UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Propuesta de alternativa para el mejoramiento de la instalación eléctrica del sector de producción de galletitas y fideos de la fábrica AGROINDUSTRIAL COLONIAL S.A., ubicada en la ciudad de Dr. Juan Eulogio Estigarribia, Departamento de Caaguazú.

AUTOR:

Joel Erico Escobar Sala.

TUTOR:

Ing. Pedro Pastor David González Rodríguez.

Coronel Oviedo – Paraguay

Año 2024.

Usted es libre de:

- **Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato**
- **Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material**

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.**
- **NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.**

DERECHO DE AUTOR

Quien suscribe, Joel Erico Escobar Sala, autor del trabajo de investigación titulado **"Propuesta de alternativa para el mejoramiento de la instalación eléctrica del sector de producción de galletitas y fideos de la fábrica AGROINDUSTRIAL COLONIAL S.A., ubicada en la ciudad de J. Eulogio Estigarribia, Departamento de Caaguazú."**, declaran que voluntariamente ceden a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo a los 29 días del mes de noviembre del 2024.

……

Firma.

PÁGINA DE APROBACIÓN.

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: _____

ACTA N°: _____

FECHA: _____

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a mis padres, quienes siempre han creído en mí y me han enseñado la importancia del esfuerzo y la perseverancia. Su amor y sacrificio han sido una fuente de inspiración en cada paso de mi vida. También dedico este proyecto a todos aquellos que trabajan en el ámbito de la ingeniería, comprometidos con la mejora de la calidad de vida y el desarrollo sostenible de nuestras comunidades. Su dedicación y esfuerzo son ejemplos a seguir en la búsqueda de un futuro mejor.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en el desarrollo de este proyecto. En primer lugar, agradezco a mi tutor, el Ing. Pedro Pastor González, por su invaluable guía, apoyo y confianza a lo largo de este proceso. Su conocimiento y experiencia han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

Agradezco también a los profesores y compañeros de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, quienes me brindaron su apoyo y motivación en cada etapa del proyecto. Sus enseñanzas y colaboraciones han enriquecido mi formación y me han permitido crecer tanto profesional como personalmente.

Asimismo, quiero reconocer la ayuda del personal técnico y administrativo de Agroindustrial Colonial S.A., que facilitó el acceso a la planta y brindó su apoyo durante la realización de las mediciones y análisis necesarios para este estudio. Su disposición y colaboración han sido fundamentales para llevar a cabo esta investigación.

Finalmente, agradezco a mi familia por su amor, comprensión y aliento constante. Sin su apoyo incondicional, este logro no habría sido posible.

RESUMEN.

Este proyecto de fin de grado se centra en el análisis de la instalación eléctrica de la nave industrial de la fábrica Agroindustrial Colonial S.A., especializada en la producción de galletitas y fideos. El objetivo principal es evaluar el sistema eléctrico actual y proponer mejoras que aseguren un suministro eficiente y confiable.

El estudio reveló que el nivel de carga de la instalación es elevado por lo que el transformador se encuentra en su punto crítico, lo que indica la necesidad de un reemplazo para garantizar la estabilidad del suministro eléctrico. Además, se identificó que varios componentes de protección y circuitos eléctricos no están adecuadamente dimensionados, lo que puede comprometer su rendimiento y seguridad.

En el ámbito de la iluminación, las mediciones realizadas mostraron un bajo nivel de iluminancia que provoca deficiencias en la visibilidad, especialmente en las zonas de almacenamiento y producción. Para abordar esta situación, se propuso la instalación de un nuevo sistema de iluminación que mejore la visibilidad y, por ende, la seguridad en el entorno laboral.

Finalmente, se elaboró un presupuesto detallado que contempla todas las mejoras necesarias, asegurando el cumplimiento de las normativas vigentes y maximizando la eficiencia operativa. La implementación de estas recomendaciones contribuirá a mejorar las condiciones actuales y a promover la sostenibilidad de la planta en el futuro.

Palabras clave: Distribución de Energía Eléctrica, ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura, ODS 12 – Producción y consumo responsable.

ABSTRACT.

This final year project focuses on the analysis of the electrical installation in the industrial warehouse of Agroindustrial Colonial S.A., a company specialized in the production of biscuits and pasta. The primary objective is to evaluate the current electrical system and propose improvements to ensure efficient and reliable power supply.

The study revealed that the system's load level is high, causing the transformer to operate at a critical point. This highlights the need for its replacement to guarantee the stability of the electrical supply. Additionally, it was identified that several protective components and electrical circuits are not adequately sized, which could compromise their performance and safety.

In terms of lighting, measurements indicated low illuminance levels, leading to visibility deficiencies, particularly in storage and production areas. To address this issue, the installation of a new lighting system was proposed to enhance visibility and, consequently, workplace safety.

Finally, a detailed budget was developed, covering all necessary improvements while ensuring compliance with current regulations and maximizing operational efficiency. Implementing these recommendations will improve existing conditions and promote the sustainability of the plant in the future.

Keywords: Electrical Power Distribution, SDG 9 – Industry, Innovation, and Infrastructure, SDG 12 – Responsible Consumption and Production.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN....1
1.1. Eficiencia energética. 3
1.2. Evaluación eléctrica integral....4
1.3. Métodos de medición de los parámetros eléctricos. 5
1.3.1. Instrumentos de medición. 5
1.3.2. El Analizador de Redes Eléctricas. 5
1.3.3. El Luxómetro. 6
1.4. Software DIALux....7
2. METODOLOGÍA....9
2.1. Tipo de Investigación....9
2.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. 9
2.3. Descripción del área de estudio. 10
2.3.1. Emplazamiento de la instalación. 10
2.4. Descripción del sistema eléctrico actual. 16
2.4.1. Diagrama unifilar eléctrico. 16
2.4.2. Transformador de distribución. 17
2.4.3. Tableros de Distribución. 18
2.4.3.1. Tablero de distribución Principal. 18
2.4.3.2. Tablero de la segunda línea de galletitas. 18
2.4.3.3. Tablero de la protección General. 19
2.4.3.4. Tablero de la primera línea de galletitas. 20
2.4.3.5. Tablero del Banco de capacitores. 21
2.5. Levantamiento Datos de Carga. 23
2.5.1. Sector de Fidelería. 23
2.5.2. Sector Galletitas. 26
2.5.2.1. Primera línea de producción de Galletitas. 27
2.5.2.2. Segunda línea de producción de Galletitas. 28
2.6. Medición y análisis del perfil de carga de la Nave Industrial. 30
2.6.1. Equipo Utilizado para la medición de la calidad de la energía eléctrica. 30
2.6.2. Nivel de Fluctuaciones admisibles. 32
2.6.3. Medición de la calidad de la energía eléctrica. 32
2.6.3.1. Resultados de la medición realizada. 32

2.7. Criterios y características para el dimensionamiento de conductores y protecciones eléctricas de la Nave Industrial. 34
2.7.1. Criterios y características para el dimensionamiento de conductores. 34
2.7.2. Criterios de dimensionamiento de conductores 35
2.8. Cálculos correspondientes de los circuitos eléctricos. 35
2.8.1. Calculo de la sección del conductor. 35
2.8.2. Verificación de la sección por caída de tensión. 36
2.8.3. Calculo de la corriente del circuito. 37
2.8.4. Selección de la protección. 37
2.9. Dimensionamiento del transformador para la Nave Industrial. 38
2.10. Dimensionamiento del alimentador entre el transformador y el tablero general. 38
2.11. Dimensionamiento de la protección y de la alimentación entre el tablero principal y el tablero seccional de máquinas. 39
2.11.1. Tablero Principal de Fidelería. 39
2.11.2. Tablero Principal de Galletitas primera línea. 40
2.11.3. Tablero Principal de Galletitas segunda línea. 43
2.12. TABLERO SECCIONAL SALA DE MAQUINAS. 45
Dimensionamiento de la protección y de la alimentación de las máquinas. 45
2.12.1. Máquina del sector fidelería. 45
2.12.2. MÁQUINA DEL SECTOR GALLETITAS PRIMERA LINEA. 48
2.12.3. MÁQUINA DEL SECTOR GALLETITAS SEGUNDA LINEA. 49
2.13. Sistema de Iluminación de la Nave Industrial. 51
2.13.1. Distribución actual de las Luminarias. 51
2.14. Medición y Análisis del nivel de Iluminación de la Nave Industrial. 53
2.14.1. Niveles de Iluminación recomendados para una fábrica de alimentos. 53
2.14.2. Método de medición. 53
2.14.3. Medición del Nivel de Iluminación: Equipos Utilizados. 54
2.14.4. Resultados de la medición realizada. 55
2.15. Nuevo esquema de Iluminación. 56
2.15.1. Área 1: línea de producción de galletitas y fideos. 56
2.15.2. Área 2: Espacio de almacenamiento y depósito. 56
2.16. Análisis Económico. 57
2.16.1. Presupuesto de las mejoras a la Nave Industrial del sector de producción de galletitas y fideos. 57
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS. 60
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 61
4.1. Conclusión. 61

4.2. Recomendaciones. 62
5. BIBLIOGRAFÍA. 63
6. ANEXO. 1
6.1. ANEXO I 1
6.1.1. Presentación de los resultados de las mediciones realizadas. 1
6.2. Anexo II. 12
6.2.1. Mediciones de iluminación. 12
6.3. ANEXO III. 18
6.3.1. Nuevo esquema de Iluminación. 18
6.4. ANEXO IV. 26
6.4.1. Dimensionamiento del transformador para la industria. 26
6.4.2. Dimensionamiento de la protección y de la alimentación entre el tablero principal y el tablero seccional de máquinas. 30
6.4.3. Readecuación de la protección de fidelería mediante instalación de un tablero debidamente calculado. 33
6.4.4. TABLERO SECCIONAL SALA DE MAQUINAS. 36
6.4.4.1. MÁQUINA DEL SECTOR FIDELERIA. 36
6.4.4.2. MÁQUINA DEL SECTOR GALLETITAS PRIMERA LINEA. 42
6.4.4.3. MÁQUINA DEL SECTOR GALLETITAS SEGUNDA LINEA. 46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Analizador de Redes Eléctricas. 6
Figura 2. Luxómetro digital. 7
Figura 3. Software Dialux. 8
Figura 4.Logotipo de la empresa. 10
Figura 5. Planta de producción. 10
Figura 6. Vista aérea de la planta Industrial. 11
Figura 7. Vista aérea del área de estudio. 12
Figura 8. Sector 1 de la nave industrial. 13
Figura 9. Línea de producción de fideos. 14
Figura 10. Línea de producción de galletitas. 14
Figura 11. Almacenamiento de productos terminados. 15
Figura 12. Transformador de Distribución de la Marca TRAFOPAR. 17
Figura 13. Tablero de distribución principal. 18
Figura 14. Tablero de las protecciones de la segunda línea de producción de galletitas. 19
Figura 15.Sección del tablero donde se encuentra la protección general de la nave industrial. 20
Figura 16. Tablero de la primera línea de galletitas. 21
Figura 17. Tablero del banco de Capacitores y de la protección principal del sector Fidelería. 22

Figura 18.Protección principal del sector de Fidelería..... 23
Figura 19.Analizador de redes PowerNet P-600..... 31
Figura 20. Potencia Total - Grafica..... 33
Figura 21. Disposición actual de las luminarias en la Nave Industrial. 51
Figura 22. Luxómetro MINIPA MLM1011..... 54
Figura 23. Grafica de tensión entre la Fase y Neutro. 2
Figura 24. Grafica de tensión entre Fase – Fase 3
Figura 25. Grafica de Corriente por Fase..... 4
Figura 26. Grafica del Factor de Potencia. 5
Figura 27. Grafica del Factor de Potencia Promedio. 6
Figura 28. Grafica de la Potencia Activa por fase 7
Figura 29. Grafica de la Potencia Reactiva por fase..... 8
Figura 30. Grafica de la Potencia Total. 9
Figura 31. Grafica de los valores de la Frecuencia. 10
Figura 32. Dimensiones de la Nave Industrial. 12
Figura 33. Luminaria Zagonel de la Línea Olympus. 19
Figura 34. Dimensiones de la luminaria Olympus 20
Figura 35. Curva fotométrica del lente..... 20
Figura 36. Isolineas de iluminancia en el Área 1. 22
Figura 37. Isolineas de iluminancia en el Área 2. 24
Figura 38. Vista en 3D de la Nave Industrial. 25
Figura 39. Vista en 3D interior de la Nave Industrial. 25
Figura 40. Propuesta de tablero..... 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de fallas..... 2
Tabla 2. Dimensiones de la Nave Industrial. 11
Tabla 3. Placa de características del transformador utilizado en el área de producción de fideos y galletitas. 17
Tabla 4. Cuadro de cargas de Fidelería. 25
Tabla 5. Cuadro de cargas de la primera línea de producción de galletitas. 27
Tabla 6. Cuadro de cargas de la segunda línea de producción de Galletitas. 28
Tabla 7. Potencia total de la Nave industrial Fideos y Galletitas. 29
Tabla 8. Especificaciones generales del analizador de redes. 31
Tabla 9. Medición de la Potencia Total. 33
Tabla 10. Valores de tablero general de la Nave industrial. 39
Tabla 11. Valores resumidos de tablero principal del sector de Fidelería. 40
Tabla 12. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea Resistencia 1. 40
Tabla 13. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea Resistencia 2. 41
Tabla 14.Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea grupo 1..... 41
Tabla 15. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea grupo 2..... 42
Tabla 16. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea grupo 3..... 42
Tabla 17. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea grupo 4..... 43
Tabla 18. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea luminaria..... 43

Tabla 19. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Resistencia 1. 43
Tabla 20. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Resistencia 2. 44
Tabla 21. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea grupo 1. 44
Tabla 22. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea grupo 2. 44
Tabla 23. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea grupo 3. 45
Tabla 24. Valores resumidos de las maquinas del sector de Fidelería. 48
Tabla 25. Valores resumidos de las maquinas del sector de Galletitas primer línea. 49
Tabla 26. Valores resumidos de las maquinas del sector de Galletitas segunda línea. 50
Tabla 27. Descripción de las luminarias utilizadas en la Nave Industrial. 52
Tabla 28. Especificaciones Generales del Luxómetro MINIPA MLM1011. 54
Tabla 29.Nivel de Iluminación medida en la Nave Industrial. 55
Tabla 30. Nivel de iluminancia y uniformidad Área 1. 56
Tabla 31. Nivel de iluminancia y uniformidad Área 2. 57
Tabla 32. Presupuesto de materiales de la Instalación. 58
Tabla 33. presupuesto de mano de obra. 58
Tabla 34. Presupuesto general. 59
Tabla 35. Medición de tensión entre la Fase y Neutro. 2
Tabla 36. Medición de tensión entre Fase – Fase. 3
Tabla 37. Medición de Corriente por Fase 4
Tabla 38. Medición del Factor de Potencia. 5
Tabla 39. Medición del Factor de Potencia Promedio. 6
Tabla 40. Medición de la Potencia Activa por fase. 7
Tabla 41. Medición de la Potencia Reactiva por fase 8
Tabla 42. Medición de la Potencia Total. 9
Tabla 43. Medición de la Frecuencia. 10
Tabla 44. Medida del área de las maquinarias. 12
Tabla 45. Valor k para definir puntos de medición. 13
Tabla 46. Mediciones realizadas en el área de máquinas de la Nave Industrial. 13
Tabla 47. Medida del área del depósito. 15
Tabla 48. Valor k para definir puntos de medición. 15
Tabla 49. Mediciones realizadas en el área de depósito de la Nave Industrial. 16
Tabla 50. Nivel de Iluminancia de las distintas áreas de la Nave Industrial. 17
Tabla 51. Características técnicas de la Luminaria Zagonel. 19
Tabla 52. Resultados Obtenidos en la Simulación, Área 1. 21
Tabla 53. Resultados Obtenidos en la Simulación, Área 2. 23
Tabla 54. Potencia total de la Fabrica AGROINDUSTRIAL COLONIAL S.A. 26
Tabla 55. Valores de tablero general de la Nave industrial. 29
Tabla 56. Valores de tablero principal del sector de Fidelería. 33
Tabla 57. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Resistencia 1. 34
Tabla 58. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Resistencia 2. 34
Tabla 59. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Grupo1. 34
Tabla 60. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Grupo2. 34
Tabla 61. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Grupo 3. 35
Tabla 62. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Grupo 4. 35
Tabla 63. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera Iluminación. 35
Tabla 64. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Resistencia 1. 35
Tabla 65. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Resistencia 2. 35

Tabla 66. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Grupo 1. ..... *35*
Tabla 67. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Grupo 2. ..... *35*
Tabla 68. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Grupo 3. ..... *36*
Tabla 69. Cuadro de cargas del sector Fidelería actual. *38*
Tabla 70. Valores de tablero seccional del sector de Fidelería proyectada. *41*
Tabla 71. Cuadro de cargas de la primera línea de producción de galletitas actual. *42*
Tabla 72. Valores de tablero seccional del sector de Galletitas primera línea proyectada. *45*
Tabla 73. Cuadro de cargas de la segunda línea de producción de galletitas actual. *46*
Tabla 74. Valores de tablero seccional del sector de Galletitas segunda línea proyectada. *49*

1. INTRODUCCIÓN.

En el dinámico entorno de la industria moderna, donde la eficiencia operativa y la productividad son elementos fundamentales para optimizar el uso de los recursos disponibles, el correcto funcionamiento del sistema eléctrico se constituye como un pilar indispensable para el éxito y la viabilidad a largo plazo de cualquier empresa. En el caso particular del sector de producción de galletitas y fideos de AGROINDUSTRIAL COLONIAL S.A., situada en el Departamento de Caaguazú, se han detectado problemas recurrentes asociados a la instalación eléctrica, los cuales han provocado interrupciones en la operatividad y generado pérdidas significativas en la producción.

Para abordar esta problemática, se ha realizado un análisis de los antecedentes, destacando el proyecto de fin de grado de Delfín Contreras [1], donde se llevó a cabo una inspección de toda la instalación eléctrica de los sectores Laminado y Terciada de PAGLES INTERNACIONAL S.A., ubicada en el Distrito de Santa Rosa Del Mbutuy, Dpto. Caaguazú. Esta inspección se realizó con el objetivo de abordar las recurrentes fallas que habían estado afectando el rendimiento operativo de dichas instalaciones. A través de un análisis detallado de los resultados obtenidos, se procedió a actualizar el esquema del sistema eléctrico en las instalaciones de Baja Tensión, con el fin de mejorar su confiabilidad y eficiencia. Además, como parte de este proyecto, se propusieron mejoras en la iluminación de las instalaciones, presentando un presupuesto detallado para su implementación.

Por otra parte, Cristian Ferreira [2], realizó un análisis del esquema de protecciones en el sector de Preparación de Semillas de la empresa MERCO S.A. Este análisis se centró en abordar los problemas derivados de la falta de selectividad y escalonamiento adecuado de las protecciones, que habían estado generando interrupciones en el suministro eléctrico y poniendo en riesgo la integridad de los equipos. Utilizando herramientas avanzadas como el software Ecodial Advance Calculation de Schneider®, se pudo diseñar una propuesta integral para mejorar la coordinación y selectividad de las protecciones en la industria. Asimismo, se llevó a cabo una evaluación económica que respalda la viabilidad del proyecto, demostrando los beneficios tanto en términos de rendimiento operativo como de costos a largo plazo.

Teniendo como referencia estos trabajos citados se prosiguió a realizar una entrevista al Eliseo Becker [3], que es el jefe de producción de la empresa. Durante el período 2022/2023, se han registrado estadísticas significativas de fallos tanto en el sector de galletitas como el de los fideos, resultando peculiar el hecho de que las fallas sean tan frecuentes en estos sectores teniendo en cuenta que son relativamente nuevos. Dichos datos se presentan en la siguiente tabla, que muestra una estimación del número de fallos por año.

Tipos de Fallas	**Número de fallas. (veces)**
Fallas en los accionamientos del motor.	10
Sobrecalentamientos en los alimentadores del transformador al tablero principal.	3
Transformador averiado.	3
Explosiones del cono de alivio.	3
Fallas en los equipos de corrección del factor de potencia.	2
Equipos en los tableros sobrecalentados y con polvo.	2

Tabla 1. Lista de fallas.

En la tabla anterior, se destacan las fallas recurrentes que requieren una atención inmediata. De particular interés, entre las 23 fallas identificadas, las fallas en los accionamientos de los motores es la más sobresaliente, representando aproximadamente el 43% del total de incidentes registrados.

Ante estas circunstancias la realización de esta investigación se justifica por varias razones fundamentales. En primer lugar, la correcta operación y mantenimiento de la instalación eléctrica en el sector industrial es crucial para garantizar la continuidad de las operaciones y la productividad de la empresa. Los fallos en el sistema eléctrico pueden causar interrupciones costosas en la producción, pérdida de productos, daños a equipos y, en casos extremos, riesgos para la seguridad de los trabajadores.

Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo un análisis exhaustivo del estado actual de la instalación eléctrica para identificar posibles problemas y proponer soluciones que mejoren su confiabilidad y eficiencia operativa. Además, en un contexto donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son aspectos cada vez más importantes, optimizar el uso de la energía eléctrica es esencial para reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental. Al proponer alternativas de mejora en la instalación eléctrica, no solo se busca cumplir con las normativas vigentes en materia de seguridad y eficiencia energética, sino también maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y contribuir al desarrollo sostenible de la empresa y la comunidad en general.

1.1. Eficiencia energética.

La Eficiencia Energética, según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), implica utilizar menos energía para producir la misma cantidad de servicios energéticos, como iluminación y calor. Este enfoque busca optimizar el uso de la energía, lo que beneficia a las empresas al aumentar su competitividad y reducir costos, mientras mejora la calidad de vida y limita la producción de gases de efecto invernadero [4]. Para lograrla, es crucial entender las necesidades energéticas específicas de cada sector, como la electricidad para la industria y la climatización para los servicios. Adoptar medidas de conservación y tecnologías más eficientes es esencial para reducir el consumo de energía, mitigar el impacto ambiental y generar ahorros económicos, mejorando así la calidad de vida [5].

Los beneficios derivados de la implementación de medidas de eficiencia energética en una organización son diversos y significativos:

- **Reducción del gasto energético:** Esto abarca la disminución del consumo de electricidad, combustible, gas y otros recursos energéticos, lo que se traduce en ahorros económicos significativos a largo plazo.
- **Reducción de costos operativos:** En el ámbito industrial, la eficiencia energética contribuye a la optimización de los procesos, lo que se traduce en una reducción de los costos de operación. Esto a su vez puede impulsar la productividad y la competitividad de la organización en el mercado.

- **Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero:** Al utilizar la energía de manera más eficiente, se reduce la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la generación de energía. Esto contribuye a mitigar el cambio climático y sus impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana [6].

1.2. Evaluación eléctrica integral.

La evaluación eléctrica integral es un procedimiento que implica la inspección detallada, la recopilación de datos visuales y el análisis técnico profundo de una instalación eléctrica. Su propósito es identificar las deficiencias existentes, los posibles riesgos y los puntos susceptibles de mejora, con el fin de optimizar la eficiencia y la seguridad de la instalación eléctrica. Durante este proceso, se examinan cuidadosamente todos los componentes y sistemas eléctricos, desde los paneles de distribución hasta los dispositivos de protección y las conexiones. Se registran y analizan los datos relevantes, como la carga eléctrica actual, el estado de los conductores y equipos, y cualquier irregularidad o deterioro observado.

El diagnóstico eléctrico integral permite identificar y priorizar las áreas que requieren atención inmediata, como posibles puntos calientes, sobrecargas, deficiencias en la conexión a tierra y condiciones de seguridad inadecuadas. Además, proporciona recomendaciones específicas para mejorar la eficiencia energética, la fiabilidad y la seguridad de la instalación eléctrica.

Al realizar una evaluación eléctrica integral, se brinda a los propietarios y gestores de las instalaciones la información necesaria para tomar decisiones informadas sobre las inversiones en mantenimiento, actualización y mejora de sus sistemas eléctricos. Esto no solo ayuda a prevenir fallos y accidentes eléctricos, sino que también contribuye a reducir los costos operativos y a garantizar un funcionamiento óptimo a largo plazo [4].

1.3. Métodos de medición de los parámetros eléctricos.

1.3.1. Instrumentos de medición.

La selección precisa de instrumentos de medición es crucial para garantizar la exactitud y fiabilidad de los datos recopilados en un análisis eléctrico. La elección apropiada de estos instrumentos no solo optimiza la precisión de los resultados, sino que también reduce el margen de error y minimiza la necesidad de re-trabajo en la recopilación de datos, lo que ahorra tiempo y recursos en el proceso de análisis [4].

1.3.2. El Analizador de Redes Eléctricas.

Los analizadores de redes eléctricas son dispositivos especializados diseñados para examinar y evaluar la calidad del suministro eléctrico, con el fin de mejorar la eficiencia y la gestión de la energía eléctrica. Además de realizar mediciones precisas, los analizadores de redes eléctricas son capaces de visualizar los datos recopilados de manera clara y concisa, lo que permite a los usuarios comprender mejor el estado del suministro eléctrico en tiempo real. Estos datos pueden ser transmitidos a través de diversas vías de comunicación, como interfaces serie, Ethernet, puertos ópticos y sistemas de gestión GSM/SMS, garantizando una amplia accesibilidad y disponibilidad de la información para su análisis y toma de decisiones [7].

Estos dispositivos están equipados con la capacidad de medir y analizar los parámetros eléctricos clave como la tensión, la corriente, frecuencia, la potencia activa y reactiva, el factor de potencia, energía activa y reactiva, la demanda activa y reactiva entre otros [8].

Figura 1. Analizador de Redes Eléctricas.

1.3.3. El Luxómetro.

El luxómetro es un dispositivo esencial para medir la iluminación en un entorno dado, proporcionando una evaluación precisa y rápida. Funciona midiendo la cantidad de luz recibida en un punto específico, utilizando como unidad de medida el lux.

Los luxómetros modernos se basan en el principio de una celda CCD o fotovoltaica, que convierte la luz incidente en una señal eléctrica. Esta señal puede ser visualizada a través de una aguja, la activación de un diodo o la presentación de un valor numérico.

Al realizar mediciones con un luxómetro, es importante considerar lo siguiente:

- Evitar usar ropa clara, ya que puede afectar la precisión de la medición al reflejar la luz.
- Colocar el sensor a 80 cm del suelo en el lugar deseado para medir la iluminación.
- No colocar el dispositivo cerca del cuerpo durante la medición.
- No exceder los valores máximos de entrada para evitar daños al dispositivo.
- Utilizar el luxómetro dentro de los rangos de temperatura especificados.
- Evitar movimientos bruscos que puedan afectar la precisión de la medición.
- Proteger el sensor con su funda cuando no esté en uso.

- Evitar usar el luxómetro cerca de campos eléctricos, como altas tensiones o motores.

- No colocar el dispositivo directamente sobre una superficie durante su uso [9].

Figura 2. Luxómetro digital.

1.4. Software DIALux.

El software DIALux es una herramienta integral para el diseño de sistemas de iluminación en edificaciones y proyectos de construcción. Utilizando diversas imágenes y recursos web, simplifica el proceso de generación de documentación para la presentación del proyecto, haciéndolo accesible tanto para clientes como para usuarios sin experiencia técnica avanzada.

