

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL

Sede del Pacífico

Carrera

Ingeniería Eléctrica

TITULO DEL DOCUMENTO

**Rediseño eléctrico, estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en la industria
pecuaria de Agroindustrial Proave S.A.**

**Trabajo final de graduación como requisito para optar por el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería**

ESTUDIANTES

Josué Eduardo Fallas Ramírez

José Melvin Rosales Elizondo

Puntarenas, Costa Rica

Mayo 2021

HOJA DE APROBACIÓN

Ing. Carlos Ruiz Rodríguez
Director de Carrera de Ingeniería Eléctrica

MEng. José Alberto Vásquez Araya
Profesor Tutor

Ing. Félix Suarez Bonilla
Profesor Lector

Johnny Alberto Cordero Montero
Profesor Lector

Dedicatorias

Este trabajo final de graduación queremos dedicarlo a todas aquellas personas que nos dieron su apoyo incondicional y creyeron en nosotros; ellos brindaron su ayuda en el desarrollo de este trabajo final de graduación. Pero una más profunda dedicatoria:

Al ser supremo Dios

A Dios, por permitirnos la sabiduría, el conocimiento, el aprendizaje y por guiarnos en el buen camino iluminando nuestras mentes y por habernos permitido conocer a aquellas personas que nos han dado su apoyo incondicional durante toda la etapa de estudio.

A pesar de que muchas veces nos olvidamos de Ti, tenemos la certeza de que Tú siempre estás a nuestro lado, guiando nuestro camino y escuchando las plegarias.

A nuestros padres

Quienes han forjado las bases de lo que somos, permitiéndonos la educación, dándonos su apoyo absoluto en las metas que nos hemos propuesto.

Cuando hemos tenido percances en la vida y hemos tomado malas decisiones, cuando decimos que no podemos más, ellos estuvieron ahí para darnos su apoyo lleno de sabiduría y conocimiento. Ellos nos ayudaron a seguir adelante por el buen camino.

A mis hermanos

Pues han brindado un apoyo incondicional, con sus conocimientos y experiencias.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios, por habernos permitido llegar con bien a esta fase de nuestras vidas y brindarnos la sabiduría necesaria para cumplir con nuestros objetivos académicos.

A nuestros padres, por el esfuerzo y el apoyo incondicional que nos han brindado a lo largo de nuestras vidas y en esta etapa. Además, agradecemos por forjarnos como personas de bien, con las actitudes y virtudes necesarias para enfrentar los diferentes obstáculos que se nos han presentado en nuestro desarrollo académico.

También agradecemos a los docentes, pues han sido modelos profesionales y nos han transmitido el conocimiento para ser capaces de culminar la licenciatura en Ingeniería Eléctrica.

A nuestros compañeros, por ser parte de este proceso, pues sin ellos hubiese sido más difícil.

Tabla de contenido

Capítulo I - Descripción del problema	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Nombre del proyecto.....	3
1.3 Antecedentes.....	3
1.4 Planteamiento del problema	5
1.4.1 Planta pecuaria San Mateo	5
1.4.2 Planta pecuaria Palmares.....	6
1.5 Justificación.....	7
1.6 Objetivos	8
1.6.1 Objetivo general.....	8
1.6.2 Objetivos específicos.....	8
1.7 Alcance.....	9
1.8 Limitaciones	10
1.9 Viabilidad.....	11
1.10 Cronograma del proyecto.....	12
Capítulo II - Marco Teórico	16
2.2 Fallas eléctricas.....	17
2.2.1 Corrientes de cortocircuito	17
2.2.2 Sobrecarga	19

2.2.3 Falla a tierra	20
2.3 Estudios de ingeniería	20
2.3.1 Diagramas unifilares	21
2.3.2 Estudio de cortocircuito.....	22
2.3.3 Estudio de coordinación de protecciones	24
2.3.4 Estudio de flujo de potencia.	25
2.4 Descripción de la corriente de cortocircuito	26
2.4.1 Corrientes simétricas y asimétricas.....	27
2.5 Tipos de fallas.....	30
2.6 Contribución a la corriente de cortocircuito.....	31
2.7 Métodos de cálculo	36
2.8 Descripción de la Coordinación de Protecciones	36
2.9 Protecciones.....	41
Capítulo III - Marco metodológico	48
3.1 Tipo de investigación.....	49
3.2 Alcance de la investigación.....	50
3.3 Fuentes de información.....	50
3.4 Variables	51
3.5 Sujeto de información.....	52
3.6 Resumen.....	53

Capítulo IV - Desarrollo del proyecto	54
4 .1 Análisis de cortocircuito y coordinación de protecciones en San Mateo	56
4.1.1 Levantamiento de datos en la planta pecuaria de San Mateo	56
4.1.2 Análisis de escenarios por tipo de fuente	57
4.1.3 Magnitudes de corriente de corto circuito (ICC, X/R) aportada por la compañía de suministro eléctrico.....	59
4.1.4 Análisis de cortocircuito franco (3 fases).....	60
4.1.5 Análisis de resultados planta pecuaria San Mateo	61
Análisis de cortocircuito diferente al trifásico	73
4.1.6 Coordinación de protecciones planta pecuaria San Mateo.....	73
4.2 Rediseño Eléctrico Palmares	79
4.2.1 Diseño de Acometida en media tensión.....	80
4.2.2 Diseño de tableros planta pecuaria Palmares	85
4.2.3 Diseño de banco de capacitores	94
4.2.4 Estudio de flujo de potencia	95
4.2.5 Estudio de cortocircuito planta pecuaria Palmares	99
Capítulo V - Conclusiones y recomendaciones	112
4.1 Conclusiones.....	113
4.2 Recomendaciones	114
4.3 Bibliografía.....	116

4.4 Anexos	119
------------------	-----

Índice de figuras

Figura 2.1. Componentes de la corriente de falla.....	28
Figura 2.2. Tipos de fallas	31
Figura 2.3. Fuentes de corriente de cortocircuito.....	32
Figura 2.4. Corrientes de cortocircuito motor de inducción.	34
Figura 2.5. Corrientes de cortocircuito de motor síncrono	35
Figura 2.6. Curva de daño motor.....	38
Figura 2.7. Zonas de operación.....	39
Figura 2.8. Curvas de arranque de motores	40
Figura 2.9. Breaker MCCB.....	43
Figura 2.10. Breaker LVPCB.....	45
Figura 4.2 Componentes de cortocircuito trifásicas y monofásicas.....	60
Figura 4.3. TCC breaker principal (TP).....	75
Figura 4.4. TCC breaker principal I-line	77
Figura 4.5. Terminal tipo codo clase 35KV 200A	84
Figura 4.6. Aporte de la compañía de suministro eléctrico ICE	101
Figura 4.6. Datos de característica tiempo corriente (TCC TPG).....	106
Figura 4.7. Datos de característica tiempo corriente (TCC TPEE).....	107

Figura 4.7. Datos de característica tiempo corriente (TCC- BCAP).....	108
Figura 4.7. Datos de característica Tiempo Corriente (TCC TPC).....	109
Figura 4.7. Datos de característica tiempo corriente (TCC TPI)	110
Figura 4.7. Datos de característica tiempo corriente (TCC TPP)	111
Figura A1.1. Componentes de cortocircuito trifásicos y monofásicos (Planta de San Mateo) ...	119
Figura A1.2. Hoja de datos de fabricante de generador (Planta San Mateo).....	120
Figura A4. Diagrama unifilar sistema eléctrico planta San Mateo	140
Figura A6.1. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo	157
Figura A6.2. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua).....	158
Figura A6.3. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua).....	159
Figura A6.4. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua).....	160
Figura A6.5. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua).....	161
Figura A6.6. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua).....	162
Figura A6.7. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua).....	163
Figura A6.8. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua).....	164
Figura A7.1 Balance de cargas.....	165
Figura A6.8. Balance de cargas (continua).....	165
Figura A7.3 Balance de cargas (continua).....	166
Figura A7.4 Balance de cargas (continua).....	166
Figura A7.5 Balance de cargas (continua).....	167

Figura A7.8 Balance de cargas (continua).....	168
Figura A8.1. Detalle transición aéreo-subterránea para planta pecuaria Palmares.....	169
Figura A8.2. Detalle de fosa lateral.....	170
Figura A8.3. Detalle de fosa Superior.	171
Figura A8.5. Detalle para enterrado de ductos.....	172
Figura A8.6 Detalles transformador	173
Figura A8.7. Destalles de puesta a tierra transformador	174
Figura A8.8. Detalle de equipo de medición	175
Anexo 9 Diagrama Unifilar. Planta Pecuaria Palmares.....	176
Figura A9. Diagrama Unifilar. Planta Pecuaria Palmares.	177
Figura A9.1. Diseño de acometida principal Planta Palmares.....	178
Figura A9.2. Diseño de distribución de tableros.....	179
Figura A9.3. Diagrama de distribución de planta pecuaria Palmares	180

Índice de tablas

Tabla 1.1 Cronograma para el desarrollo del proyecto	12
Tabla 3.1 Resumen de investigación	53
Tabla 4.7. Reporte de operación en bus Equipo B. Chiller	61
Tabla 4.8. Reporte de Operación de Equipo Bus 8	63
Tabla 4.9. Reporte de Operación de Equipo T. SALA HUEVO	65
Tabla 4.10. Reporte de Operación de Equipo TABLERO TT	65
Tabla 4.11. Reporte de Operación de Equipo TC. INCENDIOS.....	66
Tabla 4.12. Reporte de Operación de Equipo TN1	67
Tabla 4.13. Reporte de Operación de Equipo TN2	67
Tabla 4.14. Reporte de Operación de Equipo TNI.....	68
Tabla 4.15. Reporte de Operación de Equipo TNN	68
Tabla 4.16. Reporte de Operación de Equipo TP.....	69
Tabla 4.17. Reporte de Operación de Equipo TPE	69
Tabla 4.18. Reporte de Operación de Equipo TC	70
Tabla 4.19. Diseño de tableros planta pecuaria Palmares	85
Tabla 4.20. Tablero TPS (Planta Pecuaria Palmares).....	86
Tabla 4.21. Tablero TPI (Planta Pecuaria Palmares)	86
Tabla 4.22. Tablero incubadoras crítico (Planta Pecuaria Palmares).....	87
Tabla 4.23. Tablero TPN (Planta Pecuaria Palmares).....	88

Tabla 4.24. Tablero nacedoras (continua)	88
Tabla 4.25. Tablero TPG (Planta Pecuaria Palmares)	89
Tabla 4.26. Tablero TPG (continua).....	89
Tabla 4.27. Tablero TPP	90
Tabla 4.28. Tablero TPP (continua)	90
Tabla 4.29. Tablero TPEE (Planta Pecuaria Palmares)	91
Tabla 4.30. Tablero TPEE (continua).....	92
Tabla 4.32. Tablero TPC (Planta Pecuaria Palmares)	92
Tabla 4.33. Tablero TPC (Continua).....	93
Tabla 4.34. Informe de sobrecarga del transformador	95
Tabla 4.35. Informe de sobrecarga de línea	96
Tabla 4.36. Informe de pérdidas de sucursales	97
Tabla 4.37. Informe de caída de voltaje	98
Tabla .4.38. Tablero TPI.....	101
Tabla .4.39. Tablero Bus-3.	102
Tabla .4.40. Tablero Bus-4.	102
Tabla 4.41. Tablero TP	102
Tabla 4.42 Tablero TPC	103
Tabla 4.42. Tablero TPEE	103
Tabla 4.43. Tablero TPG	103

Tabla 4.44. Tablero TPI.....	104
Tabla 4.45. Tablero TPN	104
Tabla 4.46. Tablero TPP	104
Tabla 4.47. Tablero TPS	104
Tabla A2.1. Tablero Principal (TP) (parte nueva)	121
Tabla A2.2. Tablero (TT) (parte nueva)	122
Tabla A2.3. Tablero Compresores (parte nueva)	123
Tabla A2.4. Tablero TAAP (parte nueva)	124
Tabla A2.5. Tablero ESB1 (parte nueva)	125
Tabla A2.6. Tablero TN1 (parte nueva)	126
Tabla A2.7. Tablero TN2 (parte nueva)	127
Tabla A2.8. Tablero TNN (parte nueva)	128
Tabla A2.9. Tablero TNI (parte nueva).....	129
Tabla A3.1. Tablero TPE (Planta vieja)	130
Tabla A3.2. Tablero TB (Planta vieja)	131
Tabla A3.3. Tablero TA (Planta vieja).	133
Tabla A3.4. Tablero cuarto bombas (planta vieja).....	134
Tabla A3.5. Tablero TC (planta vieja)	135
Tabla A3.6. Tablero escaleras de taller de MTTO (planta vieja).....	138
Tabla A3.6. Tablero de taller MTTO (planta vieja).....	139

Table A5.1. Reporte de operación Tablero BUS-8 (ANSI).....	144
Tabla A5.2. Reporte de operación Tablero BUS-10 (ANSI).....	144
Tabla A5.3. Reporte de operación Bus-11 (IEC).....	145
Tabla A5.4. Reporte de operación Bus-7 (IEC).....	145
Tabla A5.4.1. Reporte de operación Tablero BUS-35 (ANSI).....	146
Tabla A5.4.2. Reporte de operación Tablero BUS-36 (ANSI).....	146
Tabla A5.5. Reporte de operación Tablero TPE (ANSI).....	146
Tabla A5.5.1. Reporte de operación TA (ANSI)	147
Tabla A5.5.2. Reporte de operación Tablero TB (ANSI).....	147
Tabla A5.5.3. Reporte de operación Tablero TC (ANSI).....	148
Tabla A5.5.4. Reporte de operación Tablero TD (ANSI)	148
Tabla A5.5.5. Reporte de operación Tablero TB- LAB (ANSI).....	149
Tabla A5.6. Reporte de operación Tablero TP (ANSI).....	149
Tabla A5.6. Reporte de operación Bus TP (IEC).....	150
Tabla A5.6.1 Reporte de operación Tablero TNI (ANSI)	150
Tabla A5.6.2. Reporte de operación Tablero ESB1 (ANSI).....	151
Tabla A5.6.3. Reporte de operación Bus ESBI (IEC).....	151
Tabla A5.6.4. Reporte de operación Sala De Huevo (ANSI)	151
Tabla A5.6.5. Reporte de operación Tablero TNN (ANSI).....	152
Tabla A5.6.6. Reporte de operación Tablero TT (ANSI).....	152

Tabla A5.6.6.1. Reporte de operación en bus B. CHILLER (IEC)..... 153

Tabla A5.6.6.2 Reporte de operación Tablero Compresores (ANSI) 153

Tabla A5.6.6.3 Reporte de operación Tablero BUS-17 (ANSI)..... 154

Tabla A5.6.6.4. Reporte de operación Tablero TNI (ANSI) 154

Tabla A5.6.7 Reporte de operación Tablero TN1 (ANSI) 154

Tabla A5.6.8 Reporte de operación Tablero TN2 (ANSI) 155

Tabla A5.6.9 Reporte de operación Tablero TC. INCENDIOS (ANSI)..... 155

Tabla A5.6.10 Reporte de operación Bus TPTAR (IEC)..... 156

Resumen

El presente trabajo final de graduación lleva como tema “Rediseño eléctrico, estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en la industria pecuaria de Agroindustrial Proave S.A.”. Tiene como insumos información del personal, normativas técnicas, así como diferentes datos obtenidos mediante la implementación del software de ingeniería Easy Power.

