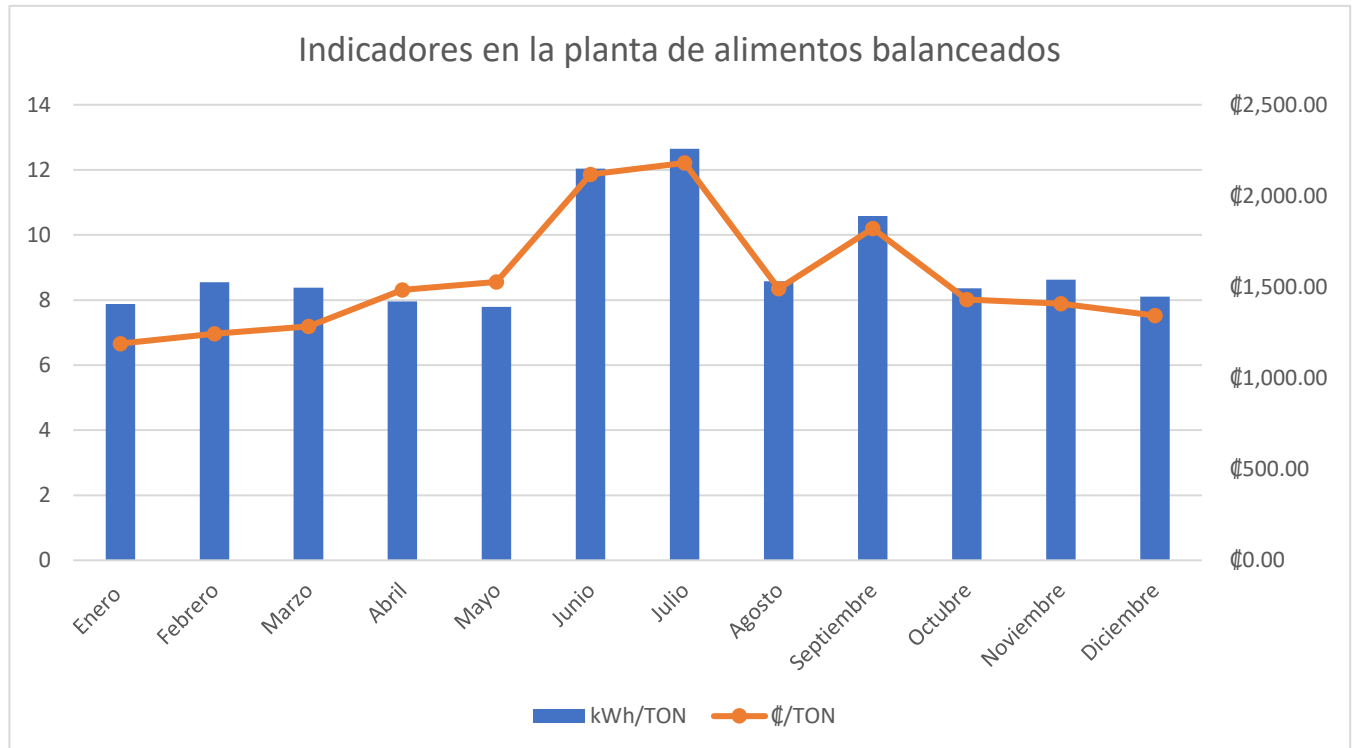


Figura 59. Representación de indicadores en la planta de alimentos balanceados
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, se muestran los valores obtenidos para los indicadores propuestos, para la obtención de esta información, se cuenta con los recibos eléctricos del año 2019, así como los datos de producción de alimentos balanceados durante este mismo período, proporcionados por el departamento de producción de la empresa. En la figura 59, se muestran gráficamente los valores obtenidos de la tabla 19, se obtienen valores promedios de ambos indicadores y estos se toman como punto de partida para optimizarlos, con base en las propuestas de mejora planteadas en el presente proyecto.

Cabe destacar que los meses de junio y julio presentan los indicadores con valores más altos, debido a que son los meses en que menor cantidad de alimento se produce, esto debido a los

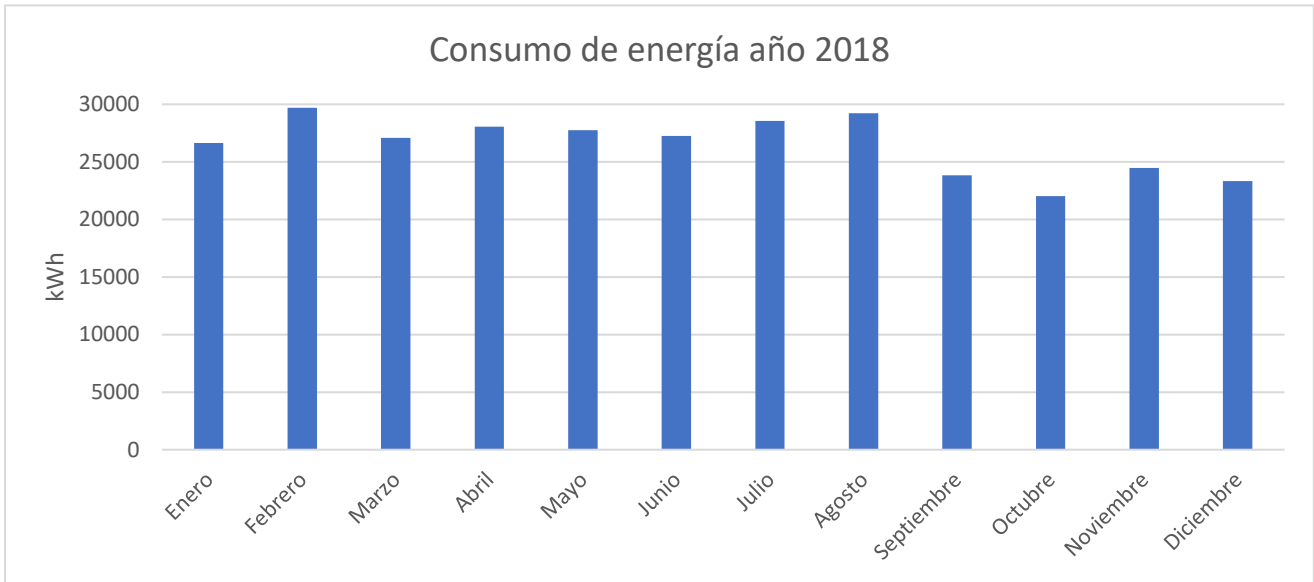
pedidos por parte de los clientes, a pesar de que la cantidad de alimento producido es menor, la producción de estos alimentos se realiza por baches, por lo tanto, los equipos se encuentran en funcionamiento el mismo tiempo, sin importar si el bache de producción se está produciendo a capacidad máxima o con una baja cantidad de alimento, por lo que, al ser los valores de energía parecidos a lo largo del año, pero disminuir la cantidad de alimento producido, se aumenta el valor de los indicadores establecidos.

6.3 Consumo energético histórico de la planta de concentrados

El principal consumo energético de la planta de concentrados es por medio de energía eléctrica, la cual es suministrada por la acometida descrita en la tabla 2. La energía eléctrica de la planta es suministrada por el ICE, la empresa cuenta con tarifa en media tensión (T-MT), este tipo de tarifa realiza el cobro de Potencia (kW) y Energía (kWh), en tres períodos de tiempo los cuales son: punta, valle y nocturno. De acuerdo con el ICE, el horario de estos tres períodos se define como:

- Período punta: comprendido entre las 10:01 y las 12:30 horas y entre las 17:31 y las 20:00 horas.
- Período valle: comprendido entre las 6:01 y las 10:00 horas y entre las 12:31 y las 17:30 horas.
- Período nocturno: comprendido entre las 20:01 y las 6:00 horas del día siguiente.

Con los recibos eléctricos de la planta de concentrados, se cuenta con información del consumo de energía eléctrica de los años 2018 y 2019.



Fuente: Recibos eléctricos, ICE
 Figura 60. Energía consumida en el año 2018 planta de concentrados

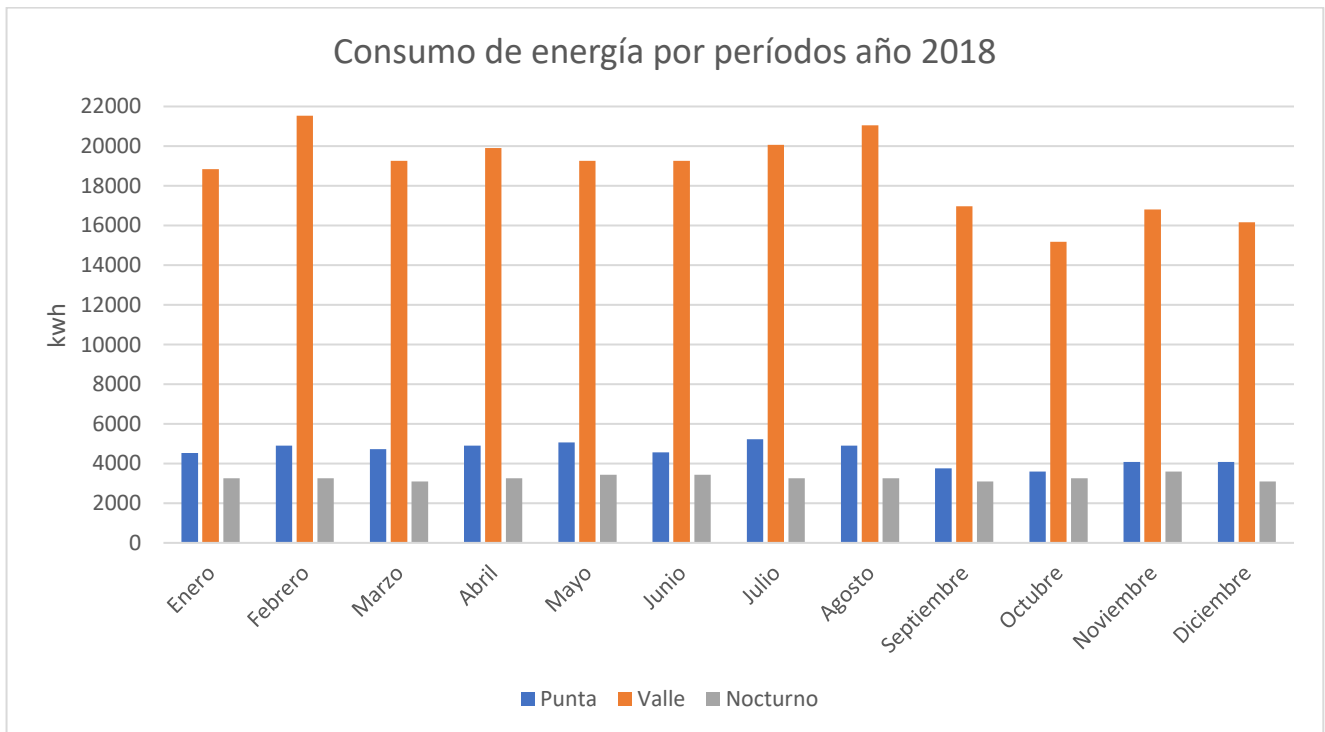


Figura 61. Energía consumida por períodos en el año 2018 planta de concentrados

Fuente: Recibos eléctricos, ICE.

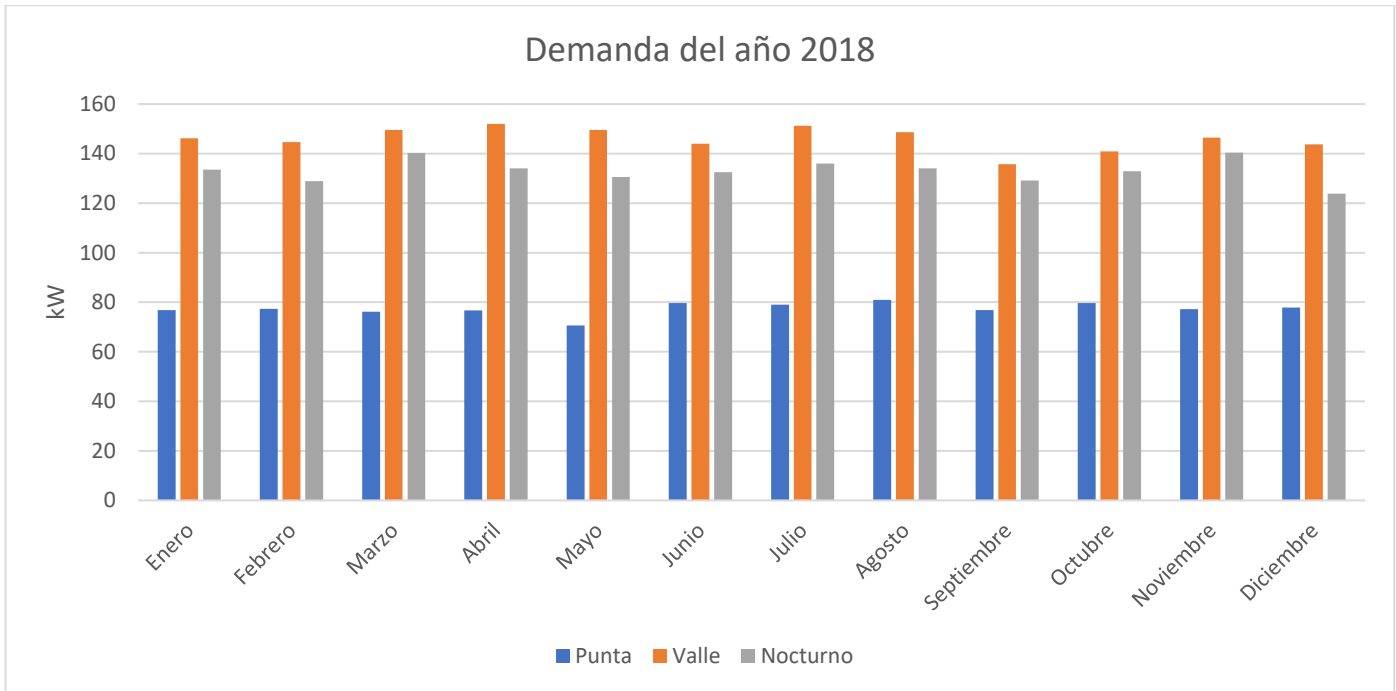


Figura 62. Demanda registrada en el año 2018

Fuente: Recibos eléctricos, ICE.

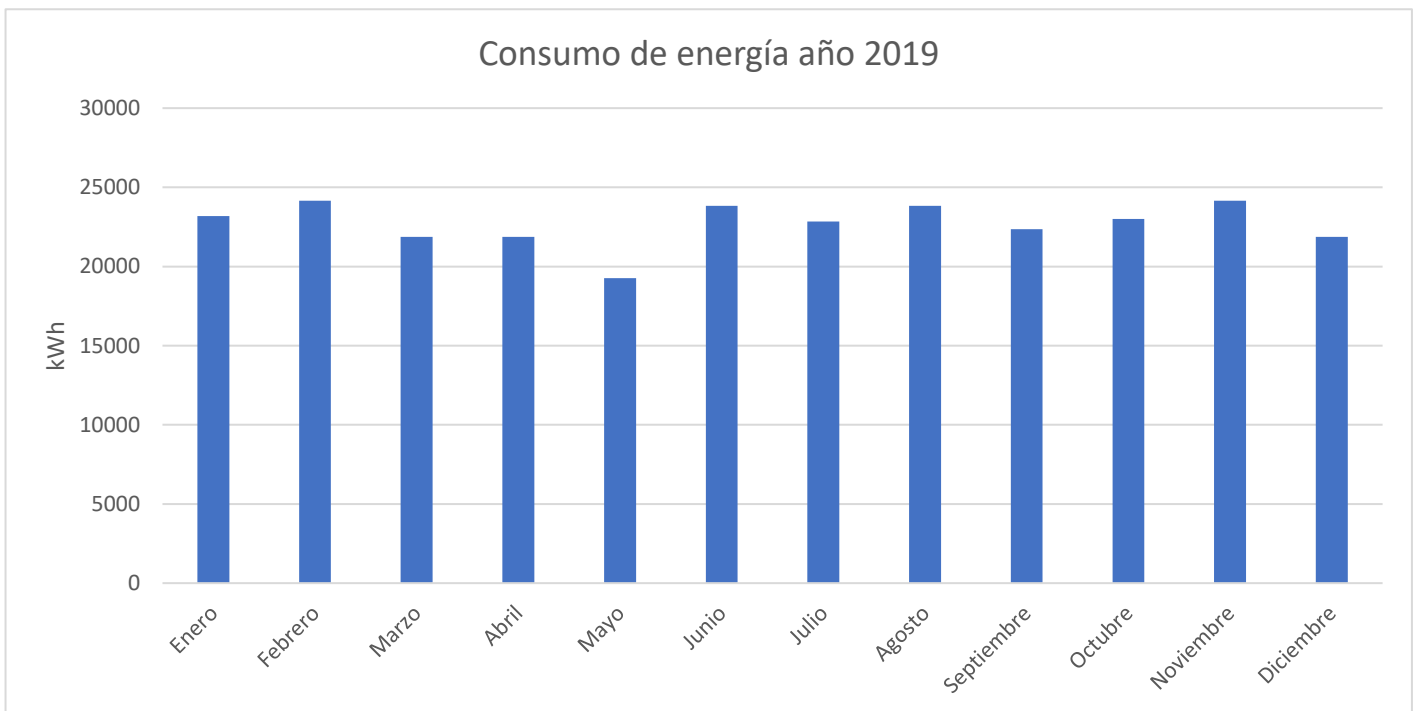


Figura 63. Energía consumida en el año 2019 planta de concentrados

Fuente: Recibos eléctricos, ICE.

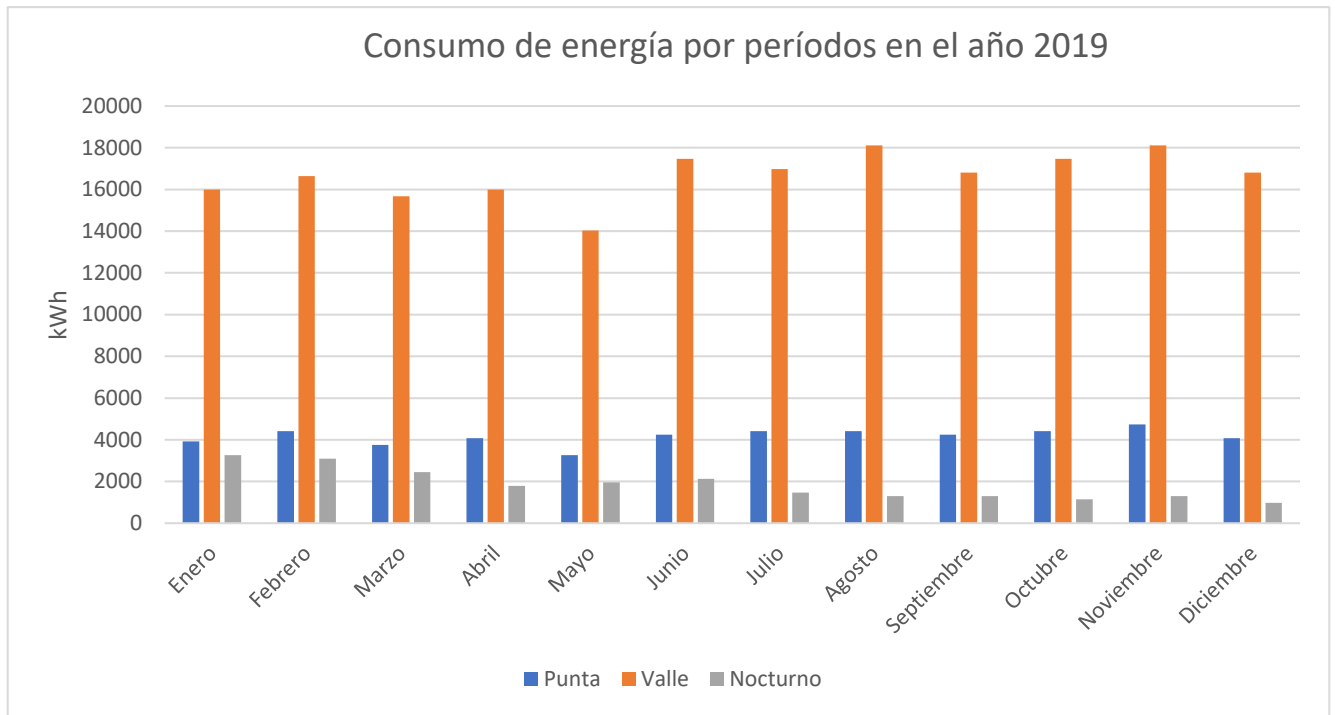


Figura 64. Energía consumida por períodos en el año 2019 planta de concentrados

Fuente: Recibos eléctricos, ICE.

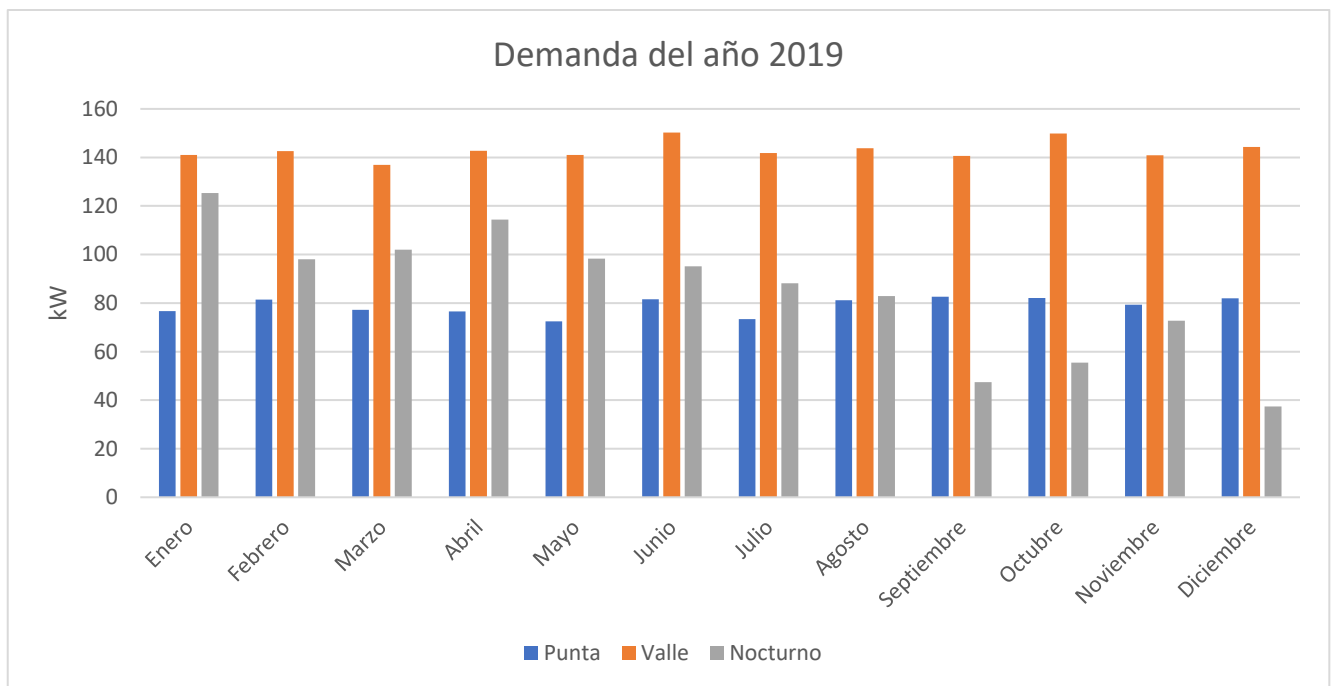


Figura 65. Demanda registrada en el año 2019

Fuente: Recibos eléctricos, ICE.

Como se puede observar en los gráficos anteriores, el consumo energético es mayor en los períodos valle, esto debido a que este período es el que abarca mayor cantidad de tiempo durante la producción de alimento, además que la empresa realiza un manejo de cargas durante los períodos punta, esto se observa en los gráficos 62 y 65, donde la demanda en los períodos punta llega a ser menor hasta un 56,7 % respecto a la demanda presentada en los períodos de valle. Para comprender de mejor manera el consumo histórico de energía y demanda mostrado en las figuras anteriores, se deben tener en cuenta varios aspectos, como lo son:

- Perfil energético de la planta.
- Balance energético de la planta
- Producción de la planta

6.4 Perfil energético de la planta

Para conocer el perfil energético de la empresa, tal como se mencionó en secciones anteriores, se instaló un equipo de medición marca eGauge modelo 4115 en la entrada del interruptor principal de la planta, por el período de una semana entre las fechas del 26 de febrero de 2020 al 3 de marzo de 2020. El equipo se configura para obtener la demanda máxima en intervalos de 15 minutos, con esta configuración, se puede conocer el comportamiento energético de la planta en cualquier período de tiempo, además de obtener las demandas (kW) en intervalos de 15 minutos, también se obtiene el consumo energético (kWh) de la planta en períodos de tiempo específico.