Características destacadas de DIALux:

- **Planificación Lumínica Interior:** Permite una planificación detallada en proyectos arquitectónicos complejos, identificando áreas con insuficiente o excesiva iluminación para un diseño óptimo.

- **Diseño de Áreas Exteriores**: Eficaz para el diseño de espacios al aire libre como jardines, plazas y carreteras, con opciones de configuración precisas.

- **Análisis de Distribución de Luz:** Recopila datos detallados sobre la distribución lumínica y los presenta visualmente, facilitando un análisis exhaustivo y ajustes precisos en el diseño de iluminación [10].

Figura 3. Software Dialux.

2. METODOLOGÍA.

2.1. Tipo de Investigación.

La investigación llevada a cabo se enmarca dentro de un enfoque aplicado, caracterizado por su orientación hacia la acción y la resolución de problemas concretos en el contexto específico de las instalaciones eléctricas de la fábrica de galletitas y fideos AGROINDUSTRIAL COLONIAL S.A. Este tipo de investigación implica la recolección sistemática de datos y la obtención de información relevante que permita comprender a fondo la situación actual y, a partir de ello, generar recomendaciones prácticas y aplicables para mejorar la eficiencia y el funcionamiento del sistema eléctrico en dicha empresa.

2.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Para la recolección de datos, se emplearán técnicas específicas diseñadas para obtener información precisa y relevante sobre el sistema eléctrico de la fábrica de galletitas y fideos. Estas técnicas incluyen la recopilación documental y la observación directa.

La recopilación documental se centrará en la búsqueda y análisis de fuentes bibliográficas relevantes, como investigaciones previas, textos especializados, documentos normativos y recursos en línea pertinentes al proyecto en cuestión. Esta técnica proporcionará una base sólida de conocimientos teóricos y prácticos para fundamentar el análisis.

Por otro lado, la técnica de observación se llevará a cabo de manera no estructurada, permitiendo una exploración detallada y contextualizada del sistema eléctrico en la fábrica. Se utilizarán registros descriptivos para documentar observaciones clave, utilizando cuadernos de campo, notas, entrevistas con profesionales del sector, fotografías y herramientas de medición especializadas.

2.3. Descripción del área de estudio.

2.3.1. Emplazamiento de la instalación.

Figura 4.Logotipo de la empresa.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL S.A. es una empresa establecida en la ciudad de Juan Eulogio Estigarribia – Caaguazú – Paraguay, donde opera un molino harinero y una fábrica especializada en la producción de fideos, galletitas y diversos derivados de la harina de trigo. Se destaca por la calidad de sus productos, los cuales han sido ampliamente aprobados por el consumidor final, con especial reconocimiento por parte de las amas de casa, quienes confían en esta marca. Su pasión por la calidad es el motor que impulsa cada uno de sus procesos, desde la selección de materias primas hasta la entrega final al cliente.

Figura 5. Planta de producción.

La planta industrial está ubicada estratégicamente en el Km. 214 de la Ruta PY02, se erige como un referente en la región, comprometida con la excelencia y la satisfacción de sus clientes.

Figura 6. Vista aérea de la planta Industrial.

En este proyecto, la atención se concentra exclusivamente en la producción de fideos y galletitas, considerando la fase de cambios y mejoras que atraviesa este sector en la actualidad. A esta producción se le ha asignado una nave exclusiva para este propósito, la cual se encuentra en la esquina superior derecha del predio de la industria, la cual cuenta con las siguientes dimensiones:

Nave Industrial	
LARGO	85 m
ANCHO	20 m
ALTURA	4 m

Tabla 2. Dimensiones de la Nave Industrial.

Figura 7. Vista aérea del área de estudio.

Este sector de la fábrica agroindustrial Colonial S.A, especializada en la producción de fideos y galletitas, se organiza en dos sectores claramente definidos, como se ilustra en la figura presentada arriba.

El Sector 1, que abarca una extensión de 45 metros de largo por 20 metros de ancho, constituye el corazón de la producción. Aquí se concentran las maquinarias principales, cuenta con una productora de fideos y dos máquinas productoras de galletitas, la línea de galletitas cuenta con 3 empaquetadoras como se puede observar en la figura de abajo.

Figura 8. Sector 1 de la nave industrial.

Se puede observar a la izquierda la línea de producción de fideos que mide aproximadamente un total de 35 metros de largo.

A la derecha se puede observar la producción de galletitas, ésta cuenta con dos líneas de producción, la nueva solo fue instalada a principios de este año. Las maquinarias son idénticas y tienen un aproximado de 28 metros de longitud de producción donde comienza la línea de producción con materia prima y al final de la línea se obtienen galletitas crocantes que salen empaquetadas y listas para el consumidor final.

Figura 9. Línea de producción de fideos.

Figura 10. Línea de producción de galletitas.

Por otro lado, el Sector 2, que ocupa los restantes 40 metros de largo por 20 metros de ancho, está destinado exclusivamente al almacenamiento de los productos finales. Este espacio está meticulosamente organizado para acomodar los productos debidamente

elaborados y empaquetados, garantizando una eficiente gestión logística y de distribución.

Figura 11. Almacenamiento de productos terminados.

2.4. Descripción del sistema eléctrico actual.

La empresa Agro Industrial Colonial S.A. se abastece de energía eléctrica en media tensión a través de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), garantizando así un suministro confiable y estable. Este servicio es canalizado mediante una única acometida y punto de entrega, que sirve para alimentar todas las áreas de la instalación. La medición del consumo energético se lleva a cabo en media tensión, utilizando transformadores de medición de corriente (TC) y de potencial (TP), asegurando una gestión precisa y eficiente de la energía.

En el marco de este proyecto, se enfoca exclusivamente en el área de producción de galletitas y fideos. Esta área cuenta con un transformador dimensionado específicamente para satisfacer las demandas energéticas de los procesos de producción del área en cuestión.

2.4.1. Diagrama unifilar eléctrico.

Con el fin de recopilar la información esencial requerida para elaborar el diagrama unifilar, se realizó las inspecciones en colaboración con el equipo de mantenimiento de la fábrica. Se constató que el diagrama unifilar del sector de galletitas debería de actualizarse. En el plano se detalla el diagrama unifilar del sector de producción analizada en este proyecto. Este diagrama abarca desde el transformador, los conductores utilizados, también proporciona información detallada sobre las cargas asociadas y las protecciones correspondientes, permitiendo así una visualización completa y precisa de la distribución eléctrica en la instalación.

A continuación, se presentan las características técnicas de los elementos que componen el diagrama unifilar.

2.4.2. Transformador de distribución.

TRANSFORMADOR	
MARCA	TRAFOPAR
POTENCIA	400 KVA
ALTURA MAXIMA DE INSTALACION (m.s.n.m)	1000
INSTALACION	EN LA INTEMPERIE
FASE	3
FRECUENCIA	50 Hz
CONEXIÓN	DYn5
REFRIGERACION	ONAN

Tabla 3. Placa de características del transformador utilizado en el área de producción de fideos y galletitas.

El transformador, de la marca TRAFOPAR, está ubicado en un área al aire libre, a pocos metros de distancia del edificio de producción analizado, tal como se puede apreciar en la figura adjunta.

Figura 12. Transformador de Distribución de la Marca TRAFOPAR.

El tablero principal del área en estudio recibe su alimentación directa del transformador. Esta alimentación se lleva a cabo mediante tres conductores de 150 mm² por fase, mientras que el neutro se suministra a través de dos conductores de 150 mm². Esta configuración garantiza una distribución eléctrica eficiente y segura en el área designada.

2.4.3. Tableros de Distribución.

2.4.3.1. Tablero de distribución Principal.

La planta está equipada con un tablero principal, está directamente conectado al transformador de 400 KVA. Estos dos elementos están dispuestos de manera contigua, separados únicamente por una pared. Desde este punto central, la energía eléctrica se distribuye de manera eficiente a todas las cargas ubicadas en las diversas áreas de la planta, garantizando así un suministro confiable y adecuado para todas las operaciones.

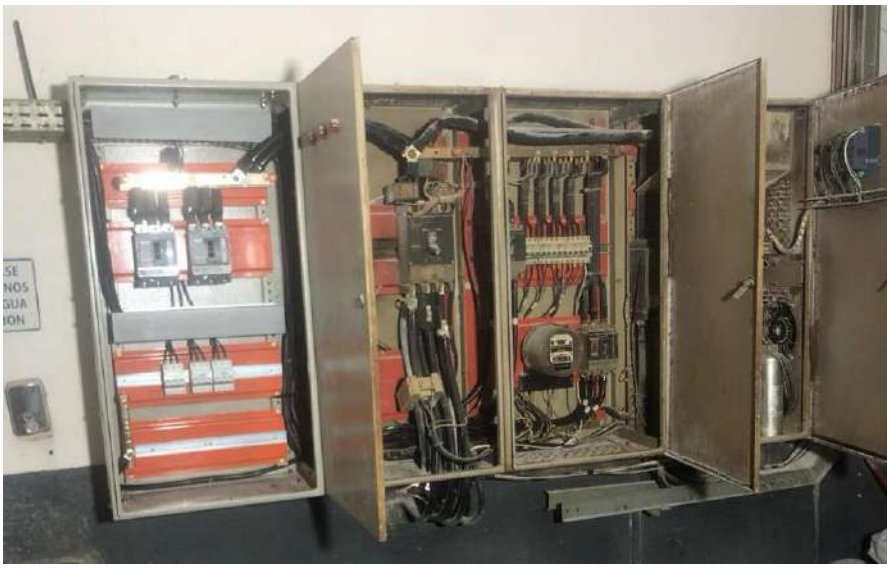

Figura 13. Tablero de distribución principal.

En este sector se encuentran agrupados los tableros principales de la fábrica, estos se describirán de derecha a izquierda de los cuales se pueden diferenciar de la siguiente manera:

2.4.3.2. Tablero de la segunda línea de galletitas.

La segunda línea de producción de galletitas entra en funcionamiento a principios de este año, por eso se puede notar que los componentes están relativamente más limpios y nuevos que los otros tableros. Se cuenta con 6 llaves termomagnéticos de los cuales una protección se encuentra sin carga, este se deja como reserva para cualquier ampliación necesaria de uso inmediato que se requiera.

Figura 14. Tablero de las protecciones de la segunda línea de producción de galletitas.

2.4.3.3. Tablero de la protección General.

La alimentación principal proveniente del transformador es recibida y seccionada en este tablero por un interruptor termomagnético de caja moldeada de 3x630 amperios la cual cuenta con transformadores de corriente utilizados para poder medir el consumo del sector de producción de forma particular, con el objetivo de obtener información del consumo de las cargas. Dicho medidor está situado en el tablero que se encuentra a su derecha.

Figura 15.Sección del tablero donde se encuentra la protección general de la nave industrial.

2.4.3.4. Tablero de la primera línea de galletitas.

En este tablero se encuentran las protecciones principales de la primera línea de producción de galletitas, este cuenta con 7 interruptores termomagnéticos de los cuales 2 son llaves termomagnéticas de caja moldeada trifásicas de 250 A regulables y las restantes 5 protecciones que son interruptores termomagnéticas modulares, el tablero modular lo comparte con el medidor analógico de consumo eléctrico de la nave industria.

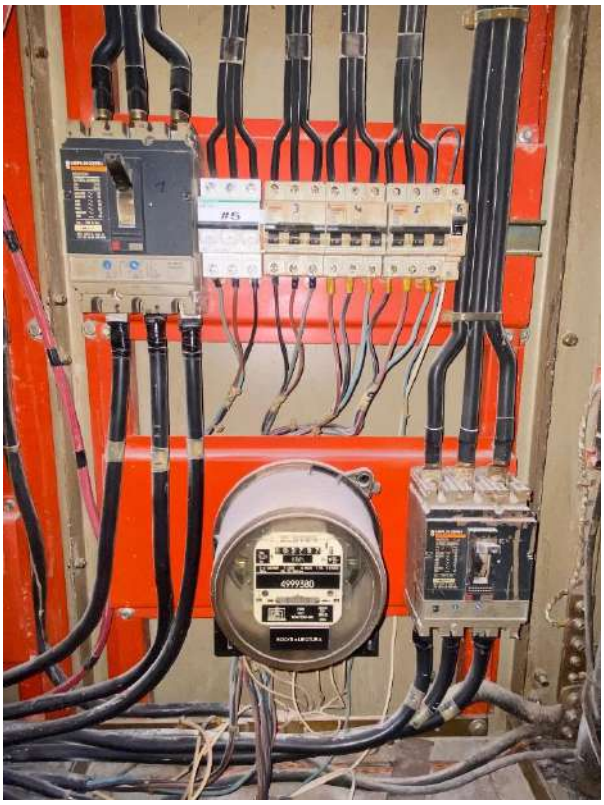

Figura 16. Tablero de la primera línea de galletitas.

2.4.3.5. Tablero del Banco de capacitores.

El tablero de banco de capacitores cuenta con un banco de un total de 95 KVAr de potencia reactiva, el cual está distribuida en 6 etapas comandada de forma automática por un regulador de 12 etapas, ésta se encarga de realizar la compensación de acuerdo a la demanda de la planta. Se inyecta de forma fija una potencia reactiva de 20 KVAr a la nave industrial.

Este tablero comparte con la protección principal del sector de fidelería, dicho interruptor trifásico es caja moldeada regulable de 3 x 160/400 A.

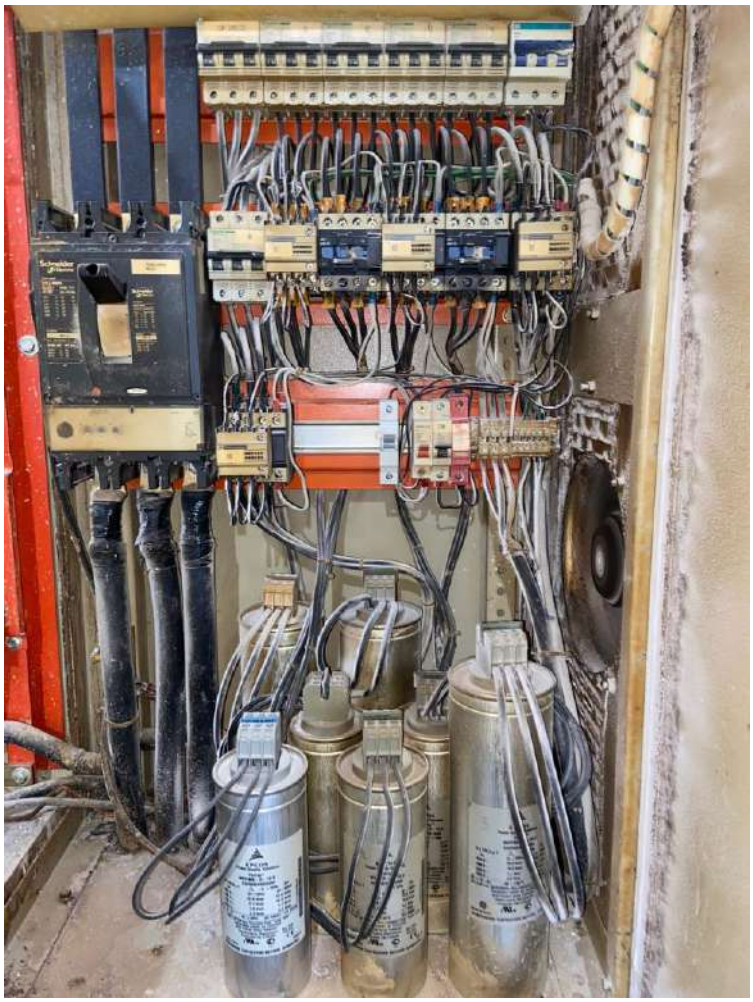

Figura 17. Tablero del banco de Capacitores y de la protección principal del sector Fidelería.

2.5. Levantamiento Datos de Carga.

2.5.1. Sector de Fidelería.

La protección principal se encuentra en el tablero del banco de capacitores.

Figura 18.Protección principal del sector de Fidelería.

La protección principal está a cargo de un disyuntor regulable de 3x (160 – 400 A) de la marca Schneider, el cual está configurado para operar a 400 Amperios. Este disyuntor asegura una protección efectiva contra sobrecargas y cortocircuitos, brindando una seguridad óptima para todo el sistema eléctrico.

Desde este tablero, se despliegan conductores de 240 mm² para cada fase, acompañados por un conductor neutro de 120 mm². Estos cables recorren una distancia de 35 metros hasta alcanzar los tableros donde se realiza la distribución, destinados al control de las cargas que alimentan los motores y los electroventiladores responsables de impulsar el funcionamiento de la fábrica de fideos.

A continuación, detallaremos las funciones de las máquinas junto con sus respectivas potencias, regulación de la protección, longitud de los cables y sus respectivas secciones.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
FIDELERIA NIDO						
Tag.	**Descripción**	**Pot.CV**	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Protección Regulable**	**Conductor**
PRENSA(Movimiento)						
M1	Bomba de Vacío	15	11,04	18	9 - 12 A	3x(2x2,5 mm²)
M2	Dosador de harina (variador)	1,5	1,104	18	3x10 A	3x1,5 mm²
M3	Rosca de compresión (variador)	70	51,52	15	3x160 A	3x 50 mm²
M4	Centrifuga	1,5	1,104	15	0,9 - 1,25 A	3x1,5 mm²
M5	Amasadera	5	3,68	15	9 - 14 A	3x2,5 mm²
M5,1	Amasadera	5	3,68	15	9 - 14 A	3x2,5 mm²
M6	Cuchillo nido	2	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
M6,1	Cuchillo nido	2	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
M7	Bomba hidráulica	1	0,736	18	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
M8	Talha	0,5	0,368	18	0,63 - 1 A	3x1,5 mm²
M19	Vent. Delta/ cabezote	1,5	1,104	16	2,2 - 3,2 A	3x1,5 mm²
M21	Bomba Centrifuga(Agua empasto)	0,75	0,552	18	1 - 1,6 A	3x1,5 mm²
TUNEL (Movimiento)						
M9	Eje cardan (variador)	5	3,68	25	3x10 A	3x2,5 mm²
M10	Movimiento del 1er piso (variador)	0,75	0,552	55	3x10 A	3x1,5 mm²
M11	Movimiento del 2do piso(variador)	0,75	0,552	28	3x10 A	3x1,5 mm²
M12	Movimiento del 3er piso	0,75	0,552	55	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
M13	Esteira de Descarga	0,5	0,368	20	1,1 - 1,6 A	3x1,5 mm²
M14	Esteira de Carga	1	0,736	20	2,2 - 3,8 A	3x1,5 mm²
M15	Bomba de agua Empasto	1	0,736	25	2,2 - 3,8 A	3x1,5 mm²
M17	Bomba de agua Empasto	0,13	0,09568	25	0,7 - 1 A	3x1,5 mm²
VENTILACION						
V1	1º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,416	20	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V2	2º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,416	25	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V3	3º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,416	30	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V4	4º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,416	35	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V5	1º Central Túnel contenedores	(6x) 1.00	4,416	50	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V6	2º Central Túnel contenedores	(6x) 1.00	4,416	55	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V7	3º Central Túnel contenedores	(6x) 1.00	4,416	60	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²

V8	4º Central Túnel contenedores	(6x) 1.00	4,416	65	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V9	5º Central Túnel tapete	(6x) 1.00	4,416	55	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V10	6º Central Túnel tapete	(6x) 1.00	4,416	60	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V11	7º Central Túnel tapete	(6x) 1.00	4,416	65	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V12	8º Central Túnel tapete	(6x) 1.00	4,416	70	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V13	9º Central Túnel tapete	(6x) 1.00	4,416	75	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V14	10º Ventil. Extracción Nido	(2x) 4	5,888	90	5,5 - 8 A	3x1,5 mm²
EX1	Extractor 1	1,5	1,104	25	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
EX2	Extractor 2	1,5	1,104	40	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
EX3	Extractor 3	1,5	1,104	45	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
EX4	Extractor 4	1,5	1,104	45	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
EX5	Extractor 5	1,5	1,104	50	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²

MAQUINAS AMPLIADAS EN CCM

Tag.	Descripción	Pot.CV	Pot. KW	Longitud metros	Protección Regulable	Conductor
MZ01	Mezclador	5	3,68	18	6 - 10 A	3x2,5 mm²
BO01	Bomba Vacío	1,5	1,104	18	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
RO01	Rosca	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
RO02	Rosca	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
RO03	Rosca	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
BO02	Compresor	4	2,944	73	6 - 10 A	3x2,5 mm²
VR01	Válvula Rotativa	3	2,208	65	3,5 - 5 A	3x1,5 mm²
ZR01	Zaranda	0,5	0,368	75	0,63 - 1 A	3x1,5 mm²
CA01	Motor Caldera	2	1,472	80	2,5 - 4 A	3x2,5 mm²

Tabla 4. Cuadro de cargas de Fidelería.

La tabla previamente presentada ofrece una visión integral de todos los motores que conforman la maquinaria de la planta de producción de fideos. Estos motores y resistencias eléctricas desempeñan roles cruciales en diversas etapas del proceso de fabricación. La carga instalada total de estos motores, que asciende a 172,5 KW, refleja la magnitud de la operación y la demanda eléctrica asociada.

2.5.2. Sector Galletitas.

El área destinada a la producción de galletitas se divide en dos partes claramente definidas: la primera línea de producción que sería la más antigua y la segunda línea de producción que corresponde al sector más reciente instalado. Esta distinción refleja tanto la evolución de la tecnología como la expansión histórica de la planta. Esta sección está equipada con dos máquinas idénticas, lo que subraya la importancia de la estandarización y la replicabilidad en el proceso de producción. Para garantizar un control efectivo de estas máquinas, cada una cuenta con su propio tablero seccional.

Estos tableros se encuentran estratégicamente ubicados junto al tablero principal de la planta, lo que facilita el monitoreo y la gestión de la energía eléctrica en cada área. Los tableros seccionales donde están ubicados las protecciones de las distintas máquinas de la línea de producción están ubicados a una distancia de 30 metros del tablero principal.

En la siguiente tabla, se proporciona una descripción de las funciones de los motores y resistencias utilizadas en el proceso de producción de las galletitas, así como sus respectivas potencias. Además, abordaremos detalles cruciales como la regulación de la protección, la longitud y las secciones de los cables que unen el tablero seccional con la carga final. Este análisis detallado nos permitirá comprender mejor el funcionamiento de cada componente.

2.5.2.1. Primera línea de producción de Galletitas.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL							
GALLETITAS PRIMERA LINEA							
Tablero	Tag.	Descripción	Pot.CV	Pot. KW	Longitud metros	Protección Regulable	Conductor
3x250A	RE 01	Resistencia 1	50	36,8	30	3x 225 A	3x70mm²
3x250A	RE 01	Resistencia 2	50	36,8	30	3x 225 A	3x70mm²
3x40A	M2	Mezclador	15	11,04	18	9 - 14 A	3x2,5 mm²
	M3	Amasadera	7,5	5,52	15	9 - 14 A	3x2,5 mm²
	M6	Cuchillo nido	2	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3X32A	B3	Bomba hidraulica	1	0,736	18	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
	CT1	Cintra transportadora	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	RO01	Rosca	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
	BO02	Compresor	4	2,944	73	3x10 A	3x2,5 mm²
	MR1	Molde Rotativo	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
	CT2	Cinta transportadora separadora de masa	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT3	Cinta transportadora mallada	4	2,944	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3x32 A	CT4	Cinta transportadora de enfriamiento	2	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT5	Cinta transportadora de empaque	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SP1	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SE1	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10304	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT7	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	MR1	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,104	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3x20 A	SP2	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SE2	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10304	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT8	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	MR2	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,104	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
1x16 A	SI	Sistema de Iluminación		2,574	20	16A	2 mm²

Tabla 5. Cuadro de cargas de la primera línea de producción de galletitas.

El tablero de la primera línea de producción de galletitas presenta un total de 7 interruptores termomagnéticos de los cuales dos son de caja moldeada trifásicos de 3x250 A cada uno reguladas a 225 A. estos interruptores son los encargados de proteger a las resistencias eléctricas del horno. Dos interruptores son destinados a la línea de producción de las galletitas, el interruptor modular de 3x40 A y el 3x32 A, estos son el encargado de proteger la línea de producción desde el mezclado de la materia prima hasta la salida de las galletitas de la línea de producción listos para ser empacados.

Los interruptores termomagnéticos 3x32A y el 3x20 A, son destinados cada uno a una línea de empaquetadora independiente, para empaquetar el producto y estar listo para la distribución al consumidor final.

También se cuenta con un interruptor termomagnético de 16 amperios que es el encargado de seccionar y proteger el circuito de la iluminación de la nave industrial.

En total en esta línea se cuenta con una potencia de 115,8 KW.

2.5.2.2. Segunda línea de producción de Galletitas.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL							
GALLETITAS SEGUNDA LINEA							
Tablero	**Tag.**	**Descripción**	**Pot.CV**	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Protección Regulable**	**Conductor**
3x250A	RE 01	Resistencia 1	50	36,80	30	3x 225 A	3x70mm²
3x250A	RE 01	Resistencia 2	50	36,80	30	3x 225 A	3x70mm²
3x32A	M2	Mezclador	15	11,04	18	9 - 14 A	2,5 mm²)
	M3	Amasadera	7,5	5,52	15	9 - 14 A	3x2,5 mm²
	M6	Cuchillo nido	2	1,47	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3x32A	B3	Bomba hidraulica	1	0,74	18	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
	CT1	Cintra transportadora	1	0,74	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	RO01	Rosca	3	2,21	65	4 -6 A	3x1,5 mm²
	BO02	Compresor	4	2,94	73	6 -10 A	3x1,5 mm²
	MR1	Molde Rotativo	3	2,21	65	4 -6 A	3x1,5 mm²
	CT2	Cinta transportadora separadora de masa	1	0,74	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT3	Cinta transportadora mallada	4	2,94	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3x32A	CT4	Cinta transportadora de enfriamiento	2	1,47	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT5	Cinta transportadora de empaque	1	0,74	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SP	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,47	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SE	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT7	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,74	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	MR1	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,10	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²

Tabla 6. Cuadro de cargas de la segunda línea de producción de Galletitas.

Por su parte el tablero de la segunda línea de producción de galletitas presenta un total de 5 interruptores termomagnéticos de los cuales dos son de caja moldeada trifásicos de 3x250 A cada uno reguladas a 225 A, estos interruptores son los encargados de proteger a las resistencias eléctricas del horno. Las cargas son similares a la primera línea, pero solo con un sistema de empaquetado, por lo tanto, esta cuenta con 3 interruptores

idénticos de 3x32 Amperios repartidos en toda la producción de las galletitas. En esta línea se cuenta con una potencia total de 109,8 KW de potencia.

En toda la nave de producción de fideos y galletitas se tiene una potencia total instalada de 398,1 KW.

POTENCIA DE LA FABRICA.	
Fideos	172,5 KW
Galletita viejo	115,82 KW
Galletita Nuevo	109,8 KW
TOTAL DEL SISTEMA	398,2 KW

Tabla 7. Potencia total de la Nave industrial Fideos y Galletitas.