El propósito es resolver los problemas encontrados en las plantas pecuarias San Mateo y Palmares, generados por causa del deterioro en el sistema eléctrico, desajuste en disyuntores y fallas imprevistas. Se implementan los estudios de ingeniería como coordinación de protecciones, estudio de cortocircuito y flujo de potencia con la intención de generar los valores necesarios para determinar el análisis del estado en el sistema eléctrico, además, determinar las capacidades del sistema y los diseños en la parte de potencia.

Se busca, en esencia, mitigar las paradas sin programación, las cuales podrían generar considerables pérdidas en producción para las empresas pecuarias.

El cuerpo del documento está formado por cuatro capítulos: el primero describe el problema, define la introducción, alcances, limitaciones, objetivos, justificaciones, realiza el planteamiento del problema, antecedentes y cronograma. En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, al explicar conceptos y definiciones importantes para comprender el documento; tales como tipos de fallas a tierra, estudios de ingeniería, corrientes simétricas y asimétricas, entre otros puntos importantes. En el tercer capítulo se encuentra el marco metodológico donde se define el tipo de investigación y su alcance, fuentes de información, variables y sujetos de información. En el cuarto capítulo se plantea el desarrollo del proyecto, incluyendo los resultados de informes obtenidos por el software, análisis de resultados de corrientes de cortocircuito mediante normas ANSI/IEC y por tipo de fuente, análisis de las TCC's de los Breakers principales y selección de equipos para

acometida principal en media tensión. En el quinto capítulo se plantean las conclusiones y recomendaciones del proyecto, ligadas al cumplimiento de los objetivos planteados, como levantamiento de datos, elaboración de los diseños eléctricos, desarrollo de estudios de ingeniería y análisis de resultados.

Abstract

The subject of this Final Graduation Project is "Electrical redesign, short-circuit study and coordination of protections in the livestock industry of Agroindustrial Proave S.A.". Which will have as tools personal information, technical regulations, as well as different data obtained through the implementation of Easy Power engineering software.

Which aims to solve the problems found in the San Mateo and Palmares livestock plants that, due to the lack of maintenance to their electrical installations, have caused advanced deterioration and with it a series of unforeseen failures.

Through engineering studies, a solution will be found to the problems encountered to mitigate unscheduled shutdowns that could generate considerable losses in production for companies. The studies to be developed will yield the necessary values to give the corresponding adjustments in the circuit breakers, in addition to determining the capacities of the system and the designs of the electrical system.

The body of the document is made up of four chapters in the first, the description of the problem is developed, in which the introduction, scope, limitations, objectives, justifications, problem statements, background, and schedule are defined. In the second chapter, the theoretical framework is developed explaining concepts and definitions important to understand the document as types of earth faults, engineering studies, symmetric and asymmetric currents among other important points. In the third chapter is the methodological framework defining the type of research, the scope of the research, sources of information, variables, and subject of the information. The fourth chapter considers the development of the project, analysis of results, and generated data. Fifth chapter the conclusions and recommendations of the project are made.

Capítulo I - Descripción del problema

1.1 Introducción

Las instalaciones eléctricas en las industrias y empresas sufren constantes cambios al agregar nuevas cargas al sistema eléctrico, conforme aumentan los procesos productivos, lo cual provoca modificaciones en los diseños iniciales. Por consiguiente, surge la necesidad de una inspección y actualización en los diagramas unifilares, estudios de cortos circuitos y coordinación de protecciones, entre otros.

Las plantas pecuarias de San Mateo y Palmares no escapan a la necesidad de realizar las inspecciones y actualización en sus sistemas eléctricos, por medio de los estudios de ingeniería eléctrica (estudios de cortocircuito y coordinación de protecciones), pues se han presentado constantes fallas en el sistema eléctrico y las reparaciones realizadas han sido provisionales. Se ha quedado a la espera de ajustar y rediseñar el sistema eléctrico, con base en estudios técnicos que dicten los requisitos, parámetros y normas que garanticen una instalación eléctrica segura para ambas plantas pecuarias.

Los estudios de ingeniería deben existir, estar actualizados y al alcance del personal competente, además, se debe contar con estudios de cortocircuitos y coordinación de protecciones, que permitan conocer las magnitudes de corrientes eléctricas a las cuales son sometidos los equipos durante la falla y ajustar las protecciones para mitigar su permanencia.

El grupo de trabajo realizará estudios de ingeniería eléctrica en la planta pecuaria San Mateo; estos contemplan un estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones, con lo cual se determinará si las protecciones existentes tienen la capacidad de interrumpir la corriente de falla por cortocircuito y realizar el ajuste en disyuntores. Para la planta pecuaria de Palmares se elaborará un rediseño del sistema eléctrico en la parte de potencia.

Los estudios de ingeniería eléctrica mencionados estarán apegados a las normativas aplicadas a la actividad, tales como la NFPA 70, IEEE 242, IEE 551, IEEE 1015, UL 67, entre otras.

Como lo dicta la (NFPA 70, 2014) en el artículo 90.1 “Este Código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de ellas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación esencialmente libre de riesgos” (pág. 30).

Con la implementación de este proyecto se buscará mejorar el funcionamiento en las instalaciones eléctricas de las plantas pecuarias y crear sistemas más seguros, al minimizar las posibilidades de generar eventuales daños causados por fallas eléctricas.

1.2 Nombre del proyecto

Rediseño eléctrico, estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en la industria pecuaria de Agroindustrial Proave S.A.

1.3 Antecedentes

La Unidad Industria Pecuaria de la Corporación Multi Inversiones (CMI) desde los inicios en los años 60, se encarga de la producción y comercialización de productos de carne de pollo y cerdo, así como de la producción de alimentos balanceados para animales.

Cuenta con presencia regional a través de granjas de crecimiento, postura y engorde; plantas de incubación y plantas procesadoras de carne de cerdo y pollo, con presencia en países como Guatemala, El Salvador, Honduras y Costa Rica.

Con el objetivo de hacer más eficientes y competitivas las plantas, se invierte constantemente en tecnología, para la implementación y manejo de estrictos controles zoonos sanitarios y fortalecimiento de los procesos de calidad como HACCP (Pecuaria, s.f.).

En Costa Rica, CMI pecuaria cuenta con dos empresas que desarrollan los procesos de incubadoras, las cuales son Sociedad Anónima Agroindustrial Proave, la cual contempla la planta pecuaria San Mateo y la de Palmares; estas poseen una producción conjunta de 3.500.000 pollitos listos para empezar su etapa de engorde (Departamento de Producción).

Actualmente, las industrias pecuarias de Agroindustrial Proave atraviesan cambios en la planificación de proyectos y en el rediseño estructural mecánico, civil, eléctrico, entre otros; por consiguiente, se ha identificado que las plantas pecuarias San Mateo y Palmares no cuentan con estudios de ingeniería eléctrica. Conociendo esta área de mejora, el grupo de trabajo tomará como sujeto de estudio las plantas pecuarias de San Mateo y Palmares; elaborará los estudios eléctricos

requeridos para un mejor funcionamiento de las instalaciones eléctricas de ambas plantas. De acuerdo con el capítulo III inciso 3.2.3 (g) del Reglamento para el Trámite de Planos y la Conexión de los Servicios Eléctricos, Telecomunicaciones y de Otros en Edificio del CFIA (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2012) se establece:

“Que la obra que contemple transformador debe realizarse el estudio de cortocircuito en cada tablero” (pág. 3).

Se decide, por tanto, utilizar las normas IEE 242 (coordinación de protecciones) y IEE 551 (cálculo de corrientes cortocircuito), además, se debe contemplar la norma NFPA 70 2014 para el rediseño eléctrico respectivo.

Mediante entrevistas al personal encargado de las áreas de mantenimiento de las plantas, se rescatan hechos importantes en los sistemas eléctricos, que evidentemente provocan fallas importantes en el funcionamiento; estos se mencionan a continuación.

- La planta pecuaria de San Mateo (Incubadora San Mateo) presentó tres interrupciones de energía: una se presenta en el tablero principal. Este evento provocó el paro de los procesos de producción de toda la planta pecuaria por cuatro minutos, pero en este caso no hubo ningún problema, porque entró en funcionamiento la planta de emergencia; el Departamento de Mantenimiento presentó la alerta y se procedió a llamar al contratista a cargo del montaje eléctrico de la planta.
- Las siguientes dos interrupciones se ubican en un tablero secundario que posee un *breaker* principal (planta nueva). El primer paro ocurrió cuando el Departamento de Mantenimiento se encontraba presente, por lo que se rehabilitó el *breaker* y se conservó en monitoreo. La siguiente semana volvió a ocurrir, solo que esta vez fue un domingo; el técnico en turno demoró quince minutos en llegar, de manera que se logró estabilizar la planta sin ninguna pérdida de producción.

- Palmares es una de las plantas con más de 45 años de trayectoria y hace dos meses se presentó una circunstancia por parte de los colaboradores del Departamento de Mantenimiento que estaban colocando un techo. Se necesitaba perforar una lámina de metal y nunca se percataron que los alimentadores principales se encontraban descubiertos; la broca del taladro realizó una ruptura en una de las fases y provocó un cortocircuito línea a tierra y nunca se disparó el *breaker* principal. Toda la planta pecuaria de Palmares presenta un deterioro en la parte eléctrica.
- Hace más de seis años la planta pecuaria Palmares sufrió un daño en un transformador, de manera que antes contaban con una configuración estrella en la parte secundaria y al presentar tal fallo se realiza una configuración delta abierto en la parte secundaria, por consiguiente, se está disminuyendo la capacidad de plena carga de los transformadores.

1.4 Planteamiento del problema.

1.4.1 Planta pecuaria San Mateo.

Los estudios de ingeniería eléctrica son indispensables para la correcta selección de las protecciones, pues brindan seguridad al operar el sistema eléctrico y al realizar los ajustes correspondientes en los disyuntores, mediante un estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones.

La planta pecuaria San Mateo no posee los estudios de ingeniería eléctrica antes mencionados. Los ajustes aplicados por el personal de mantenimiento a los disyuntores se realizan de forma empírica, sin algún estudio técnico de coordinación de protecciones que argumente la

parametrización realizada. Existe la necesidad de un estudio de cortocircuitos que determine si las protecciones, conductores y transformadores tienen la capacidad de soportar las corrientes de cortocircuitos.

1.4.2 Planta pecuaria Palmares.

La Alta Gerencia enfoca la importancia de que la planta pueda tener un rediseño eléctrico oportuno y de acuerdo con las normativas vigentes en Costa Rica, esto debido a que el mantenimiento del sistema eléctrico es fundamental para asegurar el correcto funcionamiento de la planta proceso y del proceso desarrollado, por consiguiente, permite identificar posibles fallas futuras e ir realizando las reparaciones para mitigar el deterioro del sistema eléctrico. Otro punto importante son las debidas actualizaciones en los diseños eléctricos, con el objetivo de mantener un orden e identificar, de forma oportuna, las fallas eléctricas que se puedan presentar.

A raíz de la falta de mantenimiento en la instalación de la planta pecuaria Palmares y su longevidad, se requiere un rediseño a nivel de potencia del sistema eléctrico de la planta, donde se contemple diagramas unifilares, estudio de cortocircuito, coordinación de protecciones, estudio de flujo de potencia, diseño de la distribución del sistema eléctrico, entre otros.

1.5 Justificación.

Mediante el desarrollo del presente proyecto se dará solución a las problemáticas planteadas por el personal de mantenimiento de las plantas pecuaria San Mateo y Palmares, relacionadas con las constantes interrupciones de energía en distintas partes del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo y debido el deterioro del sistema eléctrico en la planta pecuaria Palmares.

Mediante estudios de estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones, se obtendrán los ajustes correspondientes, aplicables a los disyuntores principales o el reemplazo de estos en la planta pecuaria San Mateo.

En la planta pecuaria Palmares se realizará un rediseño a nivel de potencia con el propósito de desarrollar un sistema eléctrico seguro.

Los estudios de ingeniería contemplan estudios de cortocircuito, coordinación de protecciones, flujos de potencia y rediseños a nivel de potencia. Estarán basados en normativas y estándares aplicables como IEEE 242, IEEE 551, la NFPA 70 y bibliografía consultada, las cuales contienen las disposiciones necesarias para la elaboración de sistemas eléctricos seguros.

1.6 Objetivos.

1.6.1 Objetivo general

- Realizar un estudio de cortocircuito y coordinación selectiva de protecciones en la planta pecuaria de San Mateo, así como un rediseño eléctrico a nivel de potencia en la planta pecuaria de Palmares, conforme a las normativas vigentes en país y software de ingeniería, que garanticen la confiabilidad y seguridad de las plantas.

1.6.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de cargas de las plantas pecuarias de San Mateo y Palmares, mediante visitas de campo, para el logro de la información requerida en los diagramas y el posterior análisis.
- Elaborar los diseños eléctricos, diagramas unifilares, ajustes y especificaciones de equipos de la planta pecuaria Palmares, mediante información recolectada y consulta bibliográfica, estableciendo de los criterios de diseño del sistema eléctrico al personal a cargo.
- Realizar los estudios de cortocircuito, coordinación de protecciones, mediante software de ingeniería y normas como la NFPA70 2014 (Código Eléctrico Nacional), estándar IEEE 551 e IEEE 242 en la planta pecuaria de San Mateo, para determinación de las magnitudes de corrientes de falla, curvas de protecciones y ajustes correspondientes.
- Analizar los resultados del estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones de la planta pecuaria San Mateo, mediante criterios técnicos en apego a las normas IEEE 242, IEEE 551 y la NFPA 70, para obtención de las recomendaciones que garanticen la confiabilidad y seguridad en las plantas.

1.7 Alcance.

El proyecto está enfocado en brindar una mejora en sistemas eléctricos de dos plantas pecuarias, ambas ubicadas en la provincia de Alajuela y esenciales para la incubación de huevos en las zonas de Palmares y San Mateo.

El trabajo final de graduación tendrá como etapa inicial la toma de datos necesarios, el posterior análisis de resultados y las conclusiones y recomendaciones. Se desarrollará en el transcurso de los años 2020-2021, en busca de mejorar la seguridad del sistema eléctrico de las plantas pecuarias, mediante estudios de ingeniería (estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones) en la planta pecuaria San Mateo y un rediseño eléctrico a nivel de potencia en la planta pecuaria Palmares. Se pretende beneficiar las siguientes áreas:

- Departamentos de producción, al eliminar las paradas que no se han programado en la producción a causa del disparo de las protecciones y dejando sin flujo eléctricos ciertas áreas esenciales.
- Área de mantenimiento, al contar con diagramas unifilares actualizados, un rediseño eléctrico ajustado a las normativas, para evitar las constantes fallas en el sistema eléctrico.
- Los propietarios, al no tener que incurrir en gastos económicos para realizar los pagos en la elaboración de estos estudios y diseños.
- El área financiera, al reducir los gastos en contrataciones para reparar las averías que surgen a diario y por disminución de compra de equipos eléctricos dañados por la mala condición de la instalación eléctrica.
- El proyecto será aprovechado por las plantas pecuarias (San Mateo y Palmares), también como base de información para futuros trabajos de estudiantes y otros profesionales.

1.8 Limitaciones.

- La planta pecuaria San Mateo y la planta pecuaria Palmares, no cuentan con los diseños eléctricos iniciales. Se debe, por tanto, realizar un levantamiento de cargas de ambas plantas.
- La planta pecuaria Palmares no posee sistemas de medición, los cuales son necesarios para determinar el comportamiento de los consumos de energía.
- Las condiciones en las cuales se encuentra el sistema eléctrico dificultan la toma de datos importantes para realizar los diagramas unifilares, pues los datos de placa de motores estas muy deteriorados y en algunos no se tiene esa información.
- Partes de la instalación eléctrica en la planta pecuaria Palmares presenta pérdida del aislamiento en los conductores y los empalmes, por lo que genera un estado alerta y obliga a la toma de datos con extrema precaución.
- El acceso a las plantas pecuarias es complejo, debido a las condiciones de higiene que se manejan dentro de las incubadoras para evitar la contaminación de los huevos. Por lo tanto, cada vez que se ingresa hay que bañarse y cambiarse de ropa.