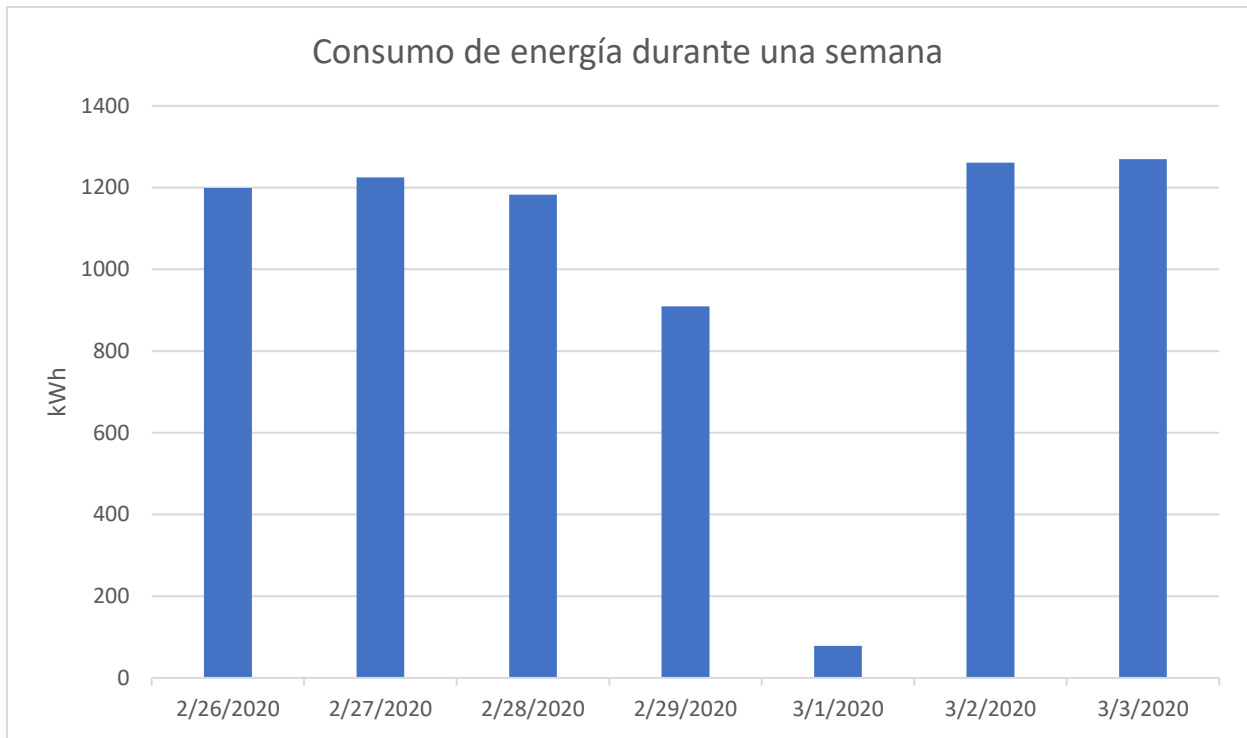


Figura 66. Consumo de energía eléctrica (kWh) durante una semana

Fuente: Elaboración propia.

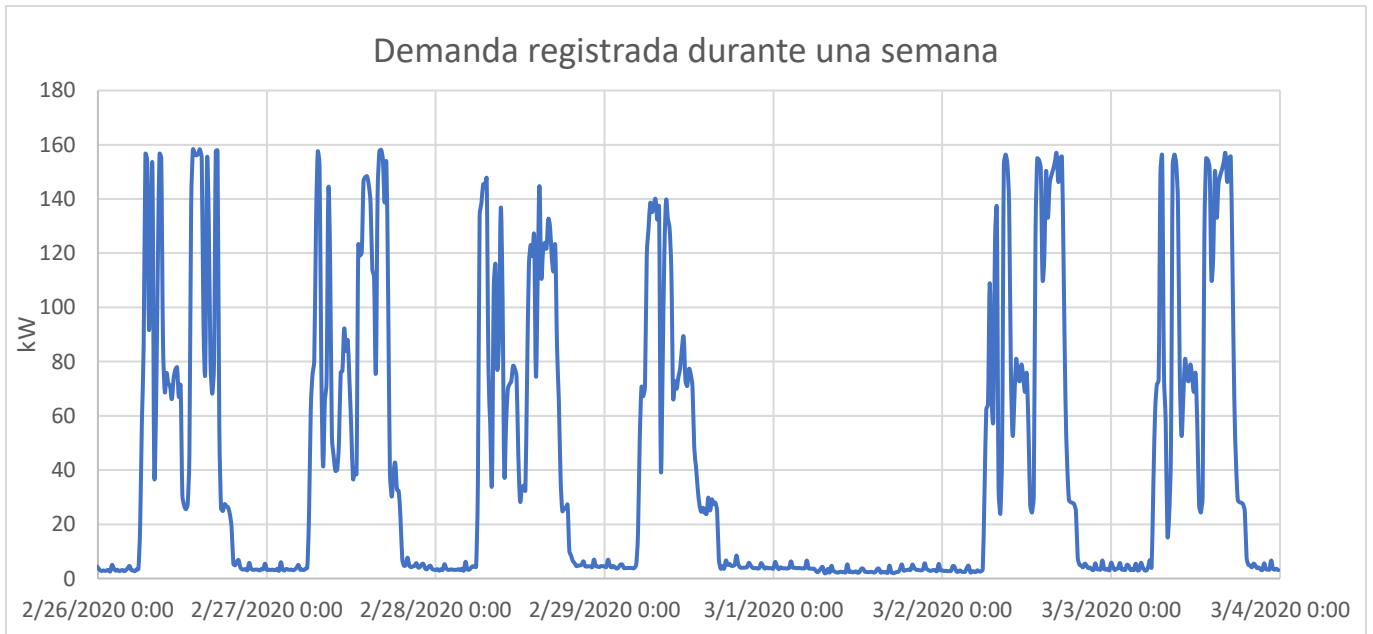


Figura 67. Demanda (kW) registrada en el período de una semana

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 67, se muestra el consumo energético de la planta de concentrados en el período de una semana, el comportamiento mostrado es el esperado, ya que el horario de trabajo de la planta es el siguiente:

- Lunes a Viernes: 6:00 a.m. – 5:00 p.m.
- Sábado: 6:00 a.m. – 4:00 p.m.
- Domingo: Libre.

El comportamiento del consumo energético de lunes a viernes es similar, teniendo como promedio un consumo de 1227 kWh cada día, el consumo energético del día sábado 29 de febrero es menor en comparación con el período de lunes a viernes, teniendo un consumo de 909 kWh, esto debido a que las horas laborales son menores en comparación con el período de Lunes a Viernes, el día Domingo 1 de Marzo el consumo es mínimo con un valor de 78 kWh, ya que no se trabaja en la producción de alimentos, este consumo de 78 kWh se debe especialmente a que la iluminación en ciertos puntos de la planta y al sistema de videocámaras con el que cuenta la empresa.

De igual manera, se puede observar en la figura 67 que el comportamiento de la demanda es uniforme en el período de lunes a viernes e incluso el sábado tiene un comportamiento similar, pero, como es de esperar, la demanda el día domingo cae a sus valores mínimos con una demanda promedio de 3.3 kW.

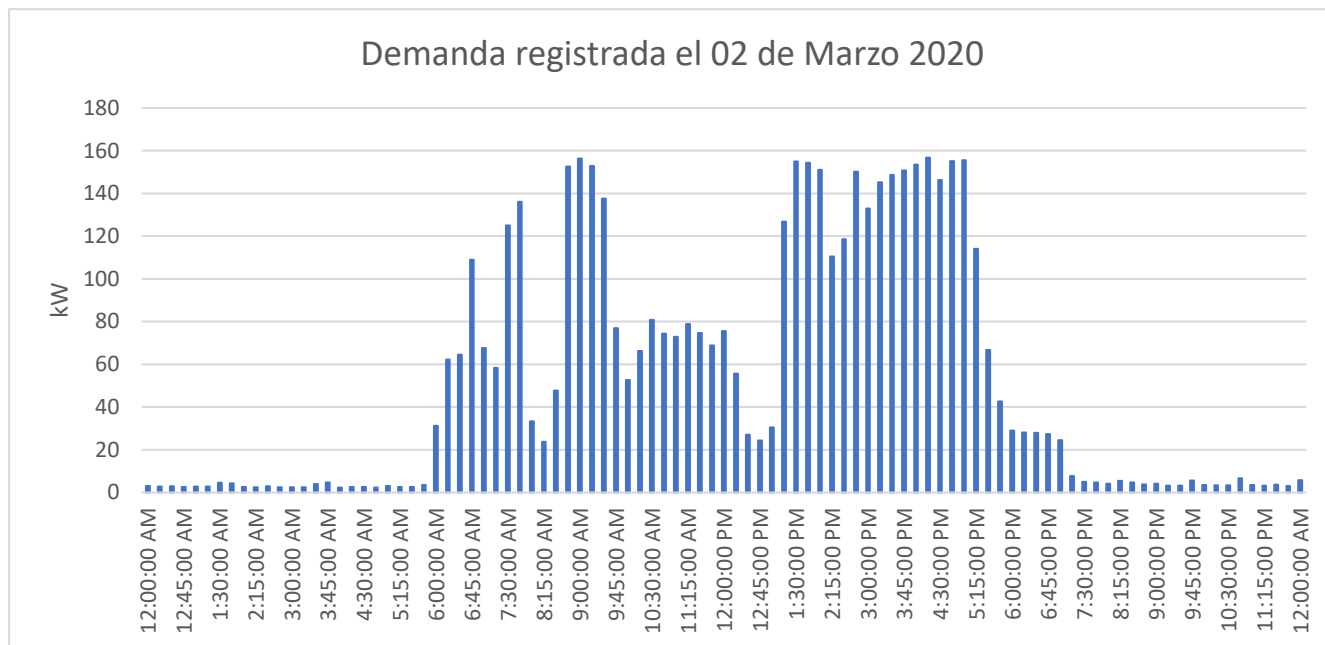


Figura 68. Demanda (kW) registrada durante el día 02 de marzo 2020

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 68, el comportamiento de la demanda obedece al horario de trabajo en la planta, ya que se puede observar que la demanda empieza a incrementar a partir de las 6:00 a.m., que es el inicio de la jornada laboral. La demanda alcanza valores mayores a los 110 kW, pues cada día se inicia con el proceso de molienda, el cual se realiza con un motor de 150 HP de capacidad, luego, se puede observar que en el período de 8:00 a.m. a 8:30 a.m. la demanda cae drásticamente y esto se debe a que el personal de la empresa durante este período está en tiempo de desayuno y detienen la mayoría de procesos en la planta, pasado el tiempo de desayuno, se incrementa la demanda nuevamente, a partir de las 10:00 a.m., el proceso de molienda se detiene esto para evitar pagar altos precios de demanda en períodos punta. A partir de las 12:00 m.d. y hasta la 1:00 p.m., el personal se encuentra en período de almuerzo, durante este período, el proceso de mezclado no se detiene por esto la demanda con valores cercanos a 22 kW, el cual corresponde al motor con una capacidad de 30 HP con el que se realiza el mezclado de las materias primas. Una vez pasado el período de almuerzo y el período punta de facturación, el proceso de molienda se retoma nuevamente y esto se puede observar en la demanda registrada, a partir de la 1:00 p.m. en adelante la demanda es de valores mayores a 110 kW, después de las 5:00 p.m., la demanda empieza a decrecer, esto debido a que es el final de la jornada laboral en la empresa, como se observa en la figura 68,

de 5:00 p.m. a 7:00 p.m. existen demandas con valores cercanos a 29 kW, esto se debe a que, aunque la mayoría del personal en este período ya salió de la jornada laboral, una parte de este se mantiene en la empresa en actividades de limpieza de los sistemas de transporte de materia prima, por lo que algunos motores de los cangilones y tornillos sinfín siguen funcionando, luego de las 7:00 p.m. en la planta se mantiene el personal de seguridad y la demanda que existe es debido a los sistemas de iluminación, así como los sistemas de videocámaras, este comportamiento con una demanda mínima se mantiene hasta las 6:00 a.m. del día siguiente.

Cabe destacar que, de acuerdo con las figuras 59 y 62 que corresponden a las demandas en los años 2018 y 2019, la demanda en período nocturno alcanza valores mayores a los 100 kW, esto se debe a que, en ocasiones, el personal inicia el proceso de molienda antes de las 6:00 a.m., por lo que la demanda máxima registrada queda en este período nocturno.

6.5 Balance energético de la planta

Para determinar el balance energético de la planta, es necesario conocer la potencia instalada (kW) en cada una de las áreas de la empresa que consumen energía y así identificar el peso porcentual que representa cada equipo de la planta respecto a la potencia instalada total. Para determinar el consumo energético de los equipos (kWh), es necesario conocer el tiempo de funcionamiento de cada uno de los equipos instalados, por lo que esta información se obtiene a través del sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), en los equipos que no es posible obtener los datos a través del SCADA, se toman los tiempos de funcionamiento en campo. Estos datos de tiempo de funcionamiento se relacionan con los lotes de producción que se realizan, para así poder crear una proyección y conocer el consumo de los equipos a lo largo de un mes promedio.

Con el inventario de motores eléctricos mostrado en el apéndice 4, recolección de información de las luminarias instaladas y de un equipo de aire acondicionado con el que cuenta la planta, se determina que la potencia instalada es de 390 kW, este valor es el que se va a utilizar para determinar el peso porcentual de cada área en la planta. El consumo de energía eléctrica varía mes a mes, ya que depende directamente de la cantidad de lotes de alimentos producidos, pero con el registro histórico de consumo de energía eléctrica de los años 2018 y 2019 presentado en las figuras 57 y 60 respectivamente se obtiene un mes

promedio, el cual da un valor de 24598 kWh, este valor es el que se va a utilizar para comparar el peso porcentual que representa cada área en la planta.

6.5.1 Área de recepción y almacenamiento de materia prima

El área de recepción y almacenamiento cuenta con 12 motores eléctricos con capacidades desde 1 HP hasta 10 HP, la mayoría de estos motores se utilizan en tornillos sinfín que mueven la materia prima sólida, para bombas de engranajes que desplazan la materia prima líquida y agitadores de aceite en los tanques de almacenamiento.

Tabla 20. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de recepción y almacenamiento de materia prima

Código del motor	Potencia kW	Porcentaje respecto a 41.25 kW
TR-01	2.2	5.33 %
TR-04	2.2	5.33 %
TR-06	7.50	18.18 %
TR-27	2.2	5.33 %
EL-01	7.5	18.18 %
AG-01	5.5	13.33 %
AG-02	2.2	5.33 %
AG-03	0.75	1.82 %
AG-04	0.75	1.82 %
AG-05	0.75	1.82 %
MB-01	2.2	5.33 %
MB-03	7.50	18.18 %
Total kW	41.25	

Fuente: Elaboración propia

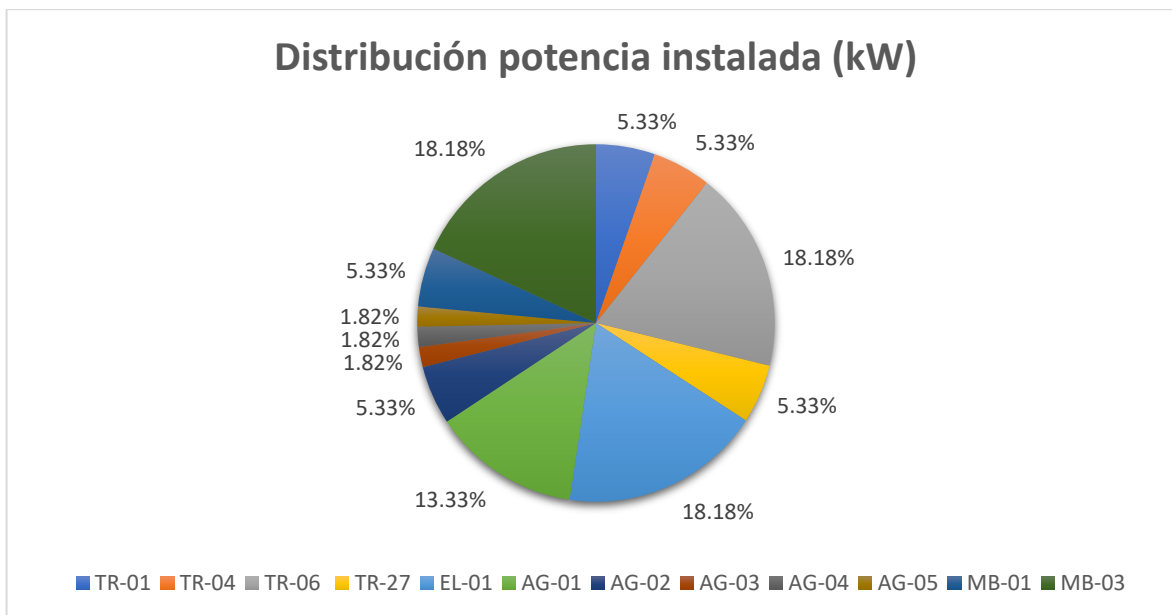


Figura 69. Distribución potencia instalada en área de recepción y almacenamiento de materia prima
Fuente: Elaboración propia

La tabla 20 muestra la potencia total instalada en el área de recepción y almacenamiento de materia prima, la cual es de 41.25 kW. La figura 69 muestra la distribución de la potencia por equipos, se observa que los equipos que tienen mayor peso porcentual en esta área son EL-01, los cuales corresponden a un motor de 10 HP, que acciona un sistema con cangilones elevadores, para poder subir la materia prima sólida hasta la altura necesaria para su almacenamiento, otro equipo significativo en esta área es TR-06, que es un motor de 10 HP, este motor mueve la materia prima que ha sido elevada por EL-01 por medio de un tornillo sinfín, para así poder almacenarla en los diferentes silos de la empresa. El equipo MB-01 también representa un peso porcentual significativo en esta área y corresponde a un motor eléctrico que acciona una bomba de engranajes para la recepción de materia prima líquida.

Tabla 21. Consumo de energía en el área de recepción y almacenamiento de materia prima

Código del motor	Potencia kW	kWh/mes	Porcentaje respecto a 490 kWh
AG-01	5.5	3.465	0.71 %
AG-02	2.2	1.386	0.28 %
AG-03	0.75	0.4725	0.10 %
AG-04	0.75	0.5775	0.12 %

AG-05	0.75	0.4725	0.10 %
MB-01	2.2	9.24	1.88 %
MB-03	7.50	78.75	16.05 %
EL-01	7.5	173.25	35.32 %
TR-27	2.2	11.55	2.35 %
TR-01	2.2	46.2	9.42 %
TR-04	2.2	7.7154	1.57 %
TR-06	7.50	157.5	32.10 %
Total kWh		490.5789	

Fuente: Elaboración propia

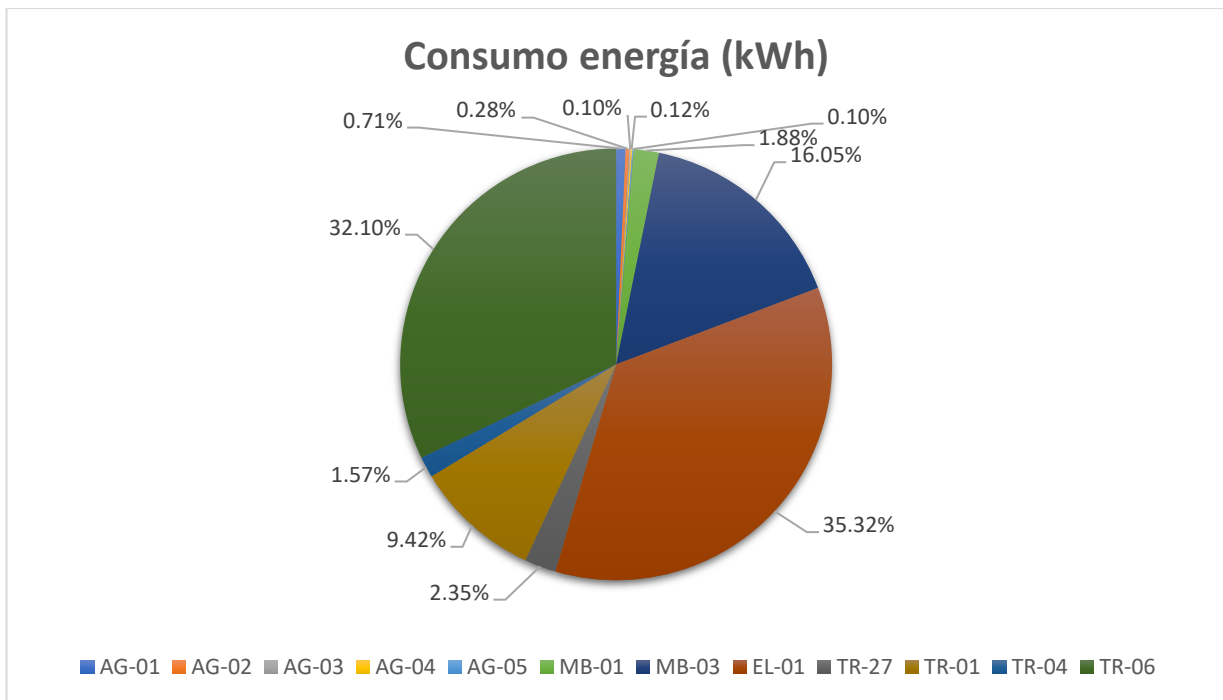


Figura 70. Distribución del consumo de energía en el área de recepción y almacenamiento de materia prima

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21 muestra el consumo energético total en el área de recepción y almacenamiento de materia prima, el cual es de 540.98 kWh. La figura 70 muestra la distribución del consumo de energía eléctrica en esta área, se puede observar que el equipo EL-01 es el que tiene mayor peso porcentual junto con TR-06, ya que estos equipos funcionan prácticamente en paralelo. Además, se observa que el equipo MB-03 también tiene un peso significativo en el consumo de energía eléctrica en esta área, cabe destacar que todos los agitadores de aceite AG-01, AG-

02, AG-03, AG-04 tienen casi un nulo aporte en el consumo energético, ya que rara vez se encienden estos equipos en los tanques de almacenamiento.

6.5.2 Área de molienda

El área de molienda cuenta con 16 motores eléctricos con capacidades desde 1 HP hasta 150 HP, la mayoría de los motores en esta área se utilizan para transportar la materia prima a través de tornillos sinfín y cangilones elevadores, de los 16 motores en esta área, 3 motores eléctricos se utilizan para accionar los molinos de martillo con los que cuenta la planta.