2.6. Medición y análisis del perfil de carga de la Nave Industrial.

En la sección anterior se presentaron las potencias correspondientes al sector de galletitas y fideos de la fábrica Agroindustrial Colonial S.A. Al analizar los datos recopilados, se observa que el cuadro de la tabla 7 revela un valor notablemente elevado de potencia instalada en la nave industrial. En la actualidad, el transformador disponible tiene una capacidad nominal de 400 kVA, lo que plantea una inquietud importante, dado que la potencia total instalada en la nave alcanza 398,2 kW. Esta situación implica que el transformador está operando prácticamente a su nivel crítico, lo que puede resultar en un desgaste acelerado y un mayor riesgo de fallos operativos.

Esta verificación sugiere que el sistema eléctrico de la planta está sometido a condiciones que podrían comprometer su eficiencia y fiabilidad a largo plazo. Para evaluar con precisión si la planta está funcionando en su potencia nominal total y determinar la carga real que enfrenta, es necesario realizar un estudio más profundo. Este análisis se llevará a cabo mediante la medición de la carga del sistema utilizando un analizador de redes eléctricas, lo que permitirá obtener información detallada sobre los parámetros eléctricos y así tomar decisiones informadas para optimizar el rendimiento del sistema.

2.6.1. Equipo Utilizado para la medición de la calidad de la energía eléctrica.

El Analizador de Redes PowerNet P-600 es una herramienta revolucionaria diseñada para brindar un control preciso y una gestión eficiente del consumo eléctrico en diversos entornos. Con una combinación de tecnología avanzada y facilidad de uso, el P-600 ofrece una solución integral para monitorear y analizar el rendimiento eléctrico en tiempo real. Este dispositivo compacto y potente permite medir una amplia gama de parámetros eléctricos, incluyendo voltaje, corriente, potencia activa y reactiva, factor de potencia, armónicos y mucho más. Junto con su software analizador, facilita el análisis gráfico de las mediciones y la generación de informes detallados. Con una interfaz intuitiva y funciones de visualización avanzadas, el P-600 proporciona una visión detallada del comportamiento eléctrico de tus sistemas, lo que te permite identificar áreas de mejora y tomar medidas correctivas de manera eficiente [11].

Figura 19.Analizador de redes PowerNet P-600.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas del analizador de redes empleado para llevar a cabo las mediciones en las instalaciones de la Nave industrial.

ESPECIFICACIONES GENERALES DEL ANALIZADOR DE REDES.	
Marca	PowerNet P-600.
Display	De cristal líquido de 4 líneas por 20 columnas
Temperatura de Operación	0 a 55°C
Precisión	0,5% Tensión 1,5% Corriente 2% Potencia
Tensión de Medición	50 a 500 Vca
Corriente de Medición	Adaptador para TI's 0,05 a 5A Sensores rígidos (Clamp) de 10A, 20A ó 200A; Sensores flexibles o rígidos de 1000 ó 2000A. Sensores flexibles de 3000A, con precisión de 1% de 300 a 3000A
Frecuencia eléctrica de alimentación y medición:	45 a 70 Hz;
Intervalo de registros	0,25 segundos a 60 minutos
Dimensiones de la caja	284x207120 mm
Peso	1,8 Kg

Tabla 8. Especificaciones generales del analizador de redes.

2.6.2. Nivel de Fluctuaciones admisibles.

Para las mediciones de la calidad de la energía actualmente se utiliza el reglamento de baja tensión de la ANDE [12], la cual establece los criterios y requisitos para garantizar un suministro de la energía eléctrica estable como así también la tolerancia de desequilibrio instalados dentro de la industria del modo a asegurar los estándares de calidad requeridos.

Para la validación del factor de potencia de la instalación se tiene en cuenta el pliego de tarifas de la ANDE [13], donde se establece los valores correspondientes del valor mínimo medido y de promedio mínimo mensual.

2.6.3. Medición de la calidad de la energía eléctrica.

El análisis eléctrico de la nave industrial de la fábrica, destinada a la producción de galletitas y fideos, comienza en el tablero principal, que proporciona energía exclusivamente a esta sección. La medición se llevó a cabo utilizando un analizador de redes, iniciando el 27 de noviembre de 2023 a las 17:42 hs y finalizando al día siguiente a las 16:12 hs. Durante este periodo, se registraron datos cada minuto, acumulando un total de 1352 mediciones de diversas magnitudes eléctricas, que incluyen Tensión de fase-neutro (V) y tensión fase-fase (V), Tensión media (V), Corriente entre fases (A), Factor de potencia, Factor de potencia media, Potencia activa por fase (KW), Potencia reactiva por fase (KVAr), Potencia aparente por fase (KVA), Potencia activa total (KW), Potencia reactiva total (KVAr), Potencia aparente total (KVA), Frecuencia (Hz).

2.6.3.1. Resultados de la medición realizada.

Estos extensos conjuntos de datos fueron sintetizados y se presentan detalladamente en el anexo I, donde se incluyen gráficos y tablas que presentan de manera visual y detallada la evolución de las magnitudes eléctricas a lo largo del tiempo durante el periodo de análisis realizado. Esto facilita la identificación de tendencias, patrones y anomalías en el comportamiento del sistema eléctrico de la fábrica.

Entre todas las magnitudes medidas la potencia total del sistema llama mucho la atención, esto se puede ver en la gráfica siguiente:

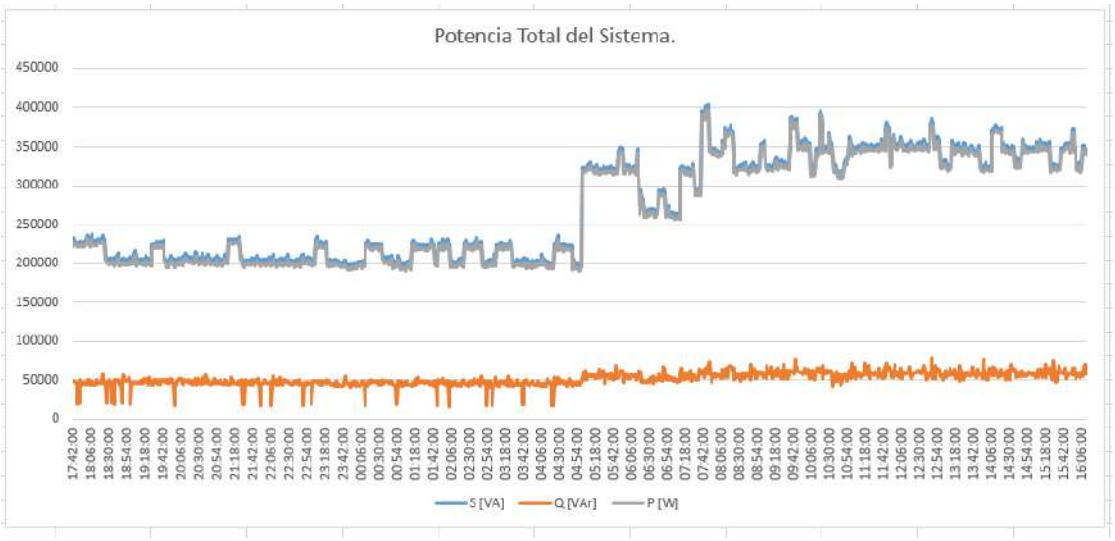

Figura 20. Potencia Total - Grafica.

Valores	S [VA]	Q [VAr]	P [W]
Mínimo	194251,8	16996,15	189567,2
Máximo	403243,8	78369,43	397369,9

Tabla 9. Medición de la Potencia Total.

En la gráfica se observan claramente distintos patrones y tendencias que reflejan la variación en el consumo eléctrico a lo largo del tiempo. La potencia aparente de la instalación supera la capacidad nominal del transformador, lo que se puede observar en el periodo comprendido entre las 7:40 y las 16:00 horas, donde el transformador opera por encima del 90% de su capacidad. Además, se identifican varios puntos en los que se sobrepasa su potencia nominal, lo que expone al equipo a un funcionamiento por encima de los límites recomendados.

Este nivel de consumo continuo provoca un incremento significativo en la temperatura del transformador. Como se muestra en la figura 12, el equipo está expuesto a la intemperie, sometido a las altas temperaturas características de la región. Esta combinación de consumo elevado y exposición a altas temperaturas afecta negativamente el sistema de aislamiento del transformador, acelerando su degradación, reduciendo su vida útil y aumentando el riesgo de fallas graves que podrían comprometer la operatividad de la planta.

Por lo tanto, es crucial realizar un análisis exhaustivo de las cargas eléctricas en los sectores de producción de galletitas y fideos para verificar si los componentes están adecuadamente dimensionados. Además, se debe recalcular la capacidad del transformador, dado que actualmente está subdimensionado para las necesidades de la planta. Este proceso requerirá cálculos detallados, los cuales se abordarán en la siguiente sección, para garantizar que el sistema eléctrico opere de manera segura y eficiente.

2.7. Criterios y características para el dimensionamiento de conductores y protecciones eléctricas de la Nave Industrial.

2.7.1. Criterios y características para el dimensionamiento de conductores.

Teniendo en cuenta la norma paraguaya la mínima sección admisible para los conductores son las siguientes:

Para circuitos de que alimentan motores: 2,5 mm².

Para circuitos de que alimentan artefactos de iluminación: 1,5 mm² [14]**.**

Los conductores utilizados para la alimentación de máquinas serán unipolares y se instalarán en bandejas perforadas (horizontales o verticales). Serán cables de cobre con aislamiento de XLPE o HEPR, siguiendo las especificaciones del catálogo de INPACO – Tabla N° 5, tipo "F".

Para facilitar la identificación rápida y precisa de los conductores, se empleará el siguiente código de colores:

Fases: Se utilizará cualquier color para los conductores de fase, identificados con números que indiquen a qué fase pertenecen.

Puesta a tierra: El conductor será de color verde-amarillo.

Neutro: El conductor será de color celeste.

2.7.2. Criterios de dimensionamiento de conductores

Los principales factores a considerar para el dimensionamiento de los conductores son:

Caída de tensión máxima admisible: Se debe cumplir con las normativas de la empresa proveedora de energía eléctrica, las cuales establecen los siguientes límites:

Para iluminación: 4% total, desglosado en 2% en el troncal y 2% en el ramal.

Para fuerza motriz: 5% total, con 4% en el troncal y 1% en el ramal.

Corriente máxima admisible: Los conductores deben soportar la corriente máxima de operación sin sobrecalentarse. Además, se considerarán los picos de corriente durante el arranque de motores, ya que estos pueden superar la corriente nominal durante unos segundos. Para evitar daños a los conductores y garantizar el correcto funcionamiento de las protecciones, se aplicarán factores de seguridad adecuados.

2.8. Cálculos correspondientes de los circuitos eléctricos.

A continuación, se presenta el protocolo a seguir para definir los cálculos de las corrientes eléctricas del tablero principal, así como de los tableros seccionales y cargas específicas de la nave industrial de Agroindustrial Colonial S.A. Este protocolo incluirá el dimensionamiento adecuado de los conductores, el cálculo de las corrientes de los circuitos y la selección de las protecciones correspondientes, asegurando que cada componente esté correctamente dimensionado para evitar sobrecargas y mejorar la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico. Este proceso también permitirá determinar si es necesario ajustar la capacidad del transformador, dado que los análisis previos sugieren que está subdimensionado para las cargas presentes en la planta.

2.8.1. Calculo de la sección del conductor.

Inicialmente, se calcula la sección del conductor con la siguiente formula:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%}$$

Donde:

$\mathbf{e}\%$: Caída de tensión.

$\mathbf{K}$: Constante si la carga es trifásica= 100 o monofásica = 200.

$\mathbf{P}$: Potencia.

$\mathbf{L}$: longitud.

$\boldsymbol{\rho}$: densidad del cobre $= \mathbf{58}\ \boldsymbol{m}/(\Omega * \boldsymbol{mm}^2)$

$\mathbf{S}$: sección del conductor en mm².

Con los resultados obtenidos se selecciona la sección del conductor redondeando al valor comercial seleccionando en el catálogo de INPACO.

2.8.2. Verificación de la sección por caída de tensión.

Con la obtención de la sección del conductor descripta en el ítem anterior, se procede a calcular la caída de tensión tomando en cuenta los siguientes puntos:

$$\mathbf{e}\% = \frac{\mathbf{K} \times \mathbf{P} \times \mathbf{L}}{\boldsymbol{\rho} \times \mathbf{U}^{\mathbf{2}} \times \mathbf{S}}$$

Donde:

$\mathbf{e}\%$: Caída de tensión.

$\mathbf{K}$: Constante si la carga es trifásica= 100 o monofásica = 200

$\mathbf{P}$: Potencia.

$\mathbf{L}$: longitud.

$\boldsymbol{\rho}$: densidad del cobre $= \mathbf{58}\ \boldsymbol{m}/(\Omega * \boldsymbol{mm}^2)$

$\mathbf{S}$: sección seleccionada en el ítem anterior.

Para poder validar la sección del conductor seleccionado en el ítem anterior se debe realizar la desigualdad donde se compara que la caída de tensión admisible por el conductor debe ser mayor a la caída de tensión del conductor.

$$e\%_d > e\%_c$$

2.8.3. Calculo de la corriente del circuito.

Posteriormente, se calcula la corriente del sistema a calcular:

Para cargas trifásicas:

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \emptyset}$$

Para cargas monofásicas:

$$I_c = \frac{P}{U \times \cos \emptyset}$$

Donde:

I_c**:** Corriente de la carga.

P: Potencia de la carga.

U: La tensión del sistema trifásico.

$\cos \emptyset$**:** factor de potencia.

2.8.4. Selección de la protección.

Una vez obtenido la sección del conductor y la corriente que circula por el él, se procederá a la elección de la protección adecuada para el sistema.

Se utiliza la siguiente desigualdad para la verificación:

$$I_C < I_P < I_{adm}$$

Donde:

I_C: Corriente de la carga.

I_p: Corriente de la protección.

I_{adm}: Corriente admisible por el conductor. [10]

En el Anexo IV se detallan todos los cálculos correspondientes al dimensionamiento de los alimentadores y las protecciones de los tableros para las distintas cargas de la nave industrial. Estos cálculos abarcan desde la conexión del transformador al tablero general, del tablero general al principal y del tablero principal al seccional, garantizando que cada componente eléctrico esté adecuadamente dimensionado. Además, se incluye el dimensionamiento del transformador, con base en las cargas totales de la instalación.

A continuación, se presentan los resultados resumidos de los cálculos realizados.

2.9. Dimensionamiento del transformador para la Nave Industrial.

En esta sección se presenta el dimensionamiento del transformador necesario para la nave industrial de Agroindustrial Colonial S.A. Tras analizar las cargas totales, se determinó que el transformador actual de 400 kVA es insuficiente para cubrir la demanda eléctrica de la planta, que alcanza 398,2 kW. Como resultado, se propone la instalación de un transformador de 500 kVA, capaz de manejar las cargas de manera eficiente y segura, evitando sobrecargas y extendiendo la vida útil del equipo.

2.10. Dimensionamiento del alimentador entre el transformador y el tablero general.

En esta sección se detalla el dimensionamiento del alimentador que conecta el transformador al tablero general de la nave industrial. Este cálculo es fundamental para garantizar que la capacidad del alimentador sea adecuada para soportar la corriente necesaria sin provocar pérdidas excesivas o sobrecalentamiento.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL					
TABLERO GENERAL					
Pot. KW	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
398,1	11	712,43	3(1X150)	1038	3x (800/1000) A

Tabla 10. Valores de tablero general de la Nave industrial.

Los cálculos realizados para las potencias correspondientes al tablero general indican que, si bien la sección del conductor es correcta, la protección asociada estaba subdimensionada. Por lo tanto, se propone el aumento de la capacidad del interruptor de caja moldeada regulable a 3x (800/1000) A. Este ajuste asegurará que el sistema eléctrico funcione de manera eficiente y segura, protegiendo adecuadamente tanto el alimentador como el resto de los componentes eléctricos.

2.11. Dimensionamiento de la protección y de la alimentación entre el tablero principal y el tablero seccional de máquinas.

2.11.1. Tablero Principal de Fidelería.

Este análisis es crucial para asegurar que tanto las protecciones como los conductores seleccionados sean capaces de soportar las corrientes del sistema, evitando riesgos de sobrecarga o sobrecalentamiento que puedan comprometer la integridad del sistema eléctrico. En lo que respecta al Tablero Principal del sector de Fidelería, los resultados confirman que tanto la sección del conductor como las protecciones instaladas han sido dimensionadas correctamente en relación con las potencias gestionadas por el tablero. Sin embargo, se detectó que el tablero existente es de dimensiones reducidas. Por lo tanto, se propone la utilización de un tablero adicional para garantizar el correcto funcionamiento de las protecciones y el sistema en general.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL					
FIDELERIA - TABLERO PRINCIPAL					
Pot. KW	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección Regulable**
172,5	35	308,70	240	577	3x (160/400 A)

Tabla 11. Valores resumidos de tablero principal del sector de Fidelería.

2.11.2. Tablero Principal de Galletitas primera línea.

En cuanto al Tablero Principal del sector de Galletitas, primera línea, se ha verificado que las protecciones instaladas están sobredimensionadas en relación con la carga actual, que corresponde al funcionamiento mínimo de las resistencias de la línea de producción. Sin embargo, estos valores de protección se mantendrán sin modificaciones, ya que las resistencias son regulables y, en este momento, operan en su nivel mínimo debido a las necesidades actuales de producción. Dado que la potencia puede ajustarse a niveles superiores conforme aumente la demanda de producción, se considera adecuado mantener las protecciones actuales para garantizar que el sistema esté preparado para soportar incrementos futuros en la carga sin necesidad de nuevos ajustes. Lo mismo ocurre con la resistencia 2.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
Resistencia 1	36,8	30	65,86	70	254	3x 225 A

Tabla 12. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea Resistencia 1.

Del mismo modo, en el caso de la Resistencia 2 del horno, se observa que las protecciones están sobredimensionadas en relación con la carga actual. Al igual que en la primera línea de producción, estas resistencias son regulables y están funcionando en su nivel mínimo de operación. Por lo tanto, se mantendrán los valores de protección existentes, lo que permite una mayor flexibilidad para incrementar la potencia en el futuro según las necesidades de producción.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
Resistencia 2	36,8	30	65,86	70	254	3x 225 A

Tabla 13. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea Resistencia 2.

Con lo que respecta a los valores del Grupo 1 del Tablero Principal de la primera línea de galletitas, se ha verificado que tanto la sección del conductor como las protecciones están correctamente dimensionadas. Los valores establecidos para este grupo son adecuados y cumplen con los requisitos de la carga.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
GRUPO 1	18,032	30	32,27	6	50	3x40 A

Tabla 14.Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea grupo 1.

En cuanto al Grupo 2 del Tablero Principal de la primera línea de galletitas, también está muy bien dimensionados tanto los conductores como las protecciones.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
GRUPO 2	12,512	30	22,39	4	38	3x32 A

Tabla 15. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea grupo 2.

En lo que respecta al Grupo 3 del Tablero Principal de la primera línea de galletitas, se ha determinado que la protección está sobredimensionada. Para optimizar el sistema, se propone reemplazar la protección existente por una nueva llave termomagnética de 3x16 A.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
GRUPO 3	5,63	30	10,08	4	38	3x16 A

Tabla 16. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea grupo 3.

El Grupo 4 del Tablero Principal de la primera línea de galletitas presenta una sobredimensión en la protección actual. Para corregir esta situación y asegurar un funcionamiento más eficiente, se propone sustituir la protección existente por una llave termomagnética de 3x10 A.

AGRO INDUSTRIA COLONIAL						
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
GRUPO 4	5,42	30	9,70	4	38	3x10 A

Tabla 17. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea grupo 4.

Con el nuevo sistema de iluminación propuesto, al presentarse una disminución interesante en la potencia instalada se propone realizar en cambio de la protección del nuevo sistema de iluminación, proponiendo un cambio por una llave termomagnética de 1x10 A, lo que garantiza un ajuste adecuado a la carga de las luminarias, optimizando su rendimiento y seguridad.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
LUMINARIA	2,8	20	5,01	2	24	1x10 A

Tabla 18. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas primera línea luminaria.

2.11.3. Tablero Principal de Galletitas segunda línea.

En el Tablero Principal de la segunda línea de galletitas, se ha observado que las protecciones instaladas son superiores a lo requerido para la carga actual de la resistencia 1 y 2 de la línea de producción. Aunque estas protecciones están sobredimensionadas, se opta por mantener los valores actuales debido a la capacidad de las resistencias para regularse, ya que en este momento están funcionando en su nivel mínimo conforme a la demanda de producción. Esta estrategia permite una adecuada flexibilidad para futuras variaciones en la carga, garantizando que el sistema eléctrico esté preparado para soportar un incremento en la potencia cuando sea necesario.

AGRO INDUSTRIA COLONIAL						
GALLETITAS SEGUNDA LINEA TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
Resistencia 1	36,8	30	65,86	70	254	3x 225 A

Tabla 19. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Resistencia 1.

AGRO INDUSTRIA COLONIAL						
GALLETITAS SEGUNDA LINEA TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
Resistencia 2	36,8	30	65,86	70	254	3x 225 A

Tabla 20. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Resistencia 2.

En lo que respecta al Grupo 1 de protecciones de la segunda línea de producción de galletitas, se ha identificado que las protecciones actuales están subdimensionados en comparación con las necesidades reales del sistema. Para optimizar la operación y alinearlas con las cargas específicas del grupo, se propone reemplazar las protecciones existentes por una nueva llave termomagnética de 3x40 A.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS SEGUNDA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
GRUPO 1	18,032	30	32,27	6	50	3x 40 A

Tabla 21. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea grupo 1.

Por otro lado, el Grupo 2 de protecciones ha sido verificado y se ha determinado que está correctamente dimensionado. Los valores establecidos son adecuados y cumplen con las cargas del sistema.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS SEGUNDA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
GRUPO 2	12,512	30	22,39	6	50	3x 32 A

Tabla 22. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea grupo 2.

En el Grupo 3 de protecciones de la segunda línea de producción de galletitas, se ha determinado que las protecciones instaladas son excesivas en relación con las cargas del sistema. Para abordar este desajuste, se propone la instalación de una llave termomagnética de 3x16 A.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
GALLETITAS SEGUNDA LINEA - TABLERO PRINCIPAL						
Descripción	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
GRUPO 3	5,63	30	10,08	4	38	3x 16 A

Tabla 23. Valores resumidos del tablero principal del sector de Galletitas segunda línea grupo 3.

2.12. TABLERO SECCIONAL SALA DE MAQUINAS.

Dimensionamiento de la protección y de la alimentación de las máquinas.

2.12.1. Máquina del sector fidelería.

En el Tablero Seccional de la Sala de Máquinas, se ha identificado que 24 circuitos no cumplen con la regulación de protección necesaria para las cargas. Para corregir esta situación, se proponen las modificaciones necesarias para adecuar estos circuitos a los valores de protección correspondientes.

Adicionalmente, se proponen actualizar los circuitos de motores, aumentando su sección a 2,5 mm², en conformidad con lo indicado por la norma paraguaya [14].

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL							
FIDELERIA NIDO - TABLERO SECCIONAL							
Tag.	**Descripción**	**Pot. CV**	**Pot. KW**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
PRENSA(Movimiento)							
M1	Bomba de Vacio	15,00	11,04	19,76	2,50	28,00	20-25 A
M2	Dosador de harina (variador)	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	3x10 A
M3	Rosca de compresion (variador)	70,00	51,52	92,20	25,00	128,00	3x125 A
M4	Centrifuga	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	2,5 - 4 A
M5	Amasadera	5,00	3,68	6,59	2,50	28,00	9 - 14 A
M5,1	Amasadera	5,00	3,68	6,59	2,50	28,00	9 - 14 A
M6	Cuchillo nido	2,00	1,47	2,63	2,50	28,00	2,5 - 4 A
M6,1	Cuchillo nido	2,00	1,47	2,63	2,50	28,00	2,5 - 4 A
M7	Bomba hidraulica	1,00	0,74	1,32	2,50	28,00	1 - 1,6 A
M8	Talha	0,50	0,37	0,66	2,50	28,00	0,63 - 1 A
M19	Vent. Delta/ cabezote	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	2,2 - 3,2 A
M21	Bomba Centrifuga(Agua empasto)	0,75	0,55	0,99	2,50	28,00	1 - 1,6 A
TUNEL (Movimiento)							
M9	Eje cardan (variador)	5,00	3,68	6,59	2,50	28,00	3x10 A
M10	Movimiento del 1er piso (variador)	0,75	0,55	0,99	2,50	28,00	3x10 A
M11	Movimiento del 2do piso(variador)	0,75	0,55	0,99	2,50	28,00	3x10 A
M12	Movimiento del 3er piso	0,75	0,55	0,99	2,50	28,00	1 -1,6 A

M13	Esteira de Descarga	0,50	0,37	0,66	2,50	28,00	0,63 - 1 A
M14	Esteira de Carga	1,00	0,74	1,32	2,50	28,00	1 -1,6 A
M15	Bomba de agua Empasto	1,00	0,74	1,32	2,50	28,00	1 -1,6 A
M17	Bomba de agua Empasto	0,13	0,10	0,17	2,50	28,00	0,16 - 0,25 A
VENTILACION							
V1	1º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V2	2º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V3	3º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V4	4º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V5	1º Central Tunel cotenedores	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V6	2º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V7	3º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V8	4º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V9	5º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V10	6º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V11	7º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V12	8º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V13	9º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	7,90	2,50	28,00	6 - 10 A
V14	10º Ventil. Extraccion Nido	(2x) 4	5,89	10,54	2,50	28,00	9 - 14 A
EX1	Extractor 1	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	1,6 - 2,5 A
EX2	Extractor 2	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	1,6 - 2,5 A
EX3	Extractor 3	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	1,6 - 2,5 A

EX4	Extractor 4	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	1,6 - 2,5 A
EX5	Extractor 5	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	1,6 - 2,5 A
MAQUINAS AMPLIADAS EN CCM							
Tag.	**Descripción**	**Pot. CV**	**Pot. KW**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
MZ01	Mezclador	5,00	3,68	6,59	2,50	28,00	6 - 10 A
BO01	Bomba Vacio	1,50	1,10	1,98	2,50	28,00	1,6 - 2,5 A
RO01	Rosca	3,00	2,21	3,95	2,50	28,00	4 - 6 A
RO02	Rosca	3,00	2,21	3,95	2,50	28,00	4 - 6 A
RO03	Rosca	3,00	2,21	3,95	2,50	28,00	4 - 6 A
BO02	Compresor	4,00	2,94	5,27	2,50	28,00	6 - 10 A
VR01	Valvula Rotativa	3,00	2,21	3,95	2,50	28,00	4 - 6 A
ZR01	Zaranda	0,50	0,37	0,66	2,50	28,00	0,63 - 1 A
CA01	Motor Caldera	2,00	1,47	2,63	2,50	28,00	2,5 - 4 A

Tabla 24. Valores resumidos de las maquinas del sector de Fidelería.

2.12.2. MÁQUINA DEL SECTOR GALLETITAS PRIMERA LINEA.

En el Tablero Seccional de la Sala de Máquinas de la primera línea de galletitas, se detectó que 10 protecciones estaban mal dimensionadas. Para solucionar esta deficiencia, se proponen los ajustes correspondientes, asegurando que las protecciones se alineen adecuadamente con los requisitos de cada circuito.