1.9 Viabilidad.

Desde el punto de vista tecnológico se pretende contar con equipo de valioso aporte para la planificación, restructuración e implementación de los respectivos estudios de ingeniería, tanto de la planta de San Mateo como la planta de Palmares, con el fin de cumplir los requerimientos mínimos de cada una. Además, se presenta el caso de la utilización de un medidor de energía en la planta de Palmares para generar un informe previo a la Gerencia, sobre la situación actual de los equipos de transformación con respecto a la carga que presenta la planta (Gerencia, además, ordenó conocer el perfil de carga para verificar si los actuales transformadores son los adecuados y dar más tiempo de funcionamiento ante el proceso que llevará a cabo el proyecto de rediseño eléctrico).

La planta pecuaria de Palmares se encuentra a la espera del rediseño eléctrico para cuantificar el gasto de la implementación, de manera que este proyecto viene a beneficiar una planta en deterioro y longevidad avanzada en equipos eléctricos. Además, la parte financiera de la planta enfoca mucho interés en la implementación del rediseño eléctrico, por motivo de la necesidad que impone esta clase de proyectos.

La planta de San Mateo coordina un presupuesto para requerimientos demostrables con respecto al estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones; este proyecto, por tanto, beneficiará a la planta por la carencia de estudios de ingeniería.

Ambas plantas se encuentran con disponibilidad financiera, lo cual conduce a la apertura o adquisición de materiales para los proyectos de rediseño eléctrico en planta Palmares y el estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones de la planta San Mateo, con el fin de mantener en un estado óptimo la producción continua de pollitos.

1.10 Cronograma del proyecto.

Tabla 1.1 Cronograma para el desarrollo del proyecto

Semana	Actividad	Fecha	Comentarios
1	Inicio de lecciones II cuatrimestre 2020	01-jun-2020	Se da inicio al TFG.
4	Primera reunión con el profesor tutor y los lectores del trabajo final de graduación	22-jun-2020	Se coordina con el profesor tutor acerca de la metodología por seguir para las revisiones del avance del TFG.
5	Se solicita al ICE las componentes de cortocircuito monofásicas y trifásicas de las Plantas San Mateo y Palmares.	29-jun-2020	Se realiza la solicitud mediante una carta, con especificación del número de poste, número de medidor y localización.
6	Se inicia con la recolección de datos del transformador y acometida principal	6 -7 jul 2020	Recolección de parámetros eléctricos, conductores, tableros y equipos eléctricos.
6	Reunión con profesor tutor	10-jul-2020	Se coordina con el profesor tutor la realización de reuniones cada 15 días. El tutor solicita realizar una reestructuración del cronograma de actividades.
7	El ICE envía los parámetros de corrientes de cortocircuito	13-jul-2020	Se recibe la solicitud y se analizan las magnitudes de corrientes de cortocircuito, se actualiza el cronograma de ejecución y se solicitan las pólizas de estudiantes (documento pedido por parte de la empresa).
9	Reunión con profesor tutor	31-jul-2020	Se revisa el cronograma de actividades.
10	Se trabaja en el documento escrito	20 jul - 6 ago 2020	Desarrollo del marco teórico referencial.
11	Reunión con profesor tutor	14-ago-2020	Se revisa el primer avance del marco teórico referencial.
12	Recolección de datos en San Mateo	17-28 ago 2020	Recolección de datos del switchboard Principal, planta de respaldo, switchboard parte nueva y tableros secundarios de parte nueva.

13	Reunión con profesor tutor	28-ago-2020	Se evacuan dudas con respecto a los levantamientos de cargas y se revisa el segundo avance del marco teórico.
14-15	Recolección de datos en San Mateo y elaboración de diagramas unifilares	31 ago-11 sep 2020	Recolección de datos parte vieja de la planta pecuaria San Mateo, tableros I-line y tableros secundarios.
15	Reunión con profesor tutor	11-sep-2020	Se revisa el avance en los diagramas unifilares.
16-22	Recolección de datos San Mateo	14 sep- 30 oct 2020	Recolección de datos de conductores, tableros principales, secundarios, transformador, acometida, planta de emergencia y cargas.
17	Recolección de datos San Mateo	25-sep-2020	Recolección de datos planta nueva.
19	Reunión con profesor tutor	09-oct-2020	Se analizan los comentarios adjuntos en los avances del TFG.
21	Recolección de datos San Mateo	23-oct-2020	Recolección de datos planta nueva.
23	Reunión con profesor tutor	06-nov-2020	Brinda asesoría acerca de la información recolectada
23-24	Recolección de datos San Mateo	2-13 nov 2020	Recolección de datos planta nueva.
25	Reunión con profesor tutor	20-nov-2020	Se exponen los problemas encontrados y las soluciones planteadas.
25	Elaboración del documento escrito	16 nov-30 2020	Se trabaja en el desarrollo del marco teórico.
27	Elaboración del documento escrito	04-dic-2020	Se trabaja en el desarrollo del marco teórico.
29	Reunión con profesor tutor	18-dic-2020	Se exponen problemas encontrados en la toma de datos.
30	Elaboración del documento escrito	25-dic-2020	Se trabaja en el desarrollo del marco metodológico
31	Reunión con profesor tutor	08-ene-2021	Consultas acerca el desarrollo del documento escrito
33	Recolección de datos San Mateo	22-ene-2021	Recolección de datos planta vieja

34	Reunión con profesor tutor	05-feb-2021	Consultas acerca de recolección de datos planta vieja
35	Recolección de datos San Mateo	12-feb-2021	Se finaliza con la recolección de datos plata San Mateo
36	Recolección de datos Planta Palmares	19-feb-2021	Recolección de datos estructural y potencia
37	Acceso al uso software easy power	26-feb-2021	Se ingresa la información recolectada para generar los estudios
39	Primer avance del documento escrito	07-mar-2021	Se envía el primer avance del documento escrito al profesor tutor.
40	Elaboración de documento escrito	15-20 mar 2021	Desarrollo del análisis de resultados y diagramas eléctricos.
41	Reunión con profesor tutor	23-mar-2021	Se comenta las mejoras al documento.
43	Envío del segundo avance del documento escrito	30-mar-2021	Se envía el segundo avance al profesor tutor y primer avance a los lectores.
43	Envío del tercer avance del documento escrito	03-abr-2021	Se envía el tercer avance al profesor tutor.
45	Envío del tercer avance del documento escrito	15-abr-2021	Se envía el cuarto avance al profesor tutor y segundo avance a lectores.
46	Revisión de documento filólogos	26-abr-2021	Se envía el documento escrito a los filólogos para la revisión final.
47	Envío del documento final	29-abr-2021	Se realiza el envío del documento final del TFG al comité evaluador

Nota: Elaboración propia (2021).

Capítulo II - Marco Teórico

El presente capítulo está basado en normativas y manuales que ayudan al desarrollo de cálculos y discusiones del comportamiento de corrientes de cortocircuito. Normativas como ANSI/IEEE 551, ANSI/IEEE 242, ANSI/IEEE 141, manual de redes de distribución subterránea 13.8 kV:24.9 kV y 34.5kV. Los cálculos se ejecutarán mediante la ayuda de un software EASY POWER y de forma manual, los cuales se encuentran en el capítulo IV, el cual abarca el análisis y desarrollo del proyecto.

2.2 Fallas eléctricas.

2.2.1 Corrientes de cortocircuito.

La IEEE 551 (2006) define la corriente de cortocircuito como “Una conexión anormal (incluido el arco) de impedancia relativamente baja, ya sea realizada accidental o intencionalmente, entre dos puntos de diferentes potenciales” (pág.21).

Esta corriente de cortocircuito se caracteriza por generar grandes magnitudes de corrientes circulantes hasta el punto de falla. Se debe tomar en cuenta que la condición de cortocircuito presenta valores de corriente sumamente mayores que la corriente nominal, en condiciones normales de operación.

Incluso, instalaciones eléctricas seguras, no están ajenas a presentar esta condición, ya que puede ser generada por accidentes ajenos al mal dimensionamiento del sistema. La ANSI/IEEE 551 (2006) expone algunas de las posibles causas de esta falla:

Presencia de animales en el equipo, conexiones sueltas que provocan sobrecalentamiento del equipo, sobretensiones, deterioro del aislamiento debido a la edad, tensión o tensiones

mecánicas aplicadas al equipo, acumulación de humedad y contaminantes, la intrusión de objetos metálicos o conductores en el equipo, como abrazaderas de conexión a tierra, cintas de pesca, herramientas, martillos neumáticos o cargadores de pila, una gran variedad de "causas indeterminadas" (pág. 13).

Tal como se menciona, las causas de esta falla pueden estar ligadas a fallas externas que inciten la creación de escenarios para esta condición.

Los equipos expuestos a esta condición de falla sufren serios daños y desgastes al estar en presencia de grandes niveles de corrientes y temperaturas, las cuales afectan directamente los equipos del sistema eléctrico. Algunos escenarios mencionados por la IEE 551 (2006) que se pueden generar cuando ocurre un cortocircuito, son:

Las corrientes de cortocircuito pueden ser muy altas, introduciendo una cantidad significativa de energía en la falla, en la ubicación de la falla, pueden producirse arcos y quemaduras dañando el equipo adyacente y también posiblemente dando como resultado un peligro de quemaduras por arco eléctrico para el personal que trabaja en el equipo, la corriente de cortocircuito puede fluir desde las diversas máquinas giratorias en el sistema de distribución eléctrica hasta la ubicación de la falla, todos los componentes que transportan las corrientes de cortocircuito estarán sujetos a tensiones térmicas y mecánicas debido al flujo de corriente. Esta tensión varía en función de la magnitud de la corriente al cuadrado y la duración del flujo de corriente ($I^2 * t$) y puede dañar estos componentes, los niveles de voltaje del sistema caen en proporción a la magnitud de las corrientes de cortocircuito que fluyen a través de los elementos del sistema, la caída máxima de voltaje ocurre en la ubicación de la falla (hasta cero para una falla atornillada), pero todas las partes (pág.13).

Como consideraciones importantes en el análisis de las Icc están las fuentes de energía, las cuales determinarán los valores máximos y mínimos, así como duración de la falla. La IEEE 551 (2006) menciona la relación de estas fuentes como: “La corriente de cortocircuito disponible está directamente relacionada con el tamaño y la capacidad de las fuentes de energía (servicios públicos, generadores y motores) que alimentan el sistema y generalmente es independiente de la corriente de carga del circuito” (pág. 13). El valor de la corriente de cortocircuito crecerá proporcionalmente con respecto a los valores de las fuentes de energía; en simples palabras, cuanto mayor sea el aporte de las fuentes mayor será la Icc.

A demás, el tipo de falla, el momento en que ocurre y las impedancias entre las fuentes, influyen en el comportamiento de la Icc dentro de la instalación.

La IEEE 551 (2006), menciona que las conexiones del servicio público, motores, generadores, tanto síncronos como de inducción, actúan como generadores y suministrarán Icc en función de la cantidad de energía eléctrica almacenada en ellos (pág. 14).

2.2.2 Sobrecarga.

La condición de sobrecarga se presenta cuando un equipo esté excediendo la capacidad nominal para la cual fue diseñado, esto genera que los equipos experimenten un sobreesfuerzo y por tanto, un desgaste prematuro.

La NFPA 70 (2014) define la condición de sobrecarga como:

Funcionamiento de un equipo por encima de su capacidad nominal de plena carga, o de un conductor por encima de su ampacidad nominal que, cuando persiste durante un tiempo suficientemente largo, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga (pág. 42).

Como lo menciona la NFPA, los equipos sometidos a operar en estas condiciones pueden generar fallas en el sistema eléctrico e incluso, ser una causa de incendio o sufrir sobrecalentamientos excesivos hasta llegar a la pérdida de aislamiento del conductor. Según los datos estadísticos del informe de investigación de Bomberos de Costa Rica (Unidad de prevención e investigación de incendios , 2016), las causas de incendio por fallo del sistema eléctrico correspondieron un 34%, seguido de un 17.7% por fallo de aparatos y dispositivos eléctricos.

2.2.3 Falla a tierra.

La falla a tierra se puede definir como la condición en la cual un conductor energizado entra en contacto con piezas o partes de equipos que no fueron diseñados para ser conductores de electricidad, como carcasas de motores, lavadoras, refrigeradoras, cocinas eléctricas. Esta condición de falla puede ocasionar daños a los equipos o personas al entrar en contacto.

La NFPA 70 (2014) define esta condición como: “Conexión eléctricamente conductora, no intencional entre un conductor no puesto a tierra de un circuito eléctrico y los conductores normalmente no portadores de corriente, envolventes metálicas, canalizaciones metálicas, equipos metálicos o la tierra” (pág. 38).

2.3 Estudios de ingeniería.

Los estudios de ingeniería eléctrica tienen como función diseñar sistemas eléctricos seguros para las personas; estos diseños se basan en normativas y cálculos que será tomados en cuenta para una adecuada selección de sistema eléctrico, como: transformadores, conductores, disyuntores, paneles de cargas, entre otros.

Los objetivos de las normativas se enfocan en salvaguardar la integridad de las personas, tal como lo definen la IEE 242 y la NFPA 70.

La IEE 242 define su objetivo de seguridad de los estudios de coordinación como: “La prevención de lesiones humanas es el objetivo más importante al diseñar sistemas eléctricos”.

La NFPA 70 2014 define su propósito como “Salvaguarda práctica de las personas y de la propiedad contra los riesgos que se derivan del uso de la electricidad” (pág. 31).

2.3.1 Diagramas unifilares.

Un diagrama unifilar es una representación gráfica de la distribución del sistema eléctrico; muestra información sobre conductores, tableros, protecciones, motores, transformadores, valores de tensión, bancos de capacitores, generadores, fusibles, entre otros.

Dentro de las definiciones de la normativa acerca de los diagramas unifilares, la NFPA 70E (2018) señala: “Un diagrama que muestra por medio de líneas sencillas y símbolos gráficos, el curso de un circuito eléctrico o sistema de circuitos y los dispositivos o partes componentes utilizados en el circuito o sistema” (pág. 12).

Los diagramas unifilares son el punto inicial para los trabajos de ingeniería y mantenimiento, esto debido a que contienen la información de cómo está distribuida y compuesta la instalación eléctrica. De esta manera, se permite una rápida identificación de fallas eléctrica y componentes relacionados. Además, un diagrama unifilar actualizado es de suma importancia para una serie de

estudios y actividades como los de cortocircuito, coordinación de protecciones, estudios de flujo de carga, estudios de Arc flash, con localización de fallas, entre otros.

Dentro de los requisitos generales de mantenimiento la NFPA 70E, menciona en el artículo 205.1 que “Un diagrama unifilar, donde se proporcione para el sistema eléctrico, debe mantenerse en condición legible y actualizada” (pág. 49).

A lo largo del tiempo las instalaciones están sometidas a cambios, modificaciones y ampliaciones conforme la empresa o la industria va expandiendo o implementado nuevos procesos. Al efectuarse estas modificaciones, se deben actualizar los diagramas unifilares, para que la información esté vigente y para asegurar que los componentes del sistema estén protegidos.