Tabla 22. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de molienda

Código del motor	Potencia kW	Porcentaje respecto a 218.35kW
TR-02	2.2	1.01 %
TR-03	2.2	1.01 %
TR-05	2.2	1.01 %
TR-07	2.2	1.01 %
TR-08	2.2	1.01 %
TR-11	7.5	3.43 %
TR-26	5.5	2.52 %
TR-28	2.2	1.01 %
EL-02	7.5	3.43 %
EL-08	2.2	1.01 %
EL-09	4	1.83 %
MO-06	0.75	0.34 %
ML-01	56	25.65 %
ML-02	112	51.29 %
ML-03	7.5	3.43 %
LM-02	2.2	1.01 %
Total kW	218.35	

Fuente: Elaboración propia

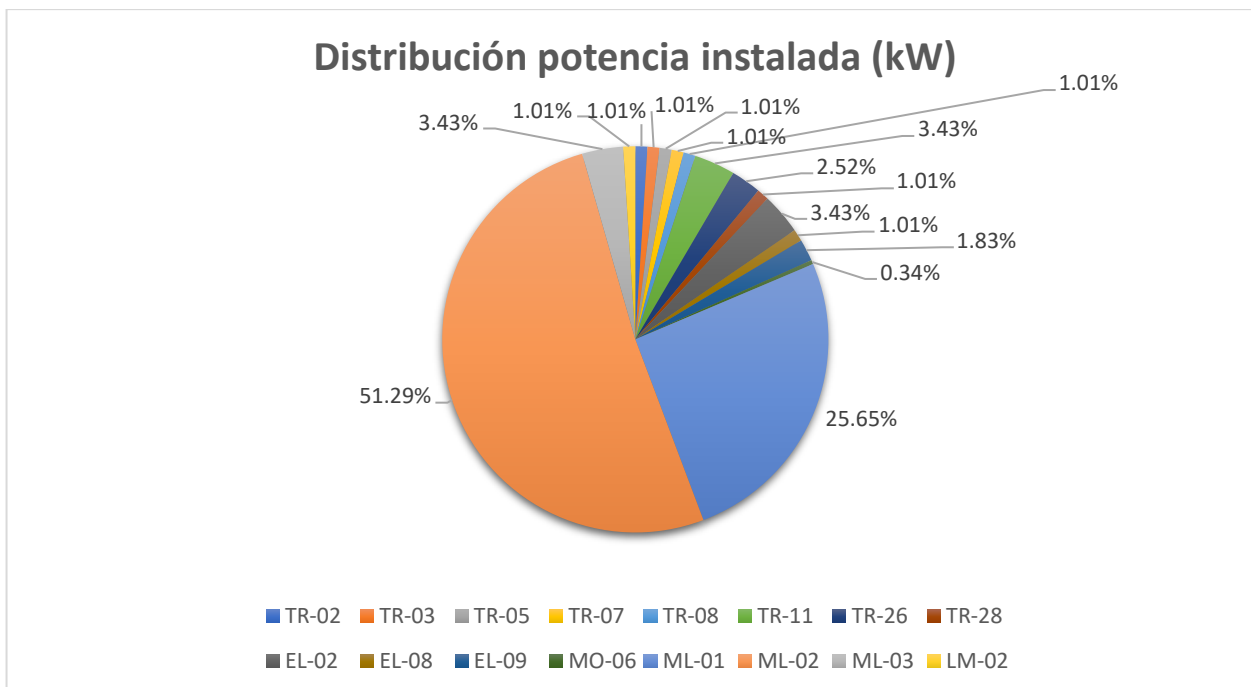


Figura 71. Distribución potencia instalada en área de molienda
Fuente: Elaboración propia

La tabla 22 muestra la potencia total instalada (kW) en el área de molienda con un valor de 218.35 kW. La figura 71 muestra la distribución de potencia por equipos instalados en el área de molienda, se puede observar que el equipo ML-02 es el que presenta el mayor peso porcentual con un valor de 51.29 % del total de potencia instalada en el área de molienda, este equipo es un molino de martillos, el cual es accionado por un motor de 150 HP. Otro equipo representativo en esta área es ML-01 con un valor de 25,65 % de la potencia instalada en el área de molienda, este equipo es, de igual manera, un molino de martillos, accionado por un motor con una capacidad de 75 HP, el resto de equipos en esta área pertenecen a tornillos sinfín y elevadores para desplazar la materia prima, los cuales tienen una capacidad de 3 HP.

Tabla 23. Consumo de energía en el área de molienda

Código del motor	Potencia kW	kWh/mes	Porcentaje respecto a 9407 kWh
TR-02	2.2	9.24	0.10 %
TR-03	2.2	13.86	0.15 %
TR-05	2.2	5.544	0.06 %

TR-07	2.2	7.7154	0.08 %
TR-08	2.2	23.1	0.25 %
TR-11	7.5	630	6.70 %
TR-26	5.5	231	2.46 %
TR-28	2.2	15.246	0.16 %
EL-02	7.5	630	6.70 %
EL-08	2.2	15.246	0.16 %
EL-09	4	168	1.79 %
MO-06	0.75	31.5	0.33 %
ML-01	56	0	0.00 %
ML-02	90	7560	80.36 %
ML-03	7.5	51.975	0.55 %
LM-02	2.2	15.246	0.16 %
Total		9407.6724	

Fuente: Elaboración propia

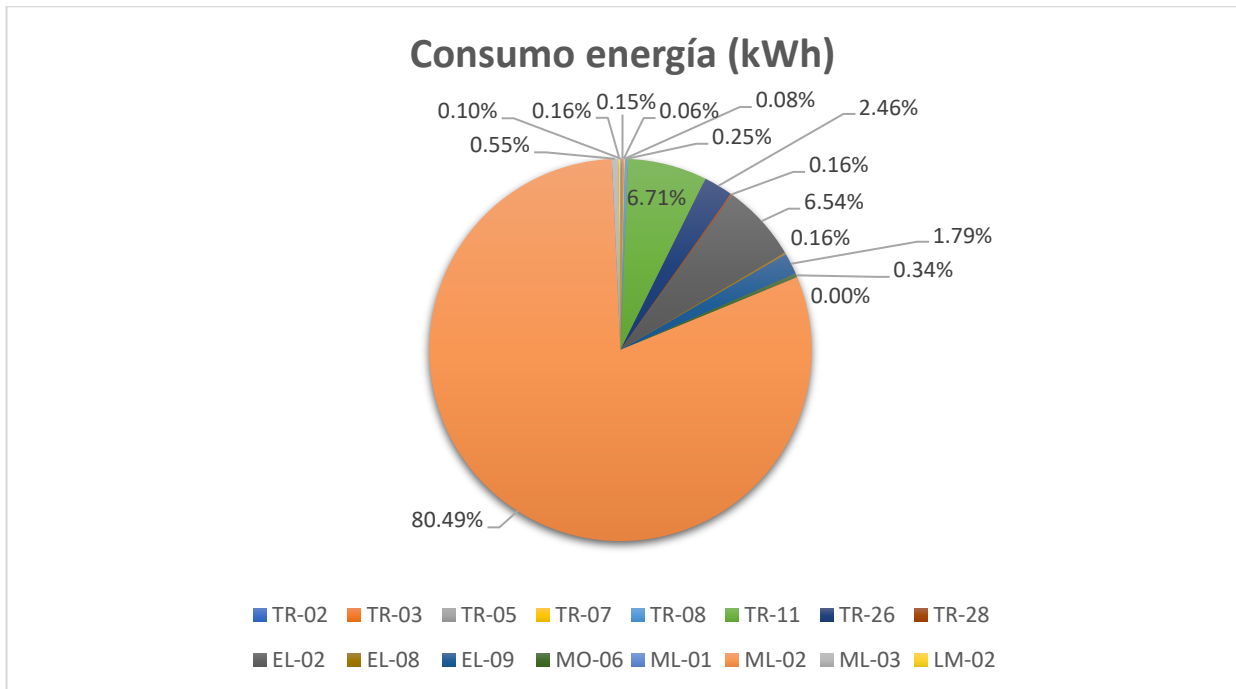


Figura 72. Distribución del consumo de energía en el área de molienda

Fuente: Elaboración propia

La tabla 23 muestra el consumo de energía eléctrica mensual en el área de molienda con un valor total de 9407 kWh. La figura 72 muestra la distribución del consumo de energía eléctrica por cada uno de los equipos, se puede observar que el equipo ML-02, es el equipo que más consume energía eléctrica en esta área con un 80,49 % del consumo total. Cabe destacar que, a pesar de que el equipo ML-01 en la figura 71 representa un 25,65 % del total

de potencia instalada (75 HP), en la figura 72 esta unidad representa un consumo de energía eléctrica igual al 0 %, ya que este equipo es un respaldo del molino principal (ML-02) y en operación normal no se utiliza. Otros equipos representativos en esta área son TR-11 y EL-02 con un 6,71 % y 6,54 % respectivamente, estos equipos se utilizan para llevar la materia prima molida hacia los silos de almacenamiento.

6.5.3 Área de dosificación

El área de dosificación cuenta con 16 motores con capacidades desde 1 HP hasta 7.5 HP, la mayoría de estos equipos accionan un tornillo sinfín, el cual agrega una cantidad determinada de materia prima a una tolva báscula dependiendo del tipo de alimento a producir, generalmente estos motores duran encendidos pocos segundos, por cada lote de alimento en producción.

Tabla 24. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de dosificación

Código del motor	Potencia kW	Porcentaje respecto a 38 kW
TR-09	2.2	5.69 %
TR-10	3.7	9.57 %
TR-12	1.5	3.88 %
TR-13	3.7	9.57 %
TR-14	2.2	5.69 %
TR-15	2.2	5.69 %
TR-16	2.2	5.69 %
TR-17	2.2	5.69 %
TR-18	2.2	5.69 %
TR-19	2.2	5.69 %
TR-20	2.2	5.69 %
TR-21	2.2	5.69 %
TR-25	5.5	14.23 %
EL-03	1.5	3.88 %
MO-05	2.2	5.69 %
DS-01	0.75	1.94 %
Total kW	38.65	

Fuente: Elaboración propia

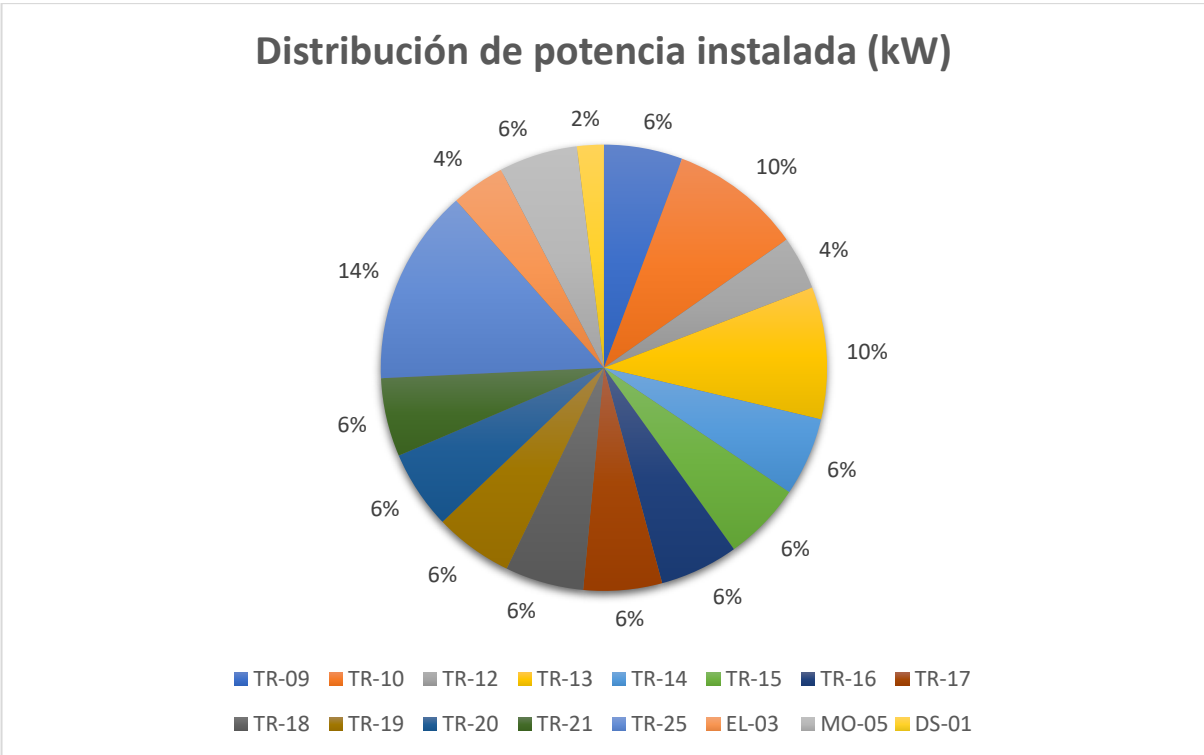


Figura 73. Distribución potencia instalada en área de dosificación
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 24, la carga total instalada en el área de dosificación es de 38.65 kW. La figura 73 muestra la distribución de la potencia de cada equipo en esta área, se puede observar que el equipo TR25 es el de mayor capacidad con un peso porcentual de 14 % respecto al total de potencia instalada en esta área. Otros equipos significativos son TR-10 y TR-13 con una representación del 10 %, además, se muestra que la mayoría de motores en esta área son de una capacidad de 3 HP, el cual tiene un peso porcentual de 6 % cada uno respecto al total de potencia instalada, estos equipos de 3 HP corresponden a los motores que accionan los tornillos sinfín para la formulación de los diferentes ingredientes de alimentos a producir.

Tabla 25. Consumo de energía en el área de dosificación

Código del motor	Potencia kW	kWh/mes	Porcentaje respecto a 737 kWh
TR-09	2.2	64.68	8.77 %
TR-10	3.7	108.78	14.75 %

TR-12	1.5	44.1	5.98 %
TR-13	3.7	108.78	14.75 %
TR-14	2.2	25.2	3.42 %
TR-15	2.2	25.83	3.50 %
TR-16	2.2	24.99	3.39 %
TR-17	2.2	26.04	3.53 %
TR-18	2.2	25.83	3.50 %
TR-19	2.2	27.09	3.67 %
TR-20	2.2	26.88	3.64 %
TR-21	2.2	27.51	3.73 %
TR-25	5.5	161.7	21.92 %
EL-03	1.5	7.245	0.98 %
DS-01	0.75	5.1975	0.70 %
MO-05	2.2	27.72	3.76 %
Total		737.5725	

Fuente: Elaboración propia

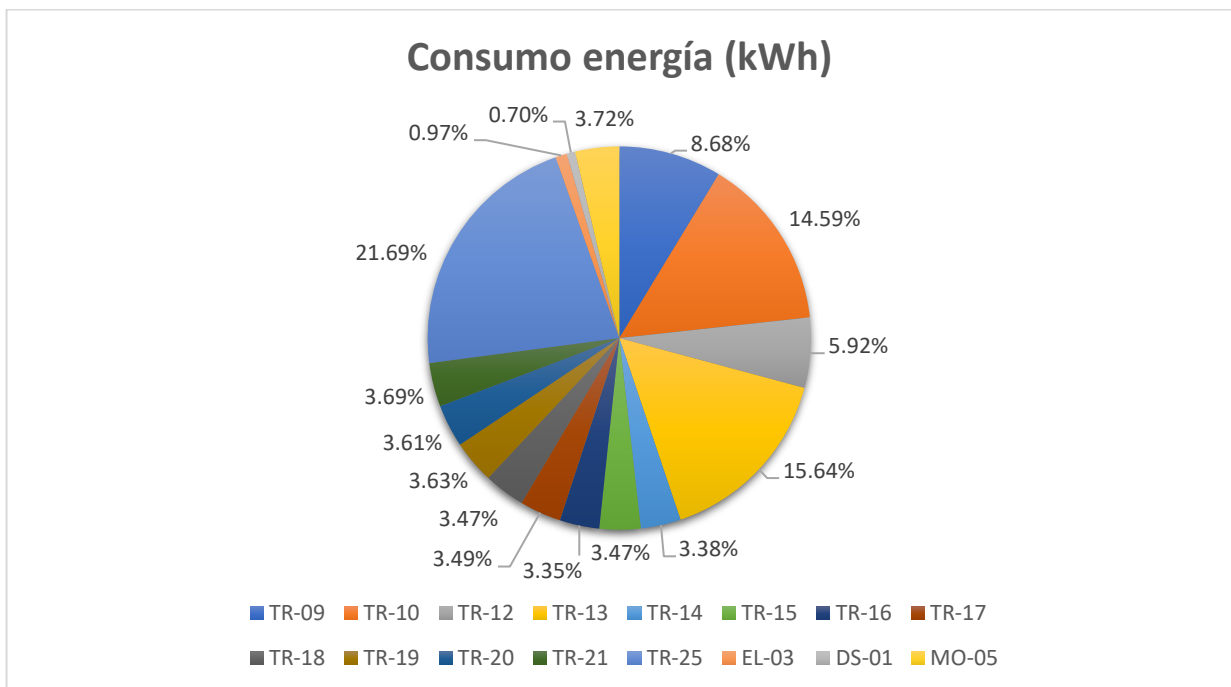


Figura 74. Distribución del consumo de energía en el área de dosificación
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, se observa que el consumo de energía eléctrica total en el área de dosificación es de 737 kWh. En la figura 74, se ve que el equipo que más consume energía es TR-25, TR-13, TR-10, con un 21,69 %, 15,64 % y 14,59 % respectivamente, estos equipos son los que más tiempo se encuentran encendidos en el proceso de dosificación, ya que aportan la materia

prima que está presente en mayor proporción, en los alimentos para animales (maíz molido y soya). Los motores de 3 HP que accionan los tornillos sinfín tienen un consumo cercano entre ellos esto, debido a que, en cada lote de alimento producido, los sistemas son accionados por períodos de tiempo cercanos, ya que este proceso está automatizado.

6.5.4 Área de mezclado

El área de mezclado cuenta con 9 motores con capacidades desde 3 HP hasta 30 HP, la mayoría de estos motores se utilizan para mover la formulación proveniente del área de dosificación por medio de tornillos sinfín, también gran parte de los motores se utilizan para transportar el producto terminado hacia los silos correspondientes por medio de elevadores.

Tabla 26. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de mezclado

Código del motor	Potencia kW	Porcentaje respecto a 56 kW
TR-22	2.2	3.89 %
TR-23	3.7	6.55 %
EL-04	3.7	6.55 %
EL-05	3.7	6.55 %
EL-06	2.2	3.89 %
MB-02	4	7.08 %
MB-04	4	7.08 %
MZ-01	22	38.94 %
LM-01	11	19.47 %
Total kW	56.5	

Fuente: Elaboración propia

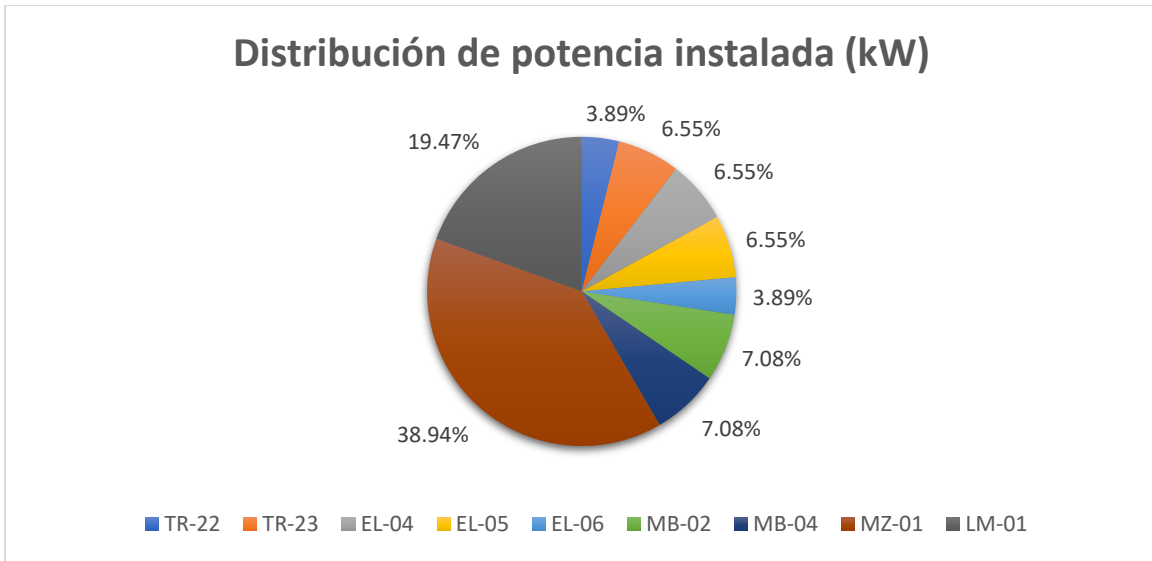


Figura 75. Distribución potencia instalada en área de mezclado
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 26, la potencia total instalada del área de mezclado es de 56.5 kW. La figura 75 muestra la distribución de potencia instalada de cada equipo en esta área, se puede observar que el equipo MZ-01 (mezcladora) es el que tiene mayor peso porcentual con un valor de 38,94 %. Otro equipo con un peso porcentual significativo es LM-01 (Limpiadora de alimento), con un valor de 19,47 %, el resto de equipos tienen una distribución similar con valores entre 7,08 % y 6,55 %, ya que corresponden a tornillos sinfín y elevadores en su mayoría.

Tabla 27. Consumo de energía en el área de mezclado

Código del motor	Potencia kW	kWh/mes	Porcentaje respecto a 8236.41 kWh
TR-22	2.2	369.6	4.49 %
TR-23	3.7	606.06	7.36 %
EL-04	3.7	590.52	7.17 %
EL-05	3.7	613.83	7.45 %
EL-06	2.2	369.6	4.49 %
MB-02	4	109.2	1.33 %
MB-04	4	33.6	0.41 %
LM-01	11	1848	22.44 %
MZ-01	22	3696	44.87 %
Total		8236.41	

Fuente: Elaboración propia

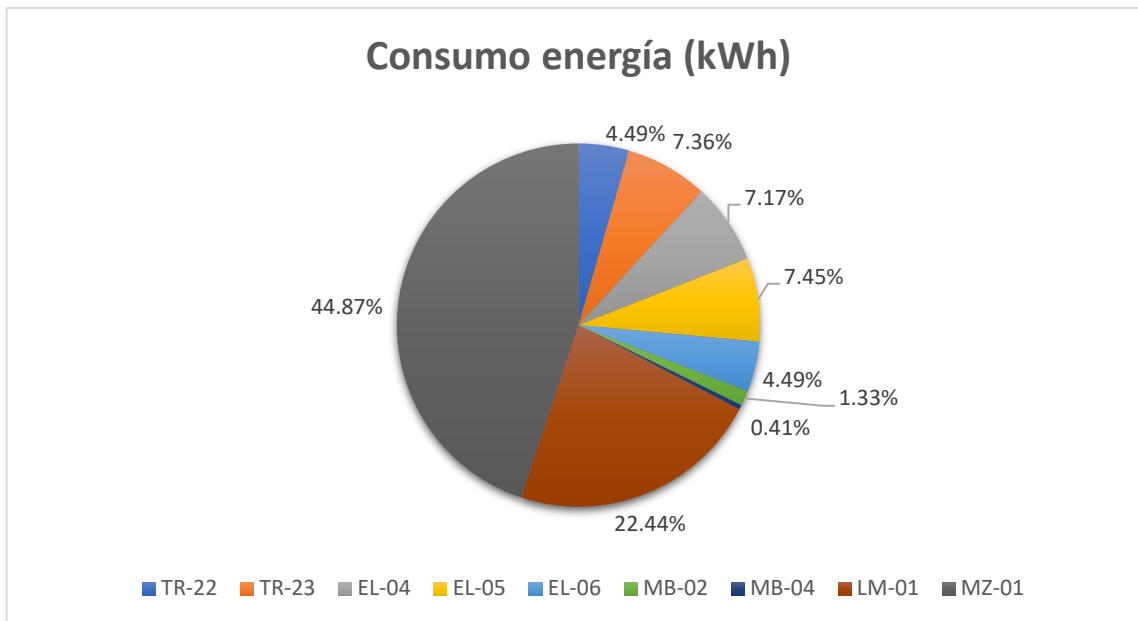


Figura 76. Distribución del consumo de energía en el área de mezclado
Fuente: Elaboración propia

La tabla 27 muestra que el consumo de energía eléctrica total en el área de mezclado es de 8236 kWh. En la figura 76, se puede observar que el equipo que más consume energía es MZ-01, con un valor de 44.87 % del consumo total de esta área, esto debido a que es uno de los equipos que se mantiene en funcionamiento a lo largo de toda la jornada laboral en la empresa. Otro equipo que tiene un consumo de energía significativo es LM-01, el cual funciona en los mismos períodos que la mezcladora de la empresa (MZ-01), el consumo de MB-04 y MB-02 es relativamente bajo, ya que estos equipos se encienden pocos segundos durante cada lote de alimento producido para agregar una cantidad determinada de materia prima líquida.

6.5.5 Área de enfarde y despacho a granel

El área de enfarde y despacho a granel cuenta con 7 motores con capacidades desde 0.5 HP hasta 5.5 HP, en esta área, se encuentran motores que accionan cadenas de arrastre para mover el producto terminado hacia los silos para el proceso de enfarde y para el despacho a granel.