El dimensionamiento de los conductores y las protecciones de las resistencias 1 y 2 se mantienen originalmente, además, se propone aumentar la sección de los circuitos de motores a 2,5 mm², cumpliendo con lo establecido por la norma paraguaya [14].

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL								
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO SECCIONAL								
Tablero	**Tag.**	**Descripción**	**Pot. CV**	**Pot. KW**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
3x250A	RE 01	Resistencia 1	50	36,80	65,86	70	254	3x 225 A
3x250A	RE 01	Resistencia 2	50	36,80	65,86	70	254	3x 225 A
3x40A	M2	Mezclador	15	11,04	19,76	2,5	28	20 - 25 A
	M3	Amasadera	7,5	5,52	9,88	2,5	28	9 - 14 A
	M6	Cuchillo nido	2	1,47	2,63	2,5	28	2,5 - 4 A
3X32A	B3	Bomba hidraulica	1	0,74	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	CT1	Cintra transportadora	1	0,74	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	RO01	Rosca	3	2,21	3,95	2,5	28	4 - 6 A
	BO02	Compresor	4	2,94	5,27	4	38	3x10 A
	MR1	Molde Rotativo	3	2,21	3,95	2,5	28	4 - 6 A
	CT2	Cinta transportadora separadora de masa	1	0,74	1,32	2,5	28	1 - 1.6 A
	CT3	Cinta transportadora mallada	4	2,94	5,27	2,5	28	6 - 10 A
3x16 A	CT4	Cinta transportadora de enfriamiento	2	1,47	2,63	2,5	28	2,5 - 4 A
	CT5	Cinta transportadora de empaque	1	0,74	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	SP1	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,47	2,63	2,5	28	2,5 - 4 A
	SE1	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10	0,18	2,5	28	0,16 - 0,25 A
	CT7	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,74	1,32	2,5	28	1 - 1.6 A
	MR1	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,10	1,98	2,5	28	2,5 - 4 A
3x10 A	SP2	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,47	2,63	2,5	28	2,5 - 4 A
	SE2	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10	0,18	2,5	28	0,16 - 0,25 A
	CT8	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,74	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	MR2	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,10	1,98	2,5	28	2,5 - 4 A
1x10 A	SI	Sistema de Iluminación		2,80	5,01	2	20	10A

Tabla 25. Valores resumidos de las maquinas del sector de Galletitas primer línea.

2.12.3. MÁQUINA DEL SECTOR GALLETITAS SEGUNDA LINEA.

En el Tablero Seccional de la Sala de Máquinas de la segunda línea de galletitas, se identificaron 9 protecciones mal dimensionadas. Para corregir esta situación, se proponen los cambios de las protecciones, asegurando que cumplan con los requerimientos específicos de los circuitos.

El dimensionamiento de los conductores y las protecciones de las resistencias 1 y 2 se mantienen originalmente. Adicionalmente, se propone a incrementar la sección de los conductores de los circuitos de motores a 2,5 mm², en cumplimiento con la norma paraguaya [14].

AGRO INDUSTRIA COLONIAL								
GALLETITAS SEGUNDA LINEA								
Tablero	**Tag.**	**Descripción**	**Pot. CV**	**Pot. KW**	**Corriente de carga (A)**	**Sección del conductor (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Protección (A)**
3x250A	RE 01	Resistencia 1	50	36,8	65,86	70	254	3x 225 A
3x250A	RE 01	Resistencia 2	50	36,8	65,86	70	254	3x 225 A
3x40A	M2	Mezclador	15	11,04	19,76	2,5	28	20 - 25 A
	M3	Amasadera	7,5	5,52	9,88	2,5	28	9 - 14 A
	M6	Cuchillo nido	2	1,472	2,63	2,5	28	2.5 - 4 A
3x32A	B3	Bomba hidraulica	1	0,736	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	CT1	Cintra transportadora	1	0,736	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	RO01	Rosca	3	2,208	3,95	2,5	28	4 -6 A
	BO02	Compresor	4	2,944	5,27	4	38	6 -10 A
	MR1	Molde Rotativo	3	2,208	3,95	2,5	28	4 - 6 A
	CT2	Cinta transportadora separadora de masa	1	0,736	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	CT3	Cinta transportadora mallada	4	2,944	5,27	2,5	28	6 -10 A
3x16A	CT4	Cinta transportadora de enfriamiento	2	1,472	2,63	2,5	28	2.5 - 4 A
	CT5	Cinta transportadora de empaque	1	0,736	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	SP	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,472	2,63	2,5	28	2.5 - 4 A
	SE	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10304	0,18	2,5	28	0,16 - 0,25
	CT7	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,736	1,32	2,5	28	1 - 1,6 A
	MR1	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,104	1,98	2,5	28	1,6 - 4 A

Tabla 26. Valores resumidos de las maquinas del sector de Galletitas segunda línea.

2.13. Sistema de Iluminación de la Nave Industrial.

2.13.1. Distribución actual de las Luminarias.

La empresa posee una nave industrial con dimensiones de 85 metros de largo, 20 metros de ancho y con una altura de 4 metros. Las luminarias existentes tienen una separación estimada entre sí de 5 metros. A continuación, se detalla la disposición actual de las luminarias utilizadas en la fábrica de fideos y galletitas.

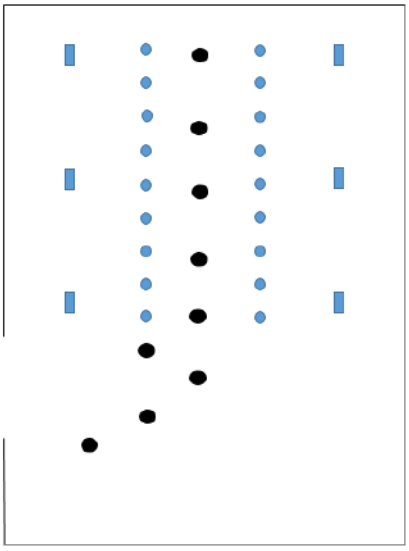

Figura 21. Disposición actual de las luminarias en la Nave Industrial.

En la imagen adjunta, se aprecia que la disposición de las luminarias no es uniforme, y se emplean varios tipos de dispositivos de iluminación. A continuación, en la tabla siguiente, se detallarán las características de las luminarias actualmente implementadas en la fábrica. Se llevará a cabo un estudio minucioso para determinar si estas lámparas cumplen con el nivel de iluminación media necesario para esta área específica.

Lámparas actualmente instaladas.						
Representación geométrica	Tipo de lámpara	Cantidad instalada	Potencia	Flujo Luminoso	Temperatura de color	Horas de vida
Circulo negro	Colgante Industrial	9 u	150 W	19500 lm	6500 K	35000 hs
Circulo azul	Lámparas led	18 u	50 W	4500 lm	6500 K	15000 hs
Rectángulo Azul	Tubo led	18 u	32 W	1800 lm	6500 K	20000 hs

Tabla 27. Descripción de las luminarias utilizadas en la Nave Industrial.

Las luminarias actualmente instaladas se detallan de la siguiente manera:

- Luminarias colgantes industriales de 150 vatios, representadas por círculos negros. En total, se instalan 9 unidades.
- Lámparas LED de 50 vatios, representadas por círculos azules. La fábrica cuenta con un total de 18 unidades.
- Tubos LED de 2x18 vatios cada uno, representados por rectángulos azules. En total, se utilizan 9 unidades de este tipo.

El número total de luminarias instaladas es de 45, con una potencia total de 2826 vatios en iluminación LED.

La iluminación adecuada desempeña un papel crucial en la seguridad y la productividad en entornos laborales. Mejora la visibilidad de los objetos y proporciona un ambiente más cómodo para los empleados, lo que se traduce en una mayor eficiencia y rendimiento en las tareas realizadas. Por ello, es fundamental garantizar niveles óptimos de iluminación en todas las áreas de trabajo, para lograr eso se deben de realizar las mediciones correspondientes.

2.14. Medición y Análisis del nivel de Iluminación de la Nave Industrial.

2.14.1. Niveles de Iluminación recomendados para una fábrica de alimentos.

La creación de ambientes bien iluminados implica considerar varios factores que afectan el efecto de la luz. Actualmente, se utiliza la norma europea UNE 12464-1:2021 "Iluminación para los lugares de trabajo interior [15]", la cual establece los criterios y requisitos para garantizar una iluminación adecuada en entornos laborales que cumplan con los estándares de calidad y eficiencia requeridos a nivel internacional.

Teniendo en cuenta esta norma se utilizan los siguientes valores:

Para actividades industriales y artesanales – Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas, se requiere de un nivel de iluminación media de 200 lx y una uniformidad del 0,40.

Para zonas de transito dentro del edificio se requiere de un nivel de iluminación media de 100 lx y la uniformidad es de 0,40.

2.14.2. Método de medición.

Para verificar la calidad del nivel de iluminación, se llevarán a cabo mediciones específicas, las cuales se detallan a continuación.

La medición de iluminación implica evaluar la iluminancia en un entorno de iluminación, típicamente utilizando luxómetros. El propósito principal es garantizar que la iluminación sea adecuada para la tarea que se desea realizar en el área específica, previniendo así enfermedades ocupacionales y accidentes laborales causados por una iluminación inadecuada o insuficiente.

La medición de iluminación, en conformidad con la resolución SRT 84/12 [16], emerge como una herramienta esencial en la prevención de enfermedades laborales y accidentes vinculados a deficiencias lumínicas en entornos laborales.

2.14.3. Medición del Nivel de Iluminación: Equipos Utilizados.

El instrumento utilizado para realizar las mediciones es el luxómetro MLM-1011 de Minipa, este es un instrumento de medición diseñado específicamente para evaluar niveles de iluminación en diversos entornos. Con una amplia gama de aplicaciones, este dispositivo ofrece mediciones precisas y confiables de la intensidad lumínica en lux, permitiendo una evaluación detallada de la iluminación en lugares de trabajo, espacios comerciales, áreas residenciales y otros entornos [17].

Especificaciones Generales	
Rango de medición	2000Lux, 20000Lux (lectura x10), 50000Lux (lectura x100)
Precisión	± (4% + 0,5% fs); ± (5% + 10D) por encima de 10000Lux
Resolución	1Lux, 10Lux, 100Lux
Pantalla	LCD 3 1/2 Dígitos (2000 Cuentas).
Tasa de medida	aprox. 2 veces / s.
Sensor	Fotodiodo de silicio.
Duración de la batería	200 horas (alcalina).
Dimensiones	Instrumento - 118 (A) x 70 (L) x 29 (P) mm; sensor - 110 (A) x 60 (L) x 28 (P) mm;

Tabla 28. Especificaciones Generales del Luxómetro MINIPA MLM1011.

En la tabla de arriba se describe las características técnicas del luxómetro que se utilizó para realizar las mediciones en las instalaciones de la fábrica.

Figura 22. Luxómetro MINIPA MLM1011.

2.14.4. Resultados de la medición realizada.

La nave industrial de la fábrica Agro Industrial Colonial S.A se divide en dos áreas distintas. La primera comprende el centro de producción, que alberga una línea de producción de fideos y dos líneas de producción de galletitas. El área número 2, denominada depósito, constituye el espacio destinado al almacenamiento de productos terminados y empaquetados.

El propósito de esta sección es evaluar si se cumplen con los niveles mínimos de iluminación requeridos en ambas áreas. Se llevaron a cabo cálculos conforme a lo establecido en la resolución SRT 84/12, cuyos detalles se presentan en el anexo II, proporcionando los siguientes resultados donde se analizan el nivel de iluminación promedio y la uniformidad en ambas áreas:

NIVEL DE ILUMINACIÓN MEDIDA				
AREA	VALOR RECOMENDADO		VALOR MEDIDO	
	Em (lux)	UNIFORMIDAD	Em (lux)	UNIFORMIDAD
INDUSTRIA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS	200	0,4	154	0,34
ZONA DE TRANSITO DENTRO DEL EDIFICIO - DEPOSITO	100	0,4	51,8	0,09

Tabla 29.Nivel de Iluminación medida en la Nave Industrial.

Tras el análisis, se evidencia que tanto el área 1 como el área 2 cuenta con una deficiencia notable en su iluminación general, quedando por debajo del nivel óptimo necesario para un entorno seguro y productivo. Este descubrimiento subraya la urgencia de implementar medidas correctivas apropiadas con el fin de mejorar la iluminación en estos espacios, asegurando así condiciones laborales óptimas para los trabajadores.

2.15. Nuevo esquema de Iluminación.

Como se observó en la sección anterior, los niveles de iluminación en la nave industrial no cumplen con los estándares óptimos establecidos por la normativa UNE 12464-1. Ante esta deficiencia, se ha decidido implementar un nuevo esquema de iluminación, diseñado mediante el software DIALux Evo. En el Anexo II se detalla el proceso completo de selección de las luminarias, junto con los puntos clave a considerar para realizar los cálculos correspondientes, garantizando así un sistema de iluminación eficiente y conforme a la normativa.

A continuación, se presentan los resultados para las dos áreas analizadas:

2.15.1. Área 1: línea de producción de galletitas y fideos.

Se llevaron a cabo las simulaciones conforme a la norma UNE 12464-1, logrando cumplir con los niveles de iluminación requeridos mediante la instalación de 18 luminarias de 100 W de la marca Zagonel. Los resultados obtenidos validan el cumplimiento de los estándares establecidos, como se muestra en la siguiente verificación.

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	287 lx	≥ 200 lx	✓	WP2
	U_o (g_1)	0.60	≥ 0.40	✓	WP2

Tabla 30. Nivel de iluminancia y uniformidad Área 1.

2.15.2. Área 2: Espacio de almacenamiento y depósito.

Las simulaciones fueron realizadas siguiendo estrictamente los parámetros de la norma UNE 12464-1 para áreas de tránsito dentro del edificio, muestran que la iluminación requerida se alcanza de manera satisfactoria con la instalación de solo 10 luminarias de 100 W de la marca Zagonel

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{perpendicular}$	149 lx	≥ 100 lx	✓	WP3
	U_o (g_1)	0.42	≥ 0.40	✓	WP3

Tabla 31. Nivel de iluminancia y uniformidad Área 2.

Este resultado no solo asegura el cumplimiento eficiente de los estándares de iluminación establecidos por la normativa, sino que también contribuye a crear un ambiente de trabajo óptimo, en el que la visibilidad adecuada es clave para el rendimiento y la seguridad de los empleados. Una iluminación adecuada minimiza el riesgo de accidentes laborales y mejora el confort visual, lo que se traduce en mayor productividad y bienestar general del personal

2.16. Análisis Económico.

2.16.1. Presupuesto de las mejoras a la Nave Industrial del sector de producción de galletitas y fideos.

Para la elaboración del presupuesto, se realizó una evaluación de los elementos que debían ser reemplazados para garantizar el correcto funcionamiento de los componentes de la línea de producción, tanto en la sección de galletitas como en la de fidelería. Asimismo, se incluyeron los conductores y el sistema de iluminación de la nave industrial, detallando los costos unitarios de cada componente y así también el costo aproximado del trabajo a realizar en un tiempo próximo de 120 horas de mano de obra hombre que sería un aproximado de 15 días de trabajo. Este análisis detallado permitió obtener una estimación precisa del costo total de los materiales y mano de obra, necesarios para implementar un sistema eléctrico seguro y confiable. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de dicha evaluación:

PRESUPUESTO DE MATERIALES				
ITEM	MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	CONDUCTORES DE 2,5 mm2	5730	4.500	25.785.000
2	CONDUCTORES DE 25 mm2	45	42.000	1.890.000
3	GUARDAMOTOR ELECTRICO DE 0,16 - 0,25 A	3	380.000	1.140.000
4	GUARDAMOTOR ELECTRICO DE 0,63 - 1 A	1	420.000	420.000
5	GUARDAMOTOR ELECTRICO DE 1 - 1,6 A	13	620.000	8.060.000
6	GUARDAMOTOR ELECTRICO DE 2,5 - 4 A	1	460.000	460.000
7	GUARDAMOTOR ELECTRICO DE 6 - 10 A	17	510.000	8.670.000
8	GUARDAMOTOR ELECTRICO DE 9 - 14 A	1	540.000	540.000
9	GUARDAMOTOR ELECTRICO DE 20 - 25 A	3	645.000	1.935.000
10	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 10 A	1	45.000	45.000
11	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 16 A	1	50.000	50.000
12	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 3X16 A	3	175.000	525.000
13	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 3X32 A	2	185.000	370.000
14	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 3X125 A	1	1.200.000	1.200.000
15	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 3X(800/1000)A	1	12.380.000	12.380.000
16	LUMINARIA ZAGONEL LINEA OLYMUS	28	2.125.000	59.500.000
	TRANSFORMADOR DE MEDICION TC 1000/5 A	3	405.000	1.215.000
17	TRANSFORMADOR DE 500 KVA	1	96.000.000	96.000.000
TOTAL				220.185.000

Tabla 32. Presupuesto de materiales de la Instalación.

A continuación, se presenta el presupuesto correspondiente a la mano de obra necesaria para llevar a cabo los trabajos eléctricos contemplados en el proyecto, que se ajusta a las exigencias técnicas y la envergadura de la obra a realizar. Dado el alcance y complejidad del trabajo, la ejecución contará con un equipo especializado conformado por un ingeniero eléctrico senior, dos técnicos electricistas y cuatro ayudantes electricistas.

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA				
CANTIDAD	PERSONAL	CANTIDAD (HS)	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	INGENIERO SENIOR	40	120.000	4.800.000
2	TECNICO ELECTRICISTA	120	80.000	9.600.000
4	AYUDANTE ELECTRICISTA	120	100.000	12.000.000
TOTAL				26.400.000

Tabla 33. presupuesto de mano de obra.

El ingeniero eléctrico senior, con amplia experiencia en proyectos similares, dedicará 40 horas a la supervisión y dirección técnica de los trabajos. Los técnicos electricistas, encargados de las labores especializadas y de mayor precisión, trabajarán un total de 120 horas cada uno. Por su parte, los ayudantes electricistas colaborarán en tareas de soporte y asistencia técnica, sumando 120 horas de trabajo cada uno. Este equipo garantiza el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad

El costo total de las mejoras se presenta en la siguiente tabla:

PRESUPUESTO GENERAL DE LA INSTALACION	
ITEM	COSTO
PRESUPUESTO DE MATERIALES	220.185.000
PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA	26.400.000
TOTAL	246.585.000

Tabla 34. Presupuesto general.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

En este proyecto de fin de grado, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la instalación eléctrica de la nave industrial dedicada a la producción de galletitas y fideos de la fábrica Agroindustrial Colonial S.A. A partir de la revisión de las cargas en el sector productivo de la nave, se realizaron mediciones mediante el Analizador de Redes PowerNet P-600, que permitió la recopilación de datos precisos sobre diversos parámetros eléctricos, tales como potencia activa, reactiva y aparente, entre otros. Los resultados reflejaron fluctuaciones significativas en la potencia del sector, especialmente durante las horas pico de operación de la fábrica. Uno de los hallazgos más importantes del análisis eléctrico es que la planta cuenta con una potencia instalada total de 398,1 kW, la cual excede la capacidad del transformador actual de 400 kVA. Las mediciones indican que el transformador opera por encima del 90% de su capacidad nominal en varias ocasiones, con picos que superan el límite de carga nominal. Esta condición expone al sistema a un riesgo considerable de sobrecalentamiento y fallos.

Además, el estudio reveló que varios tableros y circuitos se encuentran sobredimensionados o subdimensionados, con protecciones termomagnéticas que no corresponden adecuadamente a las cargas que deben proteger. Esto genera un riesgo de fallos en la protección de los equipos, comprometiendo la seguridad y la eficiencia del sistema eléctrico.

Por otro lado, las mediciones realizadas en diversos puntos de la planta indicaron un bajo nivel de iluminancia, particularmente en las zonas de almacenamiento y algunas áreas de producción, lo que compromete la seguridad operativa y afecta la productividad, dado que la visibilidad es crítica para evitar accidentes y asegurar el correcto funcionamiento de los procesos productivos.

Finalmente, se elaboró un presupuesto detallado que incluye mano de obra y todos los costos asociados a los elementos que deben ser reemplazados o actualizados, como el transformador, tableros, protecciones y luminarias, garantizando que las mejoras propuestas cumplan con los estándares técnicos y operativos necesarios para optimizar la eficiencia y seguridad de la planta.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusión.

La presente investigación proporciona un análisis exhaustivo de la instalación eléctrica de la nave industrial productora de galletitas y fideos de la fábrica Agroindustrial Colonial S.A., enfatizando la necesidad urgente de implementar mejoras significativas en el sistema actual.

Se ha determinado que la planta presenta una potencia instalada total que excede la capacidad nominal del transformador actual, lo que resulta en sobrecargas frecuentes, especialmente durante las horas pico de operación. Esta condición resalta la necesidad de reemplazar el transformador por uno de 500 kVA, garantizando así un suministro eléctrico seguro y confiable.

El análisis también reveló que varios elementos de protección y circuitos están sobredimensionados o subdimensionados, comprometiendo la efectividad de las protecciones termomagnéticas. Se realizaron cambios significativos, incluyendo la instalación de 39 guardamotores, 9 llaves termomagnéticas y 3 transformadores de medición (TC), para mejorar la seguridad y eficiencia del sistema.

En relación con la iluminación, las mediciones indicaron la existencia de áreas con iluminación deficiente, particularmente en las zonas de almacenamiento y producción. Por lo tanto, se propuso la sustitución total del sistema de iluminación actual por un sistema que incluya 28 luminarias de alto flujo luminoso. Esta actualización no solo mejorará la visibilidad, sino que también contribuirá a un ambiente de trabajo más seguro y productivo.

El costo estimativo de las mejoras necesarias para la instalación eléctrica se ha elaborado y presentado en un presupuesto que asegura el cumplimiento con las normativas vigentes, maximizando la eficiencia operativa y la seguridad. La implementación de las recomendaciones propuestas no solo mejorará las condiciones actuales, sino que también fomentará la sostenibilidad a largo plazo de la planta.

4.2. Recomendaciones.

Para continuar con la mejora de la instalación eléctrica de la nave industrial, se sugieren las siguientes acciones:

- **Revisión del Sistema de Puesta a Tierra:** Es fundamental llevar a cabo una revisión exhaustiva del sistema de puesta a tierra de la instalación. Se debe verificar que los valores se mantengan dentro de lo tabulado y que no hayan experimentado cambios desde la última medición realizada.

- **Análisis de Viabilidad Técnico-Económica**: Realizar un análisis detallado sobre la viabilidad técnica y económica de la utilización de conductores de aluminio en lugar de cobre en los tramos principales de los alimentadores. Esta evaluación ayudará a determinar si este cambio podría resultar en beneficios significativos en términos de costos y eficiencia.

5. BIBLIOGRAFÍA.

[1] D. R. Contreras Massi, Adecuación General de las instalaciones eléctricas de la empresa Pagles Internacional S.A, Ubicada en el Distrito de Santa Rosa del Mbutuy, Dpto. Caaguazú., Coronel Oviedo., 2022.

[2] C. A. Ferreira Villamayor, Rediseño del esquema de protección en las Instalaciones de baja tensión de la Industria MERCO S.A, ubicada en el Departamento de Caaguazú., Coronel Oviedo., 2018.

[3] E. Becker, Interviewee, *Jefe de Producción.* [Interview]. 26 Mayo 2023.

[4] L. D. Nuñez Celi and D. O. Tulcanazo Espinel, GUÍA DE REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN Y MOTORES DE SERVICIOS GENERALES DEL CENTRO COMERCIAL “EL RECREO”., Quito, 2019.

[5] J. Sancho, R. Miró and S. Gallardo, Gestión de la Energia., Valencia, 2009.

[6] S. M. Guamán Montalván and J. R. Huilca Cabay, Auditoria eléctrica en el Hospital de Especialidades de la Fuerza Armada N°1., Quito, 2017.

[7] E. Galván Góngora, Implementación de un analizador de redes en la Subestación Eléctrica de la Empresa Mecanica del Niquel e Moa., Moa, 2017.

[8] IMS Power Quality., Power NET P-600 Analizdor Portatil de Grandezas Eléctricas., Sarandi, 2020.

[9] C. D. GARCÍA LEGUÍZAMO, M. E. GRANADA LEGUÍZAMO and M. A. LOAIZA PÉREZ, GESTIÓN DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LOS FAROS FRONTALES DEL AUTOMOVIL., PEREIRA., 2014.

[10] M. F. LEIVA AGUILERA, Elaboración del Proyecto Ejecutivo de la Instalación Eléctrica del bloque de aulas del futuro edificio de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, ubicado en la ciudad de Coronel Oviedo., Coronel Oviedo., 2023.

[11] IMS POWER QUALITY, PowerNET p-600 G4. Manual de Instrucciones de Operación, 2020.

[12] ANDE, Reglamento de Baja tensión de la ANDE, Asunción.

[13] Administración Nacional de Electricidad ANDE., Pliego de tarifas N°21., Asunción, 2017.

[14] N. y. M. Instituto Nacional de Tecnología, INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN.Norma Paraguaya NP 2 028 13, Asunción, 2013.

[15] Norma Española UNE, Norma Europea sobre Iluminacin para Interiores, Madrid, 2022.

[16] "Infoleg. Información legislativa.," 25 1 2012. [Online]. Available: https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/190000-194999/193616/norma.htm. [Accessed 29 4 2024].

[17] Minipa, Luxometro digital. Manual de Instrucciones..

[18] M. F. Leiva Aguilera, Elaboración del Proyecto Ejecutivo de la Instalación Eléctrica del bloque de aulas del, Coronel Oviedo, 2023.

6. ANEXO.

6.1. ANEXO I

6.1.1. Presentación de los resultados de las mediciones realizadas.

A continuación, se detalla el procedimiento seguido para realizar las mediciones en el tablero principal de la sección de fideos y galletitas de la nave industrial.

En primer lugar, se seleccionó el tablero principal de la sección mencionada como el punto de referencia para las mediciones, dado que este tablero es crucial para la distribución y control de la energía eléctrica en toda la instalación. Se procedió a verificar las conexiones y asegurarse de que el equipo de medición estuviera configurado correctamente para garantizar la precisión de los resultados.

Tras completar las mediciones, se analizaron los resultados obtenidos para obtener una comprensión clara del estado del sistema eléctrico en la sección de fideos y galletitas. Estos datos proporcionarán información valiosa que podría ser utilizada para identificar posibles problemas o áreas de mejora en el sistema, lo que a su vez contribuiría a garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de las instalaciones eléctricas en la nave industrial.

Los resultados de las mediciones y su posterior análisis se presentan a continuación:

Medición de tensión entre Fase – Neutro: Van; Vbn; Vcn.

A continuación, se presenta el resultado obtenido tras realizar las mediciones del nivel de tensión entre la fase y neutro en el tablero principal de la sección de fideos y galletitas de la nave.