Los diagramas deben situarse en lugares al alcance del personal competente, para pueda brindar la información necesaria al consultarse. La NFPA 70 (2014) indica:

Se debe colocar un diagrama permanente, diagrama unifilar en un lugar claramente visible, dentro de la misma sala o área cubierta con el equipo del tablero de distribución y este diagrama debe identificar claramente enclavamientos, medios de aislamiento y todas las posibles fuentes de tensión para la instalación en condiciones normales o de emergencia, y las marcas en el tablero deben hacer una contrarreferencia al diagrama (pág.377).

2.3.2 Estudio de cortocircuito.

El estudio de cortocircuito ayuda a describir el comportamiento de la corriente de falla en una instalación eléctrica; el objetivo principal de este estudio según (Marcial, 2012):

Es calcular el valor máximo de la corriente y su comportamiento durante el tiempo que permanece el mismo. Esto permite determinar el valor de la corriente que debe interrumpirse y conocer el esfuerzo al que son sometidos los equipos durante el tiempo transcurrido desde que se presenta la falla hasta que se interrumpe la circulación de la corriente (pág. 124).

Las instalaciones eléctricas en plantas industriales, edificios comerciales e instituciones están diseñadas para servir cargas de manera segura y confiable. Dentro del diseño de un sistema eléctrico, se deben realizar distintos estudios para determinar el comportamiento de la corriente en condiciones de fallas. Uno de los principales estudios es el de cortocircuito. Según como lo menciona la IEE 551: “Una de las principales consideraciones en el diseño de un sistema de energía es el control adecuado de cortocircuitos o fallas, como se les llama comúnmente” (pág. 15). Esto ha llevado a que los estudios de cortocircuito tengan un papel importante dentro de los diseños eléctricos.

La carencia de un control de fallas puede llevar a un deterioro prematuro o incluso, a ser la causa principal de incendios. Las grandes corrientes generadas en condición de Icc, lleva consigo calores extremos, a los cuales están expuestos los equipos conectados al sistema eléctrico. La IEE 551 (2006), menciona en su alcance que:

Una corriente de cortocircuito genera calor que es proporcional al cuadrado de la magnitud de la corriente ($I^2 * R$). La gran cantidad de calor generada por una corriente de cortocircuito puede dañar el aislamiento de la maquinaria y los aparatos rotativos que están conectados al sistema con falla, incluidos cables, transformadores, interruptores e interruptores automáticos (pág. 15).

Esto deja en claro la gran importancia de contar con estudios y controles de Icc, los cuales permitan una selección adecuada de los componentes del sistema eléctrico, como también los ajustes correspondientes, con la finalidad de interrumpir esta falla lo más rápido posible. Se evita, de esta manera, que el sistema esté expuesto a grandes esfuerzos térmicos. Para ejecutar un estudio de cortocircuito es necesario poseer cierta información, como: Diagrama unifilar actualizado, levantamiento de cargas, datos de impedancias transitorias, subtransitoria y estado permanente de las maquinas eléctricas y aporte de Icc de la compañía que brinda el suministro eléctrico.

Los datos mencionados son la base principal de un estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones.

2.3.3 Estudio de coordinación de protecciones.

En este punto se desarrollarán las definiciones y criterios con base en el estándar IEEE 242-2001, “The Buff Book”, el cual se ocupa de la selección, aplicación y coordinación de los componentes que constituyen el sistema de protección para plantas industriales y edificios comerciales (pág. 4). La protección y coordinación del sistema sirven para minimizar el daño a un sistema y sus componentes, con el fin de limitar el alcance y la duración de una interrupción del servicio que ocurra en cualquier parte del sistema.

El presente proyecto tiene como alcance realizar el estudio de coordinación de protecciones de la planta pecuaria San Mateo, en donde se analizará la coordinación de la acometida, en distintos *breakers* principales que alimentan a tableros de distribución.

La IEEE 242 menciona los objetivos principales de la coordinación:

“Limitar el alcance y la duración de la interrupción del servicio siempre que ocurran fallas en el equipo, errores humanos o eventos naturales adversos en cualquier parte del sistema, minimizar el daño a los componentes del sistema involucrados en la falla” (pág. 2).

Además, recalca que en el punto 1.1.2.1 Seguridad, que los dispositivos de interrupción deben tener una capacidad de interrupción adecuada. Las piezas energizadas deben estar lo suficientemente cerradas o aisladas para evitar exponer al personal a explosiones, incendios, arcos o descargas eléctricos. La seguridad siempre debe tener prioridad sobre la continuidad del servicio, los daños al equipo o la economía.

2.3.4 Estudio de flujo de potencia.

El flujo de carga también se conoce como flujo de potencia; estos términos pueden usarse indistintamente en el estándar IEEE 3002.2-2018. Este es el nombre que se le da a una solución de red que predice corrientes, voltajes, flujos de potencia real y reactiva en estado estable a través de cada rama y bus del sistema.

El objetivo es conocer cómo funciona el sistema en una variedad de condiciones operativas. Los flujos de energía son una parte importante de la operación y planificación del sistema de energía.

Algunos ejemplos de los usos de los estudios de flujo de carga que menciona la IEEE 3002.2 (2018) son para determinar lo siguiente:

Cargas de componentes o circuitos, Voltajes de bus en estado estacionario, flujos de potencia real y reactiva, configuración de tomas de transformador y acciones de carga del cambiador de tomas, pérdidas de potencia real y reactiva del sistema y caídas de tensión, demanda de potencia real y reactiva y caída de voltaje en la conexión de la fuente de energía,

puntos de ajuste de voltaje del regulador / excitador del generador, rendimiento en condiciones de carga máxima, normal, mínima y de inicio, rendimiento en varias configuraciones operativas (como cogeneración activada o desactivada, interruptores de enlace cerrados), actuación en condiciones de emergencia (post-contingencia), requisito para equipos de mejora del factor de potencia fijo o variable (pág. 12).

Además, los resultados del flujo de carga permiten determinar la capacidad del sistema y ayudan al desarrollo de diseños de sistemas eléctricos. Los datos necesarios para el desarrollo de un estudio de flujo de carga los menciona la IEEE 3002.2 (2018):

Para realizar un estudio de flujo de carga, se deben proporcionar datos completos sobre el sistema estudiado, incluyendo diagrama unifilar, parámetros de transformadores, cables y líneas de transmisión, valores nominales de cada equipo y la potencia real y reactiva de cada carga (pág. 13).

2.4 Descripción de la corriente de cortocircuito.

Como se mencionó anteriormente, el valor de la corriente de cortocircuito (I_{cc}) está relacionada con las fuentes que dan aporte a la corriente de falla como generadores, compañía de servicio eléctrico, motores síncronos y de inducción, sitio donde ocurre la falla, la configuración de la falla y el momento en que ocurre. Estas variables serán de suma importancia para realizar el análisis del comportamiento de I_{cc} en una instalación.

2.4.1 Corrientes simétricas y asimétricas.

La corriente resultante de la falla por cortocircuito puede adquirir características con distintas amplitudes, simétrica o asimétrica, dependiendo en el momento en que ocurra la falla y del tipo de cargas conectadas al sistema.

La IEEE 551 (2006) define el origen donde se presentan corrientes de fallas simétricas y asimétricas, como se menciona a continuación:

La corriente de falla simétrica ocurre en el momento en que la tensión de alimentación atraviesa su valor máximo. Esta corriente alcanza una característica con una magnitud simétrica con semiciclos positivos y semiciclos negativos. Para corrientes asimétricas se generan al momento en que la falla al instante donde la onda de tensión está pasando por su valor cero (pág. 14).

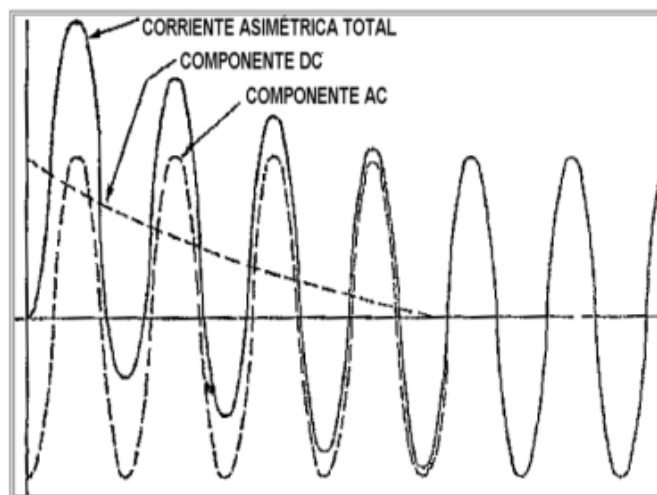
Además, en el mismo apartado de la (IEEE 551, 2006) describe el comportamiento como: En un sistema eléctrico que contiene cargas resistivas e inductivas generalmente comenzará con algún desplazamiento en la corriente (hasta el máximo) y gradualmente la corriente se volverá simétrica (debido a la caída del desplazamiento) alrededor del eje cero (pág. 14).

Así: “La componente dc decrece a medida que pasa el tiempo ya que su energía se disipa en forma de calor por la resistencia del circuito” (Marcial, 2012). En relación con lo mencionado, la componente dc se genera en función de la relación resistencia y reactancia (X/R); esto significa que cuanto más baja sea esta relación, permitirá un decaimiento más acelerado de la componente dc.

En los estudios de cortocircuitos y coordinación de protecciones se debe tomar en consideración, para dimensionar las protecciones, los valores asimétricos, los cuales presentan mayor magnitud de corriente, la cual es considerada como la peor condición de falla.

En la figura 2.1., se representa la conformación de una onda asimétrica; se observa que el valor más alto de la corriente asimétrica se presenta alrededor del medio ciclo del momento en cual ocurre el corto circuito.

Figura 2.1. Componentes de la corriente de falla



Nota. La imagen representa las componentes de la corriente de cortocircuito en condiciones de falla. Recuperado de Marcial (2012).

- **Relación Reactancia-Resistencia (X/R).**

La definición de Núñez (2016) en relación con el X/R , se menciona a continuación:

La relación que existe en el punto de cálculo, de la reactancia equivalente sobre la impedancia equivalente. Este factor es proporcional a la asimetría del sistema eléctrico, ya que, a mayor

inductancia en el sistema, se tendrá factores X/R más grandes, por lo tanto, mayor asimetría (pág. 22).

Se deben tomar en cuenta los valores de X/R que poseen los equipos y el valor real en la instalación. La IEEE 551 (2006) indica: “Cuando la relación X / R de falla calculada es mayor que la relación X / R de prueba del equipo, la corriente de falla total más alta asociada con la relación X / R más alta debe tenerse en cuenta al evaluar la aplicación del equipo” (pág. 23).

Las protecciones, cuando se fabrican, son sometidas a pruebas con un determinado valor de X/R . De ahí la importancia de implementar un estudio de cortocircuito, para conocer el valor real al que estarán sometidos los equipos en la instalación. Por su medio se realiza el análisis entre el valor obtenido, mediante un estudio de cortocircuito y el valor de prueba del dispositivo. De esta manera, se analiza si la protección o equipo tienen la capacidad de interrumpir la corriente de falla.

- **Reactancia subtransitoria, transitoria y estado permanente. Efectos y causas.**

En el transcurso de la duración de la falla, la onda adquiere distintas características conforme esta empieza a decaer con el tiempo; estas se dividen en tres tipos: reactancia subtransitoria, reactancia transitoria y reactancia síncrona. Este fenómeno es descrito por Marcial (2012) como se menciona a continuación “En las máquinas rotativas de corriente alterna generalmente la impedancia puede modelarse como una reactancia inductiva debido a la naturaleza inductiva de sus arrollados” (pág. 128).

La definición de cada una de estas reactancias tendrá definición en relación con el tiempo, desde el momento en que inicia la falla hasta alcanzar su estado permanente. A continuación, se menciona la definición de cada una de ellas según Marcial (2012):

La reactancia subtransitoria X_d ” que es la reactancia aparente del arrollado del estator en el instante del corto circuito y determina el flujo de corriente en los primeros 30 ciclos (hasta $\frac{1}{2}$

segundo) aproximadamente. La reactancia transitoria X' que determina la corriente durante el período siguiente al subtransitoria y abarca el rango de tiempo entre $\frac{1}{2}$ y 2 segundos después de la ocurrencia del corto circuito. La reactancia sincrónica X_s , la cual determina el flujo de corriente cuando se establece el período estacionario (pág. 128).

2.5 Tipos de fallas.

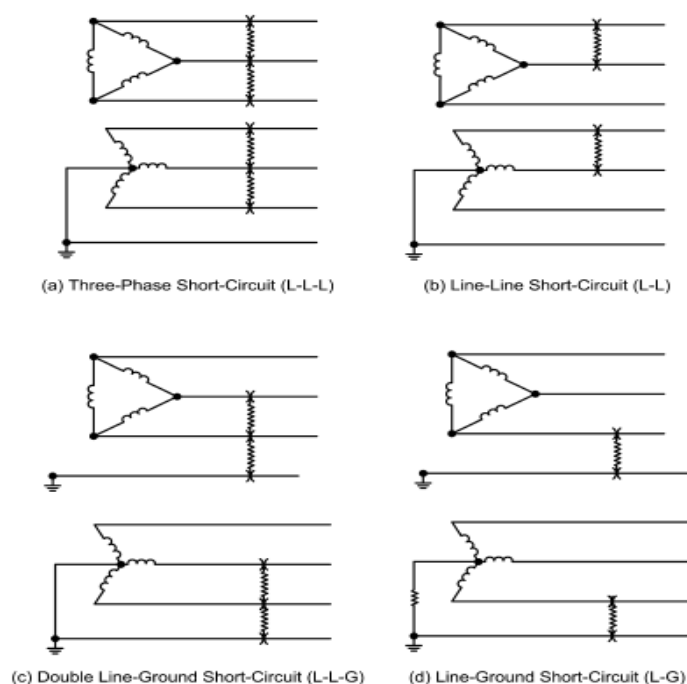
En un sistema trifásico, se pueden encontrar 4 tipos de fallas. Estas se clasificarán de acuerdo con la conexión, como la falla línea1-línea 2-Línea 3, Línea - Línea, Línea-Línea-tierra, Línea-tierra. La ANSI/IEEE 551 (2006) menciona que, para efectos de análisis “el cálculo de la corriente de falla requerido para la selección de capacidades de corrientes de interrupción y de resistencia del equipo es la falla trifásica con impedancia cero” (pág. 31).

La falla trifásica es la menos probable que suceda, sin embargo, suele tener los valores más altos de corriente de falla. La ANSI/IEEE 551 (2006) comenta lo siguiente acerca de las otras fallas, la L-L, L-L-G y L-G:

Las fallas atornilladas L-L son más comunes que las fallas trifásicas y tienen corrientes de fallas que son aproximadamente el 87% de la corriente de falla atornillada trifásica.

La corriente de L-L se puede determinar multiplicando el valor de fallas trifásica por el 0.866. Las fallas L-L-G son típicamente fallas de línea a tierra que se han intensificado para incluir un conductor de segunda fase. Las fallas L-G son las más comunes y por lo general son las menos perturbadoras para el sistema (pág. 32).

Figura 2.2. Tipos de fallas



Nota. Posibles combinaciones de fallas que se pueden presentar en un sistema eléctrico. Recuperado de (ANSI/IEEE 551, 2006, pág.30).

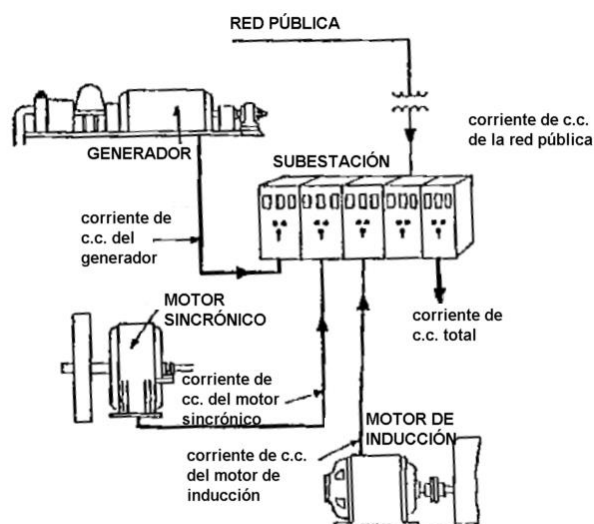
2.6 Contribución a la corriente de cortocircuito.