Tabla 28. Potencia eléctrica instalada de los equipos en el área de enfarde y despache a granel

Código del motor	Potencia kW	Porcentaje respecto a 10.7 kW
TC-24	3.7	34.58 %
EL-07	4	37.38 %
DS-02	0.37	3.46 %
MO-01	0.75	7.01 %
MO-02	0.75	7.01 %
MO-03	0.38	3.55 %
MO-04	0.75	7.01 %
Total kW	10.7	

Fuente: Elaboración propia

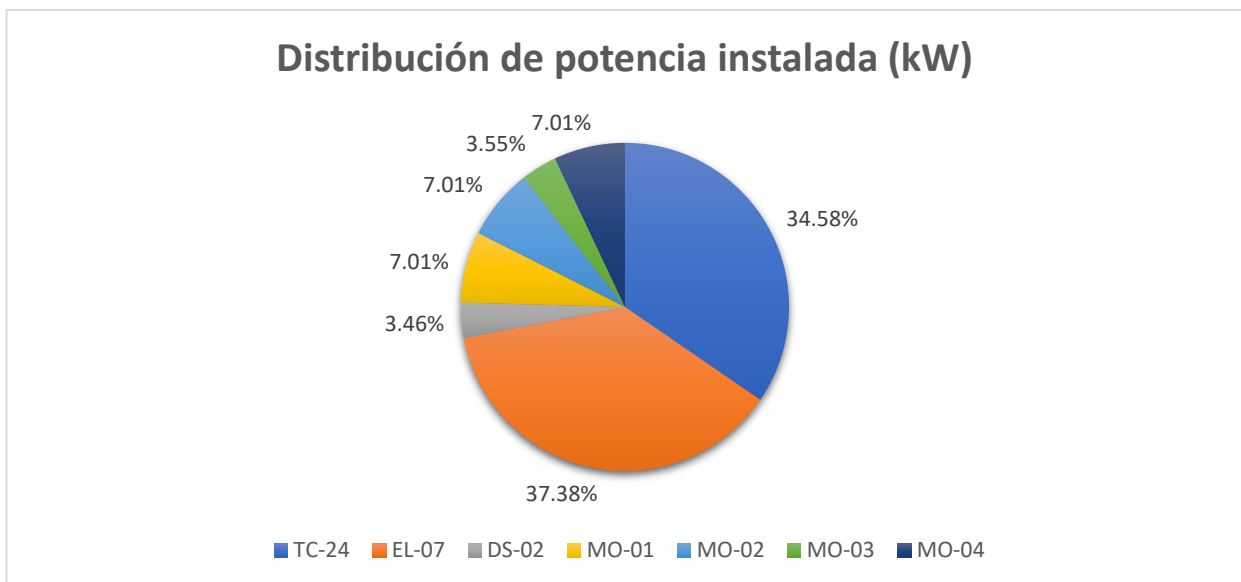


Figura 77. Distribución potencia instalada en área de enfarde y despacho a granel

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 28, la potencia total instalada en el área de enfarde y despacho a granel es de 10.7 kW, en la figura 77 se puede observar la distribución de los equipos instalados en esta área, se puede observar que el equipo EL-07 (Elevador de producto terminado) es el que presenta mayor peso porcentual con un valor de 37,38 % del total de potencia instalada, ya que es un equipo con una capacidad de 5.5 HP, seguido de este equipo se encuentra TC-24 (Cadena de arrastre de producto terminado) con un valor de 34,58 % y una capacidad de 5 HP.

Tabla 29. Consumo de energía en el área de enfarde y despacho a granel

Código del motor	Potencia kW	kWh/mes	Porcentaje respecto a 1477 kWh
TC-24	3.7	621.6	42.07 %
DS-02	0.37	2.5641	0.17 %
EL-07	4	672	45.49 %
MO-01	0.75	47.25	3.20 %
MO-02	0.75	63	4.26 %
MO-03	0.38	7.98	0.54 %
MO-04	0.75	63	4.26 %
Total		1477.3941	

Fuente: Elaboración propia

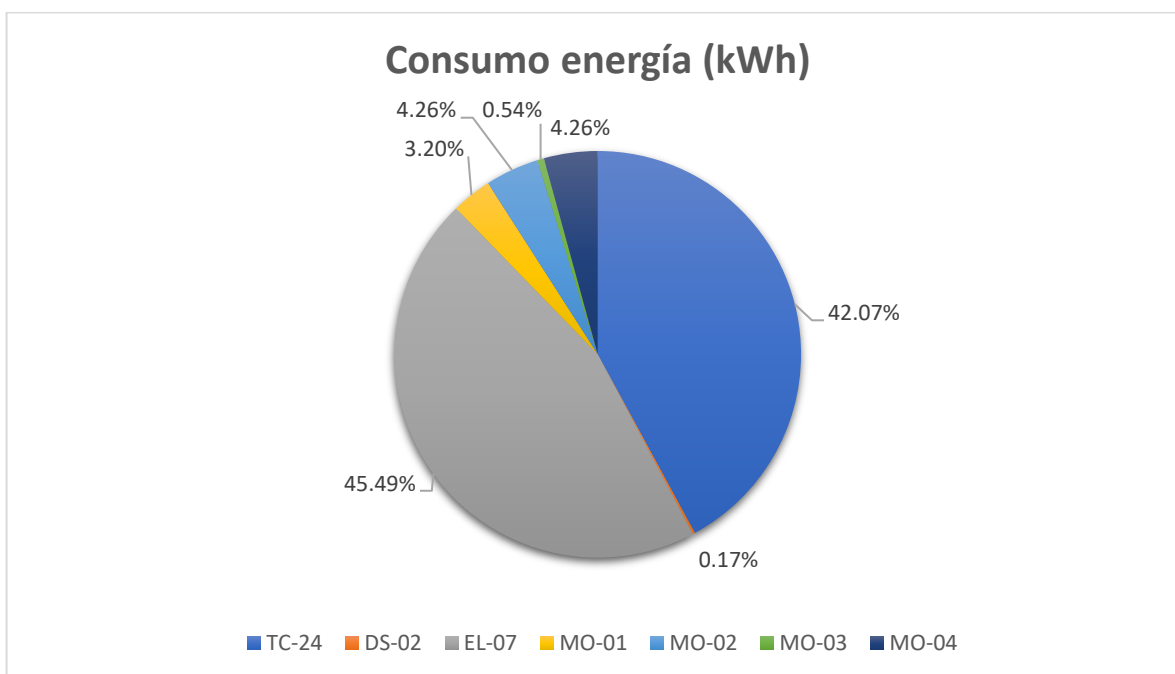


Figura 78. Distribución del consumo de energía en el área de enfarde y despacho a granel
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29, se muestra el consumo de energía eléctrica total en el área de enfarde y despacho a granel con un valor total de 1477 kWh. En la figura 78 se muestra la distribución del consumo de energía en esta área, el equipo que más consume energía es EL-07 con un 45,49 % del consumo total de energía, ya que esta unidad se mantiene encendida en paralelo con la mezcladora (MZ-01), de igual manera, el equipo TC-24 se mantiene encendido en

paralelo con MZ-01, por lo que el consumo de energía también es alto con un valor de 42,07 % del consumo total de energía. Cabe destacar que el consumo del equipo DS-02 es poco representativo con un valor de 0,17 % del consumo total de energía, debido a que se mantiene encendido por períodos muy cortos de tiempo, pues se acciona para mover un seleccionador y así almacenar el producto terminado en las tolvas correspondientes, ya sea para el despacho a granel o para el enfarde.

6.5.6 Aire comprimido

En la planta, existen dos compresores para alimentar el sistema de aire comprimido, un compresor es de tipo tornillo marca Quincy de 20 HP, también cuentan con un compresor de pistón de 10 HP, el aire comprimido se utiliza para accionar diferentes tipos de válvulas neumáticas.

Tabla 30. Potencia eléctrica instalada para el sistema de aire comprimido.

Código del motor	Potencia kW	Porcentaje respecto a 23 kW
CP-01	14.92	64.39 %
VC-01	0.75	3.24 %
CP-02	7.50	32.37 %
Total kW	23.17	

Fuente: Elaboración propia

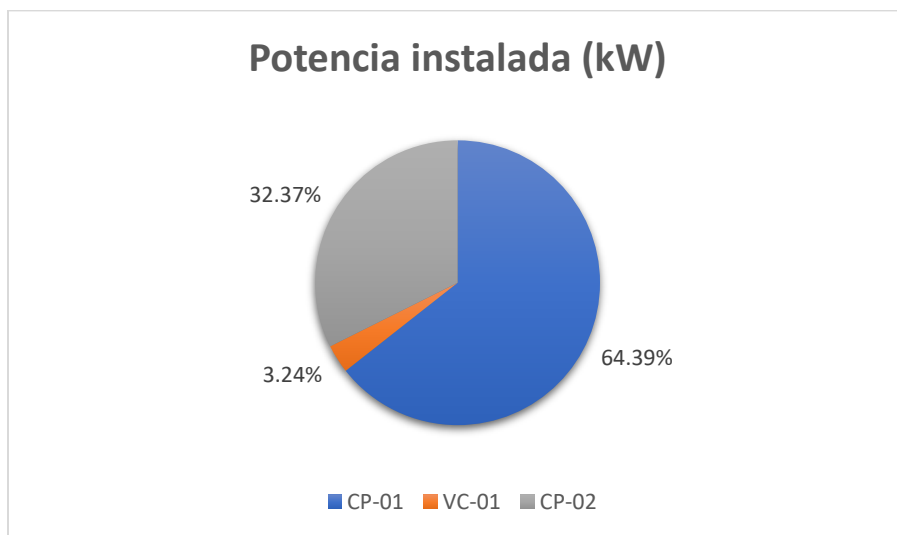


Figura 79. Distribución potencia instalada en el sistema de aire comprimido

Fuente: Elaboración propia

La tabla 30 muestra la potencia instalada en el sistema de aire comprimido, el cual tiene un valor total de 23.17 kW, el equipo que tiene un mayor peso porcentual es CP-01 con un valor de 64,39 %, el cual corresponde al compresor tipo tornillo de 20 HP, luego existe el compresor de pistón con un peso porcentual de 32,37 % del total de potencia instalada, el equipo VC-01 corresponde a un motor del ventilador para el compresor de tornillo con una capacidad de 1 HP.

Tabla 31. Consumo de energía en el sistema de aire comprimido

Código del motor	Potencia kW	kWh/mes	Porcentaje respecto a 3119.13 kWh
CP-01	14.92	2819.88	90.41 %
VC-01	0.75	141.75	4.54 %
CP-02	7.50	157.5	5.05 %
Total		3119.13	

Fuente: Elaboración propia

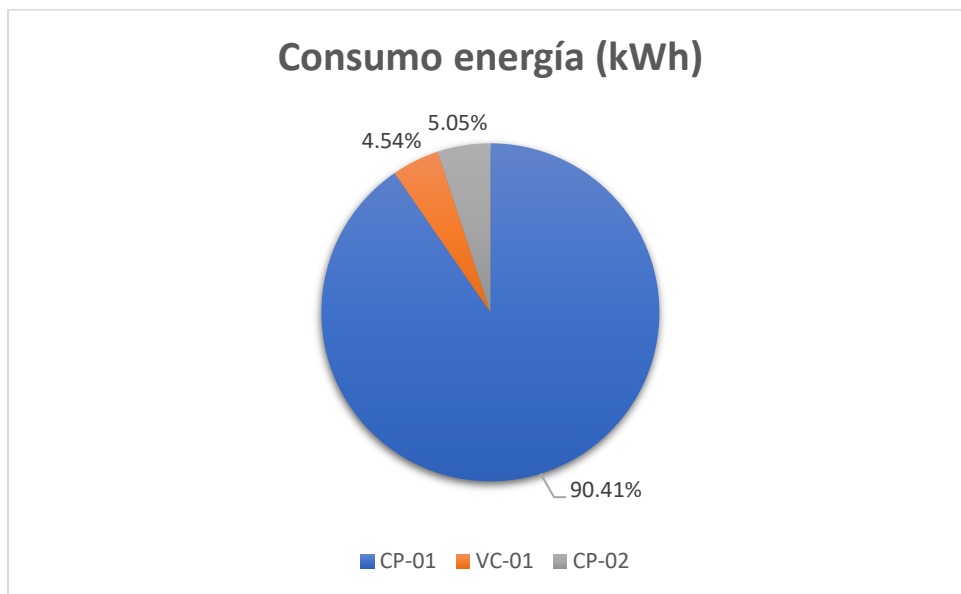


Figura 80. Distribución del consumo de energía en el sistema de aire comprimido

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31, se muestra el consumo total en el sistema de aire comprimido con un valor total de 3119 kWh. En la figura 80, se muestra la distribución del consumo de energía en esta área, teniendo como principal consumidor el equipo CP-01, el cual corresponde al compresor de tornillo, este equipo es el que se mantiene mayor tiempo encendido en la planta. Cabe

destacar que el consumo de VC-01 y CP-02 tienen valores cercanos entre sí (15.75 kWh de diferencia) a pesar que la potencia (kW) de CP-02 es de 7.5 kW y VC-01 es de 0.75 kW, esto se debe a que la unidad VC-01 permanece encendido en paralelo con CP-01 y el equipo CP-02 se enciende por menores períodos de tiempo ya que este compresor se utiliza como respaldo del equipo principal (CP-01).

6.5.7 Carga total instalada (kW) y consumo de energía (kWh) en la planta de alimentos balanceados para animales

La carga total instalada se divide en las áreas mostradas en las secciones 5.5.1 hasta 5.5.6, además, se debe tomar en cuenta la carga correspondiente a iluminación y un equipo de aire acondicionado existente en la empresa. La planta consta con una carga de iluminación de 0.88 kW, las luminarias son marca Sylvania modelo F96T8/841/ECO, en el caso del aire acondicionado, se cuenta con un equipo marca Westinghouse modelo WCHXD2, este equipo es monofásico a 230 V con una capacidad de 12000 Btu/h y una potencia de 0.960 kW.

Tabla 32. Potencia eléctrica instalada en la planta de alimentos balanceados para animales AVUGA

Áreas	Potencia (kW)	Porcentaje respecto a 390 kW
Dosificación	38.65	9.89 %
Enfardado y despacho a granel	10.7	2.74 %
Mezclado	56.5	14.46 %
Aire comprimido	23.17	5.93 %
Molienda	218.35	55.88 %
Recepción y almacenamiento materia prima	41.25	10.56 %
Iluminación	0.88	0.23 %
Aire acondicionado	1.25	0.32 %
Total	390.75	100 %

Fuente: Elaboración propia

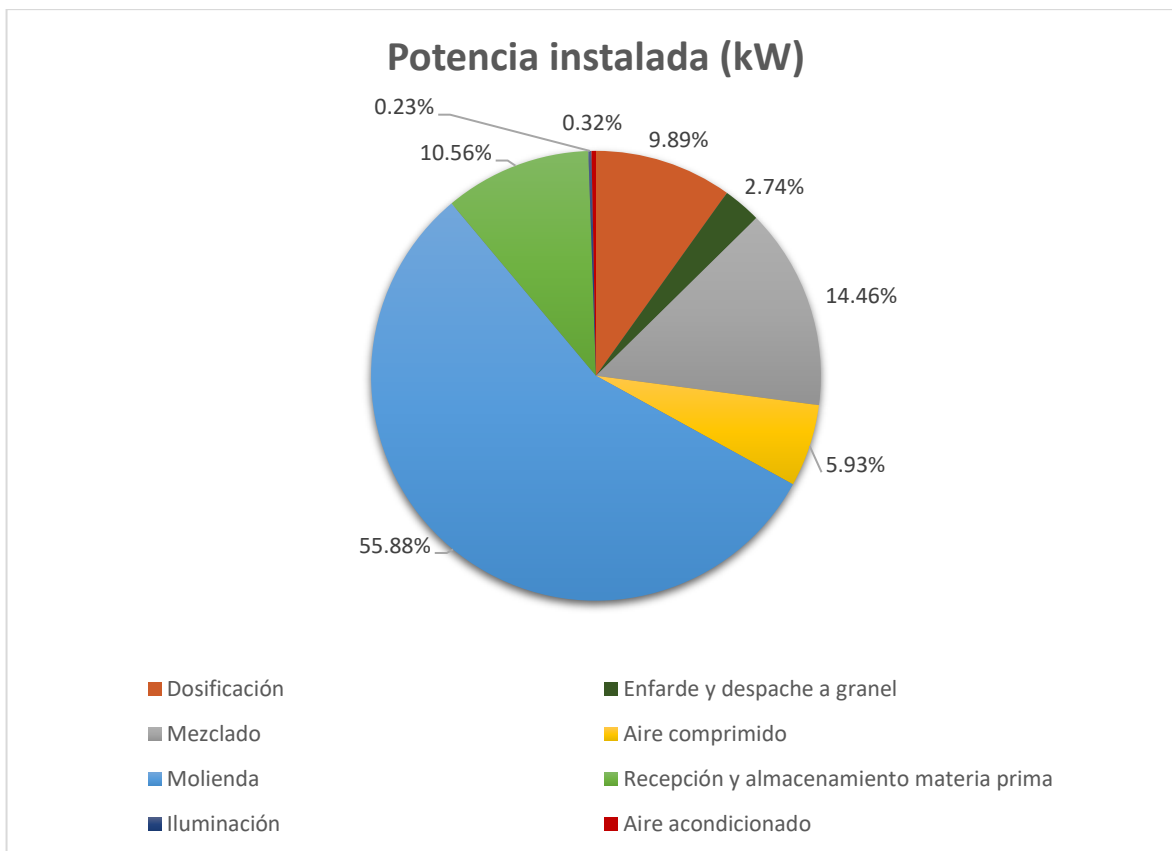


Figura 81. Distribución de potencia eléctrica instalada en la planta de alimentos balanceados para animales AVUGA
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32, se observa que la potencia total instalada en la planta es de 390.75 kW. En la figura 81, se observa la distribución de potencia instalada en la planta dividida por áreas, se puede determinar que el área de molienda abarca más de la mitad del total de potencia instalada con un peso porcentual de 55,88 %, el cual es un valor esperado, ya que en esta área se encuentran los motores con mayor capacidad (ML-01 y ML-02 con capacidades de 150 HP y 75 HP respectivamente). Otra área que tiene una potencia instalada significativa es el área de mezclado, con un valor de 14,46 %, esto debido a que en esta área se encuentra el equipo MZ-01 con una capacidad de 30 HP, el área de recepción y almacenamiento de materia prima cuenta con un peso porcentual de 10,56 % en esta área se encuentra varios elevadores y tornillos sinfín que se accionan por medio de motores eléctricos con capacidades de 10 HP, también, se puede observar que la iluminación y el único equipo de aire

acondicionado no tienen un peso significativo en la potencia eléctrica instalada en la planta de alimentos.

Tabla 33. Consumo de energía eléctrica en la planta de alimentos balanceados para animales AVUGA

Área	Consumo kWh	Porcentaje respecto 24598 kWh
Dosificación	745.34	3.03 %
Enfarde y despache a granel	1477.39	6.01 %
Mezclado	8236.41	33.48 %
Aire comprimido	3119.13	12.68 %
Molienda	9391.92	38.18 %
Recepción y almacenamiento materia prima	490.58	1.99 %
Iluminación	203.28	0.83 %
Aire acondicionado	210.00	0.85 %
Total	23874.06	97.06 %

Fuente: Elaboración propia

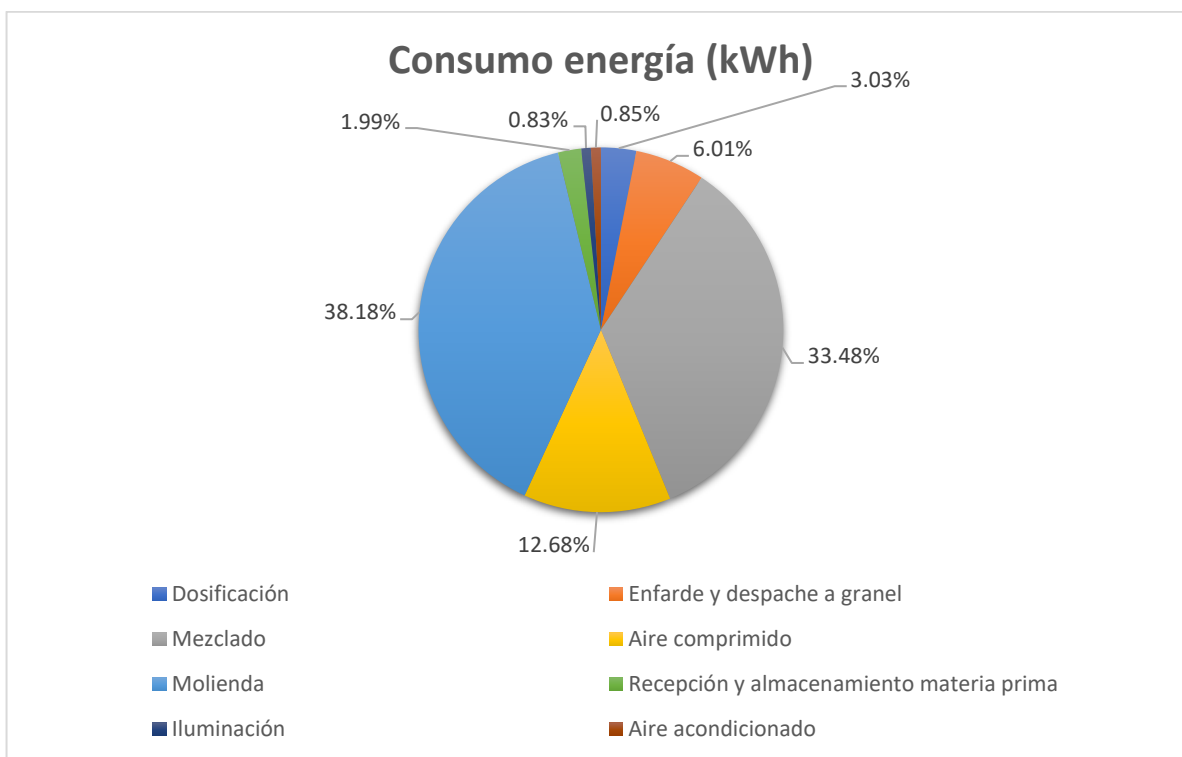


Figura 82. Consumo energía eléctrica en la planta de alimentos balanceados para animales AVUGA

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33, se muestra el consumo total en la planta de alimentos obteniendo un valor de 23 874.06 kWh, se puede observar que la suma de los porcentajes en cada área da un valor total de 97,06 % esto es debido a que el valor contra el que se compara el consumo es de 24 598 kWh, ya que este dato es el consumo promedio, según los registros históricos de la planta, de acuerdo con la sección 5.3, por lo que se obtiene una diferencia de 2,94 % respecto al consumo promedio mensual, esto representa un consumo de 723 kWh el cual es desconocido.

Consumo promedio	kWh	% Diferencia
Recibos eléctricos	24598	2.94 %
Balance de energía	23874	

Tabla 34. Comparación energía de recibos eléctricos y balance energético
Fuente: Elaboración propia

En la figura 82, se muestra la distribución del consumo de energía eléctrica en la planta de alimentos, se puede observar que el área de molienda es el mayor consumidor de energía eléctrica con un peso porcentual de 38,18 % del consumo total, seguido por el área de mezclado con un 33,48 %, otra área representativa es el sistema de aire comprimido de la empresa con un 12,68 %, en el otro extremo se puede observar que las áreas que consumen menor energía eléctrica son iluminación, aire acondicionado, recepción y almacenamiento de materia prima, con un 0,83 %, 0,85 % y 1,99 %, respectivamente.

6.5.8 Diagrama de Pareto de demanda (kW) y consumo de energía (kWh)

Una vez caracterizada la potencia y el consumo de energía por cada una de las zonas existentes en la planta de alimentos, se realizan los diagramas de Pareto correspondientes para conocer dónde se concentra la potencia y el consumo de energía eléctrica en la planta.