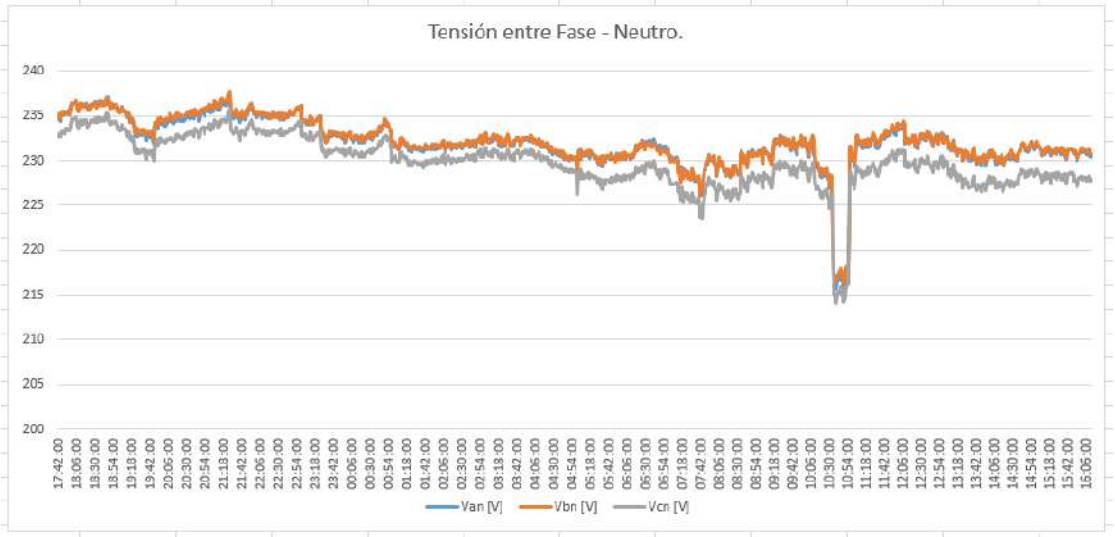

Figura 23. Grafica de tensión entre la Fase y Neutro.

En la tabla siguiente se filtraron los valores máximos y mínimos obtenidos durante la medición.

Valores	Registro en horas	Van [V]	Vbn [V]	Vcn [V]
Mínimo	10:39:00	215,62	216,53	214,08
Máximo	21:26:00	237,44	237,75	235,78

Tabla 35. Medición de tensión entre la Fase y Neutro.

Tras analizar los datos registrados, se evidencia que la fábrica experimenta una ligera sobretensión constante, que oscila entre el 2% y el 7% de la tensión nominal. Se observa que la tensión se mantiene por encima de los 235 V desde las 17:42 hs hasta las 23:18 hs, alcanzando su punto máximo de aproximadamente 237 V alrededor de las 21:26 hs. Además, durante el período de medición, se registra una breve caída de tensión que dura aproximadamente 24 minutos, desde las 10:30 hs hasta las 10:54 hs.

Medición de tensión entre Fase – Fase: Vab; Vbc; Vca.

Se muestra el resultado de las mediciones del nivel de tensión entre fases en el tablero principal de la sección de fideos y galletitas de la nave y se presenta a continuación.

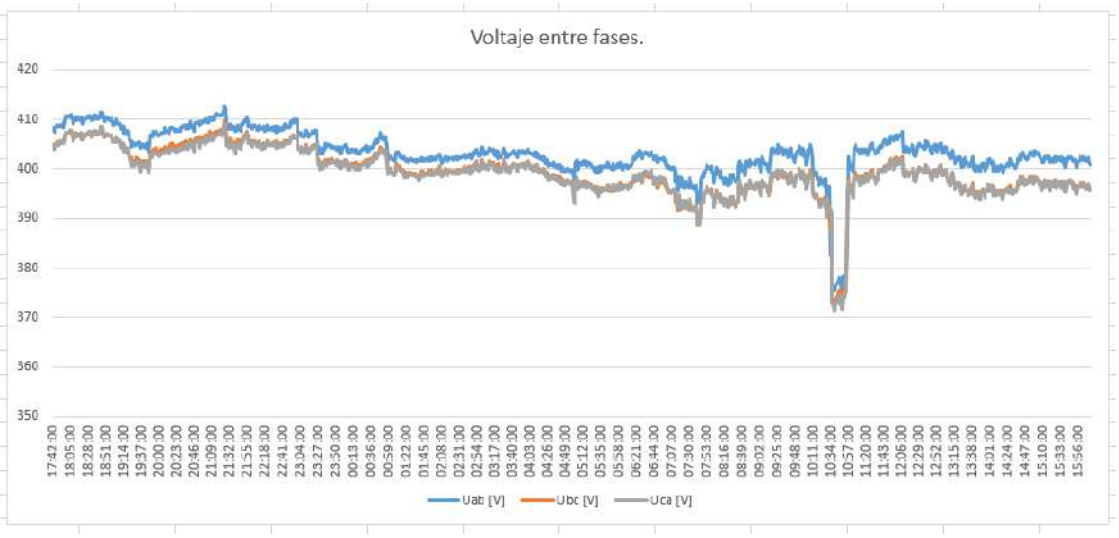

Figura 24. Grafica de tensión entre Fase – Fase

Los valores máximos y mínimos obtenidos durante la medición se han registrado y se presentan de manera detallada en la tabla siguiente. Este proceso de filtrado y registro permite identificar los extremos alcanzados.

Valores	Registro en horas	Uab [V]	Ubc [V]	Uca [V]
Mínimo	10:39:00	375,45	372,62	371,22
Máximo	21:26:00	412,62	409,67	409,15

Tabla 36. Medición de tensión entre Fase – Fase

Del mismo modo, las fluctuaciones de la tensión entre fases se asemejan a las de fase y neutro, alcanzado un valor máximo de 412,63 voltios entre las fases AB a las 21:26 hs, y una tensión mínima de 371,22 voltios entre las fases CA.

Medición de Corriente por Fase: Ia; Ib; Ic.

Posteriormente se efectúan las mediciones de la corriente de las fases correspondientes cuyos resultados se resumen en la siguiente gráfica:

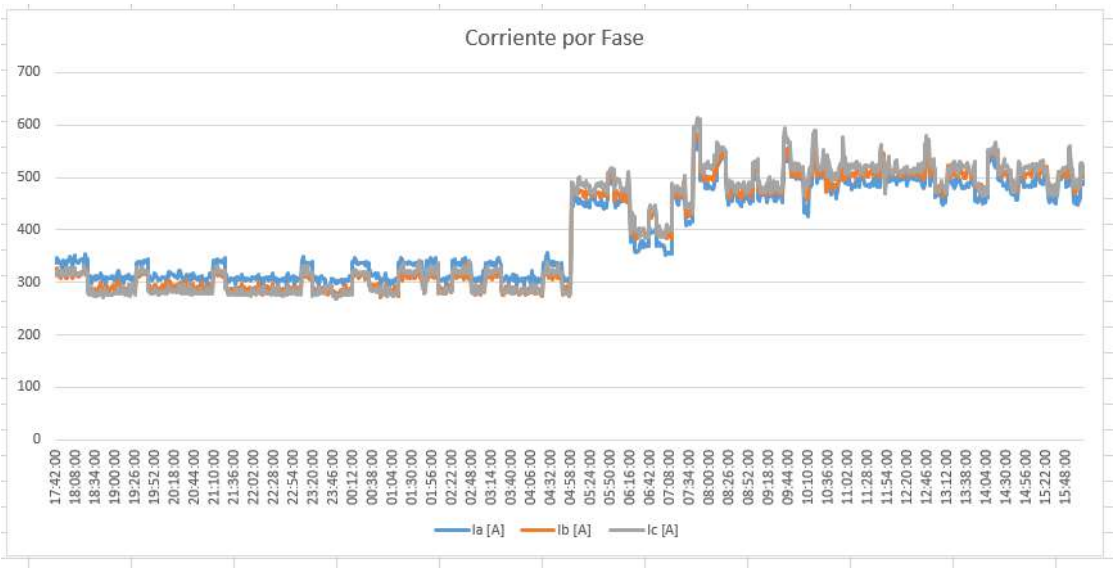

Figura 25. Grafica de Corriente por Fase.

Se filtra el valor de la corriente máxima y mínima de las tres fases con sus respectivos horarios en la siguiente tabla:

Valores	Registro en horas	Ia [A]	Ib [A]	Ic [A]
Mínimo	23:51:00	297,76	279,42	269,32
Máximo	07:45:00	574,08	582,14	613,88

Tabla 37. Medición de Corriente por Fase

La observación detallada de la gráfica revela que las corrientes en las tres fases presentan una variación máxima del 7%, siendo prácticamente equivalentes. Se destaca un pico de corriente en las primeras horas de la mañana, arrancando alrededor de las 5, indicativo de la operación a plena capacidad de la fábrica, con un máximo de 613,88 amperios. Por la tarde, a partir de las 17 horas, se observa una disminución considerable de la corriente, con un mínimo registrado de 269,32 amperios en la fase C.

Medición del Factor de Potencia: FPa; FPb; FPc.

Seguidamente, se presenta un resumen de los resultados de las mediciones del factor de potencia de las tres fases en forma de gráfica. Posteriormente, se destacan los valores más significativos en un cuadro, indicando tanto el valor máximo como el

mínimo registrado.

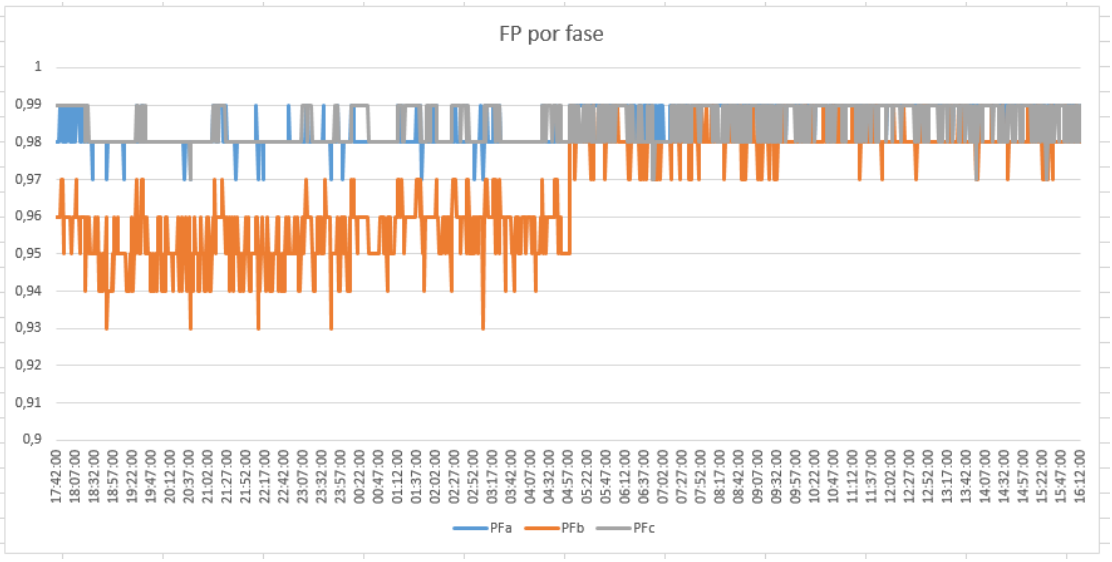

Figura 26. Grafica del Factor de Potencia.

Valores	Registro en horas	PFa	PFb	PFc
	18:49:00	0,97	0,93	0,98
	20:39:00	0,97	0,93	0,97
	22:08:00	0,97	0,93	0,98
	23:44:00	0,97	0,93	0,98
Mínimo	03:05:00	0,97	0,93	0,98
Máximo	mayor parte del tiempo	0,99	0,99	0,99

Tabla 38. Medición del Factor de Potencia.

Se procede al análisis conforme al Pliego de Tarifas N° 21 de la ANDE, el cual establece que el factor de potencia correspondiente a la demanda máxima no debe ser inferior a 0,95. Se observa un desequilibrio en el factor de potencia entre las fases: mientras que las fases A y C mantienen valores elevados entre 0,97 y 0,99 la mayor parte del tiempo, la fase B muestra un desfase notorio entre aproximadamente las 17:40 horas y las 5 de la mañana siguiente, con picos mínimos de 0,93, por debajo del estándar de la ANDE.

Además, según el pliego tarifario, el factor de potencia medio mensual no debe ser inferior a 0,92; de lo contrario, conlleva una multa. Por lo tanto, se realiza un análisis adicional sobre el factor de potencia promedio, cuyos resultados se detallan a continuación:

Medición del Factor de Potencia Promedio:

Se calcula un promedio a partir de los datos de factor de potencia obtenidos en las mediciones, los cuales arrojan los siguientes resultados:

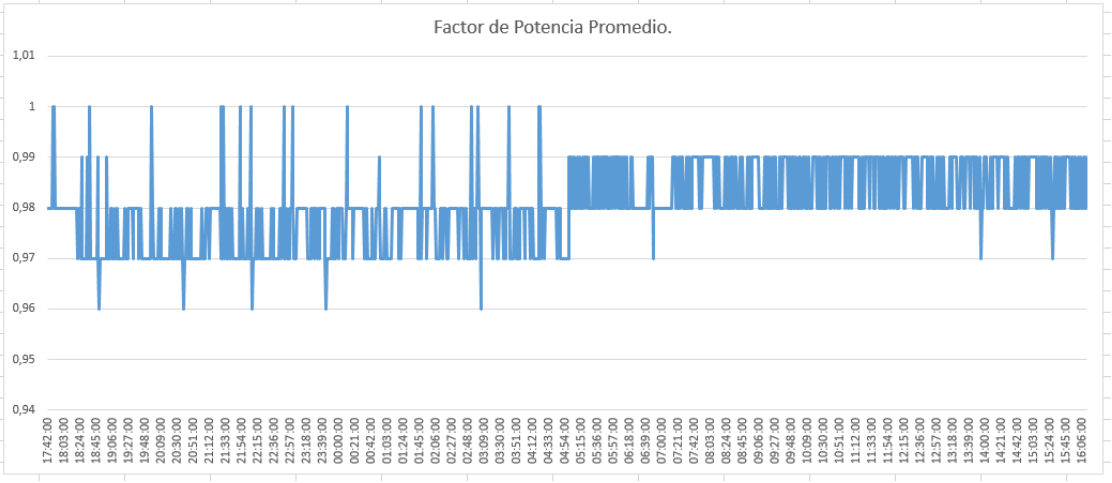

Figura 27. Grafica del Factor de Potencia Promedio.

Valores	Registro en horas	PF
Mínimo	18:49:00	0,96
	20:39:00	0,96
	22:08:00	0,96
	23:44:00	0,96
	03:05:00	0,96
Máximo	Mayormente	0,99

Tabla 39. Medición del Factor de Potencia Promedio.

La inspección detallada indica que el factor de potencia permanece constante en un rango estable. Esta estabilidad es el fruto de la corrección aplicada por el banco de capacitores instalado. A lo largo del análisis, se registran valores mínimos de hasta 0,96, demostrando una eficaz gestión de la potencia reactiva. En su mayoría, el factor de potencia se mantiene sólidamente en 0,99 indicando un rendimiento óptimo del sistema. Este resultado refleja la eficiencia de las medidas correctivas implementadas, asegurando que la instalación no esté sujeta a sanciones por incumplimiento de los requisitos establecidos por la ANDE.

Medición de la Potencia Activa por fase (W): Pa; Pb; Pc.

En esta sección, se procede con la medición detallada de la potencia activa consumida por la industria en cada una de las tres fases. Es esencial comprender y evaluar estos datos para tener una visión clara del consumo energético en la instalación. A continuación, se presentan en detalle los valores obtenidos durante las mediciones:

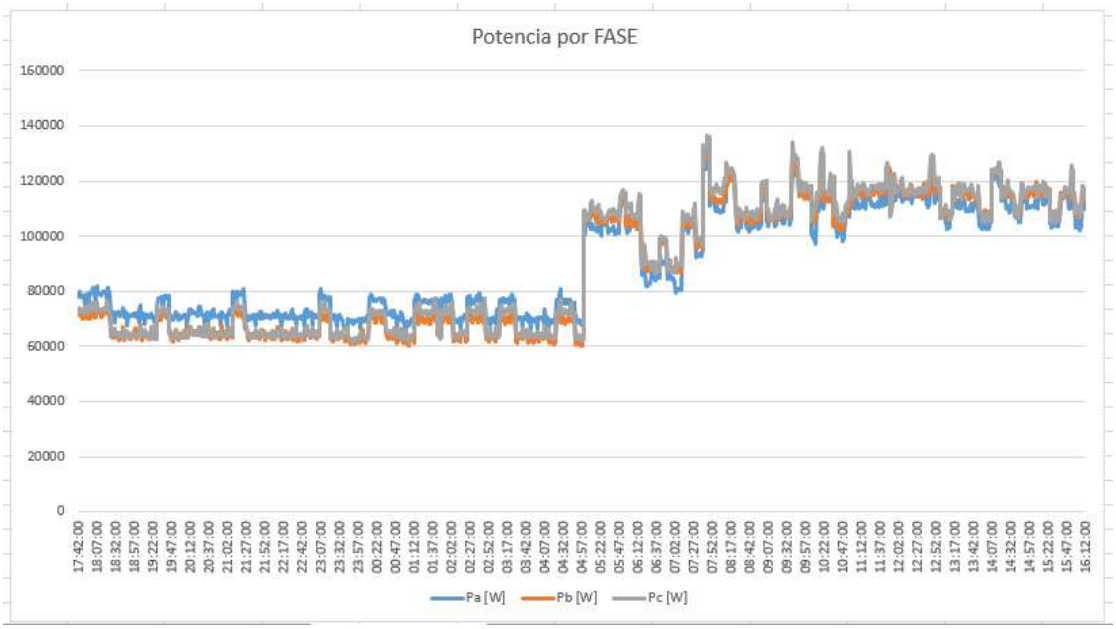

Figura 28. Grafica de la Potencia Activa por fase

En el análisis de la gráfica, se evidencia una estabilidad en los niveles de potencia, lo cual indica un equilibrio aceptable entre las diferentes cargas conectadas. Este equilibrio se mantiene dentro de los límites establecidos por las normativas de la ANDE, con una variación máxima del 10%. Resulta notable que, durante las primeras horas del día, se observa un incremento progresivo en el consumo de potencia, iniciando alrededor de las 5 de la mañana, para luego experimentar una disminución gradual a partir de las 18:00 horas de la tarde aproximadamente.

Valores	Registro en horas	Pa [W]	Pb [W]	Pc [W]
Mínimo	04:57:00	67728,25	60050,16	61972,92
Máximo	07:45:00	129326,9	130683,4	136442

Tabla 40. Medición de la Potencia Activa por fase.

La tabla revela que el momento de mayor demanda eléctrica se alcanza a las 7:45 a.m., coincidiendo con el inicio de las actividades en la fábrica, mientras que el menor consumo se registra alrededor de las 17:00 hs, cuando la actividad industrial suele ser más baja. Estos datos proporcionan información valiosa sobre los picos de demanda eléctrica y pueden ser útiles para la planificación y gestión eficiente de la energía en la instalación industrial.

Medición de la Potencia Reactiva por fase (VAr): Qa; Qb; Qc.

En esta sección, nos adentramos en la medición de la potencia reactiva consumida por la empresa en cada una de las tres fases. La comprensión y evaluación de estos datos son fundamentales para obtener una visión completa del consumo energético en la instalación. A continuación, se detallan los valores obtenidos durante las mediciones:

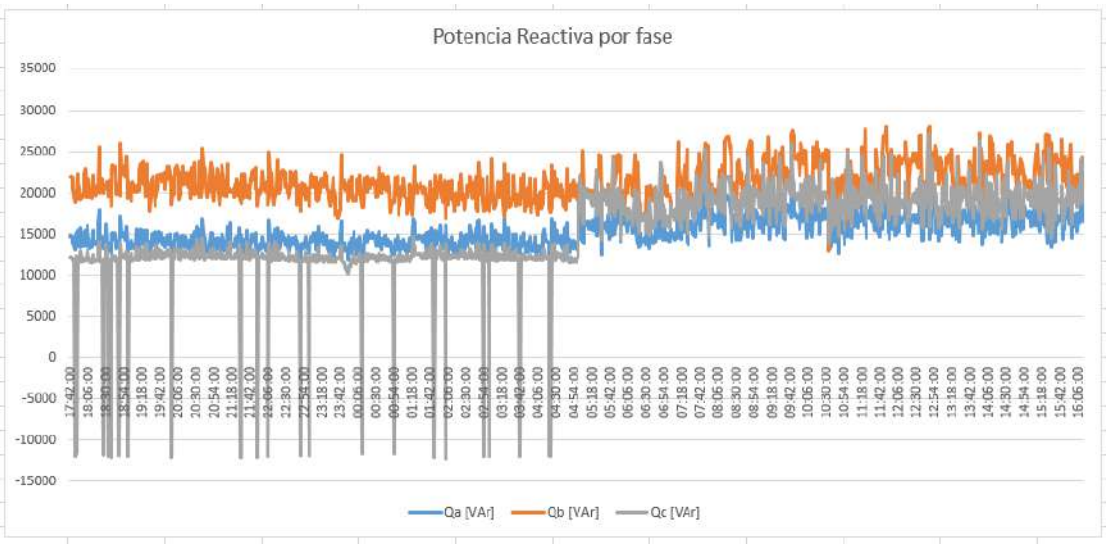

Figura 29. Grafica de la Potencia Reactiva por fase.

Valores	Registro en horas	Qa [VAr]	Qb [VAr]	Qc [VAr]
Mínimo	02:03:00	12332,5	16924,82	-12261,18
Máximo	12:47:00	19813,2	28144,96	22564,7

Tabla 41. Medición de la Potencia Reactiva por fase

Se observan picos muy pronunciados en la potencia reactiva durante las horas de la tarde, específicamente en la fase C de la línea, coincidiendo con una menor demanda de potencia activa en la industria. Esta tendencia persiste hasta aproximadamente las 4:30 de la mañana, alcanzando su valor mínimo alrededor de las 2 de la madrugada, A

partir de las 5 de la mañana, se registra un aumento en el consumo eléctrico de la fábrica momento en el que la potencia reactiva se estabiliza con las otras fases.

La presencia de estos picos negativos tan pronunciados plantea preocupaciones, lo que nos lleva a analizar la potencia aparente total del sistema para determinar si existe algún desequilibrio en el mismo.

Medición de la Potencia Total: P(W), Q(VAr), S(VA).

La gráfica muestra un análisis detallado de la potencia total del sistema, revelando los siguientes patrones y tendencias.

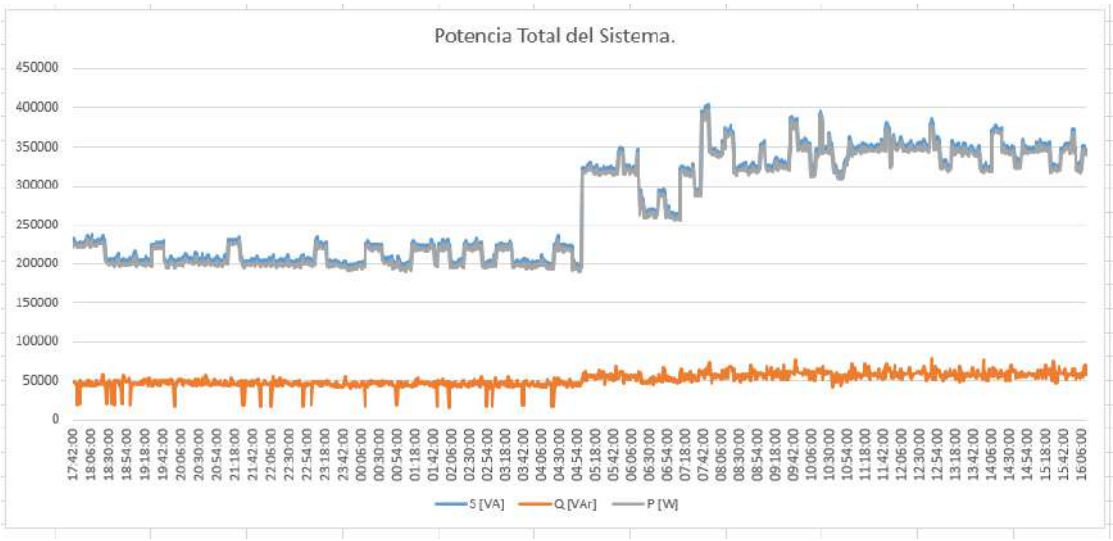

Figura 30. Grafica de la Potencia Total.

Valores	S [VA]	Q [VAr]	P [W]
Mínimo	194251,8	16996,15	189567,2
Máximo	403243,8	78369,43	397369,9

Tabla 42. Medición de la Potencia Total.

En la gráfica se observan distintos patrones y tendencias que reflejan la variación en el consumo eléctrico a lo largo del tiempo. La potencia aparente de la instalación excede la potencia nominal del transformador. Según se puede observar, el transformador opera por encima del 90% de su capacidad nominal desde las 7:40 hasta aproximadamente las 16:00 horas. Además, se identifican varios puntos en los que se supera la potencia nominal del transformador.

Esta sobrecarga continua provoca un incremento en la temperatura del transformador. Como se muestra en la figura 12, el transformador está expuesto a la intemperie, lo que lo somete a las altas temperaturas características de nuestra región. Esta combinación de sobrecarga y exposición a altas temperaturas degrada el nivel de aislamiento del transformador, disminuyendo su vida útil y aumentando el riesgo de fallas catastróficas en el equipo.

Medición de la Frecuencia (Hz):

A continuación, se ofrece un análisis detallado de la frecuencia del sistema, reflejado en la siguiente gráfica donde se ilustra los datos relevantes:

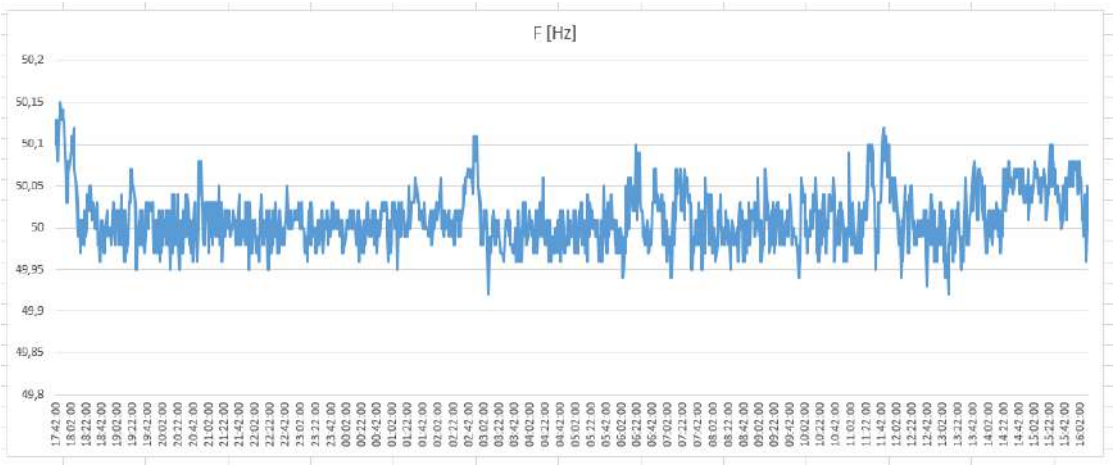

Figura 31. Grafica de los valores de la Frecuencia.

Valores	Registro en horas	F [Hz]
Mínimo	03:08:00	49,92
	13:10:00	49,92
Máximo	17:48:00	50,15

Tabla 43. Medición de la Frecuencia.