En condiciones de fallas por cortocircuito, existen diferentes aportes del sistema eléctrico a esta condición, las cuales se pueden clasificar en tres categorías principales, como se muestra en la figura 2.3. La primera, compañía eléctrica; la segunda, generadores existentes dentro de la instalación o cerca de la empresa da compañía eléctrica; la tercera, fuente como motores síncronos y de inducción. La segunda y la tercera tienen corrientes de máquinas que decaen significativamente con el tiempo, debido a la reducción del flujo magnético en la máquina durante un cortocircuito. Según la IEEE 551 (2006): “Para un cortocircuito en sus terminales, la corriente simétrica del motor de inducción desaparece por completo después de uno a diez ciclos, mientras

que la corriente de un síncrono el motor se mantiene a un valor inicial más bajo por su campo energizado” (pág. 20).

La figura 2.3 muestra las principales fuentes que dan aporte a la Icc.

Figura 2.3. Fuentes de corriente de cortocircuito



Nota. Las principales fuentes de contribución a la corriente de cortocircuito, motores de inducción, motores síncronos, generadores, red pública. Recuperado de Marcial (2012).

- **Elemento fuente.**

La compañía eléctrica da el principal aporte a la corriente de cortocircuito. Se cuenta con generadores, los cuales suministran energía según su demanda del sistema. En condiciones de cortocircuito, el sistema demanda mucha energía, pues la compañía brinda la energía necesaria hasta que a falla sea interrumpida.

Una de las grandes limitantes de la corriente que aporta la compañía, la menciona Marcial (2012):

Es la impedancia del sistema como líneas de transmisión, distribución y transformadores las cuales se ubican entre el suministrador y el consumidor, reduciendo de esta manera el aporte

de la compañía, en caso contrario la compañía estaría aportando una corriente de falla infinita (pág. 125).

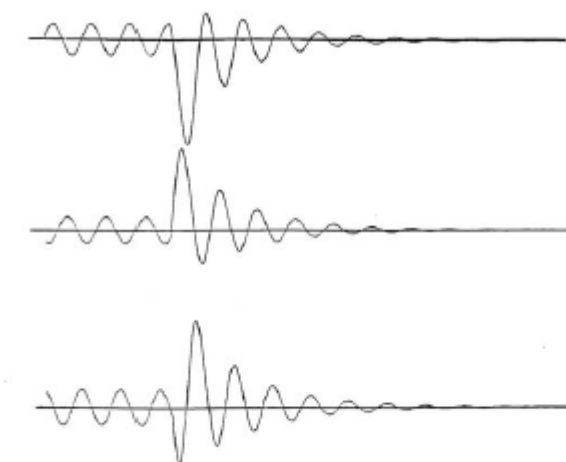
Para efectos de cálculos, la compañía suministra los datos de las magnitudes de cortocircuito trifásicas, X/R trifásico, magnitud de corrientes de corto monofásicas, X/R monofásicos y el voltaje base utilizado para el cálculo. Indica la ubicación donde se realicen los estudios de cortocircuito. Estos datos puede suministrarlos la compañía en distintas unidades de MVAcc, KVAcc o IkAcc.

- **Motores de inducción.**

En condiciones de cortocircuito, los motores de inducción generan aporte a la corriente de cortocircuito, en un corto periodo de tiempo; debido a su constante de inercia, estos mantendrán la dirección del movimiento y se convierten en un generador durante un corto periodo de tiempo, a causa del flujo magnético atrapado en el rotor. La IEEE 551, menciona que “la causa principal de la contribución de un motor de inducción se debe al voltaje de activación del estator generado por el flujo del rotor atrapado. Esta corriente está limitada por la reactancia interna del motor” (pág. 130).

Las componentes AC y DC decaen porque el flujo del rotor no se mantiene. Por consiguiente, el mayor aporte del motor se presenta durante los primeros ciclos. En la siguiente figura se muestra el aporte del motor de inducción en las tres fases.

Figura 2.4. Corrientes de cortocircuito motor de inducción.



Nota. Representa las corrientes de cortocircuito de un motor de inducción. Recuperado de ANSI/IEEE 551 (2006).

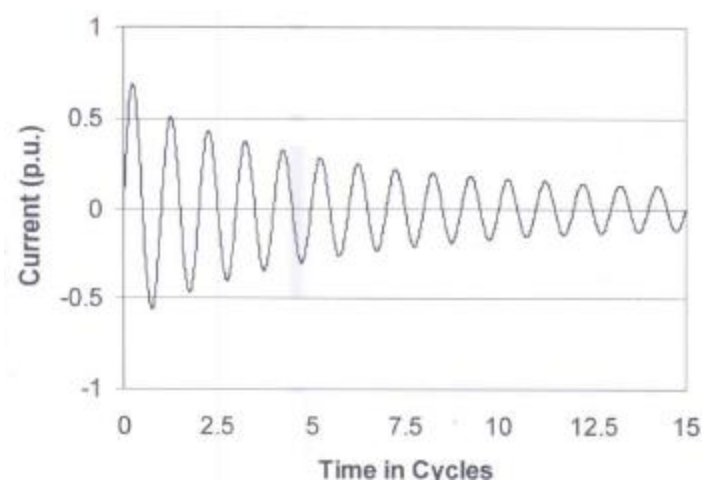
Contribución de máquinas síncronas.

Al igual que un motor de inducción, los motores síncronos generan un aporte a la I_{cc} , en el momento de la falla, su mayor contribución se presenta en los primeros ciclos. La forma de onda en los motores síncronos en condiciones de cortocircuito decae más lentamente, con respecto a la onda de un motor de inducción.

La ANSI/IEEE 551 (2006) menciona que este comportamiento sucede:

Porque el flujo a través del entrehierro de la máquina síncrona es mucho mayor en el instante en que ocurre el cortocircuito que unos pocos ciclos después. A medida que se reduce el flujo del entrehierro debido a la limitada capacidad de corriente de campo, la corriente del estator disminuye (pág. 117).

Figura 2.5. Corrientes de cortocircuito de motor síncrono



Nota. Representa las corrientes trifásicas de cortocircuito de un motor síncrono. Recuperado de ANSI/IEEE 551 (2006).

Contribución de generadores internos.

Los generadores aportan corriente de cortocircuito de forma continua en caso de falla, esto debido a la fuerza mecánica constante que ejercida por el motor de combustión hacia el eje del rotor de generador.

Este comportamiento lo describe Marcial (2012) de la siguiente forma:

“Cuando ocurre un corto circuito en el circuito al cual está conectado el generador, éste continúa produciendo voltaje porque la excitación de campo se mantiene y el primomotor sigue moviéndolo a velocidad normal. El voltaje generado produce una corriente de corto circuito de gran magnitud la cual fluye del generador (o generadores) al punto de falla (pág. 126).

2.7 Métodos de cálculo.

2.8 Descripción de la Coordinación de Protecciones.

La coordinación de protecciones tiene como propósito dar el ajuste necesario a las protecciones y equipos, para interrumpir la corriente de cortocircuito lo más rápido posible; además de determinar si los equipos como disyuntores, fusibles, relés, poseen la coordinación adecuada para evitar que los equipos como motores, transformadores y cables, operen con las zonas de daño. También ha de asegurar que, en caso de falla, entre en operación la protección más cercana al evento.

La NFPA 70 (2014) define la coordinación selectiva como:

Localización de una condición de sobre corriente para restringir interrupciones en el circuito o en los equipos afectados, llevada a cabo mediante la selección e instalación de dispositivos de protección contra sobre corriente y sus ajustes o configuraciones para el rango completo de las sobre corrientes disponibles, desde la sobrecarga hasta la corriente de falla máxima disponible y para el rango completo de momentos de apertura de los dispositivos de protección (pág. 36).

Para la elaboración de este proyecto, como se mencionó al inicio del documento, se hará uso del Software Easy Power para generar las TCC y realizar los ajustes en los disyuntores.

2.8.1 Características de datos Tiempo- Corriente (TCC's).

La TCC permite mostrar, mediante una representación gráfica, las zonas donde actúa un disyuntor, además, muestra las zonas de daño de los conductores y transformadores, las curvas de arranque de los motores, las curvas de daño, la ampacidad de los conductores, zonas instantáneas, región de sobre carga, región instantánea, capacidad interruptora; en otras palabras, en ella se puede verificar la coordinación con la cual cuenta la instalación.

2.8.2 Descripción de las TCC.

Las TCCs permiten una representación gráfica de las curvas de trabajo de las protecciones, cables, relés, transformadores, motores entre otros. Estas ayudan a la coordinación de los dispositivos de protección, de forma tal que los equipos no operen en rangos en los cuales puedan sufrir daños. En la biblioteca de dispositivos, Easy Power (2014) define las TCC como se menciona a continuación:

La mayor parte de las características de datos de tiempo-corriente (TCC) se escriben en la biblioteca como puntos de tiempo actual. Una curva de TCC puede ser representada por un número de coordenadas de tiempo y corriente. Al trazar curvas, EasyPower produce líneas suavizadas que pasan por estos puntos (párr. 1).

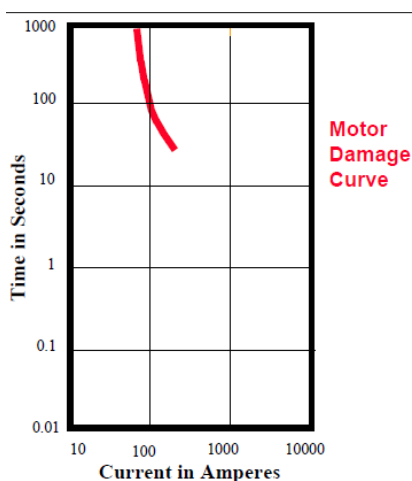
Curvas de daño.

Curva de daño se refiere a las zonas en la cuales lo motores y transformadores deben operar o no hacerlo. Mediante el análisis de estas curvas se emplean protecciones, ya sean fusibles,

disyuntores o relés térmicos, con la intención de interrumpir o permitir la operación del equipo, para asegurar un adecuado funcionamiento de este.

Las curvas de daño las describe Motortico (2011) como: “La Curva de Daño relaciona la corriente del motor con el tiempo en la cual es consumida esta corriente. Hay 2 áreas claramente definidas: zona segura, donde el motor opera adecuadamente, según el diseño del fabricante. La zona no segura (marcada) la define como *área de daño*, donde cualquier exposición a esta puede producir un daño permanente (pág. 5). Las protecciones deben evitar que el motor opere en la zona de daño.

Figura 2.6. Curva de daño motor



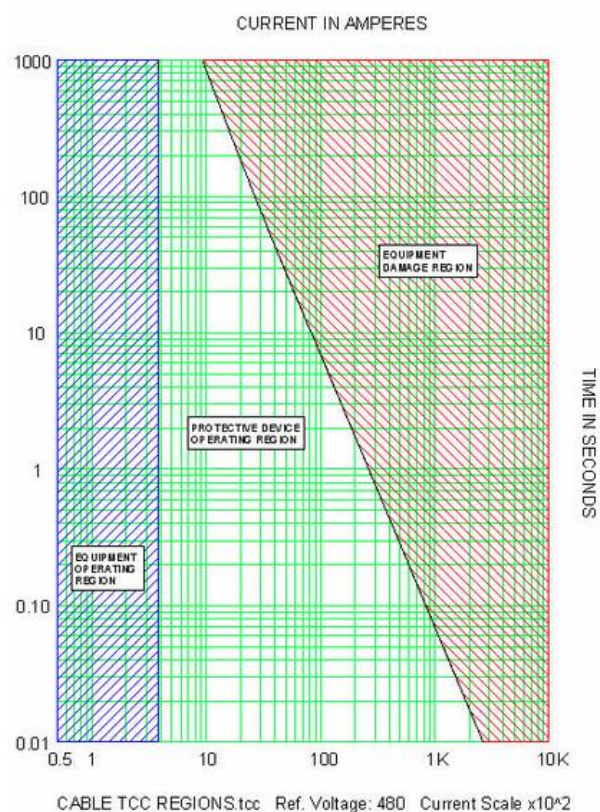
Nota. Curva de daño de un motor. Tomado de Easy Power (2014).

- **Zona de daño.**

Las zonas donde puede operar un equipo influyen en las características de fabricación. En ellas se analizan las curvas de daño del equipo, curvas de arranque y la ampacidad. A partir de los puntos

mencionados se diseñan las protecciones y los ajustes en los disyuntores y fusibles con la intención de evitar el trabajo del equipo en estas condiciones.

Figura 2.7. Zonas de operación



Nota. La TCC representa las diferentes regiones para operar un conductor. Tomado de Easy Power (2014).

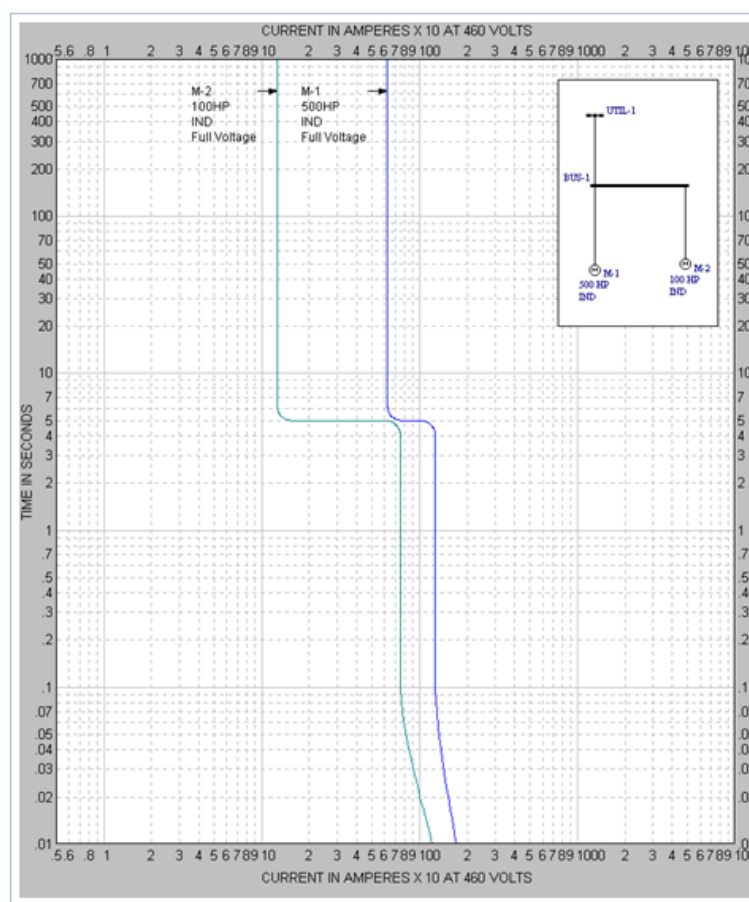
Como se muestra en la figura 2.7, lo sombreado de color rojo representa la zona de daño; operar el equipo en esta condición durante prolongados tiempos pueden generar severos daños. El área de color azul indica la condición en la cual debe operar el equipo.