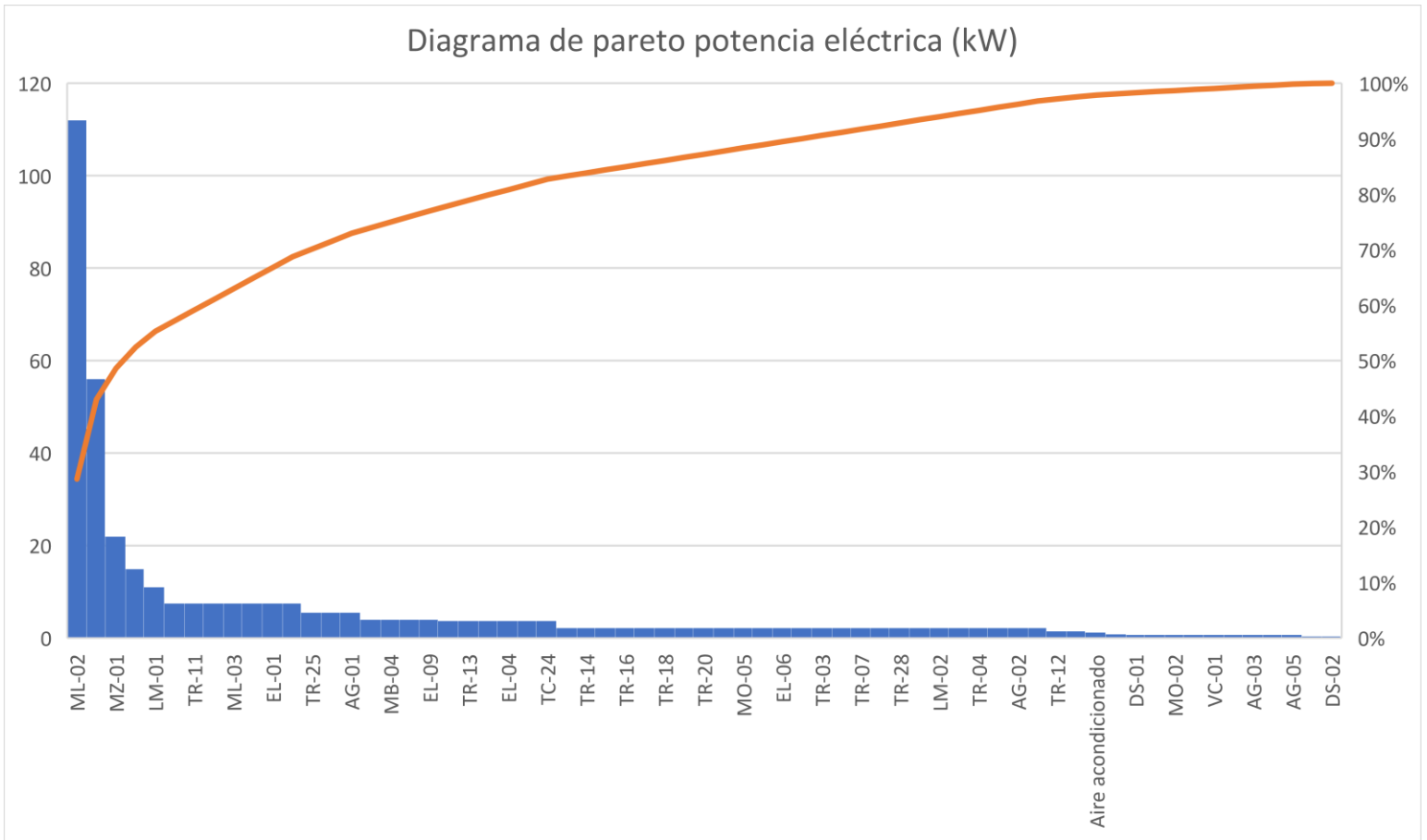


Figura 83. Diagrama de Pareto potencia eléctrica (kW)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Equipos que representan el 80 % de la potencia eléctrica de la planta

Código del motor	Potencia kW	% Demanda relativo	% Demanda absoluta
ML-02	112	29 %	29 %
ML-01	56	14 %	43 %
MZ-01	22	6 %	49 %
CP-01	14.92	4 %	52 %
LM-01	11	3 %	55 %
CP-02	7.5	2 %	57 %
TR-11	7.5	2 %	59 %
EL-02	7.5	2 %	61 %
ML-03	7.5	2 %	63 %
TR-06	7.5	2 %	65 %
EL-01	7.5	2 %	67 %
MB-03	7.5	2 %	69 %
TR-25	5.5	1 %	70 %
TR-26	5.5	1 %	72 %

AG-01	5.5	1 %	73 %
MB-02	4	1 %	74 %
MB-04	4	1 %	75 %
EL-07	4	1 %	76 %
EL-09	4	1 %	77 %
TR-10	3.7	1 %	78 %
TR-13	3.7	1 %	79 %
TR-23	3.7	1 %	80 %

Fuente: Elaboración propia

En la figura 83, se observa el diagrama de Pareto correspondiente a los equipos instalados en la planta de alimentos, en la tabla 35, se observa los equipos que corresponden que representan el 80 % de la potencia eléctrica de la planta, la tabla para realizar el gráfico de la figura 83 se encuentra en el apéndice 2.

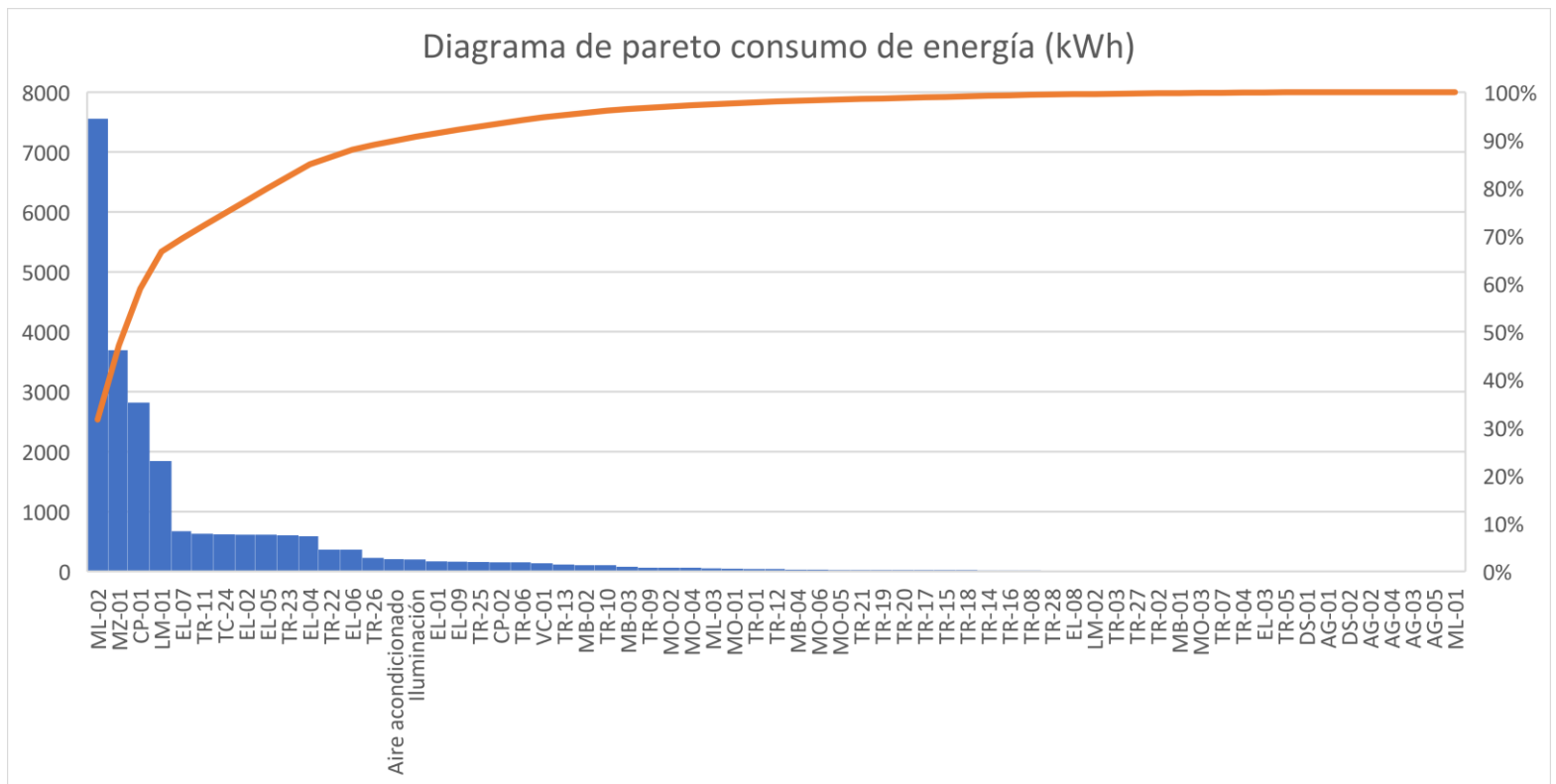


Figura 84. Diagrama de Pareto consumo de energía (kWh)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Equipos que consumen el 80 % de energía eléctrica en la planta

Código del equipo	Descripción del equipo	kWh/mes	% Demanda relativa	% Demanda absoluta
ML-02	Motor que acciona el molino de martillos	7560	32 %	32 %
MZ-01	Motor que acciona la mezcladora de alimento	3696	15 %	47 %
CP-01	Compresor de tornillo	2819.88	12 %	59 %
LM-01	Motor que acciona la limpiadora por rotación de alimento	1848	8 %	67 %
EL-07	Motor que acciona elevador de cangilones con producto terminado	672	3 %	70 %
TR-11	Motor que acciona tornillo sinfín con maíz molido	630	3 %	72 %
TC-24	Motor que acciona cadena de arrastre con producto terminado	621.6	3 %	75 %
EL-02	Motor que acciona elevador de cangilones con maíz molido para almacenar en silos	614.25	3 %	77 %
EL-05	Motor que acciona elevador de cangilones para introducir materia prima a la mezcladora	613.83	3 %	80 %

Fuente: Elaboración propia

En la figura 84, se muestra el diagrama de Pareto correspondiente al consumo de energía eléctrica de los equipos con los que cuenta la planta de alimentos. En la tabla 36, se observan los equipos que consumen el 80 % de la energía eléctrica de la empresa, por lo que, de acuerdo con el análisis realizado en esta sección, se indica en cuales equipos es los que se deben centrar los esfuerzos para utilizar la energía de una forma más eficiente.

Capítulo 6.

Oportunidades de conservación de energía y ahorro en la facturación eléctrica

7.1 Sustitución motores eléctricos

De acuerdo con el diagrama de Pareto mostrado en la sección 5.5.8, se determinan los equipos que consumen más energía en la planta, por lo que los esfuerzos para optimizar el consumo de energía se deben centrar en estos equipos.

Tabla 37. Equipos a analizar

Equipo	HP	kW	Velocidad nominal (RPM)
ML-02	150	112	1785
TR-11	10	7.5	1730
EL-07	5.5	4	1730
EL-05	5	3.7	1715
TC-24	5	3.7	1730
MZ-01	30	22	1760

Fuente: Elaboración propia

Algunos de los equipos mostrados en la tabla 37 tienen más de 25 años de haber sido instalados por lo que se encuentran desgastados y son poco eficientes, además de estar en algunos casos sobredimensionados, según las inspecciones y mediciones realizadas. Por medio de mediciones eléctricas para conocer la potencia demandada de los equipos, uso de un tacómetro y datos de placa, se utiliza el método del deslizamiento para calcular los factores de carga y eficiencia de los motores eléctricos.

Tabla 38. Factores de carga y eficiencia de los motores eléctricos

Equipo	Velocidad sincrónica (RPM)	Velocidad del motor real (RPM)	Potencia demandada (kW)	% Factor de carga	Eficiencia
ML02	1800	1794	76.12	40 %	59 %

TR11	1800	1778	4.80	31 %	49 %
EL07	1800	1780	2.70	29 %	42 %
EL05	1800	1732.5	3.95	79 %	74 %
TC24	1800	1766.7	3.72	48 %	49 %
MZ01	1800	1778	20.73	55 %	58 %

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior, se puede observar que la mayoría de los motores se encuentran con bajos factores de carga, por lo que están sobredimensionados, por ende, la eficiencia de estos equipos es baja, pues los mayores valores de eficiencia se alcanzan cuando se trabaja con motores en valores cercanos a un 75 % de carga (Almeida, 2014), por lo que se propone cambios de motores. Como algunos motores están sobredimensionados, se realiza el cambio de motores por motores de menor capacidad que se ajusten a los requerimientos medidos.

Tabla 39. Cambio de equipos propuesto

Equipos	Equipo actual (HP)	Eficiencia actual	Equipo propuesto (HP)	Eficiencia propuesta
ML02	150	59 %	100	95 %
TR11	10	49 %	7.5	89.6 %
EL07	5.5	42 %	4	87.7 %
EL05	5	74 %	5	88.9 %
TC24	5	49 %	4	87.7 %
MZ01	30	58 %	25	92.6 %

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que el equipo EL05, mantiene la misma capacidad, esto debido a que el factor de carga calculado ya presenta un valor aceptable para obtener las mayores eficiencias del motor (Almeida, 2014).

Se cotizaron equipos con la empresa Eurotécnica de Costa Rica, los cuales cumplen la norma IEC 60034-2-1 (Eficiencias IE2, IE3) que trabaja con valores de eficiencias de 87,7 % a 95 %, con estos nuevos equipos, se calculan los ahorros anuales por la sustitución de motores eléctricos antiguos a motores eléctricos de alta eficiencia.

Tabla 40. Ahorro por sustitución de motores

Equipo	€/kWh	Consumo actual (kWh/año)	Consumo motores eficientes (kWh/año)	Ahorro/año
ML02	150	76,608.02	59,361.12	€ 2,587,032.00
TR11	150	4,812.59	3,759.84	€ 157,913.28
EL07	150	5,583.36	3,429.73	€ 323,045.07
EL05	150	7,863.66	6,682.28	€ 177,206.95
TC24	150	7,499.52	5,075.15	€ 363,655.56
MZ01	150	42,513.53	30,452.27	€ 1,809,190.27
			Ahorro anual	€ 5,418,043.13

Fuente: Elaboración propia

Para conocer la viabilidad de este proyecto, es necesario realizar un análisis financiero, por lo que se debe conocer la inversión inicial, la cual, de acuerdo con la cotización brindada por la empresa Eurotécnica de Costa Rica, es de € 5 382 190 y la tasa de descuento de la empresa es de 10 %. De este modo, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 41. Indicadores financieros cambio de motores

Rentabilidad del proyecto	5 años
VAN	€ 15,704,894.88
TIR	96 %
PRI	1.03

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el VAN del proyecto es positivo, lo que indica que es viable su implementación, además, se observa que la tasa interna de retorno (TIR) tiene un valor mayor a la tasa de descuento, lo cual, de igual manera, justifica la inversión del proyecto, además, el período de retorno de la inversión es de 1.03 años, la implementación de este proyecto representa un ahorro anual de 11,40 % en la factura eléctrica de la empresa.

7.2 Disminución de tiempos muertos en equipos eléctricos

En la planta de alimentos balanceados para animales, hay equipos que se mantienen encendidos durante jornadas laborales completas (8 horas aproximadamente), aunque no estén cumpliendo ninguna función dentro del proceso productivo. Estos equipos son:

- TR22, tornillo sinfín que transporta materia prima de la tolva báscula hacia TR23.
- TR23, tornillo sinfín que transporta materia prima hacia EL04.
- EL04, elevador que transporta materia prima hacia la mezcladora.

Los equipos mencionados anteriormente son controlados por el sistema SCADA con el que cuenta la empresa, pero el proceso de encendido y apagado no es automático, por lo que se deben activar y desactivar estos equipos manualmente desde el cuarto de control, entonces se mantienen encendidos durante toda la jornada laboral.

Para conocer la cantidad de tiempo que dichos equipos están cumpliendo su función de transportar materia prima se tomaron mediciones en campo y se obtuvo como valor máximo un tiempo de 2.5 minutos desde que el material empieza la descarga proveniente de la tolva báscula hacia el tornillo sinfín TR-22 y, finalmente, transportar la materia prima hasta la mezcladora, este tiempo de 2.5 minutos sucede por cada bache de alimento producido y, de acuerdo con los datos del departamento de producción, se realizan 82 baches en promedio por día, por lo que estos equipos deberían de permanecer encendidos 205 minutos al día lo que equivale a 3.41 horas en lugar de la jornada laboral completa de 8 horas.

Se propone el cambio en el sistema SCADA para que el encendido y apagado de estos equipos sea automático, encendiendo los equipos al obtener la señal del peso deseado en la báscula y apagar los equipos transcurridos los 2.5 minutos de trabajo, los beneficios de generar esta propuesta se muestran en la siguiente tabla. Con dicha información, se calculan los ahorros generados con esta propuesta.

Tabla 42. Ahorros anuales generados por disminuir tiempos muertos en diferentes equipos

Equipo	Consumo actual (kWh/año)	Consumo propuesto (kWh/año)	Ahorro en un año
TR-22	4435.2	1890.50	₡ 381,704.40
TR-23	7272.72	3179.48	₡ 613,985.40
EL-04	7086.24	3179.48	₡ 586,013.40
		Ahorro anual	₡ 1,581,703.20

Fuente: Elaboración propia

Para determinar si es factible la implementación de esta oportunidad de conservación de energía, es necesario realizar un análisis financiero, de acuerdo con la cotización brindada por la empresa Ingenieros Electromecánicos Consultores (IEMCO) la inversión en este proyecto es de \$ 3000, lo que equivale a ₡ 1 734 000 (tipo de cambio mes de junio 2020), y la tasa de descuento es de 10 %, con esta información, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 43. Indicadores financieros, disminución de tiempos muertos

Rentabilidad del proyecto	5 años
VAN	¢ 5,599,728.08
TIR	90 %
PRI	1.09

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior, el VAN da un valor positivo, lo cual indica la viabilidad de su implementación, además, el valor de la TIR arroja un valor mayor a la tasa de descuento con la que trabaja la empresa, además, el período de retorno de la inversión es de 1.09 años, con la implementación de esta medida se presenta un ahorro de 3,46 % en la factura eléctrica de la empresa.

7.3 Corrección del factor de potencia

Cómo se mencionó en secciones anteriores, la empresa de alimentos balanceados para animales AVUGA, no tiene un control sobre el factor de potencia, por lo que al ser la mayoría de los equipos instalados de tipo inductivo (motores eléctricos asíncronos) se presentan valores bajos de factor potencia (0.7), donde lo establecido por la ARESEP en su norma técnica (AR-NT-SUCOM) es un valor de 0.9, debido a este bajo factor de potencia, la distribuidora eléctrica, en este caso el ICE realiza una multa por bajo factor de potencia, el monto de la multa varía mes a mes, dependiendo del valor de la demanda máxima y su factor de potencia correspondiente, de acuerdo con los recibos eléctricos del año 2019 se tienen multas por los siguientes valores:

Tabla 44. Multa bajo factor de potencia año 2019

Mes	Valor factor de potencia	Monto multa bajo factor de potencia
Enero 2019	0.82	¢ 133,958.72
Febrero 2019	0.83	¢ 99,426.61
Marzo 2019	0.83	¢ 101,741.90
Abril 2019	0.72	¢ 588,663.21
Mayo 2019	0.71	¢ 479,464.44
Junio 2019	0.72	¢ 537,454.06
Julio 2019	0.73	¢ 530,359.47
Agosto 2019	0.74	¢ 550,647.57

Septiembre 2019	0.73	€ 511,499.66
Octubre 2019	0.74	€ 518,104.97
Noviembre 2019	0.72	€ 526,682.37
Diciembre 2019	0.73	€ 433,899.57
	Total	€ 5,011,902.55

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, la empresa AVUGA en el año 2019 pagó un total de € 5 011 902.55, como se mencionó en secciones anteriores, se recomienda la instalación de un banco de capacitores para lograr un valor de factor de potencia de 0.9, se cotizó un banco de capacitores de 75 kVAR, con la empresa Grupo Diez, este banco de capacitores tiene un valor de \$ 14 623.01 aproximadamente € 8 460,705 (con tipo de cambio mes de junio 2020), con esta información de la inversión inicial y una tasa de descuento del 10 % se analiza la viabilidad para la implementación de este proyecto en un período de 5 años.

Tabla 45. Indicadores financieros banco de capacitores

Rentabilidad del proyecto	5 años
VAN	€ 14,771,926.33
TIR	55 %
PRI	1.66

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, se obtiene VAN con un valor positivo, por lo que es viable la implementación del proyecto, la TIR tiene un valor de 55 % y presenta un valor mayor a la tasa de descuento de la empresa (10 %), por lo que se considera, de igual manera, viable la implementación del banco de capacitores y se tiene un período de recuperación de la inversión de 1.66 años, con la implementación de este proyecto se tiene un ahorro anual de 10,96 % en la factura eléctrica.

7.4 Implementación del nuevo sistema de distribución eléctrica

La implementación del nuevo sistema de distribución eléctrica no se clasifica como un proyecto de oportunidad de conservación de energía, pero es un proyecto que brinda confiabilidad y seguridad al sistema eléctrico, infraestructura y personal de la empresa.

Como no se sabe en qué momento puede ocurrir una falla por cortocircuito, ni que equipos se verían afectados en caso de producirse la falla, ni el tiempo de paro de producción en la planta es difícil conocer el valor por pérdidas económicas, producidos por tal evento. Por lo tanto, para realizar la justificación económica de este sistema de distribución, se debe partir de datos estimados, se puede justificar la implementación del proyecto por medio de un estimado de tiempo de paro en la producción provocado por el evento y sus respectivas pérdidas económicas, el inconveniente de este método es que no se cuenta con los datos financieros del precio de venta de los diferentes productos que se comercializan.

Otra manera de realizar la justificación económica del proyecto es por medio de una cuantificación de daños en los equipos, no hay manera de saber cuáles equipos serían afectados, pero se parte del supuesto de que de los 62 motores eléctricos 6 equipos se verían afectados, se elige esta cantidad de equipos, ya que son los equipos que se tiene información sobre el costo de sustitución (cotización Eurotécnica), por lo que se asume que, en caso de falla por cortocircuito en la red eléctrica, se debe invertir ¢ 5 382 190 en la sustitución de estos 6 equipos que se puedan ver afectados, esto sin tomar en cuenta posibles daños en los centros de control de motores, conductores y protecciones, pérdidas económicas por paro en producción de alimento y posibles daños en la infraestructura, pues, como se mencionó anteriormente, de acuerdo con la norma NFPA 499, algunas de las materias primas utilizadas en la elaboración de alimentos son clasificadas como polvos combustibles, por lo que, en caso de una falla por cortocircuito, existe el riesgo inminente de un incendio en las instalaciones.

La inversión que se debe realizar para la implementación del nuevo de sistema de distribución eléctrica es de \$ 20 816.54, aproximadamente ¢ 12 044 210 (con tipo de cambio mes de junio 2020, según cotización realizada a Grupo Diez), por lo que con un fallo por cortocircuito en el que se vean afectados solo estos 6 motores eléctricos, para la sustitución de los equipos dañados, se debe realizar una inversión del 45 % del costo total del nuevo sistema de distribución eléctrica. Además, al ser un proyecto que busca la seguridad y confiabilidad para el sistema eléctrico, infraestructura y personal de la empresa, tener en cuenta solo el factor económico sería un error en la toma de decisiones para la implementación del proyecto.

7.5 Resumen de oportunidades de conservación de la energía y ahorro en la factura eléctrica

Para conocer el impacto global de las propuestas presentadas en este proyecto para la conservación de energía y ahorro en la factura eléctrica, se realiza un cuadro resumen donde se muestran los ahorros anuales de energía (kWh), así como los ahorros económicos anuales generados (C\$).

Tabla 46. Resumen de oportunidades de conservación de energía y ahorro en la factura eléctrica

Propuesta	Ahorro anual (kWh)	Ahorro anual (C\$)	PRI (años)
Sustitución motores eléctricos	36,120	C\$ 5,418,043.13	1.03
Disminución de tiempos muertos en equipos eléctricos	10,545	C\$ 1,581,703.20	1.09
Corrección del factor de potencia	-	C\$ 5,011,902.55	1.66
Total anual	46,665	C\$ 12,011,648.88	
Porcentaje de ahorro	17.14 %	26.27 %	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior, el ahorro anual en la factura eléctrica es de un 26,27 %, lo cual representa C\$12 011 648.88, además, se presenta un ahorro anual de un 17,14 % de consumo de energía lo cual equivale a 46,665 kWh. Con la implementación de estas propuestas de mejora, los indicadores mencionados en la sección van a tener valores diferentes, por lo que se calculan nuevamente para conocer las nuevas condiciones en las cuales se estaría trabajando.