En el análisis de la frecuencia del sistema, se observa un comportamiento estable a lo largo del período de medición. Sin embargo, se pueden identificar pequeñas variaciones en la frecuencia, especialmente durante ciertas horas del día. Estas fluctuaciones pueden estar relacionadas con cambios en la demanda de energía eléctrica dentro de la instalación industrial.

Es importante destacar que, aunque las variaciones son mínimas y se mantienen dentro de un rango aceptable, es crucial monitorear continuamente la frecuencia del sistema

para garantizar su estabilidad y evitar posibles problemas en la operación de equipos sensibles a cambios en la frecuencia eléctrica. Por lo tanto, se recomienda realizar un seguimiento constante de este parámetro y tomar medidas preventivas en caso de desviaciones significativas de la frecuencia nominal

6.2. Anexo II.

6.2.1. Mediciones de iluminación.

La sección detalla los pasos para aplicar la metodología de medición de niveles mínimos de iluminación, siguiendo los cálculos establecidos en la resolución SRT 84/12. La nave industrial de Agro Industrial Colonial S.A se divide en dos áreas: el centro de producción, con líneas de producción de fideos y galletitas, y el depósito para almacenamiento de productos.

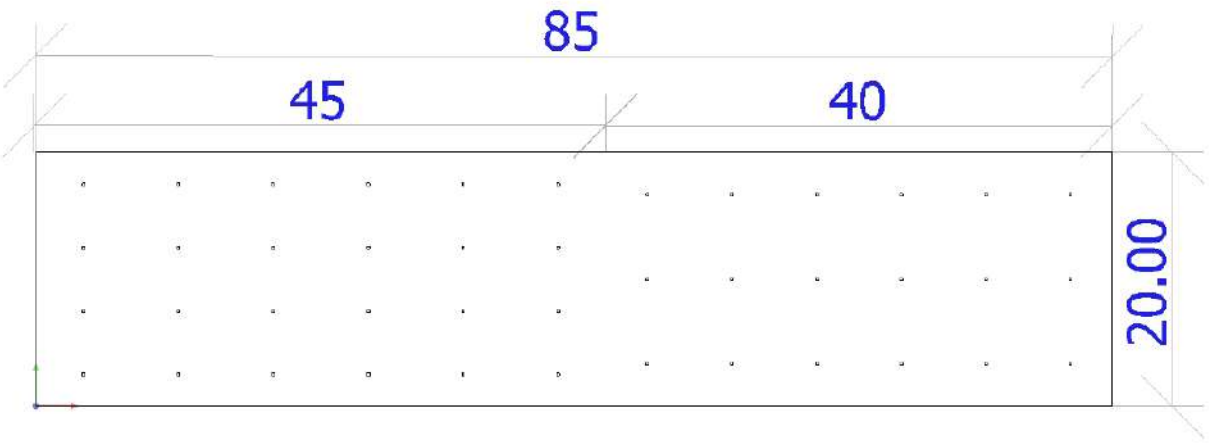

Figura 32. Dimensiones de la Nave Industrial.

Para realizar el cálculo el área 1 presentan los siguientes datos:

AREA 1	
LARGO	45 m
ANCHO	20 m
ALTURA	4 m

Tabla 44. Medida del área de las maquinarias.

Primeramente, se calcula el índice del local (K) dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Índice del local (K)} = \frac{\text{Largo x Ancho}}{\text{Altura de montaje x (Largo + Ancho)}}$$

Aplicando la formula obtenemos el siguiente resultado.

$$K = \frac{45.20}{4.(45+20)} = 3{,}46$$

El valor de K se redondea al entero superior, siendo este 4. El número mínimo de mediciones a realizar se determina utilizando la siguiente tabla:

INDICE DEL LOCAL K Res STR 84/12	K REDONDEADO	N NUMERO MINIMO DE PUNTOS A EVALUAR
K ≤ 1	1	9
1< K ≤ 2	2	16
2< K ≤ 3	3	25
K > 3	4	36

Tabla 45. Valor k para definir puntos de medición.

A continuación, se procede a dividir el área de muestreo en 36 cuadrantes y realizar las mediciones utilizando el luxómetro MLM-1011 de la marca MINIPA. Con el luxómetro configurado adecuadamente, se lleva a cabo las mediciones en cada uno de los cuadrantes predefinidos. Coloca el luxómetro en cada ubicación de medición. Los registros de los valores de iluminación obtenidos se presentan a continuación:

145	150	164	100	77	150
136	157	212	165	140	155
152	150	156	100	156	89
136	209	252	194	132	92
158	237	287	266	125	53
90	144	242	213	90	78

Tabla 46. Mediciones realizadas en el área de máquinas de la Nave Industrial.

Una vez completadas todas las mediciones, calcula el promedio de los valores de iluminación registrados en cada ubicación. Este será el nivel de iluminación media para toda el área de la nave industrial.

A continuación, se presenta la fórmula:

$$E_m = \frac{\Sigma \text{ valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$\text{Em:}\frac{5552}{36} = 154 \text{ Lux}$$

Una vez realizado el cálculo promedio, se determinó que la iluminación media en el área 1 es de 154 lux. Este valor es crucial, pero también es importante evaluar la uniformidad de la iluminación en toda la nave industrial para garantizar condiciones laborales óptimas.

Para ello, utilizamos los datos recopilados para evaluar la uniformidad de la iluminación en diferentes ubicaciones de la nave.

$$\text{Uniformidad de la iluminancia} = \frac{\text{Iluminancia mínima}}{\text{Iluminancia media}}$$

$$U = \frac{53}{154} = 0{,}34$$

Mediante la aplicación de la fórmula de uniformidad, calculamos los valores de iluminación en distintos puntos y analizamos si existen disparidades significativas en la distribución de la luz a lo largo del espacio.

La fórmula nos lanza una uniformidad de 34 %. Este análisis detallado nos permite identificar áreas que podrían requerir ajustes para mejorar la uniformidad y optimizar el entorno de trabajo.

A continuación, se presentan los datos necesarios para calcular el nivel de iluminación en el área 2:

AREA 2.	
LARGO	40 m
ANCHO	20 m
ALTURA	4 m

Tabla 47. Medida del área del depósito.

El primer paso consiste en calcular el índice del local (K) utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Índice del local (K)} = \frac{\text{Largo x Ancho}}{\text{Altura de montaje x (Largo + Ancho)}}$$

El siguiente resultado se obtiene aplicando la fórmula.

$$K = \frac{40.20}{4.(40+20)} = 3{,}34$$

El número mínimo de mediciones a realizar se determina utilizando la siguiente tabla, donde el valor de K se redondea al entero superior, siendo este 4.

INDICE DEL LOCAL K Res STR 84/12	K REDONDEADO	N NUMERO MINIMO DE PUNTOS A EVALUAR
K ≤ 1	1	9
1< K ≤ 2	2	16
2< K ≤ 3	3	25
K > 3	4	36

Tabla 48. Valor k para definir puntos de medición.

Se procede a dividir el área de muestreo en 36 cuadrantes y realizar mediciones utilizando el luxómetro MLM-1011 de la marca MINIPA. Configurado correctamente, el luxómetro se utiliza para obtener mediciones en cada uno de los cuadrantes predefinidos.

En cada ubicación de medición, se coloca el luxómetro y se registran los valores de iluminación obtenidos. Los registros de estas mediciones se presentan a continuación:

110	**180**	**171**	**92**	**49**	**13**
96	**64**	**63**	**40**	**26**	**15**
98	**80**	**70**	**39**	**15**	**12**
94	**78**	**64**	**37**	**12**	**11**
79	**37**	**30**	**25**	**11**	**10**
55	**31**	**25**	**19**	**9**	**5**

Tabla 49. Mediciones realizadas en el área de depósito de la Nave Industrial.

Una vez completadas todas las mediciones, calcula el promedio de los valores de iluminación registrados en cada ubicación. Este será el nivel de iluminación media para toda el área de la nave industrial.

$$E_m = \frac{\Sigma \text{ valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$Em : \frac{1865}{36} = 51{,}8 \text{ Lux}$$

Para garantizar condiciones laborales óptimas en la nave industrial, es esencial evaluar tanto la iluminación media como su uniformidad en todas las áreas. Después de calcular el promedio de iluminación en el área 2, que resultó ser de 51,8 lux, procedimos a analizar la uniformidad de la iluminación en diferentes ubicaciones de la nave utilizando los datos recopilados.

Utilizamos los datos recopilados para evaluar la uniformidad de la iluminación en diferentes ubicaciones de la nave.

$$\text{Uniformidad de la iluminancia} = \frac{\text{Iluminancia mínima}}{\text{Iluminancia media}}$$

$$U = \frac{5}{51,8} = 0,09$$

Analizamos la distribución de la luz en diferentes puntos utilizando la fórmula de uniformidad para calcular los valores de iluminación. Se observa una uniformidad del 9 %. Este análisis detallado nos ayuda a identificar áreas que podrían necesitar ajustes para mejorar la uniformidad y optimizar el entorno de trabajo.

Analizando los resultados obtenidos y comparando con los estándares recomendados o los requisitos específicos de iluminación para entornos industriales. Se presenta el siguiente cuadro:

NIVEL DE ILUMINACIÓN MEDIDA				
AREA	VALOR RECOMENDADO		VALOR MEDIDO	
	Em (lux)	UNIFORMIDAD	Em (lux)	UNIFORMIDAD
INDUSTRIA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS	200	0,4	154	0,34
ZONA DE TRANSITO DENTRO DEL EDIFICIO - DEPOSITO	100	0,4	51,8	0,09

Tabla 50. Nivel de Iluminancia de las distintas áreas de la Nave Industrial.

Tras realizar las comparaciones, se identifica que las dos áreas medidas no cumplen con los criterios establecidos en cuanto a iluminación. Este hallazgo resalta la necesidad de tomar medidas correctivas para mejorar las condiciones lumínicas en dichas áreas.

6.3. ANEXO III.

6.3.1. Nuevo esquema de Iluminación.

En la industria moderna, el nivel de iluminación desempeña un papel fundamental en la seguridad, productividad y bienestar de los trabajadores. En este contexto, es crucial asegurar que las instalaciones cumplan con los estándares establecidos para garantizar condiciones óptimas de trabajo. Sin embargo, tras realizar mediciones detalladas del nivel de iluminación en la nave industria de Agro Industria Colonial S.A, se identificó que no se ajustan a la normativa UNE 12464-1, la cual establece los requisitos mínimos de iluminación en los lugares de trabajo.

Ante esta situación, se ha tomado la decisión de implementar un nuevo esquema de iluminación utilizando el software DIALux Evo. Este software proporciona herramientas avanzadas para el diseño y análisis de sistemas de iluminación, permitiendo crear entornos luminosos seguros y eficientes.

Luminarias seleccionadas.

Las luminarias colgantes industriales son elementos fundamentales en entornos de trabajo que requieren una iluminación óptima y eficiente. En particular, la línea Olympus SMD de Zagonel se destaca como una opción profesional diseñada para cumplir con los más altos estándares de calidad y rendimiento en el ámbito industrial.

Estas luminarias ofrecen una combinación excepcional de durabilidad, eficiencia y uniformidad lumínica, lo que las convierte en una solución ideal para espacios industriales de diversos sectores. Con características específicas que van desde su diseño robusto hasta su tecnología de iluminación LED de última generación, las luminarias colgantes industriales de la línea Olympus SMD garantizan un ambiente de trabajo seguro, productivo y confortable. A continuación, se presenta sus características principales.

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Potencia	100 W
Modelo	ZL-6713
Temperatura de Color	5000 K
Flujo Luminoso Efectivo	14700 lm
Angulo de Irradiación luminosa	120°
Tensión de alimentación	bivolt 100-250 V; 50-60 Hz
Factor de Potencia	mayor a 0,98
Distorsión Armónica de Corriente	menor al 10%
Fuente de Luz	Led SMD
Vida útil del Led	90.000 hs
Lente	Policarbonato
Estructura Principal - Disipador	Aluminio Inyectado
Grado de protección	IP 66
Temperatura de operación	menos 30 grados a 50 grados
Peso del producto	2,150 Kg

Tabla 51. Características técnicas de la Luminaria Zagonel.

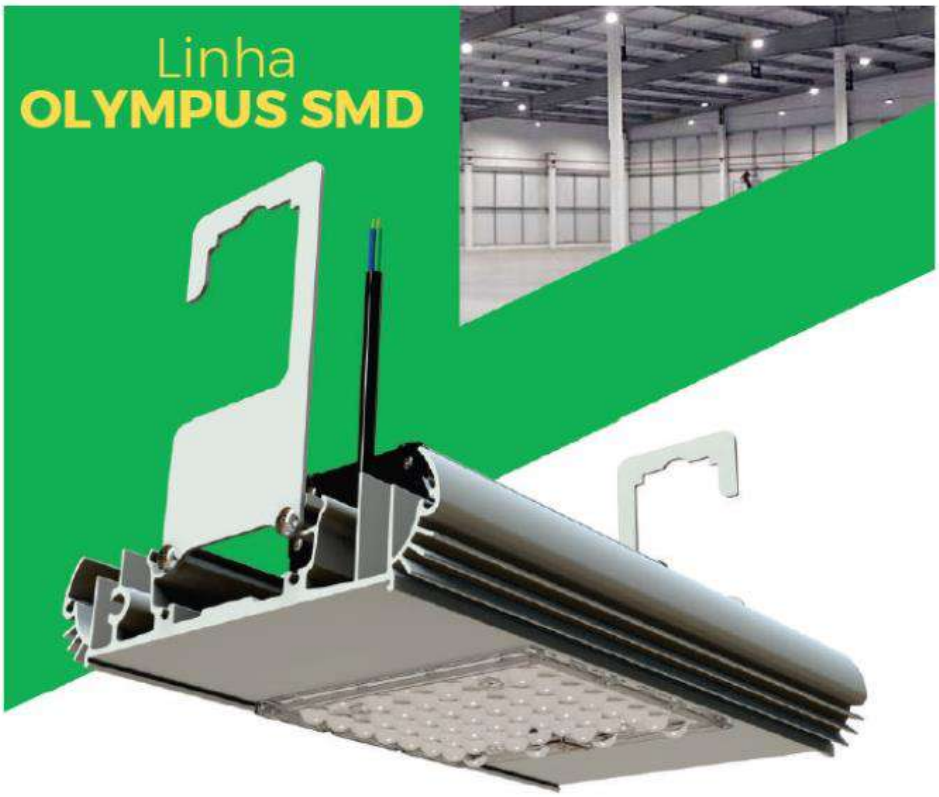

Figura 33. Luminaria Zagonel de la Línea Olympus.

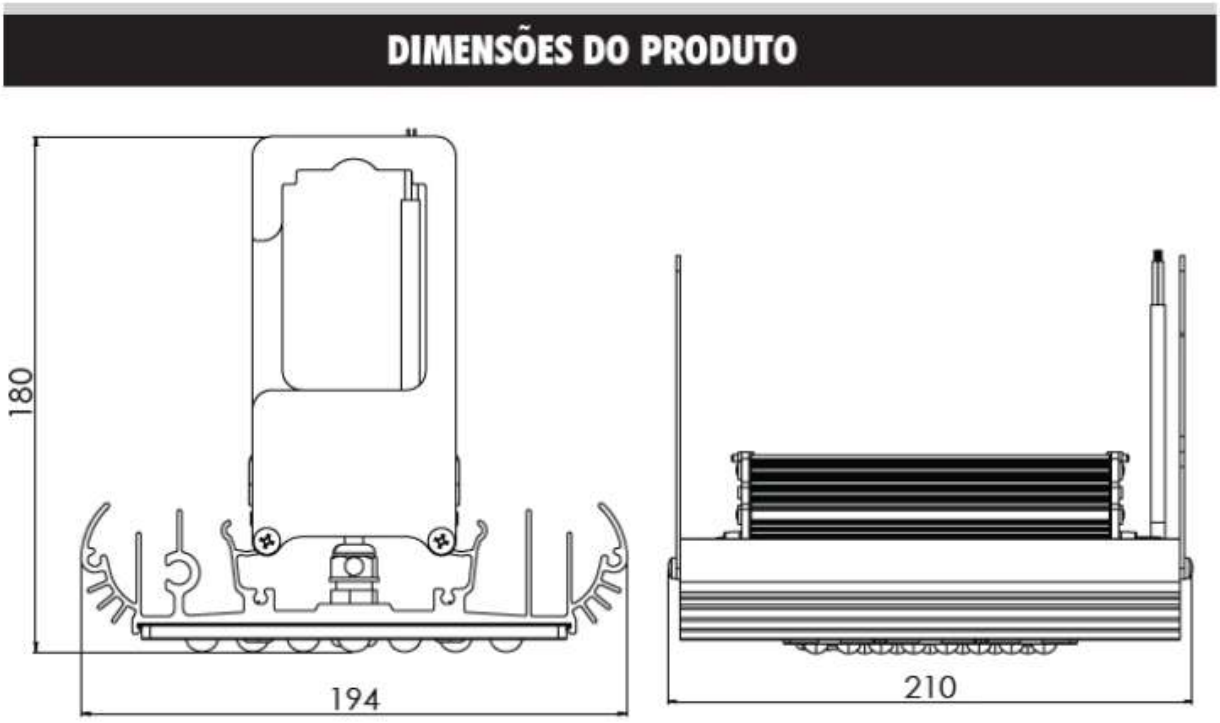

Figura 34. Dimensiones de la luminaria Olympus

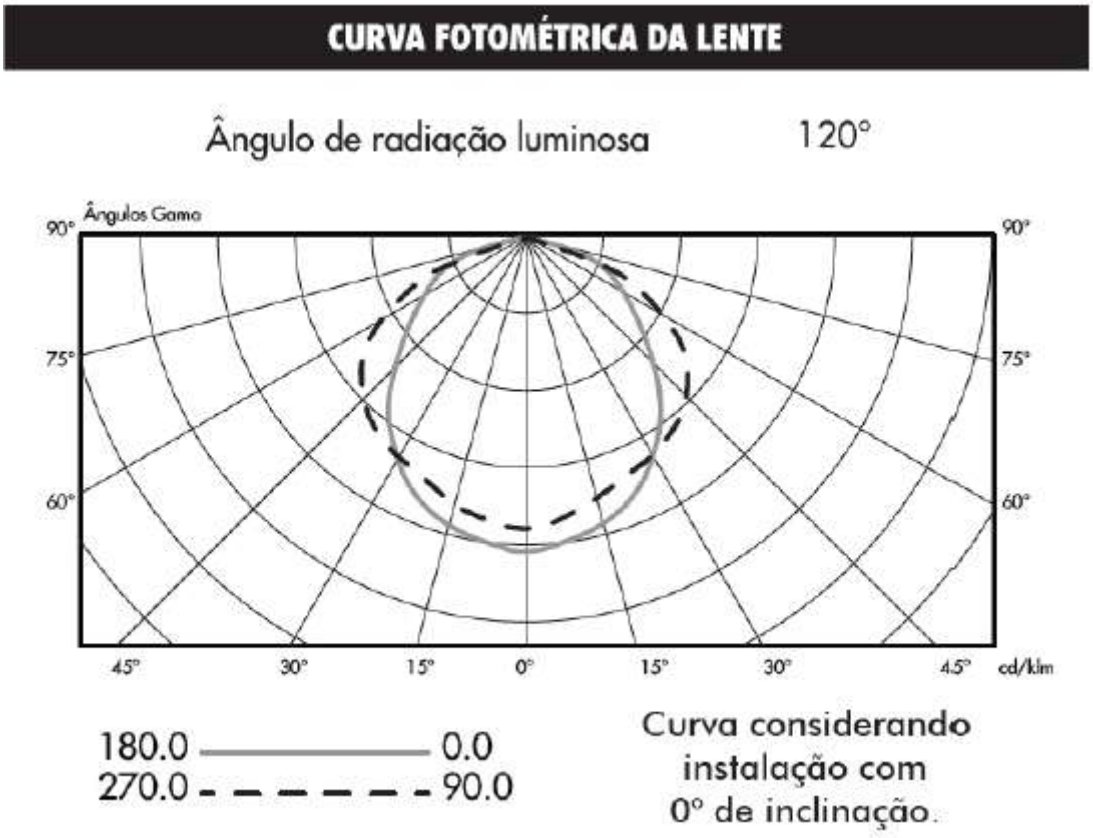

Figura 35. Curva fotométrica del lente.

Resultados de la Simulación.

La realización de simulaciones en el software DIALux Evo requiere una división precisa de la industria en dos áreas principales. Esta segmentación es esencial para garantizar la precisión de los análisis y la efectividad de las soluciones propuestas. Por lo tanto, se procede a dividir la instalación en dos secciones distintas, cada una con sus propias características y necesidades de iluminación específicas.

Área 1: línea de producción de galletitas y fideos.

Del cual las dimensiones son las siguientes:

Largo: 45 metros.

Ancho: 20 metros.

Altura de Montaje: 4 metros (Disposición Actual).

Nivel de Iluminación Media: 200 Luxes - NORMA UNE 12464.1

Nivel de Uniformidad Media: 0.4

Resultados obtenidos.

Se realiza las simulaciones teniendo en cuenta la norma UNE 12464.1, se logra cumplir con los niveles de iluminación requeridos utilizando solo 18 luminarias de 100 W de la marca Zagonel, como se evidencia en la siguiente verificación:

Edificación 1 · Planta de Producción · Área 1 (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

Planos útiles

Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Área 1) Iluminancia perpendicular Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.500 m	287 lx (≥ 200 lx) ✓	173 lx	519 lx	0.60 (≥ 0.40) ✓	0.33	WP2

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Tabla 52. Resultados Obtenidos en la Simulación, Área 1.

Esta tabla demuestra de manera concluyente que se ha logrado cumplir con el nivel de iluminación requerido en el área especificada. Seguidamente se presenta el plano del nivel de iluminación del plano de trabajo.

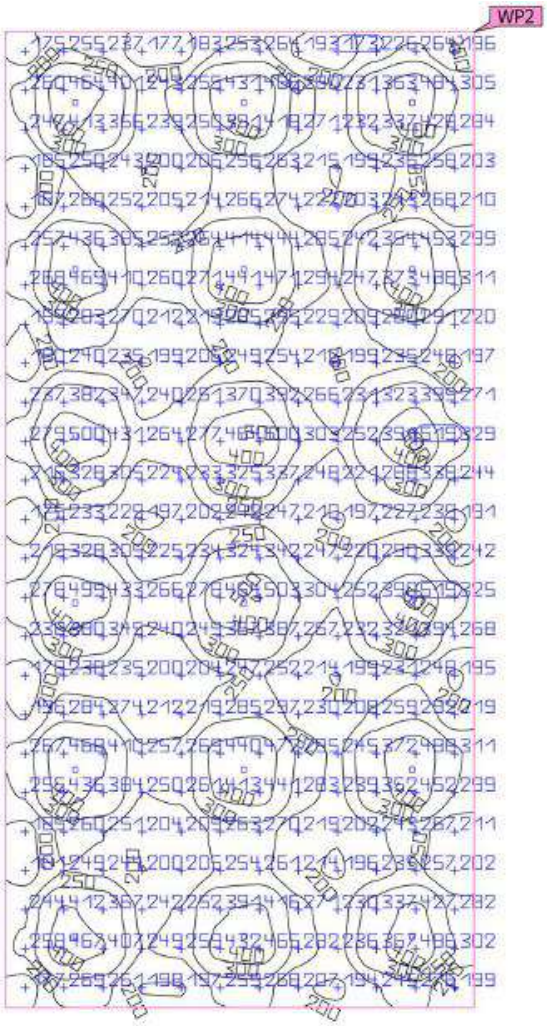

Figura 36. Isolineas de iluminancia en el Área 1.

Área 2: Espacio de almacenamiento y depósito.

Las dimensiones del área en cuestión son las siguientes:

Largo: 40 metros.

Ancho: 20 metros.

Altura de Montaje: 4 metros (Disposición Actual).

Nivel de Iluminación Media: 100 Luxes - NORMA UNE 12464.1

Nivel de Uniformidad Media: 0.4

Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos de las simulaciones, siguiendo rigurosamente los parámetros establecidos por la normativa UNE 12464.1 para zonas de transito dentro del edificio, demuestran que la iluminación requerida se alcanza satisfactoriamente con la instalación de únicamente 10 luminarias de 100 W de la marca Zagonel. Esta eficiencia en el cumplimiento de los estándares de iluminación garantiza un ambiente laboral óptimo y seguro para los trabajadores. La verificación detallada de estos resultados se presenta a continuación:

Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Área 3) Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.500 m	149 lx (≥ 100 lx) ✓	62.1 lx	325 lx	0.42 (≥ 0.40) ✓	0.19	WP3

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios (9.3 Montacargas, ascensores)

Tabla 53. Resultados Obtenidos en la Simulación, Área 2.

La información presentada en la tabla confirma de forma inequívoca que los niveles de iluminación exigidos se han alcanzado satisfactoriamente en el área específica analizada. Este logro es fundamental para garantizar un entorno laboral seguro y productivo. A continuación, se adjunta el plano detallado del nivel de iluminación del área de trabajo, el cual proporciona una representación visual clara de la distribución de la luz en el espacio.

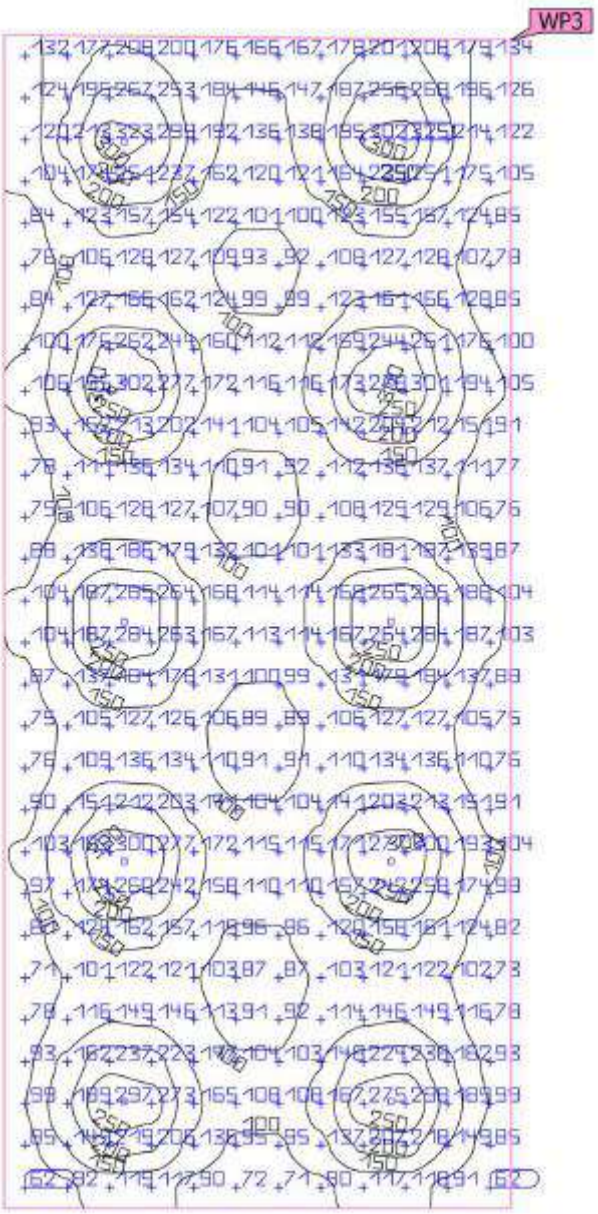

Figura 37. Isolineas de iluminancia en el Área 2.