- **Curva de arranque (inrush current).**

Curva de arranque (inrush current) de un motor, donde la corriente asume un valor de 4,5,6 veces la corriente nominal del motor, en el momento que este arranca, y va disminuyendo lentamente, hasta pocos segundos después, cuando el motor alcanza su velocidad nominal, o sea, cuando la corriente se estabiliza a su valor nominal.

Las corrientes de arranque presentan gran magnitud en un breve instante al arranque del motor, las protecciones deben coordinarse de tal manera que permitan estas corrientes. Mediante el análisis de la TCC se realizan los ajustes correspondientes para desplazar la curva del disyuntor hacia la derecha y liberar la curva de arranque, tal como se muestra en la Figura 2.8.

Figura 2.8. Curvas de arranque de motores



Nota. Curvas de arranque de dos motores, curva roja motor 100 Hp, curva azul motor 500 Hp.

Recuperado de Easy Power (2014).

- **Ampacidad.**

La ampacidad la define la NFPA 70 (2014) como: “Corriente máxima, en amperes, que un conductor puede transportar continuamente en condiciones de uso sin superar su temperatura nominal” (pág. 34).

Los conductores están diseñados para transportar una determinada corriente en función de su calibre. Al aumentar el calibre, el conductor permitirá diseños para mayores cargas, para llevar mayor corriente por el circuito. En la tabla 310.15 (B) (16) de la NFPA 70 (2014), se muestran las ampacidades de los conductores, respecto del tipo de aislamiento y capacidad de temperatura.

2.9 Protecciones.

Función de las protecciones y su importancia.

La NFPA 70 (2014) define los dispositivos contra sobrecorriente como: “Dispositivo con la capacidad para dar protección a circuitos de acometidas, alimentadores, circuitos ramales y equipos en todo el rango de sobre corrientes entre su corriente y su capacidad nominales de interrupción” (pág. 37).

La intención de los disyuntores es interrumpir el circuito ante condiciones de falla lo más rápido posible, pues la permanencia de sobrecorrientes puede generar daños a los equipos conectados al sistema eléctrico.

Se pueden encontrar distintos tipos de disyuntores diferenciados por sus capacidades de corrientes nominales, sus capacidades interruptoras, algunos permiten ajustes en las curvas características, número de polos y normativas de fabricación.

Estos dispositivos de protección contra sobrecorriente comparten tres aplicaciones operativas: parte de censado (magnético, térmico y electrónico), mecanismo de desenganche y un medio de desconexión.

La IEEE 1015 (2006) (Práctica recomendada por IEEE para la aplicación de disyuntores de bajo voltaje utilizados en sistemas de energía, industriales y comerciales), menciona las dos principales clasificaciones en *breakers* automáticos de bajo voltaje: los interruptores automáticos de caja moldeada (MCCB) y los interruptores automáticos de potencia de bajo voltaje (LVPCB). Dentro de la clasificación de disyuntores de caja moldeada existe otro tipo de disyuntor llamado disyuntor de caja aislada (ICCB).

Para la elaboración de este proyecto se trabajará con disyuntores tipo MCCB y LVPCB. A continuación, se describirá cada uno de estos disyuntores conforme lo menciona la IEEE 1015 (2006).

- **MCCB.**

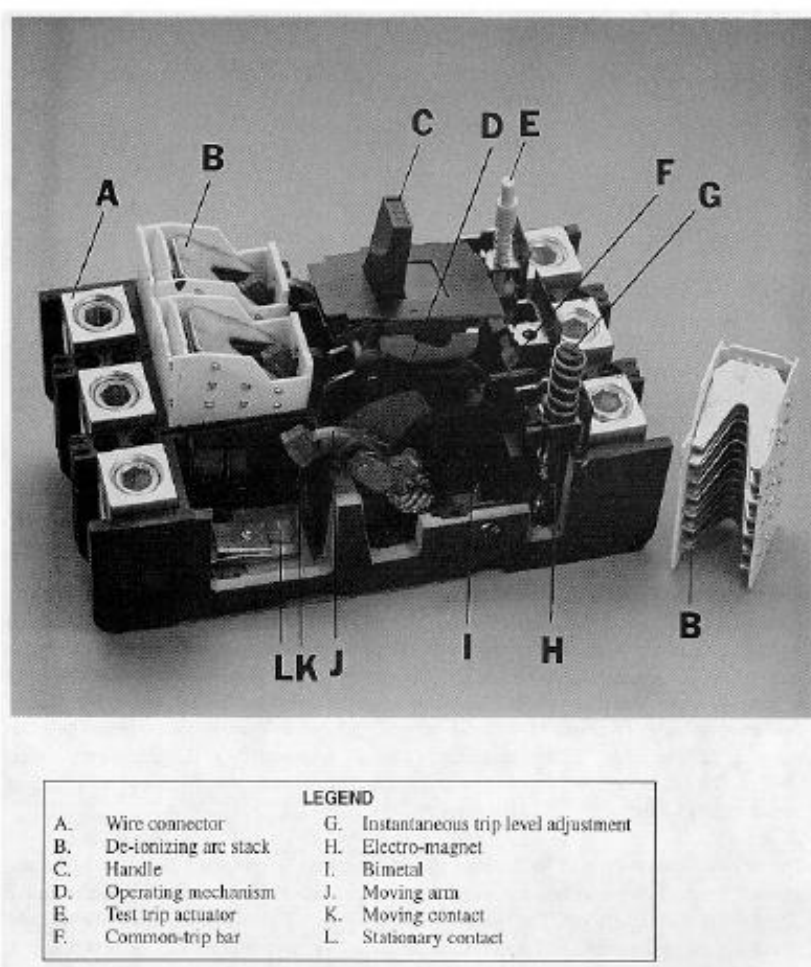
Sus partes, mecanismos y dispositivos de disparo que transportan corriente están completamente contenidos dentro de una caja moldeada de material aislante. La ANSI/IEEE, 1015 (2006) menciona lo siguiente acerca de *breakers* MCCB:

La cubierta y la base de los MCCB más pequeños están diseñadas para que los MCCB no se puedan abrir con fines de mantenimiento. Los principales contactos de los MCCB no se pueden quitar; sin embargo, algunos MCCB están disponibles con accesorios instalables en campo. Los MCCB están disponibles en construcción estacionaria o enchufable con carcasas de interruptores automáticos que se pueden empotrar o montar en la superficie. Están disponibles

en una gran cantidad de clasificaciones de corriente continua e interrupción. La corriente continua más pequeña clasificaciones están equipadas con unidades de disparo sólo magnéticas o térmicas. Los tamaños más grandes también están disponibles con dispositivos de disparo termomagnéticos o electrónicos (estáticos) (pág.2).

A continuación, se muestran, en la figura 2.9, las partes que conforman un dispositivo disyuntor MCCB.

Figura 2.9. Breaker MCCB



Nota. Partes de breaker MCCB. Tomado de (ANSI/IEEE, 2006, pág. 3).

- **ICCB.**

Dentro de las características mencionadas por la ANSI/IEEE 1015 (2006) acerca de los dispositivos disyuntores ICCB, se indica lo siguiente:

Al igual que con los MCCB, las piezas portadoras de corriente, los mecanismos y las unidades de disparo del ICCB, se encuentran dentro de una caja moldeada de material aislante. La caja está diseñada para que pueda abrirse para la inspección de contactos y conductos de arco y para un mantenimiento limitado. La mayoría de los fabricantes ofrecen diseños que permiten el reemplazo de accesorios y algunos diseños permiten el reemplazo de los contactos principales (pág.2).

Los ICCB están disponibles tanto en construcción estacionaria como extraíble. Generalmente, se caracterizan por un mecanismo de energía almacenada, tamaños de marco más grandes y clasificaciones de resistencia a corto plazo más altas que los MCCB.

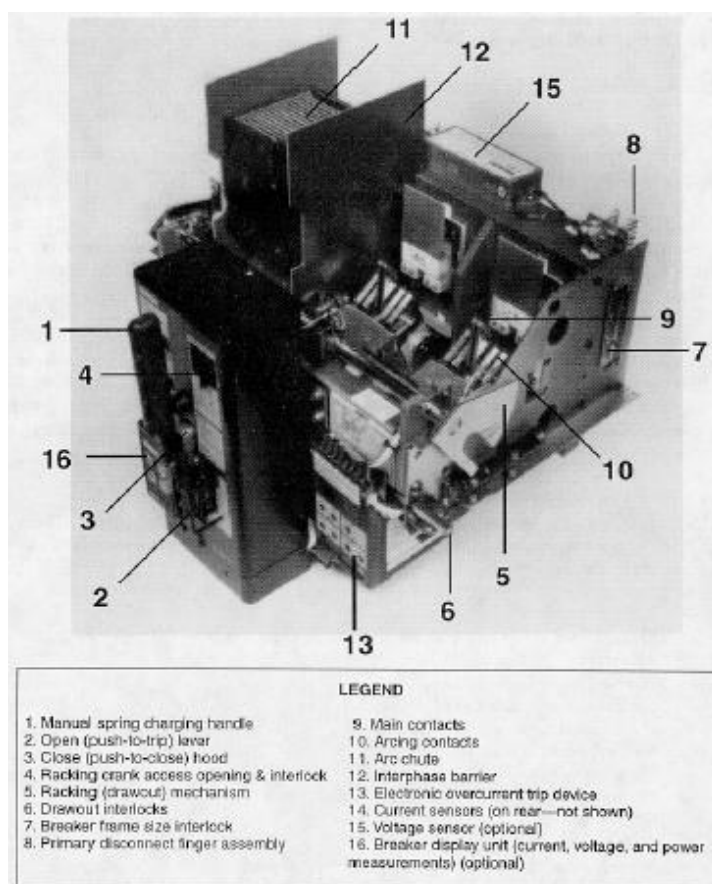
- **LVPCB.**

Los LVPCB se caracterizan generalmente por tamaños de bastidor físicamente grandes, construcción extraíble y las clasificaciones de resistencia a corto plazo más altas de todos los tipos de interruptores automáticos de bajo voltaje. Cuando se retira el disyuntor de su caja, las piezas que llevan corriente y las piezas operativas son accesibles para fines de inspección, mantenimiento y reemplazo. La ANSI/IEE 1015 (2006) menciona que estas unidades de disparo electromecánicas

se utilizaron en los interruptores automáticos antes de principios de la década de 1970. Sin embargo, las unidades de disparo electrónicas se utilizan en los LVPCB nuevos y están disponibles como actualizaciones para las unidades más antiguas (pág.2).

A continuación, se muestran, en la figura 2.10, las partes que conforman un dispositivo disyuntor LVPCB.

Figura 2.10. Breaker LVPCB.



Nota. Partes de un breaker LVPCB. Tomado de (ANSI/IEEE, 2006, pág. 4).

La implementación de estos *breakers* dependerá de la aplicación y tipo de sistemas eléctricos que se pretenda diseñar, como también de sus capacidades interruptoras, X/R y sus capacidades nominales.

- **Paneles de distribución.**

Los paneles de distribución permiten albergar los disyuntores y conductores, los cuales distribuyen la electricidad de forma segura, dentro las instalaciones. Existen distintos tipos de paneles de distribución como lo son: panelboards, switchboard, load centers y switchgear.

Panelboards.

Los panelboards son dispositivos con capacidad de albergar dispositivos de protección. Eaton (2021) define este componente como:

Componente de un sistema de distribución eléctrica que divide una alimentación de energía eléctrica en circuitos derivados, mientras que proporciona un disyuntor o fusible de protección para cada circuito en un recinto en común. Un panelboards protege los circuitos derivados de sobrecarga y sobre corriente (párr.1).

Switchboards.

Al igual que los panelboards, los tableros switchboards están diseñados para albergar dispositivos de protección y distribuir los circuitos dentro de una instalación. Eaton (2021) menciona determinadas características de estos dispositivos:

Los cuadros de distribución suelen tener una tensión nominal máxima de 600 Vac / Vdc y una clasificación máxima de bus de 6000 A y están diseñados para cumplir con UL891 y NEMA Standard PB2.

Tableros I-Line.

Mediante consulta en las especificaciones técnicas de Schneider Electric (2021) este define el tipo de tableros I-line como se menciona a continuación:

El tablero de distribución de energía I-Line es un tablero que opera con un voltaje máximo de 600Vac y tiene una capacidad máxima de 1200A en barras. Se utiliza para alimentar tableros de iluminación y cargas generales tipo NQ y NF. Los tableros I-Line son capaces de alimentar a grandes cargas de motores y se utilizan en la mayoría los segmentos de la construcción e industria (párr.1).

Capítulo III - Marco metodológico

3.1 Tipo de investigación.

El presente trabajo obedece a una investigación basada en la toma de datos y análisis de resultados, los cuales serán fundamentales para brindar criterios técnicos enfocados en la mejora de la infraestructura eléctrica de dos plantas pecuarias.

Siguiendo este enfoque, se puede definir el tipo de investigación como cuantitativa y cualitativa. Cuantitativa por acudir a un método basado en estudios, análisis de la realidad por medio de mediciones y toma de datos, los cuales serán necesarios para dictar las variables de diseño y estudios. La definición de la variable cuantitativa descrita por Razo (2011) se define a continuación:

Las investigaciones cuantitativas tienen un enfoque donde la recolección de datos es numérica, estandarizada y cuantificable, y el análisis de información de resultados permiten fundamentar la comprobación de una hipótesis mediante procedimientos estadísticos, los cuales ofrecen la posibilidad de generar los resultados (pág. 54).

El enfoque es cualitativo por tomar en consideración los acontecimientos ocurridos en las empresas, por parte de los colaboradores, durante su permanencia en la empresa, como fallas eléctricas que ocurren con frecuencia y observaciones del deterioro del sistema eléctrico. Este tipo de entrevista ayuda en el desarrollo del proyecto al realizar un análisis de por qué se están presentando determinados eventos que pueden dañar la instalación eléctrica.

La investigación tendrá como bases fundamentales normativas técnicas aplicadas al tipo de proyecto, resultados de softwares, levantamientos del sistema eléctrico, consideraciones de fabricantes de equipos eléctricos, planos existentes, diagramas y manuales de equipos.

Por medio de la información mencionada, se desarrollarán los estudios de ingeniería, planos eléctricos, diagramas unifilares y el presente documento escrito, para dar a conocer el análisis correspondiente de los estudios, las recomendaciones de la planta pecuaria San Mateo y los requerimientos necesarios para ejecutar el rediseño de la planta pecuaria Palmares.

3.2 Alcance de la investigación.

Los alcances de la investigación se definieron acorde con las características de proyecto, los cuales se mencionarán a continuación:

Alcance exploratorio: basado en normativas técnicas, levantamientos, información existente, entrevistas y bibliografía consultada. Esta información será indispensable para argumentar los cálculos y análisis del proyecto.

Alcance descriptivo: se desarrolla mediante el análisis del proyecto, resultados, recomendaciones, criterios de diseño, especificaciones, tipos de equipos por instalar. La intención del proyecto es crear un documento claro y específico, en cumplimiento de las normativas vigentes y asegurando que las mejoras por implementar sean eléctricamente seguras.

3.3 Fuentes de información.

Las fuentes de información utilizadas brindarán sostenibilidad a la investigación, las cuales estarán ampliamente relacionadas con el área eléctrica.

Para el desarrollo del TFG se trabajará con fuentes primarias de información, tomada de libros, revistas, artículos, normativas, reglamentos y tesis. Algunas de ellas se mencionan a continuación:

La NFPA 70, Código Eléctrico Nacional (National Electrical Code); Reglamento N°36979-MEIC; los estándares de la IEEE como la IEEE 242 Protección y Coordinación de Sistemas Eléctricos Industriales y Comerciales; la IEE 551, cálculo de corriente de corto circuito en industrias y comercios; IEEE 142, conexión a tierra de sistemas eléctricos comerciales e industriales.