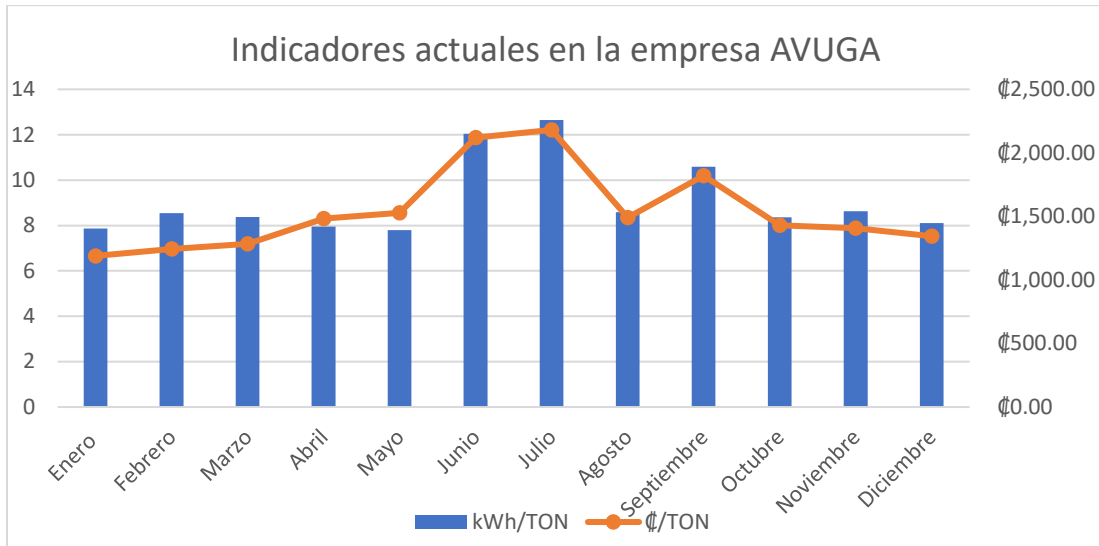


Tabla 47. Indicadores actuales en la empresa AVUGA
Fuente: Elaboración propia

Los valores de los indicadores obtenidos con las propuestas de mejora se muestran a continuación:

Tabla 48. Indicadores con propuestas de mejora empresa AVUGA

Mes	kWh/TON	¢/TON
Enero	6.55229046	¢ 946.96
Febrero	7.16756786	¢ 990.97
Marzo	6.88437265	¢ 1,010.98
Abril	6.54234872	¢ 1,224.34
Mayo	6.21675194	¢ 1,239.51
Junio	10.0712709	¢ 1,758.08
Julio	10.4927881	¢ 1,785.63
Agosto	7.17892392	¢ 1,234.07
Septiembre	8.74210272	¢ 1,483.53
Octubre	6.94522788	¢ 1,171.84
Noviembre	7.23692939	¢ 1,153.25
Diciembre	6.66595843	¢ 1,079.53
Promedio	¢ 7.56	¢ 1,256.56

Fuente: Elaboración propia

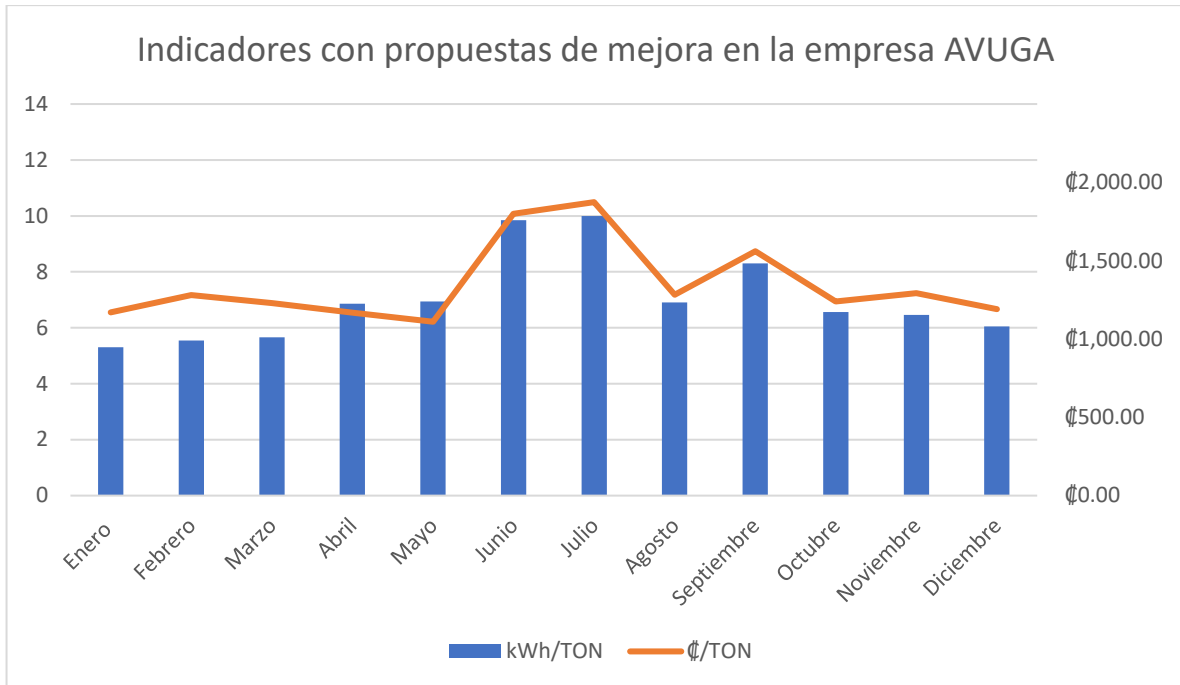


Figura 85. Indicadores con propuestas de mejora empresa AVUGA
Fuente: Elaboración propia

Comparando los valores promedio mostrados en la tabla 48 donde se determinan los nuevos valores para los indicadores con las mejoras propuestas contra los valores con los que trabaja la empresa actualmente, se obtiene que el indicador kWh/TON se reduce en 1.56 kWh/TON, ya que actualmente la empresa en este indicador tiene un valor promedio de 9.12 kWh/TON y con las propuestas de mejora este valor es igual a 7.56 kWh/TON, en el caso del indicador ¢/TON se reduce en 287.25 ¢/TON, esto debido a que la empresa actualmente trabaja con un valor promedio de 1,543.81 ¢/TON y con las propuestas de mejora este indicador da como resultado un valor de 1256.56 ¢/TON.

Por lo que estos valores de los indicadores con las mejoras propuestas son los que se deben tomar como línea base para reducir los valores actuales y, una vez que se lleguen a estos indicadores de 1256.56 ¢/TON y 7.56 kWh/TON, se debe procurar ir reduciendo estos valores por medio del modelo de gestión energética propuesto.

Conclusiones

- Se concluye que el sistema de distribución eléctrico actual en la empresa no cumple con el Código Eléctrico Nacional 2014 NEC NFPA-70, lo cual representa un riesgo para la infraestructura y personal de la planta, por lo que se propone un nuevo sistema de distribución eléctrica que cumpla con la normativa, la implementación de este nuevo sistema tiene un costo económico de ₡ 12 044 210.
- Mediante el balance energético, se establece el consumo energético promedio de la planta, por procesos productivos y equipos instalados, con un valor de 23,874.06 kWh, obteniendo una diferencia de 2,94 % respecto al consumo promedio de los recibos eléctricos, de los últimos 12 meses.
- Se logró evidenciar que 8 de los 62 equipos eléctricos representan el 80 % del consumo de energía eléctrica en la planta y el proceso productivo que más consume energía eléctrica es el de molienda, el cual representa un 38,18 % del consumo total en la planta.
- Se determinó que el ahorro anual de energía eléctrica consumida es de un 16,17 % con la implementación de las medidas propuestas, lo que equivale a un ahorro de 46,665 kWh y el ahorro anual del costo de la factura eléctrica es de un 26,27 % con la implementación de las mejoras propuestas, lo que equivale a un ahorro de ₡ 12 011 648.88.
- Con la implementación de las propuestas de mejora, se reduce el indicador kWh/TON, en un 17,10 % y el indicador ₡/TON se reduce un 18,6 %.

Recomendaciones

- Analizar el sistema de aire comprimido en busca de fugas, para identificar posibles oportunidades de conservación de energía.
- Evaluar el estado del sistema de puesta a tierra de la empresa.
- Dar continuidad a las demás fases del modelo de gestión energética planteado.
- Se sugiere realizar un estudio termográfico en la instalación eléctrica de la empresa para detectar potenciales fallos que puedan ocurrir en conexiones dañadas, fallos internos de disyuntores, fusibles, fallos en el bobinado interno de un motor eléctrico, entre otros.
- Una vez instalado el banco de capacitores, se recomienda medir la distorsión armónica total (THD), para comprobar que se encuentra dentro de los valores establecidos por ARESEP, en su norma técnica (AR-NT-SUCAL) para asegurar que no vayan a existir daños en los capacitores por componentes armónicos.
- En caso de superar los límites establecidos de distorsión armónica, se recomienda la instalación de un filtro para armónicas.

Bibliografía

- Almeida, A., Ferreira, F., Quintino, A. (2014). *Technical and Economical Considerations on Super High-Efficiency Three-Phase Motors*. IEEE.
- ARESEP. (2015). *Supervisión de la calidad del suministro eléctrico en baja y media tensión (AR-NT-SUCAL)*. Costa Rica.
- ARESEP. (2016). *Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión (AR-NT-SUCOM)*. Costa Rica.
- Arnera, P. (2012). *Nuevos desafíos para la energía eléctrica*. Argentina: Academia Nacional de Ingeniería.
- Barrantes, J. (2010). *Estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en CVG ALUNASA*. Costa Rica.
- Cabezas, J. (2016). *Análisis del factor de potencia de una empresa procesadora, para determinar su corrección por medio de compensación reactiva*. Costa Rica.
- Cabrera, L. (2018). *Análisis de corto circuito y coordinación de protecciones en la red eléctrica de la planta de producción de VITEC PRODUCTION SOLUTIONS*. Costa Rica.
- Chacón, F. (2015). *Evaluación energética en una planta de alimentos balanceado para animales*. Costa Rica.
- CNEE. (2010). *Ahorro de energía eléctrica mediante motores eléctricos de inducción de alta eficiencia*. Guatemala.
- Conejo, A. J., Arroyo, J. M., Milano, F. (2007). *INSTALACIONES ELECTRICAS*. México: Mcgraw-Hill .
- EATON. (2010). *Power factor correction: A guide for the plant engineer*. Cleveland, Estados Unidos.
- Ente Vasco de Energía EVE. (1999, Marzo). *Implantación de la gestión energética integral*. España.
- Gerencia Electricidad UEN. (2018). *Buenas prácticas de eficiencia para motores eléctricos industriales*. Costa Rica.
- Gómez, D. (2010). *Análisis de Contingencias Eléctricas en Centros Comerciales*. México: Universidad Autónoma de México.

- Grupo WEG. (2016). *Guia de Especificación de Motores Eléctricos*.
- MacDowell, J., Halpin, M., & Jackson, G. (2006). *Recommended Practice for Calculating Short- IEEE*.
- Moylan, W., Huening, W., & St.Pierre, C. (1993). *Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*. IEEE.
- Mujar, R. (2002). *Protección de sistemas eléctricos de potencia*. España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- National Fire Protection Association. (2014). *Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas NFPA-499*.
- National Fire Protection Association. (2014). *Código Eléctrico Nacional NFPA-70*. Costa Rica.
- Oviedo, C. (2017). *Ahorro energético en FEILO SYLVANIA, mediante una auditoría de nivel II*. Costa Rica.
- Schneider Electric. (2009). Coordination of LV protection devices. Francia. Obtenido de www.schneider-electric.com.
- Vidal, J., Caicedo, O., Campos, J., Quispe, E., Ospino I. (2007). *Modelos de gestión energética un análisis crítico*. Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México: Pearson Educación.

Apéndices

Apéndice 1. Cálculos corrección del factor de potencia

Para realizar la corrección del factor de potencia, es necesario conocer la cantidad de potencia reactiva que debe aportar el banco de capacitores, por lo que se utiliza la siguiente relación:

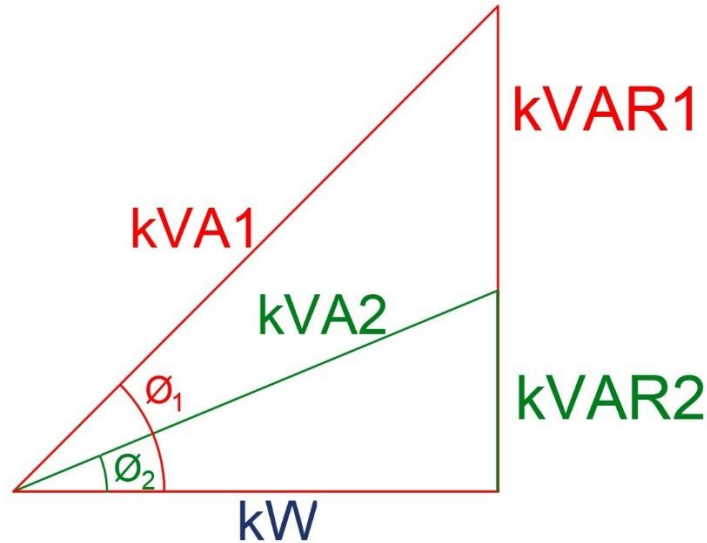


Figura 86. Relación para corrección del factor de potencia
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2019

Se tiene que:

- $\Phi_1 =$ Ángulo a un factor de potencia inicial, aproximadamente $fp=0.71$
- $\Phi_2 =$ Ángulo a un factor de potencia meta, en este caso $fp=0.92$
- $kVAR1 = kW * \tan(\Phi_1)$
- $kVAR2 = kW * \tan(\Phi_2)$

Por lo que, al restar $kVAR1 - kVAR2$, se obtienen los $kVAR$ que debe suministrar el banco de capacitores para lograr el nuevo factor de potencia deseado.

$$kVAR_{necesarios} = kW * (\tan(\Phi_1) - \tan(\Phi_2)) \quad (13)$$

Por lo tanto, se toma la ecuación anterior para dimensionar el banco de capacitores. Para conocer la cantidad necesaria de potencia reactiva ($kVAR$) que debe aportar el banco de

capacitores se ocupa un factor de potencia meta, en este caso, según la normativa dada por ARESEP (AR-NT-SUCOM), el factor de potencia necesario es de 0.9 para evitar multa por bajo de factor de potencia, para conocer el factor de potencia inicial se van a tomar los valores medidos con el equipo eGauge 4115 y se realiza el cálculo en una tabla del programa Microsoft Excel tomando como base la ecuación 13, aunque el factor de potencia necesario es de 0.9, los cálculos se van a realizar con un factor de potencia base de 0.92, para así tener un margen de seguridad.

Fecha y hora	kW	FP actual	FP deseado	Potencia banco de capacitores (kVAR)
3/3/2020 7:45	42.665635556	0.736250068	0.92	21.039783
3/3/2020 7:30	50.575191111	0.662295600	0.92	35.669828
3/3/2020 7:15	104.567084444	0.671841159	0.92	70.738321
3/3/2020 7:00	97.073280000	0.649056668	0.92	72.423667
3/3/2020 6:45	49.459240000	0.670498928	0.92	33.657354
3/3/2020 6:30	50.210666667	0.697823351	0.92	30.148302
3/3/2020 6:15	41.496853333	0.671970011	0.92	28.056109
3/3/2020 6:00	23.990160000	0.687226698	0.92	15.139384
3/3/2020 5:45	3.094493333	0.730455594	0.92	1.575036
3/3/2020 5:30	5.229610000	0.767861125	0.92	2.135190
3/3/2020 5:15	3.072976667	0.709546712	0.92	1.742723
3/3/2020 5:00	2.000935556	0.657775608	0.92	1.438861
3/3/2020 4:45	2.088647778	0.667300008	0.92	1.441428
3/3/2020 4:30	3.003943333	0.703558892	0.92	1.754490
3/3/2020 4:15	4.416680000	0.757122260	0.92	1.929378
3/3/2020 4:00	2.183656667	0.667146674	0.92	1.508006
3/3/2020 3:45	2.045977778	0.661231147	0.92	1.449627
3/3/2020 3:30	4.155475556	0.755172255	0.92	1.836931

Tabla 49. Muestra de valores obtenidos para la potencia reactiva del banco de capacitores
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

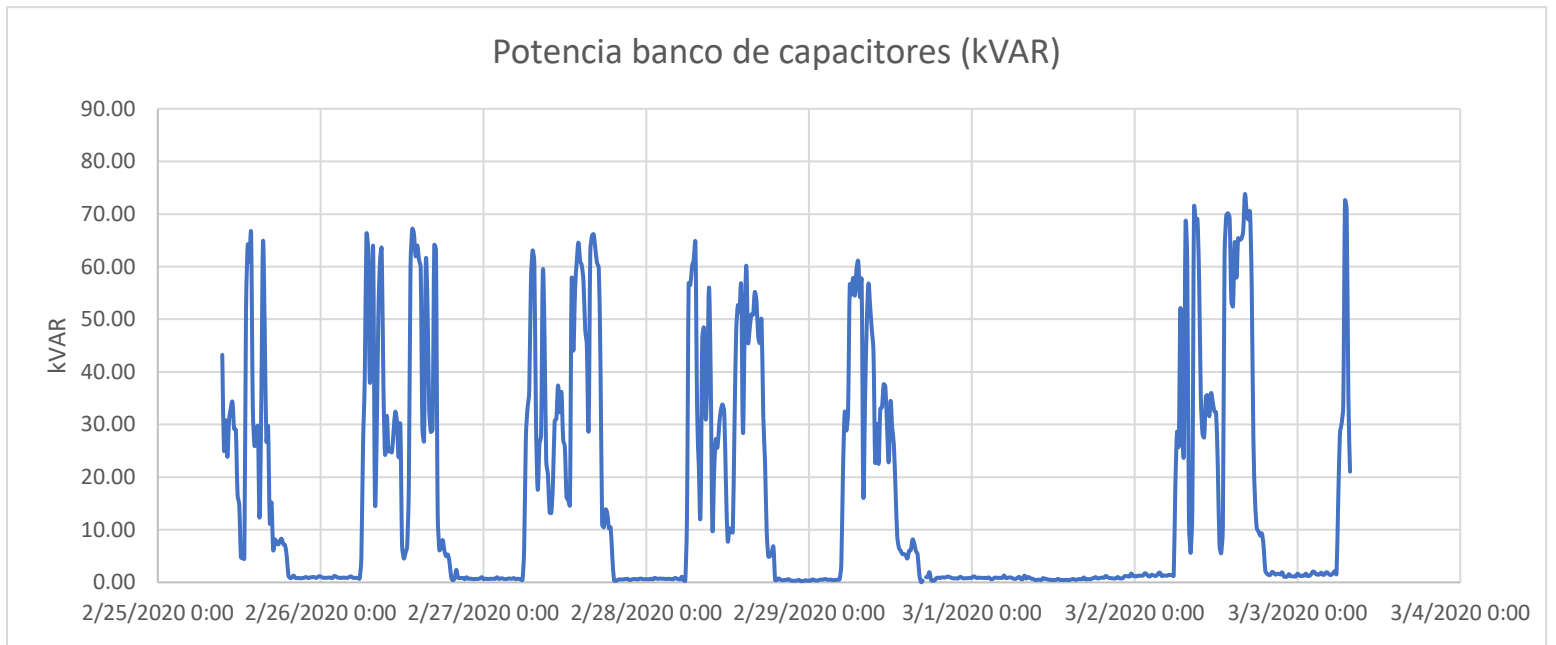


Figura 87. Potencia reactiva del banco de capacitores
 Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

Con los datos calculados se obtiene que:

Potencia reactiva del banco de capacitores	
Promedio (kVAR)	16.0392
Máximo (kVAR)	73.7329
Mínimo (kVAR)	0.0710

Tabla 50. Datos obtenidos para dimensionamiento del banco de capacitores
 Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

Debido a que el valor máximo de potencia reactiva es de 73.7 kVAR, se escoge un banco de capacitores de 75 kVAR, de 5 etapas, esto ya que es un valor comercial fácil de obtener y si se presentan variaciones en la carga del sistema se cuenta con aproximadamente 1.3 kVAR adicionales, en caso de ser necesario.

Apéndice 2. Pareto de los equipos por demanda (kW)

Código del motor	Potencia kW	% Demanda relativo	% Demanda absoluta
ML-02	112	28.66%	28.66%
ML-01	56	14.33%	42.99%
MZ-01	22	5.63%	48.62%
CP-01	14.92	3.82%	52.44%
LM-01	11	2.82%	55.26%
CP-02	7.50	1.92%	57.18%
TR-11	7.5	1.92%	59.10%
EL-02	7.5	1.92%	61.02%
ML-03	7.5	1.92%	62.94%
TR-06	7.50	1.92%	64.85%
EL-01	7.5	1.92%	66.77%
MB-03	7.50	1.92%	68.69%
TR-25	5.5	1.41%	70.10%
TR-26	5.5	1.41%	71.51%
AG-01	5.5	1.41%	72.92%
MB-02	4	1.02%	73.94%
MB-04	4	1.02%	74.96%
EL-07	4	1.02%	75.99%
EL-09	4	1.02%	77.01%
TR-10	3.7	0.95%	77.96%
TR-13	3.7	0.95%	78.90%
TR-23	3.7	0.95%	79.85%
EL-04	3.7	0.95%	80.80%
EL-05	3.7	0.95%	81.75%
TC-24	3.7	0.95%	82.69%
TR-09	2.2	0.56%	83.26%
TR-14	2.2	0.56%	83.82%
TR-15	2.2	0.56%	84.38%
TR-16	2.2	0.56%	84.94%
TR-17	2.2	0.56%	85.51%
TR-18	2.2	0.56%	86.07%
TR-19	2.2	0.56%	86.63%
TR-20	2.2	0.56%	87.20%
TR-21	2.2	0.56%	87.76%
MO-05	2.2	0.56%	88.32%
TR-22	2.2	0.56%	88.89%
EL-06	2.2	0.56%	89.45%
TR-02	2.2	0.56%	90.01%
TR-03	2.2	0.56%	90.57%
TR-05	2.2	0.56%	91.14%
TR-07	2.2	0.56%	91.70%
TR-08	2.2	0.56%	92.26%
TR-28	2.2	0.56%	92.83%
EL-08	2.2	0.56%	93.39%
LM-02	2.2	0.56%	93.95%
TR-01	2.2	0.56%	94.52%
TR-04	2.2	0.56%	95.08%
TR-27	2.2	0.56%	95.64%
AG-02	2.2	0.56%	96.20%
MB-01	2.2	0.56%	96.77%
TR-12	1.5	0.38%	97.15%
EL-03	1.5	0.38%	97.54%
Aire acondicionado	1.25	0.32%	97.86%
Iluminación	0.88	0.23%	98.08%
DS-01	0.75	0.19%	98.27%
MO-01	0.75	0.19%	98.46%
MO-02	0.75	0.19%	98.66%
MO-04	0.75	0.19%	98.85%
VC-01	0.75	0.19%	99.04%
MO-06	0.75	0.19%	99.23%
AG-03	0.75	0.19%	99.42%
AG-04	0.75	0.19%	99.62%
AG-05	0.75	0.19%	99.81%
MO-03	0.38	0.10%	99.91%
DS-02	0.37	0.09%	100.00%

Apéndice 3. Pareto de los equipos por consumo (kWh/mes)

Equipos	kWh/mes	% Demanda relativa	% Demanda absoluta
ML-02	7560	31.67%	32%
MZ-01	3696	15.48%	47%
CP-01	2819.88	11.81%	59%
LM-01	1848	7.74%	67%
EL-07	672	2.81%	70%
TR-11	630	2.64%	72%
TC-24	621.6	2.60%	75%
EL-02	614.25	2.57%	77%
EL-05	613.83	2.57%	80%
TR-23	606.06	2.54%	82%
EL-04	590.52	2.47%	85%
TR-22	369.6	1.55%	86%
EL-06	369.6	1.55%	88%
TR-26	231	0.97%	89%
Aire acondicionado	210	0.88%	90%
Iluminación	203.28	0.85%	91%
EL-01	173.25	0.73%	91%
EL-09	168	0.70%	92%
TR-25	161.7	0.68%	93%
CP-02	157.5	0.66%	93%
TR-06	157.5	0.66%	94%
VC-01	141.75	0.59%	95%
TR-13	116.55	0.49%	95%
MB-02	109.2	0.46%	96%
TR-10	108.78	0.46%	96%
MB-03	78.75	0.33%	96%
TR-09	64.68	0.27%	97%
MO-02	63	0.26%	97%
MO-04	63	0.26%	97%
ML-03	51.975	0.22%	97%
MO-01	47.25	0.20%	98%
TR-01	46.2	0.19%	98%
TR-12	44.1	0.18%	98%
MB-04	33.6	0.14%	98%
MO-06	31.5	0.13%	98%
MO-05	27.72	0.12%	98%
TR-21	27.51	0.12%	99%
TR-19	27.09	0.11%	99%
TR-20	26.88	0.11%	99%
TR-17	26.04	0.11%	99%
TR-15	25.83	0.11%	99%
TR-18	25.83	0.11%	99%
TR-14	25.2	0.11%	99%
TR-16	24.99	0.10%	99%
TR-08	23.1	0.10%	99%
TR-28	15.246	0.06%	99%
EL-08	15.246	0.06%	100%
LM-02	15.246	0.06%	100%
TR-03	13.86	0.06%	100%
TR-27	11.55	0.05%	100%
TR-02	9.24	0.04%	100%
MB-01	9.24	0.04%	100%
MO-03	7.98	0.03%	100%
TR-07	7.7154	0.03%	100%
TR-04	7.7154	0.03%	100%
EL-03	7.245	0.03%	100%
TR-05	5.544	0.02%	100%
DS-01	5.1975	0.02%	100%
AG-01	3.465	0.01%	100%
DS-02	2.5641	0.01%	100%
AG-02	1.386	0.01%	100%
AG-04	0.5775	0.00%	100%
AG-03	0.4725	0.00%	100%
AG-05	0.4725	0.00%	100%
ML-01	0	0.00%	100%