De esta manera se logra los siguientes resultados.

Un total de 28 luminarias iluminan toda la extensión de la nave industrial dedicada al sector de galletitas y fideos, garantizando una adecuada iluminación para las operaciones y actividades dentro de este espacio.

A continuación, se presentan algunas vistas de las simulaciones realizadas.

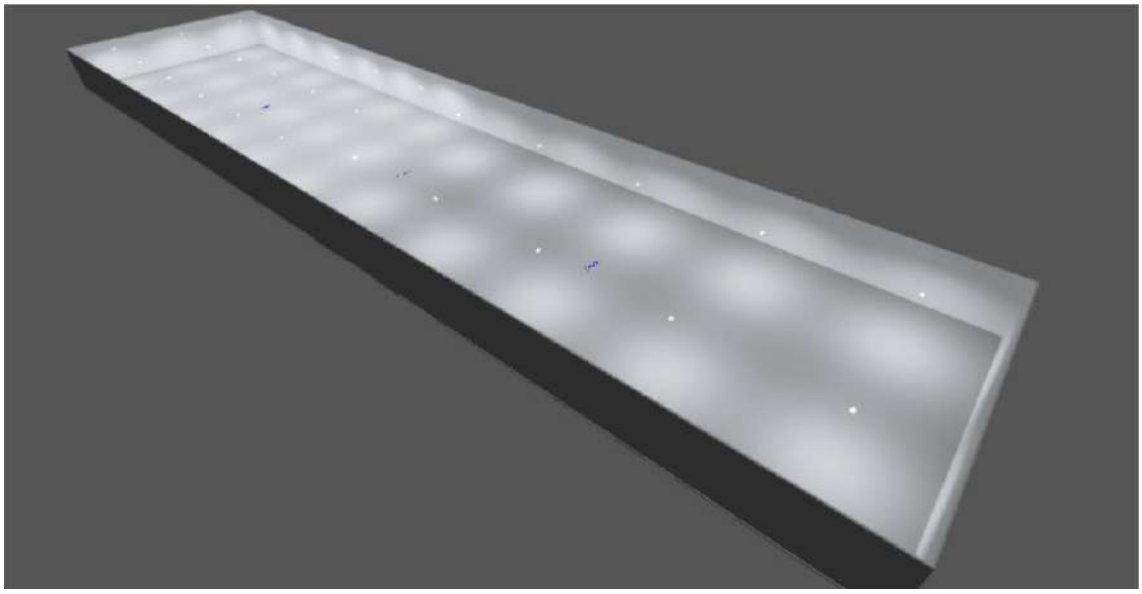

Figura 38. Vista en 3D de la Nave Industrial.

Figura 39. Vista en 3D interior de la Nave Industrial.

6.4. ANEXO IV.

6.4.1. Dimensionamiento del transformador para la industria.

Para dimensionar el transformador adecuado para una instalación industrial, es necesario conocer la potencia total instalada. Esta se calcula mediante la suma aritmética de todas las potencias parciales de los equipos instalados. Una vez obtenida la potencia total, se seleccionará un transformador con capacidad suficiente para alimentar toda la carga, considerando también posibles expansiones futuras y márgenes de seguridad.

POTENCIA DE LA FABRICA	
Fideos	172,5
Galletita viejo	115,9
Galletita Nuevo	109,8
TOTAL DEL SISTEMA	398,2

Tabla 54. Potencia total de la Fabrica AGROINDUSTRIAL COLONIAL S.A.

Una vez obtenida la potencia total instalada, procedemos a determinar la potencia del transformador. Para ello, consideraremos un factor de potencia de 0.85, el cual refleja la peor condición de desfase entre la corriente y el voltaje. A partir de este valor, calcularemos la potencia aparente, que corresponde a la capacidad del transformador en kVA.

La potencia aparente del transformador se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P}{cos\Phi} = \frac{398200\ W}{0{,}85} = 468{,}35\ \text{KVA}$$

Dado que la potencia calculada no corresponde a una dimensión estándar disponible en el mercado, adoptamos un transformador de mayor capacidad. Esta elección también considera posibles ampliaciones futuras en la industria. Por lo tanto, se seleccionará un transformador pedestal trifásico de 500 kVA.

Dimensionamiento del alimentador entre el transformador y el tablero general.

Para el dimensionamiento del alimentador que conecta el transformador con el tablero general, hemos tenido en cuenta varios criterios fundamentales. A partir del cálculo de la potencia del transformador, es posible determinar tanto las dimensiones de las llaves de protección como la sección adecuada del conductor.

Uno de los factores más importantes es la máxima caída de tensión admisible, que se ha establecido en un 5% en el troncal. La distancia entre el transformador y el tablero general es de 11 metros, y se empleará un conductor de cobre para una alimentación trifásica (fases R, S, T y neutro).

Como primer paso, convertiremos la potencia del transformador a vatios para facilitar los cálculos correspondientes.

Por lo tanto, la nueva potencia activa del transformador será:

$$P_w = S_{trafo} \times \cos\varphi = 500\,KVA \times 0{,}85 = 425000 = \mathbf{425\,KW}$$

Seguidamente calcularemos la sección y la protección de los conductores que une el transformador con el tablero general.

$$S = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times e} = \frac{100 \times 425000 \times 11}{58 \times 380^2 \times 5\%} = 10{,}46 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de 10,46 mm² no se encuentra disponible en el mercado, seleccionaremos la sección comercial inmediatamente superior, de acuerdo con el catálogo de INPACO – Tabla N° 5, tipo "F3" (cables unipolares instalados en bandejas perforadas, ya sea en disposición horizontal o vertical). Optaremos por conductores de cobre con aislamiento XLPE o HEPR, cuya sección más cercana es de 16 mm², capaz de soportar una corriente admisible de 95 A.

A continuación, se realiza la comparación de la caída de tensión:

$$e = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times s} = \frac{100 \times 425000 \times 11}{58 \times 380^2 \times 16} = 3{,}27\ \%$$

ed. %		ec. %
5	>	3,27

De esta manera, se verifica que la sección adoptada, calculada en función de la caída de tensión, es adecuada. Sin embargo, para seleccionar el conductor definitivo, es fundamental analizar también la corriente que circulará por él.

A continuación, procederemos a calcular la corriente del transformador:

$$\mathbf{Ic} = \frac{p}{\sqrt{3} \times v \times \cos\vartheta \times} = \frac{425000W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0{,}85} = 712{,}43\ \text{A}$$

Debido a que la sección calculada para las cargas puntuales arroja un valor decimal que no está disponible en el mercado, se seleccionará la sección comercial superior más cercana, conforme al catálogo de INPACO – Tabla N° 5, tipo "F3" (cables unipolares en bandejas perforadas, ya sean horizontales o verticales). Se utilizarán conductores de cobre con aislamiento XLPE o HEPR. La sección elegida es de 2x150 mm², que soporta una corriente admisible de 743 A.

Corrección de factor de seguridad.

Para proteger adecuadamente los conductores y evitar que se exceda su capacidad de corriente (ampacidad), es necesario calcular la corriente pico. Esto garantiza que la sección del conductor y el sistema de protección seleccionados sean los adecuados para brindar la seguridad requerida.

Para el conductor:

$I_{Pc} = I_C \times 1{,}25 = 712{,}43 \times 1{,}25 = 890{,}54$ A.

Dado que la sección calculada para las cargas puntuales resulta en un valor decimal no disponible comercialmente, seleccionaremos la sección estándar superior más próxima, siguiendo el catálogo de INPACO – Tabla N° 5, tipo "F3" (cables unipolares en bandejas perforadas, horizontales o verticales). Se utilizarán cables de cobre con aislamiento

XLPE o HEPR. La sección seleccionada es de 3x150 mm², que soporta una corriente admisible de 1038 A.

Con base en esta información, procederemos a determinar la sección final del conductor y su protección, utilizando el criterio de corriente admisible para validar la selección.

$$I_{Pc} < I_{adm}$$

$$890{,}54 < 1038 \text{ A}$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores.

Para el cálculo de Protección:

$$I_{Pp} = I_{C} \times 1{,}15 = 712{,}43 \times 1{,}25 = 819{,}3 \text{ A}$$

La corriente nominal de carga "I_{Pp}" es de 819,3 A. Lo cual se procede a verificar que la protección actual esta subdimensionado en su ajuste, como es una protección de caja moldeada $3\times (250/630)$ A, por lo tanto se propone reemplazar la protección a un valor adecuado para la carga, entonces se requiere que se modifique los valores. Se ajusta a un valor de 3x (800/1000) A.

Comprobamos así los criterios de las corrientes:

$$\boldsymbol{I_c < I_p < I_{ad}}$$

$$712{,}43 \text{ A} < 1000\text{A} < 1038 \text{ A}$$

Se verifica perfectamente la condición.

A continuación, se presenta los valores obtenidos en la siguiente tabla:

AGRO INDUSTRIA COLONIAL														
TABLERO GENERAL														
Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
398,2	11	3x(3X150)	10,460	16	95	3,27	712,61	2X150	743	890,76	3X150	1038	819,50	3x (800/1000) A

Tabla 55. Valores de tablero general de la Nave industrial.

6.4.2. Dimensionamiento de la protección y de la alimentación entre el tablero principal y el tablero seccional de máquinas.

En esta sección, se calcularán tanto la protección como la sección necesaria para alimentar la carga dentro de la nave industrial. Se llevarán a cabo los cálculos detallados correspondientes para el tablero principal del sector de Fidelería, siguiendo el mismo procedimiento para las demás áreas de la fábrica. Por lo tanto, los resultados se presentarán en tablas detalladas al final de esta sección.

Tablero Principal de Fidelería.

$\boldsymbol{P_{Total}}$ = 172500 W

Longitud = 21 m.

Sección del Conductor: 3x240 mm²

e% = 4%

Con estos valores procedemos a realizar el cálculo de verificación de la sección correspondiente:

$$S = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times e} = \frac{100 \times 172500 \times 21}{58 \times 380^2 \times 4\%} = 10.81 \text{ mm}^2$$

Dado que el conductor calculado para cada una de las cargas puntuales es un valor en decimales y no se encuentra disponible con esas medidas en el mercado, se utiliza un conductor de sección más próxima superior según el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Por lo tanto, la sección más próxima a utilizar es de 16 mm^2, el cual tiene un corriente admisible de 95 A.

Se verifica si dicho conductor cumple con la condición de caída de tensión:

$$e = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times s} = \frac{100 \times 172500 \times 21}{58 \times 380^2 \times 16} = 2{,}70\ \%$$

ed. % ec. %

4 > 2,70

De esa forma se verifica que la sección adoptada calculada gracias a la caída de tensión es admisible. De manera a tomar una decisión para la elección del conductor se debe analizar por la corriente que debe circular por el conductor.

Seguidamente calcularemos la corriente de la nave:

$$I_c = \frac{p}{\sqrt{3}\times v\times \cos\vartheta} = \frac{172500W}{\sqrt{3}\times 380\times 0{,}85} = 308{,}70\ A$$

Dado que el conductor calculado para cada una de las cargas puntuales es un valor en decimales y no se encuentra disponible con esas medidas en el mercado, se utiliza un conductor de sección más próxima superior según el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Por lo tanto, la sección más próxima a utilizar es de 95 mm^2, el cual tiene un corriente admisible de 312 A.

Corrección de factor de seguridad.

De modo a proteger efectivamente los conductores y evitar superar su ampacidad se debe calcular la corriente pico de manera a brindar seguridad que la sección y la protección escogida es la adecuada:

Para el conductor:

$I_{Pc} = I_C$ x 1,25 = 312x1,25=385,88A

Dado que el conductor calculado para cada una de las cargas puntuales es un valor en decimales y no se encuentra disponible con esas medidas en el mercado, se utiliza un conductor de sección más próxima superior según el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Por lo tanto, la sección más próxima a utilizar es de 150 mm^2, el cual tiene un corriente admisible de 422 A.

A partir de estos datos hallados, lo utilizaremos para hallar la sección y la protección. Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_{Pc} < I_{adm}$$

$$385{,}88 < 422$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores.

Para el cálculo de Protección:

$I_{Pp} = I_{C\ x}$ 1,15 = 308,70x1,25=355A

La corriente nominal de carga "I_{Pp}" es de 355 A. Lo cual se procede a verificar que la protección actual esta subdimensionado en su ajuste, como es una protección de caja moldeada $3\times (160/400)$ A y el valor da para reajustar, entonces se requiere que se modifique los valores.

Comprobamos así los criterios de las corrientes

$$\boldsymbol{I_c < I_p < I_{ad}}$$

$$308{,}70\ \mathrm{A} < 400\mathrm{A} < 422$$

Se verifica perfectamente la condición.

A continuación, se presentan los valores obtenidos para la fábrica en general, que abarcan tanto el tablero principal del sector de Fidelería como el de Galletitas. Para optimizar el proceso y evitar la repetición de cálculos para cada alimentador y grupo de motores de la línea de producción, se ha decidido compilar todos los resultados en cuadros resumidos.

Este enfoque permite una visualización clara y concisa de la información, facilitando la comparación entre los diferentes circuitos y sus respectivas protecciones. Al centralizar los datos, se asegura que la selección de conductores y dispositivos de protección sea

coherente y adecuada para cada carga, cumpliendo con las normativas vigentes de seguridad y eficiencia energética.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL														
FIDELERIA - TABLERO PRINCIPAL														
Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección Regulable (A)
172,5	35	3x 240	18,02	16	95	4,51	308,70	95	312	385,88	240	577	355,01	3x (160/400 A)

Tabla 56. Valores de tablero principal del sector de Fidelería.

6.4.3. Readecuación de la protección de fidelería mediante instalación de un tablero debidamente calculado.

En el presente proyecto, se plantea la readecuación de la protección de fidelería de acuerdo con las normativas vigentes, específicamente el reglamento de baja tensión de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), para garantizar una instalación segura y eficiente en el sector en cuestión. Para ello, se propone la instalación de un tablero de distribución que cumpla con los requisitos técnicos establecidos, considerando tanto las características del sistema como el consumo eléctrico del sector.

El diseño del tablero ha sido calculado tomando como base el consumo eléctrico de la instalación, asegurando que se proporcione una adecuada protección contra posibles sobrecargas y cortocircuitos. Se ha determinado un dimensionamiento de barra de **30x5 mm**, acorde a la demanda energética y a las especificaciones técnicas del reglamento. Esta medida garantiza una distribución de corriente eficiente y segura, minimizando riesgos de fallos en el sistema eléctrico.

Asimismo, el tablero será fabricado con las siguientes dimensiones: **1000x600x250 mm**, lo cual permite alojar todos los componentes eléctricos necesarios para la protección y distribución de la energía de manera ordenada y accesible. El diseño del tablero también considera la ventilación adecuada para evitar el sobrecalentamiento y facilitar el mantenimiento, cumpliendo con los estándares de seguridad exigidos por la normativa.

La instalación del tablero debidamente dimensionado y conforme a las normativas de la ANDE asegura que la protección del sistema eléctrico sea eficaz, minimizando los riesgos y optimizando el rendimiento del sistema. Con esta readecuación, se garantiza

la protección de los equipos, la seguridad de los usuarios y la continuidad del suministro eléctrico.

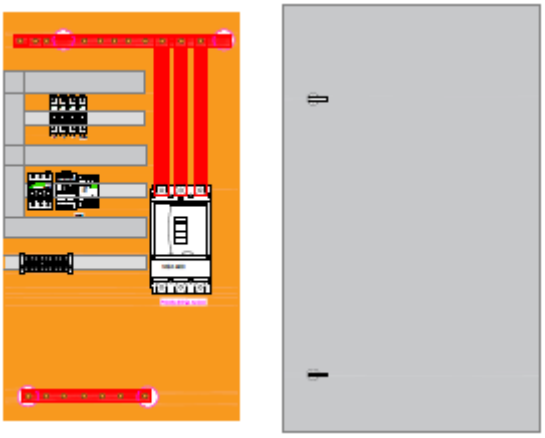

Figura 40. Propuesta de tablero.

Tablero Principal de Galletitas primera línea.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
Resistencia 1	36,8	30	3x70mm²	3,30	2,5	28	5,27	65,86	10	70	82,32	70	254	75,73507042	3x 225 A

Tabla 57. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Resistencia 1.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
Resistencia 2	36,8	30	3x70mm²	3,30	4	38	3,30	65,86	10	70	82,32	70	254	75,73507042	3x 225 A

Tabla 58. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Resistencia 2.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
GRUPO 1	18,032	30	3x6mm²	1,61	2,5	28	2,58	32,27	4	38	40,34	6	50	37,11018451	3x40 A

Tabla 59. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Grupo1.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
GRUPO 2	12,512	30	3x6mm²	1,12	2,5	28	1,79	22,39	2,5	28	27,99	6	50	25,74992394	3x32 A

Tabla 60. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Grupo2.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
GRUPO 3	5,63	30	3x4mm²	0,50	2,5	28	0,81	10,08	2,5	28	12,59	4	38	11,58664257	3x16 A

Tabla 61. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Grupo 3.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
GRUPO 4	3,42	30	3x4mm²	0,31	2,5	28	0,49	6,12	2,5	28	7,65	4	38	7,038422305	3x10 A

Tabla 62. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera línea Grupo 4.

AGRO INDUSTRIA COLONIAL															
GALLETITAS PRIMERA LINEAL - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
LUMINARIA	2,8	20	2mm²	0,17	1,5	19,5	0,45	5,01	1,5	19,5	6,26	2	24	5,76245101	1x10 A

Tabla 63. Valores de tablero principal del sector de Galletitas primera Iluminación.

Tablero Principal de Galletitas segunda línea.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS SEGUNDA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
Resistencia 1	36,8	30	3x70mm²	3,30	2,5	28	5,27	65,86	10	70	82,32	70	254	75,74	3x 225 A

Tabla 64. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Resistencia 1.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS SEGUNDA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
Resistencia 2	36,8	30	3x70mm²	3,30	4	38	3,30	65,86	10	70	82,32	70	254	75,74	3x 225 A

Tabla 65. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Resistencia 2.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS SEGUNDA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
GRUPO 1	18,032	30	3x6mm²	1,61	2,5	28	2,58	32,27	4	38	40,34	6	50	37,11	3x 40 A

Tabla 66. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Grupo 1.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS SEGUNDA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
GRUPO 2	12,512	30	3x6mm²	1,12	2,5	28	1,79	22,39	2,5	28	27,99	6	50	25,75	3x 32 A

Tabla 67. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Grupo 2.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL															
GALLETITAS SEGUNDA LINEA - TABLERO PRINCIPAL															
Descripción	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
GRUPO 3	5,63	30	3x4mm²	0,50	2,5	28	0,81	10,08	2,5	28	12,59	4	38	11,59	3x 16 A

Tabla 68. Valores de tablero principal del sector de Galletitas segunda línea Grupo 3.

6.4.4. TABLERO SECCIONAL SALA DE MAQUINAS.

DIMENSIONAMIENTO DE LA PROTECIÓN Y DE LA ALIMENTACION DE LAS MÁQUINAS.

6.4.4.1. MÁQUINA DEL SECTOR FIDELERIA.

Se llevarán a cabo los cálculos necesarios para determinar los valores de las protecciones y la sección de conductor adecuada para cada carga de ramal. A continuación, se presentan los valores actuales correspondientes al sector de Fidelería.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL						
FIDELERIA NIDO						
Tag.	**Descripción**	**Pot.CV**	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Protección Regulable**	**Conductor**
PRENSA(Movimiento)						
M1	Bomba de Vacio	15	11,04	18	9 - 12 A	3x(2x2,5 mm²)
M2	Dosador de harina (variador)	1,5	1,104	18	3x10 A	3x1,5 mm²
M3	Rosca de compresion (variador)	70	51,52	15	3x160 A	3x 50 mm²
M4	Centrifuga	1,5	1,104	15	0,9 - 1,25 A	3x1,5 mm²
M5	Amasadera	5	3,68	15	9 - 14 A	3x2,5 mm²
M5,1	Amasadera	5	3,68	15	9 - 14 A	3x2,5 mm²
M6	Cuchillo nido	2	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
M6,1	Cuchillo nido	2	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
M7	Bomba hidraulica	1	0,736	18	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
M8	Talha	0,5	0,368	18	0,63 - 1 A	3x1,5 mm²
M19	Vent. Delta/ cabezote	1,5	1,104	16	2,2 - 3,2 A	3x1,5 mm²
M21	Bomba Centrifuga(Agua empasto)	0,75	0,552	18	1 - 1,6 A	3x1,5 mm²
TUNEL (Movimiento)						
M9	Eje cardan (variador)	5	3,68	25	3x10 A	3x2,5 mm²
M10	Movimiento del 1er piso (variador)	0,75	0,552	55	3x10 A	3x1,5 mm²
M11	Movimiento del 2do piso(variador)	0,75	0,552	28	3x10 A	3x1,5 mm²

M12	Movimiento del 3er piso	0,75	0,552	55	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
M13	Esteira de Descarga	0,5	0,368	20	1,1 - 1,6 A	3x1,5 mm²
M14	Esteira de Carga	1	0,736	20	2,2 - 3,8 A	3x1,5 mm²
M15	Bomba de agua Empasto	1	0,736	25	2,2 - 3,8 A	3x1,5 mm²
M17	Bomba de agua Empasto	0,13	0,09568	25	0,7 - 1 A	3x1,5 mm²
VENTILACION						
V1	1º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,416	20	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V2	2º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,416	25	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V3	3º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,416	30	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V4	4º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,416	35	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V5	1º Central Tunel cotenedores	(6x) 1.00	4,416	50	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V6	2º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,416	55	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V7	3º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,416	60	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V8	4º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,416	65	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V9	5º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,416	55	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V10	6º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,416	60	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V11	7º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,416	65	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V12	8º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,416	70	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V13	9º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,416	75	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
V14	10º Ventil. Extraccion Nido	(2x) 4	5,888	90	5,5 - 8 A	3x1,5 mm²
EX1	Extractor 1	1,5	1,104	25	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
EX2	Extractor 2	1,5	1,104	40	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
EX3	Extractor 3	1,5	1,104	45	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
EX4	Extractor 4	1,5	1,104	45	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
EX5	Extractor 5	1,5	1,104	50	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²

MAQUINAS AMPLIADAS EN CCM

Tag.	Descripción	Pot.CV	Pot. KW	Longitud metros	Protección Regulable	Conductor
MZ01	Mezclador	5	3,68	18	6 - 10 A	3x2,5 mm²
BO01	Bomba Vacio	1,5	1,104	18	1,6 - 2,5 A	3x1,5 mm²
RO01	Rosca	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
RO02	Rosca	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
RO03	Rosca	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
BO02	Compresor	4	2,944	73	6 - 10 A	3x2,5 mm²

VR01	Valvula Rotativa	3	2,208	65	3,5 - 5 A	3x1,5 mm²
ZR01	Zaranda	0,5	0,368	75	0,63 - 1 A	3x1,5 mm²
CA01	Motor Caldera	2	1,472	80	2,5 - 4 A	3x2,5 mm²

Tabla 69. Cuadro de cargas del sector Fidelería actual.

Datos adiciones para realizar los cálculos correspondientes.

$\rho = 58\, m/(\Omega * mm^2)$

$e\% = 1$

FP = 0.85

Para el cálculo de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} =$$

Los valores obtenidos se representan en la tabla 67 en la séptima columna.

Dado que el conductor calculado para cada una de las cargas puntuales es un valor en decimales y no se encuentra disponible con esas medidas en el mercado, se utiliza un conductor de sección más próxima superior según el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Por lo tanto, la sección más próxima a utilizar es el valor que se encuentra en la tabla 70 en la octava columna. En la misma tabla en la novena columna se detallan las corrientes admisibles de esos conductores.

Se procede a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$\mathrm{e\%} = \frac{\mathrm{K} \times \mathrm{P} \times \mathrm{L}}{\rho \times \mathrm{U}^2 \times \mathrm{S}} =$$

realizando este cálculo con todas las cargas de las máquinas que componen la parte de fidelería se obtienen los valores expresado en la décima columna de la tabla 70.

Todas las secciones de los conductores deben cumplir la siguiente desigualdad, donde la caída de tensión designada debe ser mayor a la caída de tensión calculada:

$$e\%_d > e\%_c$$

De esta forma se verifica que la sección adoptada calculada gracias a la caída de tensión es admisible, pero para tomar una decisión más acertada y completa para la elección del conductor se debe analizar por medio de la corriente que debe circular por el conductor. Procedemos a determinar la corriente de dicha potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \emptyset} =$$

La corriente de cada máquina que corresponde a la fidelería está representada en la décimo primera columna de la tabla 70. Teniendo en cuenta que la corriente pico de algunas máquinas superan la ampacidad del conductor utilizado en el circuito, por lo tanto, procedemos a buscar uno conductor adecuado para esta carga en el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Los nuevos valores de corriente y de sección adaptadas para la corriente de las maquinas se presentan en las columnas doce y trece de la tabla 70.

Corrección de factor de seguridad.

De modo a proteger efectivamente los conductores y evitar superar su ampacidad se debe calcular la corriente pico de manera a brindar seguridad que la sección y la protección escogida es la adecuada, Los valores se presentan en la columna catorce de a tabla 70.

Para el conductor:

$$I_{Pc} = I_C \times 1{,}25$$

Con este cálculo se presentan que algunas máquinas deben de aumentar su sección de conductor debido a que supera el nivel de ampacidad del conductor actual, por lo tanto, se migra a la sección superior más próxima, esto teniendo en cuenta el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Dicha sección adaptada como

su corriente correspondiente se presenta en la columna quince y dieciséis de tabla 70 respectivamente.

Para la protección:

$I_{Pp} = I_{C} \times 1{,}15$

Al realizar esta operación matemática se puede obtener el valor de la corriente de protección a ser necesaria mínimamente para el buen funcionamiento de las protecciones y lograr un buen escalonamiento de ellas. Para el sistema de protecciones se utilizan los guardamotores los cuales vienen en un rango ajustable como se puede notar en la tabla 4, muchos valores están sobre o subdimensionado, teniendo en cuenta los valores correctos para la carga se selecciona el nuevo rango ajustable. Los valores seleccionados para cada máquina se presentan en la columna dieciocho de la tabla 67.

Por último y no menos importante se utiliza la siguiente desigualdad donde se compruebe que los criterios de corriente de carga sea menor a la corriente de la protección, y esta sea menor a la corriente admisible por el conductor.