Fuentes de información secundarias como bibliografías, tesis, manuales, artículos, investigaciones.

El presente trabajo tendrá como fuente de información los estándares mencionados, los cuales están ligados al enfoque del proyecto y servirán como guía para argumentar los criterios técnicos y propuestas de mejoras.

3.4 Variables.

El análisis del comportamiento de la corriente durante una falla es primordial para determinar el tipo de protección y los ajustes correspondientes, así como el levantamiento del sistema eléctrico que permite determinar el estado de la instalación eléctrica. Con respecto al planteamiento de los puntos de estudio, las variables por considerar serían las magnitudes de corrientes de cortocircuito simétrica y asimétrica, la corriente demandada por cada equipo y el X/R son las variables independientes. Las variables dependientes son las corrientes de cortocircuito y demanda de corriente de cada equipo.

3.5 Sujeto de información.

A los objetos de estudio también se les conoce como población o universo. Según Barrantes (2005) “la población: conjunto de elementos que tienen características en común pueden ser finitas o infinitas” (pág. 135).

Para este trabajo final de graduación, los sujetos de información corresponden a dos empresas pecuarias ubicadas en Palmares y San Mateo de Orotina. Estas empresas se dedican exclusivamente a la incubación de huevos.

Los datos recolectados del sistema eléctrico de las empresas serán la fuente principal para el desarrollo del TFG.

3.6 Resumen.

Tabla 3.1 Resumen de investigación

Objetivo Planteado	Instrumento de Medición	Fuente de Información	de	Forma de Recolección de Datos	de	Forma de Análisis de Datos
Objetivo # 1	Diagramas existentes, entrevistas, estándares	NFPA 70		Visitas de campo, guías recolección de datos		Tablas y gráficas
Objetivo # 2	Datos de campo	NFPA 70, IEEE 242,551		Guías de recolección de datos, Software Easy Power		Software para análisis de datos y tablas
Objetivo # 3	Datos de campo	NFPA 70, IEEE 242,551, manuales técnicos		Análisis de datos		Tablas y normativas
Objetivo # 4	Resultados software	de NFPA 70, IEEE 242,551, manuales técnicos		Análisis de datos y de normativas		Tablas y ecuaciones
Objetivo # 4	Resultados software	de NFPA 70, IEEE 242,551, manuales y artículos técnicos		Análisis de datos, normativas y manuales		Tablas, ecuaciones, normativas y bibliografía

Nota: En la tabla 3.1 se mencionan las fuentes de información, formas de recolección de datos y formas de análisis de resultados, para desarrollar cada uno de los objetivos planteados. Elaboración propia (2021).

Capítulo IV - Desarrollo del proyecto

En el siguiente apartado se describen los procedimientos en la ejecución del proyecto como levantamientos de datos, análisis de corrientes de cortocircuito ANSI/IEC; además, se estudian escenarios dependiendo el tipo de fuente, se desarrolla la interpretación de los reportes generados por Easy Power en forma de tablas adjuntas.

Para el desarrollo del estudio de cortocircuito, coordinación de protecciones, diagrama unifilar y flujo de potencia, se hace uso del software Easy Power, el cual está diseñado para ser de gran ayuda en el desarrollo de los estudios mencionados.

El software Easy Power no posee la capacidad de ejecutar análisis con dos normas a la misma vez, como lo es ANSI/IEC; por consiguiente, para efectos de este TFG se generarán dos reportes, uno en apego a la norma ANSI y otro con IEC. Esto, con la finalidad de obtener los valores de corrientes de cortocircuito en los diferentes buses y determinar si las protecciones tienen la capacidad de interrumpir las corrientes de falla.

Se plantean dos escenarios para el análisis de las corrientes cortocircuito, uno considerando el aporte de la compañía de suministro eléctrico y otro tomando en cuenta el generador interno.

A demás, se especifican los detalles por tomar en consideración en la elaboración de la acometida en media tensión, tanto en fosas, transición aéreo-subterránea, transformador, accesorios, cableado, canalización y sistema de puesta a tierra.

4.1 Análisis de cortocircuito y coordinación de protecciones en San Mateo.

4.1.1 Levantamiento de datos en la planta pecuaria de San Mateo.

Se realiza una reunión con el personal administrativo de la planta para proceder con la recolección de datos; por consiguiente, se normaliza la entrada los sábados en jornadas de ocho horas.

La planta pecuaria San Mateo presenta un transformador ERMCO de 750 kVA, tipo pedestal con tensiones de 34,5kVΔ-HV/208Y-120V-LV y un generador Caterpillar de 750 kVA cuya tensión es de 208Y-120V, de manera que los suministros anteriores se distribuyen hasta la transferencia automática y luego los conductores se distribuyen hacia dos paneles principales que son TP (planta nueva) y TPE (planta vieja). En total, se encuentran 20 paneles eléctricos que se encuentran alrededor de la planta.

Las cargas principales con mayor potencia son las de refrigeración, sistemas de bombeo y manejadoras.

Se realizan tablas para mayor orden y se distribuyen de la siguiente manera: descripción, breaker, capacidad interruptiva, cableado, canalización, tableros, protección (polos/amperios), distancia. Estas tablas estarán adjuntas al final del documento en los (anexos A2 y A3).

4.1.2 Análisis de escenarios por tipo de fuente.

Análisis de cortocircuito con generador.

La empresa Agroindustrial Proave San Mateo posee un generador que suministra energía a toda la industria, en caso de pérdida del suministro eléctrico del ICE, por interrupciones o problemas de calidad de energía.

Para efectos de estudios de cortocircuito se realizaron dos análisis, uno que contempla una falla por cortocircuito operando el generador y otra con el suministro de la compañía eléctrica. Esto, con la finalidad de realizar una comparación en las magnitudes de corriente entre ambas fuentes.

El análisis de la prueba con generador dio como resultado magnitudes de corrientes de cortocircuito menores, en comparación con las generadas por la compañía de suministro eléctrico. Por consiguiente, el escenario del suministro de la compañía será considerado como la peor condición y será este el escenario que se utilizará para generar los estudios y análisis.

Con respecto a lo mencionado, el escenario generador se despreciará para efectos de análisis de resultados.

Se realiza una breve explicación de lo que sucedería en caso de ejecutar todos los análisis considerando el escenario generador. Se estarían ajustando las protecciones para capacidades de corrientes de cortocircuito menores que las proporcionadas por la compañía en caso de falla. Por lo tanto, en caso de ocurrir una falla y estar conectados al suministro ICE, las protecciones no tendrían la capacidad de interrumpir las corrientes de falla en ese momento,

pues están diseñadas y ajustadas para un escenario de menor magnitud, cuyo resultado son daños en el sistema eléctrico.

Estudio de cortocircuito con suministro ICE.

Las tablas adjuntas en los (anexos A2 y A3) fueron obtenidas de los levantamientos, constituyen la fuente principal para desarrollar el diagrama unifilar adjunto en el (anexo 4).

La importancia del diagrama unifilar es una herramienta sumamente importante para la elaboración de estudios de cortocircuito, Arc flash, coordinación y selectividad de protecciones, flujo de potencia, armónicas, estabilidad dinámica, entre otros. Por esto, las empresas deben contar con los diagramas unifilares y mantenerlos actualizados. Por otra parte, cuando se generan averías o daños en el sistema eléctrico, se debe acudir al diagrama unifilar como fuente primaria de información, para identificar el problema y de esta manera, desarrollar el análisis del problema.

A grandes rasgos, el diagrama unifilar indica las derivaciones de los circuitos ramales como: tensión de alimentación de equipos, características de los *breakers* en el sistema eléctrico y determinar la capacidad del sistema en caso de futuras ampliaciones o cargas por instalar.

Mediante el diagrama unifilar realizado en Agroindustrial Proave S.A. ubicado en Higuito, San Mateo, Alajuela, mostrado en el (anexo 4, figura A4), se procede a realizar el estudio de cortocircuito.

El manejo inadecuado de los datos del diagrama unifilar puede ser perjudicial al momento de realizar diseños; incluir un dato erróneo en la capacidad interruptora en equipos de protección, podría generar problemas en la coordinación de protecciones o con una capacidad

interruptiva limitada, que, en caso de falla, no cumpla con su función de apertura para disipar el daño.

4.1.3 Magnitudes de corriente de corto circuito (ICC, X/R) aportada por la compañía de suministro eléctrico.

Estas magnitudes de corriente de cortocircuito son otorgadas por parte del suministro eléctrico que, en este caso, es el ICE. Para obtener las magnitudes de corriente de cortocircuito trifásicas (ICC, X/R) y las magnitudes de corriente de cortocircuito monofásicas (ICC, X/R) se debe generar una carta que indique el estudio por realizar y los datos necesarios para los diferentes análisis de corrientes de cortocircuito; luego se procede a enviar la carta al destinatario del suministro eléctrico.

Los datos enviados por la compañía (ICE) son de suma importancia al realizar un estudio de cortocircuito, ya que se trabaja con datos reales aportados por la compañía del servicio eléctrico y no con valores de potencia infinita (los valores de potencia infinita son capacidades de cortocircuito máximos que se van a presentar en el sistema eléctrico, por lo que el análisis también será certero, pero no real). Los datos suministrados por la compañía (ICE) determinarán simulaciones concretas y precisas, que ayudarán a determinar qué dispositivos de protección son o no aptos, para brindar seguridad al sistema eléctrico de la empresa Agroindustrial Proave S.A. San Mateo.

A continuación, se muestran, en la figura 4.2, los datos enviados por la compañía (ICE) de las componentes trifásicas y monofásicas correspondientes a la planta pecuaria San Mateo.

Figura 4.2 Componentes de cortocircuito trifásicas y monofásicas

Nombre de Subestación-circuito	
Juanilama-Orotina	
Tensión (v)	
19920/34500	
Componentes Trifásicas	
I _{cc} (KA)	X/R ANSI C37.010
1.82	2.84003
Componentes Monofásicas	
I _{cc} (KA)	X/R ANSI
1.48	2.57210

Nota: Componentes de Cortocircuito Trifásicas y Monofásicas. Instituto Costarricense de Electricidad (2020).

4.1.4 Análisis de cortocircuito franco (3 fases).

Resultados generados por Easy Power Planta pecuaria San Mateo.

Mediante el uso del software Easy Power se obtuvieron las magnitudes de corrientes corto circuito franco (3 fases). Los resultados se muestran en forma de tablas en el (anexo A5).

Las tablas incluidas mantienen una secuencia con respecto al diagrama unifilar manteniendo un orden desde los buses principales hacia aguas abajo, siguiendo la nomenclatura de las tablas. La normativa a la cual corresponde, se indica en el título y al pie de las tablas describe las cargas que alberga el tablero.

4.1.5 Análisis de resultados planta pecuaria San Mateo.

En el siguiente apartado se realizará el análisis de resultados de la planta pecuaria San Mateo. Se adjuntan las tablas de los buses que presentan violaciones, combinación de normas o advertencias. Se redacta una breve descripción de la causa y solución en el comentario de cada tabla.

Informe de equipo del servicio.

Tabla 4.7. Reporte de operación en bus Equipo B. Chiller

Equipo B. Chiller				Rango		Operación o		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 en porcentaje	ciclo	
BL-21	Siemens	3RV2021-4AA	IEC					ANSI/IEC DESAJUSTE
BL-22	Siemens	3RV2021-4AA	IEC					ANSI/IEC DESAJUSTE

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

El comentario ANSI/IEC DESAJUSTE se observa en reiteradas ocasiones en las tablas del informe generado por Easy Power. Tal situación sucede cuando se ejecuta el estudio con normativa ANSI y dentro del diagrama unifilar se encuentran protecciones con diferente

normativa, en este caso, IEC. Como se mencionó al inicio de este apartado, el software Easy Power no permite realizar análisis con combinación de normativas como ANSI y IEC dentro de un mismo estudio.

Para realizar los estudios correspondientes al proyecto con el uso de esta plataforma, se ejecutó el estudio bajo una sola normativa a la vez, con la generación de dos reportes, uno con normativa ANSI y otro con IEC.

La práctica de combinar dispositivos con diferente normativa en un sistema eléctrico no es permitida, como lo indica el Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad, (2011) el cual menciona en el artículo 90.1 (E) lo siguiente:

Se aceptarán instalaciones para uso final de la electricidad que cumplan otras normas técnicas de instalación adicionales a las mencionadas en el Código Eléctrico de Costa Rica; siempre que no se generen combinaciones de estas normas de la instalación en un mismo sistema y de estricto cumplimiento a la norma aplicable en toda la instalación (pág. 4).

El hecho de obtener dos reportes con diferentes normativas tendrá como propósito analizar los valores de magnitudes de corriente por cortocircuito en los distintos buses, tal como se muestra en la (tabla 4.7) (continua); esta corresponde al Bus B. Chiller obtenida del reporte IEC. Se logra observar que las protecciones BL- 21 y BL-22 tienen la capacidad de interrumpir la corriente de falla simétrica.

Tabla 4.7 (continua). Reporte de operación en bus Equipo B. Chiller

Bus	Equipo	Clasificación	Operación	Comt
------------	---------------	----------------------	------------------	-------------

Nombre	Base kV	ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	Inicial (kA)	Prueba X/R	Inicial (kA)	Inicial Porcentaje
B. CHILLER	0.208	BL-21	Siemens	3RV20 21-4AA	IEC	100,000		0.993	-99.0%
		BL-22	Siemens	3RV20 21-4AA	IEC	100,000		0.993	-99.0%

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

La tabla 4.7 representa la condición en la que las protecciones tienen la capacidad de interrumpir la falla simétrica. Se observa una protección marca *siemens* con capacidad interruptiva de 100 KA y la falla generada es de 0.993 KA, lo cual deja en evidencia que la protección interrumpirá el circuito ante una falla por cortocircuito.

Tabla 4.8. Reporte de Operación de Equipo Bus 8

Equipo Bus 8 (Tablero dentro de ATS y Rango breaker) principal				Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-26	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	11.794	17.90%	VIOLACIÓN
BL-27	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	11.794	17.90%	VIOLACIÓN

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Los dispositivos de protección BL-26 y 27 poseen una capacidad interruptora de 10 kA, por consiguiente, en caso de presentarse una falla aguas abajo del dispositivo, se generará una corriente de cortocircuito de 11.79 kA, por tanto, los dispositivos no tienen la capacidad de interrumpir la magnitud de corriente de cortocircuito simétrica. Por consiguiente, se concluye que el *breaker* Square D QOB no es apto y debe ser reemplazado por dispositivo de mayor capacidad interruptora.

El análisis aplicado a los *breakers* inicia estudiando si el dispositivo tiene la capacidad de interrumpir la corriente de cortocircuito simétrica. En caso de no tener la facultad de suspender la falla simétrica, será evidente que la corriente asimétrica tampoco podrá interrumpirla.

El panel de distribución que alberga las protecciones BL-26 y 27 posee una capacidad de tolerar 10 kA de corriente de cortocircuito simétrica, por lo cual deja en evidencia que el panel no tiene la capacidad de soportar los 11.79 kA de corriente de cortocircuito simétrica presente en ese punto, en caso de falla. El tablero no puede soportar la corriente de cortocircuito simétrica y ni la asimétrica, de manera que se está incumpliendo con la norma UL-67, la cual menciona que “los Panelboards entre 10 kA y los 20 kA pueden presentar una razón X/R de hasta 3.18”. El tablero posee 17.9% de exceso de capacidad nominal, esto quiere decir que se estaría ocupando un 117.9% de su capacidad de tolerancia de corriente de cortocircuito en caso de falla.

El análisis mencionado para los paneles de distribución es recomendado para los equipos eléctricos que presentan violación (no tienen la capacidad de interrumpir la falla I_{cc}).