Apéndice 4. Inventario motores eléctricos planta de alimentos

Código del motor	Tipo de motor	Potencia HP	Potencia kW	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia	Velocidad rpm	Descripción del motor
TR-01	Inducción	3	2.20	230	8.30	0.80	1725	Motor para tornillo sinfín
TR-02	Inducción	3	2.20	230	8.43	0.79	1725	Motor para tornillo sinfín
TR-03	Inducción	3	2.20	230	8.80	0.78	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-04	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-05	Inducción	3	2.20	230	8.80	0.78	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-06	Inducción	10	7.50	220	28.00	0.81	1730	Motor para tornillo sinfín
TR-07	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-08	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-09	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-10	Inducción	5	3.70	240	12.80	0.81	1730	Motor para tornillo sinfín
TR-11	Inducción	10	7.50	220	28.00	0.81	1730	Motor para tornillo sinfín
TR-12	Inducción	2	1.50	240	5.46	0.80	1735	Motor para tornillo sinfín
TR-13	Inducción	5	3.70	230	13.40	0.81	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-14	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-15	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-16	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-17	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-18	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-19	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-20	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-21	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-22	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-23	Inducción	5	3.70	230	13.40	0.81	1710	Motor para tornillo sinfín
TC-24	Inducción	5	3.70	230	14.40	0.83	1730	Motor para cadena de arrastre
TR-25	Inducción	7.5	5.50	230	19.15	0.81	1740	Motor para tornillo sinfín
TR-26	Inducción	7.5	5.50	230	19.15	0.81	1740	Motor para tornillo sinfín
TR-27	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para tornillo sinfín
TR-28	Inducción	3	2.20	230	8.60	0.74	1760	Motor para tornillo sinfín
EL-01	Inducción	10	7.50	220	28.00	0.81	1730	Motor para cangilones elevadores
EL-02	Inducción	10	7.50	220	28.00	0.81	1730	Motor para cangilones elevadores
EL-03	Inducción	2	1.50	240	5.46	0.80	1735	Motor para contenedor de mezcla
EL-04	Inducción	5	3.70	240	12.80	0.81	1730	Motor para cangilones elevadores
EL-05	Inducción	5	3.70	230	13.10	0.81	1715	Motor para cangilones elevadores
EL-06	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor para cangilones elevadores
EL-07	Inducción	5.5	4.00	230	14.40	0.82	1730	Motor para cangilones elevadores
EL-08	Inducción	3	2.20	230	8.22	0.81	1720	Motor para cangilones elevadores
EL-09	Inducción	5.5	4.00	230	14.40	0.82	1730	Motor para cangilones elevadores
MO-01	Inducción	1	0.75	230	3.20	0.81	1760	Motor ensacadora automática
MO-02	Inducción	1	0.75	230	3.20	0.81	1760	Motor banda transportadora
MO-03	Inducción	0.5	0.38	230	2.60	0.81	1725	Motor hiladora sacos
MO-04	Inducción	1	0.75	230	3.20	0.81	1760	Motor banda transportadora
MO-05	Inducción	3	2.20	220	9.10	0.81	1395	Motor campana de extracción
MO-06	Inducción	1	0.75	230	3.00	0.71	1760	Motor apertura para molino
AG-01	Inducción	7.5	5.50	230	19.10	0.82	1740	Motor agitador de aceite
AG-02	Inducción	3	2.20	240	7.70	0.83	1710	Motor agitador de aceite
AG-03	Inducción	1	0.75	230	3.20	0.81	1710	Motor agitador de aceite
AG-04	Inducción	1	0.75	230	3.20	0.81	1710	Motor agitador de aceite
AG-05	Inducción	1	0.75	230	3.20	0.81	1710	Motor agitador de aceite
MB-01	Inducción	3	2.20	230	8.30	0.80	1725	Motor bomba aceite
MB-02	Inducción	5.5	4.00	230	14.40	0.82	1730	Motor bomba aceite
MB-03	Inducción	10	7.50	230	26.40	0.81	1745	Motor bomba aceite
MB-04	Inducción	5.5	4.00	230	14.40	0.82	1730	Motor bomba aceite
ML-01	Inducción	75	56.00	230	171.90	0.88	3580	Motor molino
ML-02	Inducción	150	112.00	340	340.00	0.88	1785	Motor molino
ML-03	Inducción	10	7.50	220	28.00	0.81	1730	Motor molino
CP-01	Inducción	20	14.92	230	47.00	0.88	3510	Motor compresor de tornillo
VC-01	Inducción	1	0.75	230	3.60	0.71	3450	Motor ventilador de compresor de tornillo
CP-02	Inducción	10	7.50	230	26.00	0.81	1750	Motor compresor de pistón
LM-01	Inducción	15	11.00	230	35.80	0.85	1760	Motor para aireador de alimento
LM-02	Inducción	3	2.20	240	7.87	0.81	1700	Motor para aireador de alimento
DS-01	Inducción	1	0.75	240	2.70	0.84	1740	Motor seleccionador
DS-02	Inducción	0.5	0.37	240	1.68	0.73	1710	Motor seleccionador
MZ-01	Inducción	30	22.00	230	63.50	0.88	1760	Motor para mezcladora

Apéndice 5. Energía consumida por los equipos en el proceso de recepción de materias prima y almacenamiento

Código del motor	Tipo de motor	Potencia HP	Potencia kW	horas de uso/ día	kWh/mes	Descripción del motor
AG-01	Inducción	7.5	5.5	0.03	3.465	Motor agitador de aceite
AG-02	Inducción	3	2.2	0.03	1.386	Motor agitador de aceite
AG-03	Inducción	1	0.75	0.03	0.4725	Motor agitador de aceite
AG-04	Inducción	1	0.75	0.03	0.5775	Motor agitador de aceite
AG-05	Inducción	1	0.75	0.03	0.4725	Motor agitador de aceite
MB-01	Inducción	3	2.2	0.2	9.24	Motor bomba aceite
MB-03	Inducción	10	7.50	0.50	78.75	Motor bomba aceite
EL-01	Inducción	10	7.5	1.1	173.25	Motor para cangilones elevadores
TR-27	Inducción	3	2.2	0.25	11.55	Motor para tornillo sinfin
TR-01	Inducción	3	2.2	1	46.2	Motor para tornillo sinfin
TR-04	Inducción	3	2.2	0.167	7.7154	Motor para tornillo sinfin
TR-06	Inducción	10	7.50	1.00	157.5	Motor para tornillo sinfin
Total					490.5789	

Apéndice 6. Energía consumida por los equipos en el proceso de molienda

Código del motor	Tipo de motor	Potencia HP	Potencia kW	horas de uso/ día	kWh/mes	Descripción del motor
TR-09	Inducción	3	2.2	1.4	64.68	Motor para tornillo sinfin
TR-10	Inducción	5	3.7	1.4	108.78	Motor para tornillo sinfin
TR-12	Inducción	2	1.5	1.4	44.1	Motor para tornillo sinfin
TR-13	Inducción	5	3.7	1.5	116.55	Motor para tornillo sinfin
TR-14	Inducción	3	2.2	0.6	25.2	Motor para tornillo sinfin
TR-15	Inducción	3	2.2	0.6	25.83	Motor para tornillo sinfin
TR-16	Inducción	3	2.2	0.6	24.99	Motor para tornillo sinfin
TR-17	Inducción	3	2.2	0.6	26.04	Motor para tornillo sinfin
TR-18	Inducción	3	2.2	0.6	25.83	Motor para tornillo sinfin
TR-19	Inducción	3	2.2	0.6	27.09	Motor para tornillo sinfin
TR-20	Inducción	3	2.2	0.6	26.88	Motor para tornillo sinfin
TR-21	Inducción	3	2.2	0.6	27.51	Motor para tornillo sinfin
TR-25	Inducción	7.5	5.5	1.4	161.7	Motor para tornillo sinfin
EL-03	Inducción	2	1.5	0.23	7.245	Motor para contenedor de mezcla
DS-01	Inducción	1	0.75	0.33	5.1975	Motor seleccionador
MO-05	Inducción	3	2.2	0.6	27.72	Motor campana de extracción
Total					745.3425	

Apéndice 7. Energía consumida por los equipos en el proceso de dosificación

Código del motor	Tipo de motor	Potencia HP	Potencia kW	horas de uso/ día	kWh/mes	Descripción del motor
TR-02	Inducción	3	2.2	0.2	9.24	Motor para tornillo sinfin
TR-03	Inducción	3	2.2	0.3	13.86	Motor para tornillo sinfin
TR-05	Inducción	3	2.2	0.12	5.544	Motor para tornillo sinfin
TR-07	Inducción	3	2.2	0.167	7.7154	Motor para tornillo sinfin
TR-08	Inducción	3	2.2	0.5	23.1	Motor para tornillo sinfin
TR-11	Inducción	10	7.5	4	630	Motor para tornillo sinfin
TR-26	Inducción	7.5	5.5	2	231	Motor para tornillo sinfin
TR-28	Inducción	3	2.2	0.33	15.246	Motor para tornillo sinfin
EL-02	Inducción	10	7.5	3.9	614.25	Motor para cangilones elevadores
EL-08	Inducción	3	2.2	0.33	15.246	Motor para cangilones elevadores
EL-09	Inducción	5.5	4	2	168	Motor para cangilones elevadores
MO-06	Inducción	1	0.75	2	31.5	Motor apertura para molino
ML-01	Inducción	75	56	0	0	Motor molino
ML-02	Inducción	150	90	4	7560	Motor molino
ML-03	Inducción	10	7.5	0.33	51.975	Motor molino
LM-02	Inducción	3	2.2	0.33	15.246	Motor para aireador de alimento
Total					9391.9224	

Apéndice 8. Energía consumida por los equipos en el proceso de mezclado

Código del motor	Tipo de motor	Potencia HP	Potencia kW	horas de uso/ día	kWh/mes	Descripción del motor
TR-22	Inducción	3	2.2	8	369.6	Motor para tornillo sinfin
TR-23	Inducción	5	3.7	7.8	606.06	Motor para tornillo sinfin
EL-04	Inducción	5	3.7	7.6	590.52	Motor para cangilones elevadores
EL-05	Inducción	5	3.7	7.9	613.83	Motor para cangilones elevadores
EL-06	Inducción	3	2.2	8	369.6	Motor para cangilones elevadores
MB-02	Inducción	5.5	4	1.3	109.2	Motor bomba aceite
MB-04	Inducción	5.5	4	0.4	33.6	Motor bomba aceite
LM-01	Inducción	15	11	8	1848	Motor para aireador de alimento
MZ-01	Inducción	30	22	8	3696	Motor para mezcladora
Total					8236.41	

Apéndice 9. Energía consumida por los equipos en el proceso de enfarde y despacho a granel

Código del motor	Tipo de motor	Potencia HP	Potencia kW	horas de uso/ día	kWh/mes	Descripción del motor
TC-24	Inducción	5	3.7	8	621.6	Motor para cadena de arrastre
DS-02	Inducción	0.5	0.37	0.33	2.5641	Motor seleccionador
EL-07	Inducción	5.5	4	8	672	Motor para cangilones elevadores
MO-01	Inducción	1	0.75	3	47.25	Motor ensacadora automática
MO-02	Inducción	1	0.75	4	63	Motor banda transportadora
MO-03	Inducción	0.5	0.38	1	7.98	Motor hiladora sacos
MO-04	Inducción	1	0.75	4	63	Motor banda transportadora
Total					1477.3941	

Apéndice 10. Energía consumida por los equipos del sistema de aire comprimido.

Código del motor	Tipo de motor	Potencia HP	Potencia kW	horas de uso/ día	kWh/mes	Descripción del motor
CP-01	Inducción	20	14.92	9	2819.88	Motor compresor de tornillo
VC-01	Inducción	1	0.75	9	141.75	Motor ventilador de compresor de tornillo
CP-02	Inducción	10	7.50	1.00	157.5	Motor compresor de pistón
Total					3119.13	

Apéndice 11. Energía consumida por los sistemas de aire acondicionado e iluminación

Equipo	Potencia kW	horas de uso/ día	kWh/mes
Iluminación	0.88	11	203.28
Aire acondicionado	1.25	8	210
Total			413.28

Anexos

Anexo 1. Especificaciones sistema de distribución propuesto

	<p style="text-align: right;">(Section 1 of 1)</p> <p>General Information</p> <p>Service Voltage: 208Y/120V 3Ph 4W Enclosure: Type 1 Bus Rating & Type: 1200A Silver Plated Copper Neutral Rating: 1200A Ground Bar: Std. Bolted Aluminum, Al or Cu cable S.C. Rating: 10k A.I.C. Fully Rated</p> <p>Main Device Type: Main Breaker - Top Cable Entry Main Terminals: Mechanical - (4) 4/0-500 kcmil (Cu/Al) Neutral Terminals: Mechanical - (4) #2-500 kcmil (Cu/Al) Box Catalog No.: BX3890P Trim: Standard Covers Surface Mounted</p> <p>Box Dimensions: 90.00" [2286.0mm]H x 36.00" [914.4mm]W x 10.4" [264.2mm]D Min. Gutter Size: Top = 10.625" [269.9mm] Bottom = 10.625" [269.9mm] Left = 6" [152.4mm] Right = 8" [203.2mm]</p> <p>Panel ID Nameplate: Type:</p> <p>UL</p> <p>Circuit Numbering: Vertical Circuit Directory: Plastic Sleeve with Card Painted Box: ANSI 61 Complete Assembly Box is Made in America. Main Circuit Breaker Trip Type: 310+ LS. Seismic Label (IBC/CBC Seismic Qualified). Heat Loss - Watts (Est.) = 816</p>																																																																																										
<p>Device Modifications:</p> <p>These Circuits have Modifications: Ckt # : Main See Device Specifications page for details. Main Device Mods: 310+ LS 310+LS Adj. Trip Unit, NG Frame, Included</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">Branch Devices</th> </tr> <tr> <th>Qty</th> <th>Poles</th> <th>Trip</th> <th>Frame</th> <th>Amps</th> <th>kAIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>3</td><td>70</td><td>FD</td><td>100</td><td>10</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>200</td><td>FD</td><td>225</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>400</td><td>KD</td><td>400</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>300</td><td>KD</td><td>400</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>250</td><td>JD</td><td>250</td><td>10</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>350</td><td>KD</td><td>400</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>150</td><td>FD</td><td>225</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>800</td><td>LD</td><td>600</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>50</td><td>FD</td><td>100</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td></td><td>PROVJD3</td><td></td><td></td></tr> <tr> <th colspan="6">Main Devices</th> </tr> <tr> <th>Qty</th> <th>Poles</th> <th>Trip</th> <th>Frame</th> <th>Amps</th> <th>kAIC</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>800</td> <td>NGS</td> <td>1200</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Branch Devices						Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC	1	3	70	FD	100	10	3	3	200	FD	225	10	1	3	400	KD	400	10	1	3	300	KD	400	10	1	3	250	JD	250	10	2	3	350	KD	400	10	1	3	150	FD	225	10	1	3	800	LD	600	10	1	3	50	FD	100	10	1	3		PROVJD3			Main Devices						Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC	1	3	800	NGS	1200	10
Branch Devices																																																																																											
Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC																																																																																						
1	3	70	FD	100	10																																																																																						
3	3	200	FD	225	10																																																																																						
1	3	400	KD	400	10																																																																																						
1	3	300	KD	400	10																																																																																						
1	3	250	JD	250	10																																																																																						
2	3	350	KD	400	10																																																																																						
1	3	150	FD	225	10																																																																																						
1	3	800	LD	600	10																																																																																						
1	3	50	FD	100	10																																																																																						
1	3		PROVJD3																																																																																								
Main Devices																																																																																											
Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC																																																																																						
1	3	800	NGS	1200	10																																																																																						
<p>Notes:</p>																																																																																											
<p>The information on this document is created by Eaton Corporation. It is disclosed in confidence and it is only to be used for the purpose in which it is supplied.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">PREPARED BY</td> <td style="width: 25%;">DATE</td> <td style="width: 25%;">Eaton</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6/1/2020</td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPROVED BY</td> <td>DATE</td> <td>JOB NAME</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Protecciones Empresa Avicola</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>DESIGNATION</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>TP</td> </tr> <tr> <td>VERSION</td> <td></td> <td>TYPE</td> </tr> <tr> <td>1.0.D.32</td> <td></td> <td>PRL4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>DRAWING TYPE</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Customer Approval</td> </tr> </table>	PREPARED BY	DATE	Eaton		6/1/2020		APPROVED BY	DATE	JOB NAME			Protecciones Empresa Avicola			DESIGNATION			TP	VERSION		TYPE	1.0.D.32		PRL4			DRAWING TYPE			Customer Approval	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">NEG-ALT Number</td> <td style="width: 25%;">REVISION</td> <td style="width: 25%;">DWG SIZE</td> <td style="width: 25%;">G.O.</td> </tr> <tr> <td>FDSP0601X0K2-0000</td> <td>0</td> <td>A</td> <td></td> </tr> </table>	NEG-ALT Number	REVISION	DWG SIZE	G.O.	FDSP0601X0K2-0000	0	A																																																				
	PREPARED BY	DATE	Eaton																																																																																								
		6/1/2020																																																																																									
	APPROVED BY	DATE	JOB NAME																																																																																								
		Protecciones Empresa Avicola																																																																																									
		DESIGNATION																																																																																									
		TP																																																																																									
VERSION		TYPE																																																																																									
1.0.D.32		PRL4																																																																																									
		DRAWING TYPE																																																																																									
		Customer Approval																																																																																									
NEG-ALT Number	REVISION	DWG SIZE	G.O.																																																																																								
FDSP0601X0K2-0000	0	A																																																																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">ITEM</td> <td style="width: 50%;">SHEET</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 of 2</td> </tr> </table>	ITEM	SHEET		1 of 2																																																																																						
ITEM	SHEET																																																																																										
	1 of 2																																																																																										

Fuente: EATON

Pow-R-Line4 Device Specifications

Ckt #s	Nameplate	Device	Trip	Terminal	Modifications
Main		NGS312033E	800	(4) 4/0-500 kcmil (Cu/Al)	310+LS Adj. Trip Unit, NG Frame, Included
18,18,17		FD3200	200	(1) #4-4/0 (Cu/Al)	
38,38,37		FD3200	200	(1) #4-4/0 (Cu/Al)	
18,15,14		FD3200	200	(1) #4-4/0 (Cu/Al)	
38,35,34		FD3150	150	(1) #4-4/0 (Cu/Al)	
13,12,11		FD3070	70	(1) #14-1/0 (Cu/Al)	
33,32,31		FD3050	50	(1) #14-1/0 (Cu/Al)	
10,9,8		JD3250	250	(1) #4-350 kcmil (Cu/Al)	
30,29,28		PROVJD3	250	None Available	
7,27,6 28,5,25		KD3400	400	(1) 2/0-500 kcmil (Cu/Al)	
4,24,3 23,2,22		KD3350	350	(1) 250-500 kcmil (Cu/Al)	
1,21,0 20,-1,19		KD3350	350	(1) 250-500 kcmil (Cu/Al)	
-2,18,-3 17,-4,16		KD3300	300	(1) 250-500 kcmil (Cu/Al)	
-5,15,-8 14,-7,13		LD3800	600	(2) 400-500 kcmil (Cu/Al)	

The information on this document is created by Eaton Corporation. It is disclosed in confidence and it is only to be used for the purpose in which it is supplied.	PREPARED BY	DATE	Eaton		
		6/1/2020	JOB NAME	Protecciones Empresa Avícola	
	APPROVED BY	DATE	DESIGNATION	TP	
	VERSION	TYPE	DRAWING TYPE		
	1.0.0.32	PRL4	Customer Approval		
NEG-ALT Number	REVISION	DWG SIZE	G.O.	ITEM	SHEET
F08P0601X0K2-0000	0	A			2 of 2

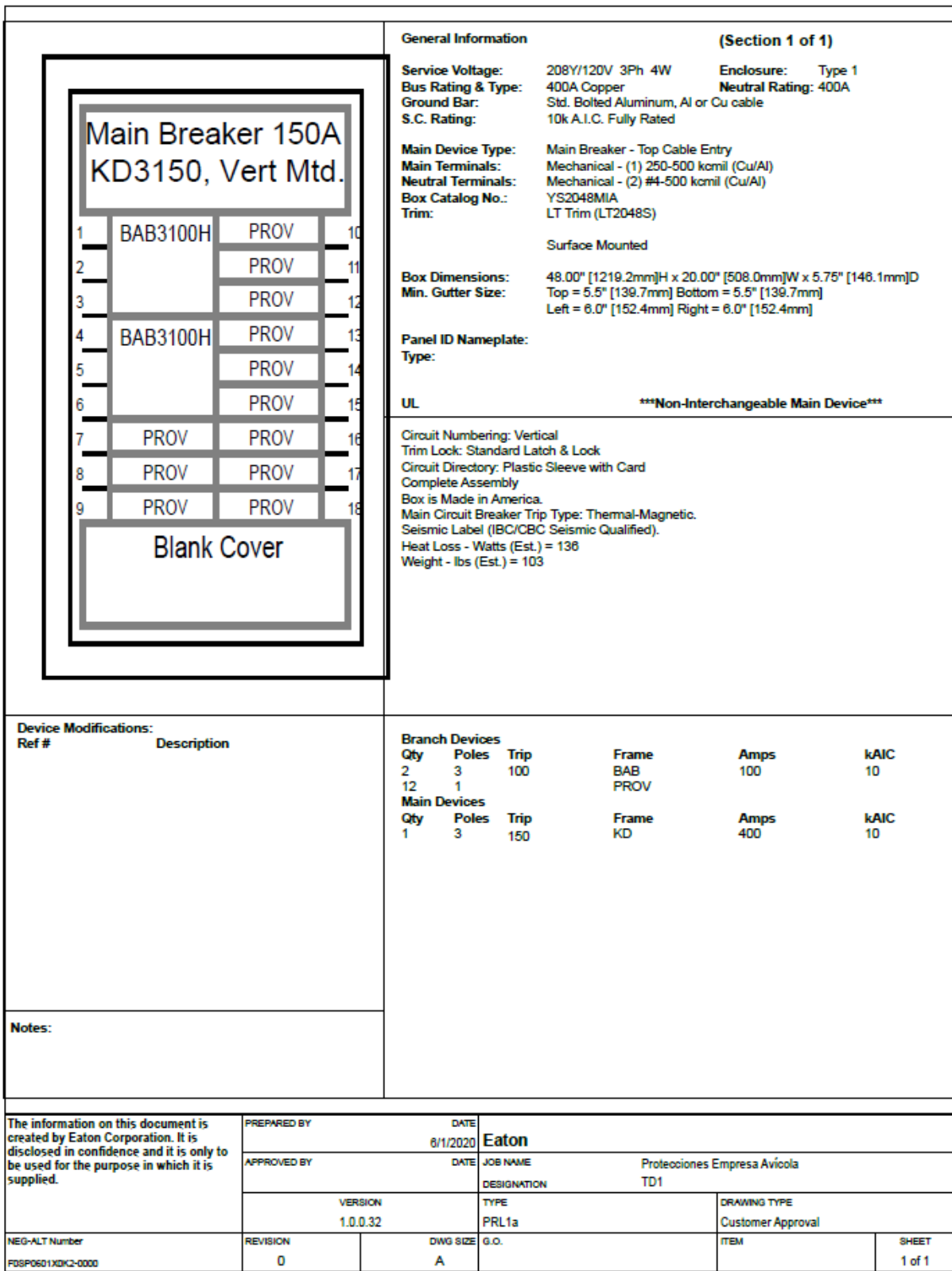
Fuente: EATON

		General Information (Section 1 of 1)																																																																															
		Service Voltage: 208Y/120V 3Ph 4W Bus Rating & Type: 225A Copper Ground Bar: Std. Bolted Aluminum, Al or Cu cable S.C. Rating: 10k A.I.C. Fully Rated	Enclosure: Type 1 Neutral Rating: 225A																																																																														
		Main Device Type: Main Breaker - Top Cable Entry Main Terminals: Mechanical - (1) #14-1/0 (Cu/Al) Neutral Terminals: Mechanical - (1) #8-300 kcmil (Cu/Al) Box Catalog No.: YS2038MIA Trim: LT Trim (LT2038S)	Surface Mounted																																																																														
		Box Dimensions: 36.00" [914.4mm]H x 20.00" [508.0mm]W x 5.75" [146.1mm]D Min. Gutter Size: Top = 5.5" [139.7mm] Bottom = 5.5" [139.7mm] Left = 6.0" [152.4mm] Right = 6.0" [152.4mm]																																																																															
		Panel ID Nameplate: Type:																																																																															
		UL	***Non-Interchangeable Main Device***																																																																														
		Circuit Numbering: Vertical Trim Lock: Standard Latch & Lock Circuit Directory: Plastic Sleeve with Card Complete Assembly Box is Made in America. Main Circuit Breaker Trip Type: Thermal-Magnetic. Seismic Label (IBC/CBC Seismic Qualified). Heat Loss - Watts (Est.) = 76 Weight - lbs (Est.) = 77																																																																															
Device Modifications: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref #</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Ref #	Description																					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Branch Devices</th> </tr> <tr> <th>Qty</th> <th>Poles</th> <th>Trip</th> <th>Frame</th> <th>Amps</th> <th>kAIC</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>20</td> <td>BAB</td> <td>100</td> <td>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>30</td> <td>BAB-H</td> <td>100</td> <td>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td></td> <td>PROV</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="7">Main Devices</th> </tr> <tr> <th>Qty</th> <th>Poles</th> <th>Trip</th> <th>Frame</th> <th>Amps</th> <th>kAIC</th> <th></th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>100</td> <td>FD</td> <td>225</td> <td>10</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Branch Devices							Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC		4	3	20	BAB	100	10		1	3	30	BAB-H	100	10		3	1		PROV				Main Devices							Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC		1	3	100	FD	225	10	
Ref #	Description																																																																																
Branch Devices																																																																																	
Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC																																																																												
4	3	20	BAB	100	10																																																																												
1	3	30	BAB-H	100	10																																																																												
3	1		PROV																																																																														
Main Devices																																																																																	
Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC																																																																												
1	3	100	FD	225	10																																																																												
Notes:																																																																																	
The information on this document is created by Eaton Corporation. It is disclosed in confidence and it is only to be used for the purpose in which it is supplied.		PREPARED BY	DATE 8/1/2020	Eaton																																																																													
		APPROVED BY	DATE	JOB NAME Protecciones Empresa Avicola	DESIGNATION TD3																																																																												
		VERSION 1.0.0.32	TYPE PRL1a	DRAWING TYPE Customer Approval																																																																													
		NEG-ALT Number FDSP0601XDK-0000	REVISION 0	DWG SIZE A	G.O.	ITEM	SHEET 1 of 1																																																																										