Comprobando así los criterios de las corrientes

$$\boldsymbol{I_c < I_p < I_{ad}}$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL																	
FIDELERIA NIDO - TABLERO SECCIONAL																	
Tag.	**Descripción**	**Pot.C V**	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Conductor actual mm²**	**Sección del conductor calculado (mm²)**	**Sección (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Caida de tensión (V)**	**Corriente de carga (A)**	**Sección nueva (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Corriente motores ICx1,25**	**Sección modificada (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Corriente protección ICx1,15**	**Protección (A)**
PRENSA (Movimiento)																	
M1	Bomba de Vacio	15,00	11,04	18,00	3x(2x2,5	2,37	2,50	28,00	0,95	19,76	2,50	28,00	24,70	2,50	28,00	22,72	20-25 A
M2	Dosador de harina (variador)	1,50	1,10	18,00	3x1,5	0,24	2,50	28,00	0,09	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	3x10 A
M3	Rosca de compresion (variador)	70,00	51,52	15,00	3x 50	9,23	10,00	70,00	0,92	92,20	16,00	95,00	115,25	25,00	128,00	106,03	3x125 A
M4	Centrifuga	1,50	1,10	15,00	3x1,5	0,20	2,50	28,00	0,08	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	2,5 - 4 A
M5	Amasadera	5,00	3,68	15,00	3x2,5	0,66	2,50	28,00	0,26	6,59	2,50	28,00	8,23	2,50	28,00	7,57	9 - 14 A
M5,1	Amasadera	5,00	3,68	15,00	3x2,5	0,66	2,50	28,00	0,26	6,59	2,50	28,00	8,23	2,50	28,00	7,57	9 - 14 A
M6	Cuchillo nido	2,00	1,47	20,00	3x1,5	0,35	2,50	28,00	0,14	2,63	2,50	28,00	3,29	2,50	28,00	3,03	2,5 - 4 A
M6,1	Cuchillo nido	2,00	1,47	20,00	3x1,5	0,35	2,50	28,00	0,14	2,63	2,50	28,00	3,29	2,50	28,00	3,03	2,5 - 4 A
M7	Bomba hidraulica	1,00	0,74	18,00	3x1,5	0,16	2,50	28,00	0,06	1,32	2,50	28,00	1,65	2,50	28,00	1,51	1 - 1,6 A
M8	Talha	0,50	0,37	18,00	3x1,5	0,08	2,50	28,00	0,03	0,66	2,50	28,00	0,82	2,50	28,00	0,76	0,63 - 1 A
M19	Vent. Delta/ cabezote	1,50	1,10	16,00	3x1,5	0,21	2,50	28,00	0,08	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	2,2 - 3,2 A
M21	Bomba Centrifuga(Agua empasto)	0,75	0,55	18,00	3x1,5	0,12	2,50	28,00	0,05	0,99	2,50	28,00	1,23	2,50	28,00	1,14	1 - 1,6 A
TUNEL (Movimiento)																	
M9	Eje cardan (variador)	5,00	3,68	25,00	3x2,5	1,10	2,50	28,00	0,44	6,59	2,50	28,00	8,23	2,50	28,00	7,57	3x10 A
M10	Movimiento del 1er piso (variador)	0,75	0,55	55,00	3x1,5	0,36	2,50	28,00	0,14	0,99	2,50	28,00	1,23	2,50	28,00	1,14	3x10 A
M11	Movimiento del 2do piso(variador)	0,75	0,55	28,00	3x1,5	0,18	2,50	28,00	0,07	0,99	2,50	28,00	1,23	2,50	28,00	1,14	3x10 A
M12	Movimiento del 3er piso	0,75	0,55	55,00	3x1,5	0,36	2,50	28,00	0,14	0,99	2,50	28,00	1,23	2,50	28,00	1,14	1 -1,6 A
M13	Esteira de Descarga	0,50	0,37	20,00	3x1,5	0,09	2,50	28,00	0,04	0,66	2,50	28,00	0,82	2,50	28,00	0,76	0,63 - 1 A
M14	Esteira de Carga	1,00	0,74	20,00	3x1,5	0,18	2,50	28,00	0,07	1,32	2,50	28,00	1,65	2,50	28,00	1,51	1 -1,6 A
M15	Bomba de agua Empasto	1,00	0,74	25,00	3x1,5	0,22	2,50	28,00	0,09	1,32	2,50	28,00	1,65	2,50	28,00	1,51	1 -1,6 A
M17	Bomba de agua Empasto	0,13	0,10	25,00	3x1,5	0,03	2,50	28,00	0,01	0,17	2,50	28,00	0,21	2,50	28,00	0,20	0,16 - 0,25 A
VENTILACION																	
V1	1º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,42	20,00	3x1,5	1,05	2,50	28,00	0,42	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V2	2º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,42	25,00	3x1,5	1,32	2,50	28,00	0,53	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V3	3º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,42	30,00	3x1,5	1,58	2,50	28,00	0,63	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V4	4º Central Pre Encart.	(6x) 1.00	4,42	35,00	3x1,5	1,85	2,50	28,00	0,74	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V5	1º Central Tunel cotenedores	(6x) 1.00	4,42	50,00	3x1,5	2,64	4,00	38,00	0,66	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V6	2º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,42	55,00	3x1,5	2,90	4,00	38,00	0,72	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V7	3º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,42	60,00	3x1,5	3,16	4,00	38,00	0,79	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V8	4º Central Tunel contenedores	(6x) 1.00	4,42	65,00	3x1,5	3,43	4,00	38,00	0,86	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V9	5º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	55,00	3x1,5	2,90	4,00	38,00	0,72	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V10	6º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	60,00	3x1,5	3,16	4,00	38,00	0,79	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V11	7º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	65,00	3x1,5	3,43	4,00	38,00	0,86	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V12	8º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	70,00	3x1,5	3,69	4,00	38,00	0,92	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V13	9º Central Tunel tapete	(6x) 1.00	4,42	75,00	3x1,5	3,95	4,00	38,00	0,99	7,90	2,50	28,00	9,88	2,50	28,00	9,09	6 - 10 A
V14	10º Ventil. Extraccion Nido	(2x) 4	5,89	90,00	3x1,5	6,33	|0	70,00	0,63	10,54	2,50	28,00	13,17	2,50	28,00	12,12	9 - 14 A
EX1	Extractor 1	1,50	1,10	25,00	3x1,5	0,33	2,50	28,00	0,13	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	1,6 - 2,5 A
EX2	Extractor 2	1,50	1,10	40,00	3x1,5	0,53	2,50	28,00	0,21	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	1,6 - 2,5 A
EX3	Extractor 3	1,50	1,10	45,00	3x1,5	0,59	2,50	28,00	0,24	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	1,6 - 2,5 A
EX4	Extractor 4	1,50	1,10	45,00	3x1,5	0,59	2,50	28,00	0,24	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	1,6 - 2,5 A
EX5	Extractor 5	1,50	1,10	50,00	3x1,5	0,66	2,50	28,00	0,26	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	1,6 - 2,5 A
MAQUINAS AMPLIADAS EN CCM																	
Tag.	**Descripción**	**Pot.C V**	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Conductor actual mm²**	**Sección del conductor calculado (mm²)**	**Sección (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Caida de tensión (V)**	**Corriente de carga (A)**	**Sección nueva (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Corriente motores ICx1,25**	**Sección modificada (mm²)**	**Corriente conductor (A)**	**Corriente protección ICx1,15**	**Protección (A)**
MZ01	Mezclador	5,00	3,68	18,00	3x2,5	0,79	2,50	28,00	0,32	6,59	2,50	28,00	8,23	2,50	28,00	7,57	6 - 10 A
BO01	Bomba Vacio	1,50	1,10	18,00	3x1,5	0,24	2,50	28,00	0,09	1,98	2,50	28,00	2,47	2,50	28,00	2,27	1,6 - 2,5 A
RO01	Rosca	3,00	2,21	65,00	3x1,5	1,71	2,50	28,00	0,69	3,95	2,50	28,00	4,94	2,50	28,00	4,54	4 - 6 A
RO02	Rosca	3,00	2,21	65,00	3x1,5	1,71	2,50	28,00	0,69	3,95	2,50	28,00	4,94	2,50	28,00	4,54	4 - 6 A
RO03	Rosca	3,00	2,21	65,00	3x1,5	1,71	2,50	28,00	0,69	3,95	2,50	28,00	4,94	2,50	28,00	4,54	4 - 6 A
BO02	Compresor	4,00	2,94	73,00	3x1,5	2,57	4,00	38,00	0,64	5,27	2,50	28,00	6,59	2,50	28,00	6,06	6 - 10 A
VR01	Valvula Rotativa	3,00	2,21	65,00	3x1,5	1,71	2,50	28,00	0,69	3,95	2,50	28,00	4,94	2,50	28,00	4,54	4 - 6 A
ZR01	Zaranda	0,50	0,37	75,00	3x1,5	0,33	2,50	28,00	0,13	0,66	2,50	28,00	0,82	2,50	28,00	0,76	0,63 - 1 A
CA01	Motor Caldera	2,00	1,47	80,00	3x2,5	1,41	2,50	28,00	0,56	2,63	2,50	28,00	3,29	2,50	28,00	3,03	2,5 - 4 A

Tabla 70. Valores de tablero seccional del sector de Fidelería proyectada.

6.4.4.2. MÁQUINA DEL SECTOR GALLETITAS PRIMERA LINEA.

Se realizarán los cálculos pertinentes para establecer los valores de las protecciones y la sección de conductor adecuada para cada carga de ramal. A continuación, se presentan los valores actuales del sector Galletitas, primera línea.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL							
GALLETITAS PRIMERA LINEA							
Tablero	**Tag.**	**Descripción**	**Pot.CV**	**Pot. KW**	**Longitud metros**	**Protección Regulable**	**Conductor**
3x250A	RE 01	Resistencia 1	50	36,8	30	3x 225 A	3x70mm²
3x250A	RE 01	Resistencia 2	50	36,8	30	3x 225 A	3x70mm²
3x40A	M2	Mezclador	15	11,04	18	9 - 14 A	3x2,5 mm²
	M3	Amasadera	7,5	5,52	15	9 - 14 A	3x2,5 mm²
	M6	Cuchillo nido	2	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3X32A	B3	Bomba hidraulica	1	0,736	18	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
	CT1	Cintra transportadora	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	RO01	Rosca	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
	BO02	Compresor	4	2,944	73	3x10 A	3x2,5 mm²
	MR1	Molde Rotativo	3	2,208	65	4 - 6 A	3x1,5 mm²
	CT2	Cinta transportadora separadora de masa	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT3	Cinta transportadora mallada	4	2,944	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3x32 A	CT4	Cinta transportadora de enfriamiento	2	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT5	Cinta transportadora de empaque	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SP1	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SE1	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10304	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT7	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	MR1	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,104	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3x20 A	SP2	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,472	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SE2	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10304	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT8	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,736	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	MR2	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,104	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
1x16 A	SI	Sistema de Iluminación		2,574	20	16A	2 mm²

Tabla 71. Cuadro de cargas de la primera línea de producción de galletitas actual.

Datos adiciones para realizar los cálculos correspondientes.

$\rho = 58\ m/(\Omega * mm^2)$

$e\% = 1$

FP = 0.85

Para el cálculo de sección del alimentador:

$$S = \frac{k\ \times P_{watt}\ \times l}{\rho\ \times\ V^2\ \times e\%} =$$

Los valores obtenidos se presentan en la tabla 69, específicamente en la séptima columna. Dado que la sección calculada para cada carga puntual resulta en un valor decimal que no está disponible en el mercado, se seleccionará un conductor de sección superior, de acuerdo con el catálogo de INPACO – Tabla N° 5, tipo "F3" (cables unipolares en bandejas perforadas, en disposición horizontal o vertical), con aislamiento de XLPE o HEPR. Por lo tanto, la sección más adecuada se encuentra en la octava columna de la tabla 72. En la novena columna, se detallan las corrientes admisibles correspondientes a esos conductores.

A continuación, se procederá a aplicar el criterio de caída de tensión.

$$\mathrm{e\%} = \frac{\mathrm{K} \times \mathrm{P} \times \mathrm{L}}{\rho \times \mathrm{U}^2 \times \mathrm{S}} =$$

realizando este cálculo con todas las cargas de las máquinas que componen la parte de fidelería se obtienen los valores expresado en la décima columna de la tabla 72.

Todas las secciones de los conductores deben cumplir la siguiente desigualdad, donde la caída de tensión designada debe ser mayor a la caída de tensión calculada:

$$e\%_d > e\%_c$$

De esta manera, se confirma que la sección adoptada, calculada en función de la caída de tensión, es adecuada. Sin embargo, para tomar una decisión más precisa y completa

sobre la selección del conductor, es necesario analizar también la corriente que circulará por él. A continuación, procederemos a determinar la corriente correspondiente a dicha potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \emptyset} =$$

La corriente correspondiente a cada máquina del sector de Fidelería se encuentra representada en la undécima columna de la tabla 72. Dado que la corriente pico de algunas máquinas excede la ampacidad del conductor utilizado en el circuito, es necesario seleccionar un conductor adecuado para esta carga. Para ello, consultaremos el catálogo de INPACO – Tabla N° 5, tipo "F3" (cables unipolares en bandejas perforadas, en disposición horizontal o vertical), que incluye cables de cobre con aislamiento de XLPE o HEPR. Los nuevos valores de corriente y las secciones adaptadas para las máquinas se presentan en las columnas doce y trece de la tabla 72.

Corrección de factor de seguridad.

De modo a proteger efectivamente los conductores y evitar superar su ampacidad se debe calcular la corriente pico de manera a brindar seguridad que la sección y la protección escogida es la adecuada, Los valores se presentan en la columna catorce de la tabla 72.

Para el conductor:

$$I_{Pc} = I_C \times 1{,}25$$

Con este cálculo se presentan que algunas máquinas deben de aumentar su sección de conductor debido a que supera el nivel de ampacidad del conductor actual, por lo tanto, se migra a la sección superior más próxima, esto teniendo en cuenta el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Dicha sección adaptada como su corriente correspondiente se presenta en la columna quince y dieciséis de tabla 72 respectivamente.

Para la protección:

$$I_{Pp} = I_C \times 1{,}15$$

Al realizar esta operación matemática se puede obtener el valor de la corriente de protección a ser necesaria mínimamente para el buen funcionamiento de las protecciones y lograr un buen escalonamiento de ellas. Para el sistema de protecciones se utilizan los guardamotores los cuales vienen en un rango ajustable como se puede notar en la tabla 5, muchos valores están sobre o subdimensionado, teniendo en cuenta los valores correctos para la carga se selecciona el nuevo rango ajustable. Los valores seleccionados para cada máquina se presentan en la columna dieciocho de la tabla 72.

Por último y no menos importante se utiliza la siguiente desigualdad donde se compruebe que los criterios de corriente de carga sea menor a la corriente de la protección, y esta sea menor a la corriente admisible por el conductor.

Comprobando así los criterios de las corrientes

$$I_c < I_p < I_{ad}$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL																		
GALLETITAS PRIMERA LINEA - TABLERO SECCIONAL																		
Tablero	Tag.	Descripción	Pot. CV	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
3x250A	RE 01	Resistencia 1	50	36,8	30	3x70mm²	13,18	16	95	0,82	65,86	16	95	82,32	70	254	75,74	3x 225 A
3x250A	RE 01	Resistencia 2	50	36,8	30	3x70mm²	13,18	16	95	0,82	65,86	16	95	82,32	70	254	75,74	3x 225 A
3x40A	M2	Mezclador	15	11,04	18	3x2,5 mm²	2,37	2,5	28	0,95	19,76	2,5	28	24,70	2,5	28	22,72	20 - 25 A
	M3	Amasadera	7,5	5,52	15	3x2,5 mm²	0,99	2,5	28	0,40	9,88	2,5	28	12,35	2,5	28	11,36	9 - 14 A
	M6	Cuchillo nido	2	1,472	20	3x1,5 mm²	0,35	2,5	28	0,14	2,63	2,5	28	3,29	2,5	28	3,03	2,5 - 4 A
3X32A	B3	Bomba hidraulica	1	0,736	18	3x1,5 mm²	0,16	2,5	28	0,06	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	CT1	Cintra transportadora	1	0,736	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	RO01	Rosca	3	2,208	65	3x1,5 mm²	1,71	2,5	28	0,69	3,95	2,5	28	4,94	2,5	28	4,54	4 - 6 A
	BO02	Compresor	4	2,944	73	3x2,5 mm²	2,57	4	38	0,64	5,27	4	38	6,59	4	38	6,06	3x10 A
	MR1	Molde Rotativo	3	2,208	65	3x1,5 mm²	1,71	2,5	28	0,69	3,95	2,5	28	4,94	2,5	28	4,54	4 - 6 A
	CT2	Cinta transportadora separadora de masa	1	0,736	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1.6 A
	CT3	Cinta transportadora mallada	4	2,944	20	3x1,5 mm²	0,70	2,5	28	0,28	5,27	2,5	28	6,59	2,5	28	6,06	6 - 10 A
3x16 A	CT4	Cinta transportadora de enfriamiento	2	1,472	20	3x1,5 mm²	0,35	2,5	28	0,14	2,63	2,5	28	3,29	2,5	28	3,03	2,5 - 4 A
	CT5	Cinta transportadora de empaque	1	0,736	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	SP1	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,472	20	3x1,5 mm²	0,35	2,5	28	0,14	2,63	2,5	28	3,29	2,5	28	3,03	2,5 - 4 A
	SE1	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,103	20	3x1,5 mm²	0,02	2,5	28	0,01	0,18	2,5	28	0,23	2,5	28	0,21	0,16 - 0,25 A
	CT7	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,736	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1.6 A
	MR1	Mesa rotativa de empaquetado	1.5	1,104	20	3x1,5 mm²	0,26	2,5	28	0,11	1,98	2,5	28	2,47	2,5	28	2,27	2,5 - 4 A
3x10 A	SP2	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,472	20	3x1,5 mm²	0,35	2,5	28	0,14	2,63	2,5	28	3,29	2,5	28	3,03	2,5 - 4 A
	SE2	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,103	20	3x1,5 mm²	0,02	2,5	28	0,01	0,18	2,5	28	0,23	2,5	28	0,21	0,16 - 0,25 A
	CT8	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,736	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	MR2	Mesa rotativa de empaquetado	1.5	1,104	20	3x1,5 mm²	0,26	2,5	28	0,11	1,98	2,5	28	2,47	2,5	28	2,27	2,5 - 4 A
1x10 A	SI	Sistema de Iluminación		2,8	20	2 mm²	0,67	2	24	0,33	5,01	2	24	6,26	2	24	5,76	10A

Tabla 72. Valores de tablero seccional del sector de Galletitas primera línea proyectada.

6.4.4.3. MÁQUINA DEL SECTOR GALLETITAS SEGUNDA LINEA.

Se realizarán los cálculos correspondientes para definir los valores de las protecciones y la sección del conductor correspondiente a cada carga de ramal. A continuación, se presenta los valores actuales del sector Galletitas primera línea.

AGRO INDUSTRIAL COLONIAL							
GALLETITAS SEGUNDA LINEA							
Tablero	Tag.	Descripción	Pot.CV	Pot. KW	Longitud metros	Protección Regulable	Conductor
3x250A	RE 01	Resistencia 1	50	36,80	30	3x 225 A	3x70mm²
3x250A	RE 01	Resistencia 2	50	36,80	30	3x 225 A	3x70mm²
3x32A	M2	Mezclador	15	11,04	18	9 - 14 A	2,5 mm²)
	M3	Amasadera	7,5	5,52	15	9 - 14 A	3x2,5 mm²
	M6	Cuchillo nido	2	1,47	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3x32A	B3	Bomba hidraulica	1	0,74	18	1,8 - 2,5 A	3x1,5 mm²
	CT1	Cintra transportadora	1	0,74	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	RO01	Rosca	3	2,21	65	4 -6 A	3x1,5 mm²
	BO02	Compresor	4	2,94	73	6 -10 A	3x1,5 mm²
	MR1	Molde Rotativo	3	2,21	65	4 -6 A	3x1,5 mm²
	CT2	Cinta transportadora separadora de masa	1	0,74	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT3	Cinta transportadora mallada	4	2,94	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
3x32A	CT4	Cinta transportadora de enfriamiento	2	1,47	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT5	Cinta transportadora de empaque	1	0,74	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SP	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,47	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	SE	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	CT7	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,74	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²
	MR1	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,10	20	2,5 - 4 A	3x1,5 mm²

Tabla 73. Cuadro de cargas de la segunda línea de producción de galletitas actual.

Datos adiciones para realizar los cálculos correspondientes.

$\rho = 58\ m/(\Omega * mm^2)$

$e\% = 1$

FP = 0.85

Para el cálculo de sección del alimentador:

$$S = \frac{k\ \times P_{watt}\ \times l}{\rho\ \times\ V^2\ \times e\%} =$$

Los valores obtenidos se representan en la tabla 71 en la séptima columna.

Dado que el conductor calculado para cada una de las cargas puntuales es un valor en decimales y no se encuentra disponible con esas medidas en el mercado, se utiliza un conductor de sección más próxima superior según el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Por lo tanto, la sección más próxima a utilizar es el valor que se encuentra en la tabla 74 en la octava columna. En la misma tabla en la novena columna se detallan las corrientes admisibles de esos conductores.

Se procede a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$\mathrm{e\%} = \frac{\mathrm{K} \times \mathrm{P} \times \mathrm{L}}{\rho \times \mathrm{U}^2 \times \mathrm{S}} =$$

realizando este cálculo con todas las cargas de la maquinas que componen la parte de fidelería se obtienen los valores expresado en la décima columna de la tabla 74.

Todas las secciones de los conductores deben cumplir la siguiente desigualdad, donde la caída de tensión designada debe ser mayor a la caída de tensión calculada:

$$e\%_d > e\%_c$$

De esta forma se verifica que la sección adoptada calculada gracias a la caída de tensión es admisible, pero para tomar una decisión más acertada y completa para la elección del

conductor se debe analizar por medio de la corriente que debe circular por el conductor. Procedemos a determinar la corriente de dicha potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \emptyset} =$$

La corriente de cada máquina que corresponde a la fidelería está representada en la décimo primera columna de la tabla 71. Teniendo en cuenta que la corriente pico de algunas máquinas superan la ampacidad del conductor utilizado en el circuito, por lo tanto, procedemos a buscar uno conductor adecuado para esta carga en el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Los nuevos valores de corriente y de sección adaptadas para la corriente de las maquinas se presentan en las columnas doce y trece de la tabla 74.

Corrección de factor de seguridad.

De modo a proteger efectivamente los conductores y evitar superar su ampacidad se debe calcular la corriente pico de manera a brindar seguridad que la sección y la protección escogida es la adecuada, Los valores se presentan en la columna catorce de la tabla 74.

Para el conductor:

$$I_{Pc} = I_C \times 1{,}25$$

Con este cálculo se presentan que algunas máquinas deben de aumentar su sección de conductor debido a que supera el nivel de ampacidad del conductor actual, por lo tanto, se migra a la sección superior más próxima, esto teniendo en cuenta el catálogo de INPACO – Tabla N° 5 tipo “F3” (Cables unipolares en bandejas perforadas, horizontal o vertical), cables de cobre con aislación de XLPE o HEPR. Dicha sección adaptada como su corriente correspondiente se presenta en la columna quince y dieciséis de tabla 74 respectivamente.

Para la protección:

$I_{Pp} = I_C \times 1{,}15$

Al realizar esta operación matemática se puede obtener el valor de la corriente de protección a ser necesaria mínimamente para el buen funcionamiento de las protecciones y lograr un buen escalonamiento de ellas. Para el sistema de protecciones se utilizan los guardamotores los cuales vienen en un rango ajustable como se puede notar en la tabla 6 muchos valores están sobre o subdimensionado, teniendo en cuenta los valores correctos para la carga se selecciona el nuevo rango ajustable. Los valores seleccionados para cada máquina se presentan en la columna dieciocho de la tabla 74.

Por último y no menos importante se utiliza la siguiente desigualdad donde se compruebe que los criterios de corriente de carga sea menor a la corriente de la protección, y esta sea menor a la corriente admisible por el conductor.

Comprobando así los criterios de las corrientes

$$I_c < I_p < I_{ad}$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

AGRO INDUSTRIA COLONIAL																		
GALLETITAS SEGUNDA LINEA																		
Tablero	Tag.	Descripción	Pot. CV	Pot. KW	Longitud metros	Conductor actual mm²	Sección del conductor calculado (mm²)	Sección (mm²)	Corriente conductor (A)	Caida de tensión (V)	Corriente de carga (A)	Sección nueva (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente motores ICx1,25	Sección modificada (mm²)	Corriente conductor (A)	Corriente protección ICx1,15	Protección (A)
3x250A	RE 01	Resistencia 1	50	36,80	30	3x70mm²	13,18	16	95	0,82	65,86	16	95	82,32	70	254	75,74	3x 225 A
3x250A	RE 01	Resistencia 2	50	36,80	30	3x70mm²	13,18	16	95	0,82	65,86	16	95	82,32	70	254	75,74	3x 225 A
3x40A	M2	Mezclador	15	11,04	18	2,5 mm²)	2,37	2,5	28	0,95	19,76	2,5	28	24,70	2,5	28	22,72	20 - 25 A
	M3	Amasadera	7,5	5,52	15	3x2,5 mm²	0,99	2,5	28	0,40	9,88	2,5	28	12,35	2,5	28	11,36	9 - 14 A
	M6	Cuchillo nido	2	1,47	20	3x1,5 mm²	0,35	2,5	28	0,14	2,63	2,5	28	3,29	2,5	28	3,03	2.5 - 4 A
3x32A	B3	Bomba hidraulica	1	0,74	18	3x1,5 mm²	0,16	2,5	28	0,06	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	CT1	Cintra transportadora	1	0,74	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	RO01	Rosca	3	2,21	65	3x1,5 mm²	1,71	2,5	28	0,69	3,95	2,5	28	4,94	2,5	28	4,54	4 -6 A
	BO02	Compresor	4	2,94	73	3x1,5 mm²	2,57	4	38	0,64	5,27	4	38	6,59	4	38	6,06	6 -10 A
	MR1	Molde Rotativo	3	2,21	65	3x1,5 mm²	1,71	2,5	28	0,69	3,95	2,5	28	4,94	2,5	28	4,54	4 - 6 A
	CT2	Cinta transportadora separadora de masa	1	0,74	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	CT3	Cinta transportadora mallada	4	2,94	20	3x1,5 mm²	0,70	2,5	28	0,28	5,27	2,5	28	6,59	2,5	28	6,06	6 -10 A
3x16A	CT4	Cinta transportadora de enfriamiento	2	1,47	20	3x1,5 mm²	0,35	2,5	28	0,14	2,63	2,5	28	3,29	2,5	28	3,03	2.5 - 4 A
	CT5	Cinta transportadora de empaque	1	0,74	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	SP	Sistema de Pesaje	(10x) 0.20	1,47	20	3x1,5 mm²	0,35	2,5	28	0,14	2,63	2,5	28	3,29	2,5	28	3,03	2.5 - 4 A
	SE	Sistema de envoltorio	(4x)0,35	0,10	20	3x1,5 mm²	0,02	2,5	28	0,01	0,18	2,5	28	0,23	2,5	28	0,21	0,16 - 0,25
	CT7	Cinta transportadora de empaquetado	1	0,74	20	3x1,5 mm²	0,18	2,5	28	0,07	1,32	2,5	28	1,65	2,5	28	1,51	1 - 1,6 A
	MR1	Mesa rotativa de empaquetado	1,5	1,10	20	3x1,5 mm²	0,26	2,5	28	0,11	1,98	2,5	28	2,47	2,5	28	2,27	1,6 - 4 A

Tabla 74. Valores de tablero seccional del sector de Galletitas segunda línea proyectada.