Fuente: EATON

		General Information (Section 1 of 1)																																																															
		Service Voltage: 208Y/120V 3Ph 4W Bus Rating & Type: 400A Copper Ground Bar: Std. Bolted Aluminum, Al or Cu cable S.C. Rating: 10k A.I.C. Fully Rated	Enclosure: Type 1 Neutral Rating: 400A																																																														
		Main Device Type: Main Breaker - Top Cable Entry Main Terminals: Mechanical - (1) 250-500 kcmil (Cu/Al) Neutral Terminals: Mechanical - (2) #4-500 kcmil (Cu/Al) Box Catalog No.: YS2048MIA Trim: LT Trim (LT2048S)	Surface Mounted																																																														
		Box Dimensions: 48.00" [1219.2mm]H x 20.00" [508.0mm]W x 5.75" [146.1mm]D Min. Gutter Size: Top = 5.5" [139.7mm] Bottom = 5.5" [139.7mm] Left = 6.0" [152.4mm] Right = 6.0" [152.4mm]																																																															
		Panel ID Nameplate: Type:																																																															
		UL	***Non-Interchangeable Main Device***																																																														
		Circuit Numbering: Vertical Trim Lock: Standard Latch & Lock Circuit Directory: Plastic Sleeve with Card Complete Assembly Box is Made in America. Main Circuit Breaker Trip Type: Thermal-Magnetic. Seismic Label (IBC/CBC Seismic Qualified). Heat Loss - Watts (Est.) = 136 Weight - lbs (Est.) = 104																																																															
Device Modifications: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref #</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Ref #	Description																			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Branch Devices</th> </tr> <tr> <th>Qty</th> <th>Poles</th> <th>Trip</th> <th>Frame</th> <th>Amps</th> <th>kAIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>100</td> <td>BAB</td> <td>100</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>1</td> <td></td> <td>PROV</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="6">Main Devices</th> </tr> <tr> <th>Qty</th> <th>Poles</th> <th>Trip</th> <th>Frame</th> <th>Amps</th> <th>kAIC</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>250</td> <td>KD</td> <td>400</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		Branch Devices						Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC	3	3	100	BAB	100	10	9	1		PROV			Main Devices						Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC	1	3	250	KD	400	10
Ref #	Description																																																																
Branch Devices																																																																	
Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC																																																												
3	3	100	BAB	100	10																																																												
9	1		PROV																																																														
Main Devices																																																																	
Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC																																																												
1	3	250	KD	400	10																																																												
Notes:																																																																	
The information on this document is created by Eaton Corporation. It is disclosed in confidence and it is only to be used for the purpose in which it is supplied.	PREPARED BY	DATE 8/1/2020	Eaton																																																														
	APPROVED BY	DATE	JOB NAME Protecciones Empresa Avícola																																																														
	VERSION 1.0.0.32	TYPE PRL1a	DESIGNATION TD2																																																														
	DRAWING TYPE Customer Approval																																																																
NEG-ALT Number F0SP0601XDK2-0000	REVISION 0	DWG SIZE A	G.O.																																																														
			ITEM																																																														
			SHEET 1 of 1																																																														

Fuente: EATON



General Information (Section 1 of 1)

Service Voltage: 208Y/120V 3Ph 4W Enclosure: Type 1
 Bus Rating & Type: 400A Copper Neutral Rating: 400A
 Ground Bar: Std. Bolted Aluminum, Al or Cu cable
 S.C. Rating: 10k A.I.C. Fully Rated

Main Device Type: Main Breaker - Top Cable Entry
 Main Terminals: Mechanical - (1) 250-500 kcmil (Cu/Al)
 Neutral Terminals: Mechanical - (2) #4-500 kcmil (Cu/Al)
 Box Catalog No.: YS2048MIA
 Trim: LT Trim (LT2048S)

Surface Mounted

Box Dimensions: 48.00" [1219.2mm]H x 20.00" [508.0mm]W x 5.75" [146.1mm]D
 Min. Gutter Size: Top = 5.5" [139.7mm] Bottom = 5.5" [139.7mm]
 Left = 6.0" [152.4mm] Right = 6.0" [152.4mm]

Panel ID Nameplate:
 Type:

UL *****Non-Interchangeable Main Device*****

Circuit Numbering: Vertical
 Trim Lock: Standard Latch & Lock
 Circuit Directory: Plastic Sleeve with Card
 Complete Assembly
 Box is Made in America.
 Main Circuit Breaker Trip Type: Thermal-Magnetic.
 Seismic Label (IBC/CBC Seismic Qualified).
 Heat Loss - Watts (Est.) = 136
 Weight - lbs (Est.) = 103

Device Modifications:

Ref #	Description

Branch Devices						
Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC	
2	3	100	BAB	100	10	
12	1		PROV			
Main Devices						
Qty	Poles	Trip	Frame	Amps	kAIC	
1	3	150	KD	400	10	

Notes:

The information on this document is created by Eaton Corporation. It is disclosed in confidence and it is only to be used for the purpose in which it is supplied.	PREPARED BY	DATE	Eaton		
	APPROVED BY	DATE	JOB NAME	Protecciones Empresa Aviicola	
	VERSION	DESIGNATION	TYPE	DRAWING TYPE	
1.0.0.32		PRL1a	Customer Approval		
NEG-ALT Number	REVISION	DWG SIZE	G.O.	ITEM	SHEET
F0SP0601XDK2-0000	0	A			1 of 1

Anexo 2. Lista de materiales para nuevos tableros de distribución eléctrica



Detail Bill of Material

Page 1 of 2

Project Name: Protecciones Empresa Avícola

Item No.	Qty	Product	Description
	1	Panelboards	18 Circuits, 225A, Fully Rated, 208Y/120V 3Ph 4W, Copper Bus, 10kAIC, 100A, 3P FD Main Breaker [Top Fed], Surface Mounted
		Catalog No	CA: P1A225BT18CH01
		Designation	TD3
	Qty	List of Materials	
	1	100A, 3P FD Main Breaker	
	4	20A, 3P BAB-H Branch Breaker	
	1	30A, 3P BAB-H Branch Breaker	
	3	1P BAB Branch Provision Only	
	1	Copper Main Bus, 225 Amps	
	1	Std. Bolted Al Ground Bar (Al/Cu Cable)	
	1	YS2036MIA Box, Made in America	
	1	Complete Assembly	
	1	Type 1 Enclosure: YS2036MIA	
	1	LT Trim: LT2036S	

Item No.	Qty	Product	Description
	1	Panelboards	18 Circuits, 400A, Fully Rated, 208Y/120V 3Ph 4W, Copper Bus, 10kAIC, 350A, 3P KD Main Breaker [Top Fed], Surface Mounted
		Catalog No	CA: P1A400BT18CH01
		Designation	TD2
	Qty	List of Materials	
	1	250A, 3P KD Main Breaker	
	3	100A, 3P BAB-H Branch Breaker	
	9	1P BAB Branch Provision Only	
	1	Copper Main Bus, 400 Amps	
	1	Std. Bolted Al Ground Bar (Al/Cu Cable)	
	1	YS2048MIA Box, Made in America	
	1	Complete Assembly	
	1	Type 1 Enclosure: YS2048MIA	
	1	LT Trim: LT2048S	

Item No.	Qty	Product	Description
	1	Panelboards	18 Circuits, 400A, Fully Rated, 208Y/120V 3Ph 4W, Copper Bus, 10kAIC, 250A, 3P KD Main Breaker [Top Fed], Surface Mounted
		Catalog No	CA: P1A400BT18CH01
		Designation	TD1
	Qty	List of Materials	
	1	150A, 3P KD Main Breaker	
	2	100A, 3P BAB-H Branch Breaker	
	12	1P BAB Branch Provision Only	
	1	Copper Main Bus, 400 Amps	
	1	Std. Bolted Al Ground Bar (Al/Cu Cable)	
	1	YS2048MIA Box, Made in America	
	1	Complete Assembly	
	1	Type 1 Enclosure: YS2048MIA	
	1	LT Trim: LT2048S	

Fuente: EATON



Powering Business Worldwide

Detail Bill of Material

Project Name: Protecciones Empresa Avícola

Item No.	Qty	Product	Description
	1	Panelboards	39 Circuits, 1200A, Fully Rated, 208Y/120V 3Ph 4W, Silver Plated Copper Bus, 10kAIC, 800A, NGS 3P Main Breaker [Top Fed], Surface Mounted
		Catalog No	CA: P4A120BT5401
		Designation	TP
	Qty	List of Materials	
	1	800A, NGS 3P Main Breaker	
	1	310+LS Adj. Trip Unit, NG Frame, Included	
	1	400A, 3P KD Branch Breaker	
	1	3P JD Branch Provision Only	
	1	100A, 3P FD Branch Breaker	
	1	600A, 3P LD Branch Breaker	
	1	70A, 3P FD Branch Breaker	
	3	200A, 3P FD Branch Breaker	
	1	300A, 3P KD Branch Breaker	
	2	250A, 3P JD Branch Breaker	
	1	350A, 3P KD Branch Breaker	
	1	150A, 3P FD Branch Breaker	
	1	Silver-Plated Copper Main Bus, 1200 Amps	
	1	Std. Bolted Al Ground Bar (Al/Cu Cable)	
	1	Painted Box - ANSI 61	
	1	BX3690P Box, Made in America	
	1	Complete Assembly	
	1	Type 1 Enclosure: BX3690P	
	1	Standard Covers	

Eaton Selling Policy 25-000 applies.

All orders must be released for manufacture within 90 days of date of order entry. If approval drawings are required, drawings must be returned approved for release within 60 days of mailing. If drawings are not returned accordingly, and/or if shipment is delayed for any reason, the price of the order will increase by 1.0% per month or fraction thereof for the time the shipment is delayed.

Fuente: EATON

Anexo 3. Cotización de tableros eléctricos propuestos



Fecha: 01/06/2020
 Solicitado por: _____
 Entrega: Bodega Singe Pavas, Local 24
 Forma de Pago: Contado / Credito
 Vigencia: 03 días hábiles
 Precios en: Dolares

Cotización No: **EAT-2006-139**

CLIENTE

Compañía: ECOPOWER CA
 Atención: _____
 Proyecto: Tableros protecciones Empresa Avicola
 Dirección: _____
 Teléfono: _____
 Email: _____

PROVEEDOR

Nombre: Singe Suministros en Ingeniería, Ltda.
 Dirección: Condominio Industrial, Pavas
 Agente: Sr. Hanzel Torres Calderón
 Asistente: 0
 Teléfono: 2220-1676
 Email: htorres@gdiez.com

Ítem	Designación	Catálogo	Cant	Descripción	Entrega	Precio Unitario	Precio Total
1	TP	CA:P4A120BT5401	1	Pow-R-Line4	8 semanas	14.240,57	14.240,57
2	TD1	CA:P1A400BT18CH01	1	Pow-R-Line1a	6 semanas	1.532,57	1.532,57
3	TD2	CA:P1A400BT18CH01	1	Pow-R-Line1a	6 semanas	1.587,86	1.587,86
4	TD3	CA:P1A225BT18CH01	1	Pow-R-Line1a	6 semanas	1.060,71	1.060,71

Observaciones:

Entrega según lo indicado por cada línea ofertada

Total oferta: VEINTE MIL OCHOCIENTOS DIECISEIS DOLARES CON 54/100

Sub Total: 18.421,71
 Descuento: 2.046,86
 Antes de I.V.: 18.421,71
 I.V.: 2.394,82

TOTAL \$: 20.816,54

Realizó _____

Alonso Carpio Muñoz

Los tiempos de entrega son salvo previa venta y están sujetos a variar sin que esto implique una responsabilidad para nuestra empresa
 Los productos adjudicados se facturan y despachan una vez confirmada su existencia en la bodega SINGE, en un plazo no mayor a dos días.
 No se recibirán devoluciones comerciales por productos de pedido especial.

Anexo 4. Cotización motores de alta eficiencia



Eurotecnica de Costa Rica Sociedad Anónima Cotización de Ventas
150 M AL OESTE DE EPA EN TIBAS. **No. 21440**

Ced. Jurídica: 3-101-561494

Phone: 22414242

Fax: (506) 2241-4272

Página 1 de 1

Cotización No. 21440	Fecha: 29/06/2020	Enviar a:
Cliente: Estimado Cliente		
Referencia:		
Términos: Contado		
Agente: ASALA		
Válido Por: 15 días		Costa Rica
Tiempo de Entrega: A Convenir		Contacto:
Atención: Sr. Yimy Vega (ECOPOWER)		Teléfono:
		Fax:
Total:	€5,382,190.00	

Producto	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio Unitario	Total Nominal
PTR001	MOTOR TRIFÁSICO EUROMOTOR 100 HP. MODELO: T3C 280S-4 B3 VELOCIDAD SINCRONA: 1800 RPM EFICIENCIA: 95% NORMA : IEC	1.00	Unidad	€2,200,000.00	€2,200,000.00
PTR002	MOTOR TRIFÁSICO EUROMOTOR 7,5 HP. MODELO: T3C 132S-4 B3 VELOCIDAD SINCRONA: 1800 RPM EFICIENCIA: 89.6% NORMA : IEC	1.00	Unidad	€305,000.00	€305,000.00
PTR003	MOTOR TRIFÁSICO EUROMOTOR 25 HP. MODELO: T3C 180M-4 B3 VELOCIDAD SINCRONA: 1800 RPM EFICIENCIA: 92.6% NORMA : IEC	1.00	Unidad	€760,000.00	€760,000.00
PTR004	MOTOR TRIFÁSICO :EUROMOTOR, T3C 100L2-4 B35, 4HP,1800RPM, %EF: 87.7%, IEC. REDUCTOR: SITI, MNHL 30/2 15.43/1	1.00	Unidad	€408,000.00	€408,000.00
PTR005	MOTOR TRIFÁSICO: EUROMOTOR, T3C 112M-4 B35, 5.5HP,1800RPM, %EF: 88.9%, IEC REDUCTOR: SITI, MNHL 35/2 14.54/1	2.00	Unidad	€545,000.00	€1,090,000.00
				SubTotal Exento:	€0.00
				Descuento:	€0.00
				SubTotal Gravado:	€4,763,000.00
				Descuento:	€0.00
				Imp. de Ventas:	€619,190.00
				Total:	€5,382,190.00

Información Adicional

Anexo 5. Cotización banco de capacitores



Fecha: 26/06/2020
 Solicitado por: _____
 Entrega: Bodega Singe Pavas, Local 24
 Forma de Pago: Contado / Credito
 Vigencia: 03 días hábiles
 Precios en: Dolares

Cotización No: **EAT-2006-178**

CLIENTE

Compañía: _____
 Atención: _____
 Proyecto: Banco de 75kvar
 Dirección: _____
 Teléfono: _____
 Email: _____

PROVEEDOR

Nombre: Singe Suministros en Ingeniería, Ltda.
 Dirección: Condominio Industrial, Pavas
 Agente: Sr. Hanzel Torres Calderón
 Asistente: 0
 Teléfono: 2220-1676
 Email: htorres@gdiez.com

Ítem	Código Interno	Catálogo	Cant	Descripción	Entrega	Precio Unitario	Precio Total
1	sin codigo	75MCSR2313M	1	Switched Capacitor Bank (Low Volt.)	14 semanas	12.940,71	12.940,71

Sub Total: 12.940,71
 Descuento: 1.437,86
 Antes de I.V.: 12.940,71
 I.V.: 1.682,29

TOTAL \$: 14.623,01

Observaciones:

Entrega según lo indicado por cada línea ofertada

Total oferta: CATORCE MIL SEISCIENTOS VEINTITRES DOLARES CON 01/100

Realizó _____

Alonso Carpio Muñoz

Los tiempos de entrega son salvo previa venta y están sujetos a variar sin que esto implique una responsabilidad para nuestra empresa
 Los productos adjudicados se facturan y despachan una vez confirmada su existencia en la bodega SINGE, en un plazo no mayor a dos días.
 No se recibirán devoluciones comerciales por productos de pedido especial.

Anexo 6. Cotización para modificación del sistema SCADA



Oferta de Servicios Profesionales

Proyecto AVUGA	
Servicios	
1. Implementación de nuevos procesos en sistema SCADA	\$ 3,000.00
TOTAL DE LA OFERTA (USD)	\$ 3,000.00


La oferta incluye:

- Implementación de tres nuevos procesos en el sistema SCADA.
- Los equipos a implementar son tres motores eléctricos, dos de estos motores accionan tornillos sinfín y el tercer motor acciona un elevador de cangilones.

Forma de Pago y condiciones generales

- 1 Se pagará según condiciones acordadas con la empresa AVUGA.
- 2 La moneda de transacción son dólares estadounidenses (USD).
- 3 Vigencia de la oferta: 30 Días

Anexo 7. Factura eléctrica empresa AVUGA



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD
Cédula Jurídica: 4-00042138

COMPROBANTE DEL CLIENTE

NISE 6016

NOMBRE: AVICULTORES UNIDOS DE LA GARITA AVUGA SA
DIRECCION: LA GARITA 200 MTS OESTE DE LA ESCUELA
AGENCIA: TURRUCARES

F-64-0079

NUMERO DE FACTURA
19049332248

NUMERO DE CLIENTE
3101072057

LOCALIZACION
575071803805

ENERGIA (KWH)

MEDIDOR	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	CONSTANTE	CONSUMO KWH	TARIFA
1342155	0	0	163.2	21869	T-MT

PERIODO FACTURADO: 19-MAR/17-ABR CICLO: 6 DIAS FACTURADOS: 29 FACTOR DE CARGA: 0.22 SECTOR: RUTA: 13

MAXIMA DEMANDA (KW)

LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	CONSTANTE	DEMANDA REGISTRADA	DEMANDA FACTURADA
0.000	0.000	163.20	142.80	142.80

FACTOR DE POTENCIA (%)

OR	LECTURA ACTUAL	CONSTANTE	CONSUMO KVA	FACTOR DE POTENCIA	F.P PERMITIDO
1342155	0.000	163.20	0.00	0.72	0.90

HISTORICO DE CONSUMO

MES	ANO	ENERGIA PUNTA	ENERGIA VALLE	ENERGIA NOCHE	DEMANDA PICO	DEMANDA VALLE	DEMANDA NOCHE
5	2018	5,059	19,257	3,427	70.66	149.49	130.56
6	2018	4,569	19,257	3,427	79.64	143.94	132.51
7	2018	5,222	20,073	3,264	78.98	151.28	135.94
8	2018	4,896	21,063	3,264	80.95	148.68	133.99
9	2018	3,754	16,973	3,101	76.87	135.78	129.09
10	2018	3,590	15,178	3,264	79.64	140.84	132.84
11	2018	4,080	16,810	3,590	77.19	146.39	140.35
12	2018	4,080	16,157	3,101	77.85	143.78	123.87
1	2019	3,917	15,994	3,264	76.70	141.00	125.34
2	2019	4,407	16,646	3,101	81.44	142.64	98.08
3	2019	3,753	15,667	2,448	77.19	136.92	102.00
4	2019	4,080	15,994	1,795	76.54	142.80	114.40
PERIODO TOTAL		4,351	17,747	3,209	77.82	144.39	126.55

ACTURACION El cliente no tiene pendientes

CODIGO	DETALLE	IMPORTE
5	IMPUESTO DE VENTAS	₡ 15,453.12 (+)
6	RECARGO POR BAJO FACTOR DE POTENCIA	₡ 588,663.21 (+)
35	IMP BOMBEROS	₡ 1,041.30 (+)
100	MONTO ENERGIA	₡ 743,565.83 (+)
101	MONTO DEMANDA	₡ 2,630,110.41 (+)
102	MONTO ALUMBRADO	₡ 99,737.72 (+)
21	REDONDEO	₡ 1.59 (-)

Costo Variable de Combustible: ₡ 119,644.68

MES AL COBRO
ABRIL 2019

VENCIMIENTO
13/MAY/2019

TOTAL A PAGAR

₡ 4,078,570.00

Depósito de Garantía
₡ 0.00

₡ 121,862.27

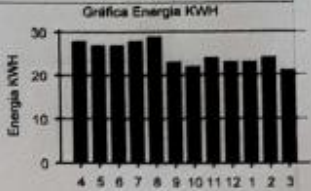
VENCIMIENTO
13/MAY/2019

NUMERO DE FACTURA
19049332248

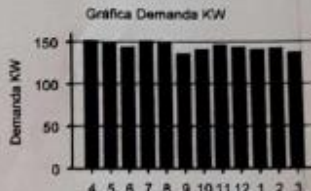
Si cancela posterior al vencimiento se incluirá en la próxima facturación un cargo

PRESEN EN BEDI / ICE Autorizado mediante oficio número 11-97 del 12 de agosto de 1997

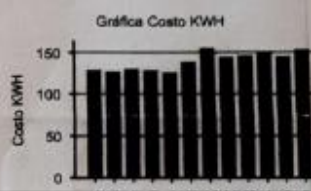
Gráfica Energía KWH



Gráfica Demanda KW



Gráfica Costo KWH



176

Anexo 8. Registro de producción de alimento en el período de un día

Producción por OP

Planta: AVUGA ALAJUELA

Impresión: 2020/05/14 09:29

Desde: 2020/03/02 09:20

Hasta: 2020/03/03 09:20

OP	Cód.Ext	Cód.Int.	Fórmula	Orden	Producto	ChronoSoft		Batches
						Peso Meta	Peso Real	
51923	90023	90023	LECHERA 16% COLONO	-	-	1 398,40	1 401,06	1
51944	30162	30162	A GRANEL DESARROLLO PYJ	-	-	9 200,00	9 255,94	5
51945	30844	30844	FINAL VYMISA POLLO AVUGA	-	-	1 840,00	1 839,57	1
51946	30844	30844	FINAL VYMISA POLLO AVUGA	-	-	3 680,00	3 688,16	2
51947	30844	30844	FINAL VYMISA POLLO AVUGA	-	-	11 040,00	11 093,42	6
51948	30796	30796	AVUGA 1 CAÑUELAS (11)	-	-	16 560,00	16 620,90	9
51949	30786	30786	A GRANEL AVUGA 2 CAÑUELAS 2	-	-	18 400,00	18 424,87	10
51950	30056	30056	B SACO IMP ESPECIAL	-	-	9 200,00	9 220,70	5
51951	30093	30093	D SACO CRECIMIENTO POLLO G	-	-	3 680,00	3 679,30	2
51952	30093	30093	D SACO CRECIMIENTO POLLO G	-	-	920,00	935,00	1
51953	30130	30130	MP MAIZ	-	-	975,20	972,42	1
51954	30125	30125	F SACO DESARROLLO CERDO G	-	-	1 840,00	1 847,89	1
51955	30056	30056	B SACO IMP ESPECIAL	-	-	736,00	742,82	1
51956	30852	30852	IMP PELECHA CAÑUELAS M3	-	-	16 560,00	16 586,57	9
51957	30098	30098	D SACO REPRODUCTORA 18% G	-	-	2 723,20	2 728,01	2
51958	30807	30807	AVUGA 3 REFUERZO MINERALES	-	-	18 400,00	18 391,58	10
51959	30121	30121	FORMULA	-	-	1 398,40	1 396,81	1
51960	30098	30098	D SACO REPRODUCTORA 18% G	-	-	1 840,00	1 840,54	1
51961	30112	30112	G VACA ALTA FIBRA G	-	-	1 380,00	1 380,59	1
51967	30842	30842	INICIO DSM POLLO AVUGA	-	-	9 200,00	9 202,83	5
51968	30098	30098	D SACO REPRODUCTORA 18% G	-	-	11 040,00	11 038,00	6
51969	30795	30795	IMPULSOR PELECHA CAÑUELAS (11)	-	-	1 840,00	1 839,51	1
Total Final:						143 851,20	144 126,47	81