A continuación, se adjuntarán las tablas de los equipos eléctricos que presentaron violación en el informe generado por Easy Power, en donde se compara la capacidad nominal

de cortocircuito de los Breakers y Panelboards como las magnitudes de corriente de cortocircuito en caso de falla.

Tabla 4.9. Reporte de Operación de Equipo T. SALA HUEVO

Equipo T. SALA HUEVO				Rango	Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-16	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	14.663	46.60%	VIOLACION
BL-18	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	14.761	47.60%	VIOLACION
T. SALA HUEVO			ANSI-SYM	10	14.789	47.90%	VIOLACION

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

En el tablero descrito en la tabla 4.9, se puede observar que las protecciones BL-16, BL-18, T. SALA HUEVO, presentan violación. Se indica que, en caso de falla, estos no tienen la capacidad de interrumpir la corriente de falla. Por consiguiente, se deben reemplazar las protecciones por *Breakers* con magnitudes simétricas mayores a 15 KVA.

Tabla 4.10. Reporte de Operación de Equipo TABLERO TT

Equipo TABLERO TT				Rango	Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-19	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	16.944	69.40%	VIOLACION

BL-20	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.032	70.30%	VIOLACION
BL-23	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.109	71.10%	VIOLACION
BL-25	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.117	71.20%	VIOLACION
BL-30	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.151	71.50%	VIOLACION
TABLERO TT			ANSI-SYM	10	17.151	71.50%	VIOLACION

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

El tablero TT presenta, en su mayoría, violación en sus protecciones. Eso indica que las protecciones BL-19 a la BL-30, dentro de sus características de fabricación, fueron diseñadas para interrumpir valores de corriente de corto simétrico menores a 10 KA. Mediante los valores generados por Easy Power, se puede observar que en el tablero TT, en caso de falla por cortocircuito, se estarán presentando valores de corriente de falla de 17.151 KVA, por lo tanto, estas protecciones deben ser reemplazadas por una de mayor capacidad de valor KVA.

Tabla 4.11. Reporte de Operación de Equipo TC. INCENDIOS

Tablero TC. INCENDIOS				Rango	Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
TC. INCENDIOS			ANSI-SYM	10	12.766	27.70%	VIOLATION

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Como se logra observar en la Tabla 4.11, en el tablero contra incendios una de las protecciones (TC. INCENDIOS) no tiene la capacidad de interrumpir la corriente de falla

generada en el bus al cual está conectada. Se recomienda realizar el cambio de la protección por un dispositivo de mayor capacidad interruptiva.

Tabla 4.12. Reporte de Operación de Equipo TN1

Equipo TN1				Rango	Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 (kA)	ciclo	1/2 ciclo en porcentaje	
TN1			ANSI-SYM	10	17.863		78.60%	VIOLACIÓN

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

En el tablero TN1 se identifica solo una protección y genera violación ante una falla por corriente de cortocircuito. Para interrumpir esta corriente de falla se debe reemplazar el dispositivo por uno de mayor capacidad.

Tabla 4.13. Reporte de Operación de Equipo TN2

Equipo TN2				Rango	Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 (kA)	ciclo	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-32	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.308		73.10%	VIOLACIÓN
BL-33	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.308		73.10%	VIOLACIÓN
TN2			ANSI-SYM	10	17.308		73.10%	VIOLACIÓN

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

En el tablero TN2 se identifican tres protecciones que generan violación ante falla por corriente de cortocircuito. Este tablero alberga circuitos del área de oficina de producción, sitio en donde se maneja mucha información de datos de los procesos de la empresa.

Tabla 4.14. Reporte de Operación de Equipo TNI

Equipo TNI				Rango	Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje		
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	19.919	99.20%		VIOLACIÓN

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Del tablero TNI se derivan los circuitos que dan al área de lavandería.

Tabla 4.15. Reporte de Operación de Equipo TNN

Equipo TNN				Rango	Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje		
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	18.827	88.30%		VIOLACIÓN

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.16. Reporte de Operación de Equipo TP

Equipo TP				Rango	Operación servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-1_A	SQD	Q4	ANSI-SYM	25	25.348	1.40%	VIOLACIÓN
BL-3_A	SQD	Q4	ANSI-SYM	25	25.728	2.90%	VIOLACIÓN
BL-6_A	SQD	HD	ANSI-SYM	25	25.57	2.30%	VIOLACIÓN
BL-7_A	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	27.061	170.60%	VIOLACIÓN
BL-8_A	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	26.784	167.80%	VIOLACIÓN
BL-9_A	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	27.194	171.90%	VIOLACIÓN
BL-10_A	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	27.194	171.90%	VIOLACIÓN
BL-11	SQD	FA	ANSI-SYM	25	25.728	2.90%	VIOLACIÓN
BL-12	SQD	QD	ANSI-SYM	25	25.661	2.60%	VIOLACIÓN
BL-13	SQD	NW20H1	IEC				ANSI/IEC DESAJUSTE

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.17. Reporte de Operación de Equipo TPE

Equipo TPE				Rango	Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje		
BL-1	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	10.526	5.30%		VIOLACIÓN
BL-2	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	10.712	7.10%		VIOLACIÓN
BL-3	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	10.73	7.30%		VIOLACIÓN
BL-5	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	10.87	8.70%		VIOLACIÓN

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Los anteriores tableros y *breakers* incumplen sus datos de construcción de capacidad nominal de cortocircuito, de manera que deben ser cambiados; por consiguiente, en caso de producirse una falla, el interruptor no tendrá la capacidad de interrumpir la magnitud de corriente de cortocircuito y los daños estructurales pueden ser devastadores, en el mejor de los casos.

Tabla 4.18. Reporte de Operación de Equipo TC

Equipo TC				Rango	Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje		
[Más bajo]	SQD	QO	ANSI-SYM	10	9.529	-4.70%		ADVERTENCIA

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Analizando el estándar IEEE 1015-2006, específicamente en la tabla 3.18, los *breakers* con capacidad interruptiva entre los 10 kA y los 20 kA han sido probados con una relación X/R, entre los 3.87 y 3.18. Por lo tanto, los *breakers* arrojan una alerta de ADVERTENCIA en el informe con la intención de realizar un adecuado análisis ante eventuales fallas por corriente de cortocircuito, pues son valores menores a -10%. Estos datos ya están preestablecidos por el Software Easy Power (2014).

El *breaker* SQD QO puede soportar la corriente de cortocircuito simétrica, pues sus capacidades interruptoras son de 10 kA y además, puede soportar la corriente asimétrica, ya que la razón X/R es de 1.48 y el valor multiplicador es de 1.03, mantenido en un rango aceptable con respecto a la tabla 8 de ANSI/IEEE (2006).

Los demás *breakers* de los circuitos ramales del tablero TC soportan tanto la corriente de cortocircuito simétrica como la corriente de cortocircuito asimétrica.

El panel TC posee una capacidad de tolerar 10 kA de corriente de cortocircuito simétrica. Por lo tanto, puede soportar los 9.529 kA de corriente de cortocircuito simétrica presentes en el bus en caso de falla. Seguidamente, se analiza también la corriente asimétrica de 9.773 kA, de manera que la razón X/R es de 1.48 y el valor multiplicador es 1,03, se concluye que el tablero puede tolerar dicha corriente asimétrica y simétrica. Además, cumple con la norma UL-67 la cual afirma que los Panelboards entre 10 kA y los 20 kA, pueden presentar una razón X/R de hasta 3.18. El tablero posee -4.7% de sobredimensionamiento, esto quiere decir que se está ocupando un 93.9% de su capacidad de tolerancia de corriente de cortocircuito

en caso de falla. Este mismo principio de análisis se realiza en los equipos que arrojen ADVERTENCIA.

Análisis de Informe momentáneo de baja tensión.

A continuación, se explicará el segundo reporte que genera el software EasyPower, con respecto a los buses en el diagrama unifilar denominado informe momentáneo de baja tensión, adjunto en el (anexo 6). Este reporte indica el análisis que posee el software EasyPower para el cálculo de corriente de cortocircuito simétrico en cada bus. Luego, mediante la razón X/R , en cada bus se obtienen los factores que se multiplicarán con cada corriente de cortocircuito simétrica, para formar la corriente de cortocircuito asimétrica, de esta manera, se analizarán las dos corrientes de cortocircuito para determinar si los *breakers* poseen la capacidad de interrumpir las eventuales fallas, analizando la capacidad interruptora.

En la columna de “Deberes del equipo” el software hace un cálculo utilizando la tabla 3.25 de la IEEE 1015-2016, con implementación de factores, los cuales se multiplican a la corriente simétrica de cortocircuito calculada, para determinar la capacidad interruptiva simétrica de cortocircuito que el disyuntor debe ser capaz de interrumpir.

Cuando la X/R en el punto de falla es diferente de los especificado en las pruebas para estos disyuntores, el software acomoda los LVPCB (Low Voltage Power Circuit Breaker) y los MCCB (Molded Case Circuit Breaker) para analizar la capacidad mínima en amperios que deben tener los diferentes tipos de equipos por utilizar para interrumpir las corrientes de falla en el bus (tableros, puntos de conexión) que se desea analizar.

La columna de “Branch Contributions” (contribuciones de sucursales) son todos los buses que aportan corriente simétrica de cortocircuito al bus que se desea analizar.

Es muy útil este reporte, pues resume todos los buses presentes en el diagrama unifilar, además, recopila las razones de X/R y sus factores multiplicadores para representar el análisis en medio ciclo en corriente simétrica y en corriente asimétrica; esto, para facilitar al personal decidir qué tipos de dispositivos de protección usar o para observar si los *breakers* presentes en la industria son los adecuados.

Análisis de cortocircuito diferente al trifásico.

La IEEE 551 (2006), especifica que “en un sistema industrial, el cortocircuito trifásico es frecuentemente el único considerado, pues este tipo de cortocircuito, generalmente, resulta ser el que aporta la corriente máxima de cortocircuito” (pág.54). Por consiguiente, se excluyen en el análisis las fallas líneas a tierra, doble línea a tierra y entre línea a línea con la finalidad de dar un enfoque más detallado al análisis de cortocircuito trifásico con magnitudes de corriente de cortocircuito.

4.1.6 Coordinación de protecciones planta pecuaria San Mateo.

Para poder diseñar apropiadamente un sistema coordinado selectivamente, se debe tener conocimiento del funcionamiento de las protecciones como MCCB, ICCB, LVPCB y fusibles. Cada protección debe tener un voltaje nominal y una capacidad interruptora igual o

superior al voltaje del sistema y a su corriente de falla disponible en el punto donde se instala la protección.

Es difícil lograr la coordinación utilizando disyuntores a causa del disparo instantáneo, mismo disparo requerido por normativas como la UL Y NEMA para los disyuntores MCCB y los ICCB, que comúnmente se instalan en tableros y switchboards. No así para los LVPCB, que a su vez se instalan en tableros switchboards y switchgears.

Para garantizar la coordinación en los niveles de sobre corrientes o bajas corrientes de falla (menores a 10 veces su respectivo corriente nominal), únicamente se requiere el no traslape de las curvas TCC de las protecciones aguas arriba y aguas abajo.

La IEEE 1015 (2006) (Recommended Practice for Applying LV Circuit Breakers used in industrial and Comercial Power Systems) define la capacidad interruptora como “la más alta corriente a voltaje nominal que un disyuntor puede interrumpir bajo condiciones de prueba estándar” (pág., 13).

La capacidad interruptora se debe tener en cuenta en los estudios de coordinación para analizar si se interrumpe la falla que se puede presentar con la máxima corriente de cortocircuito del dispositivo de protección, además, no se debe dejar de lado el análisis de la mínima corriente de cortocircuito que puede interrumpir el breaker.

A continuación, se procederá con el análisis de coordinación entre los dispositivos de protección.

Figura 4.3. TCC breaker principal (TP)

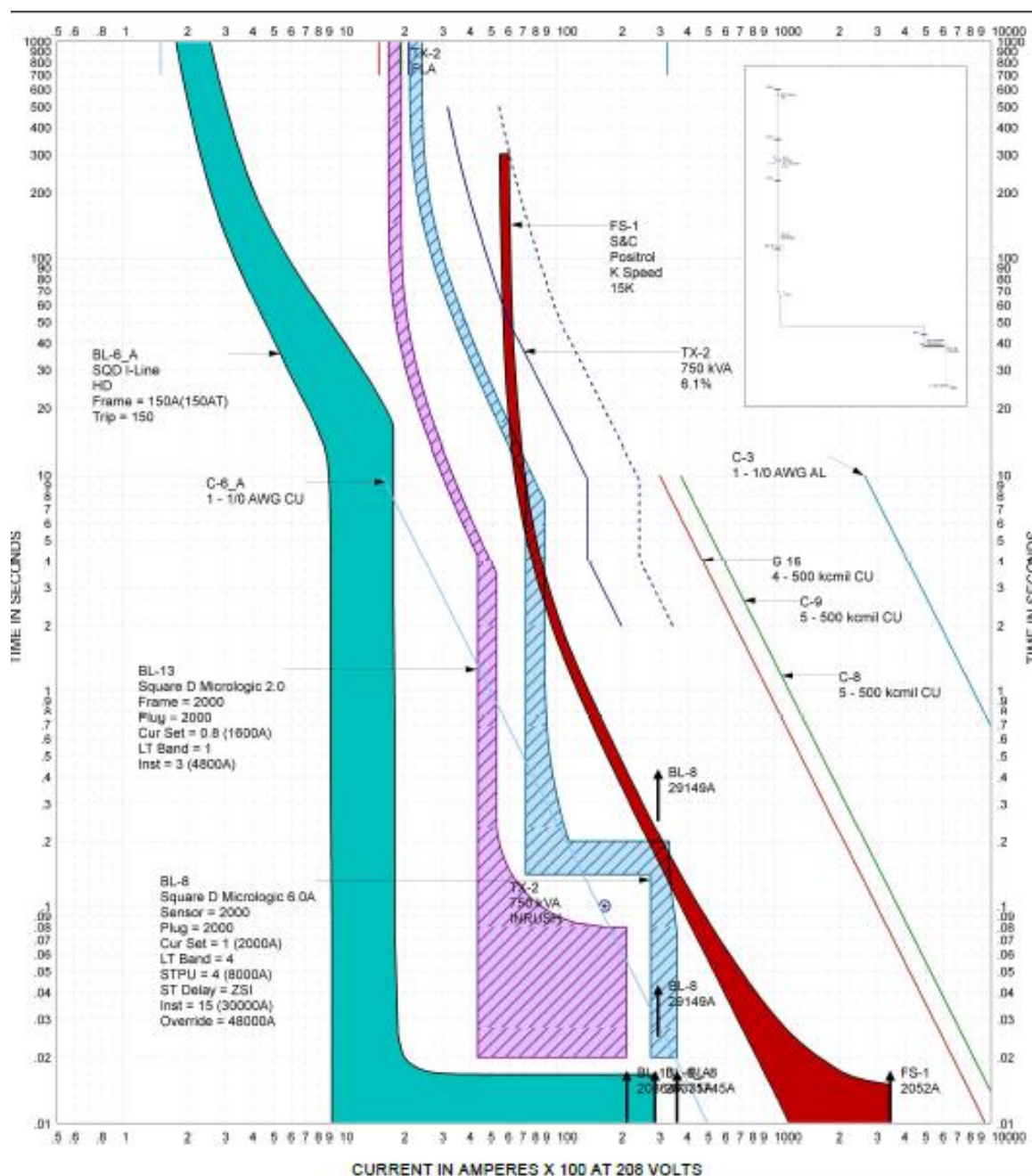


Figura 4.3. Coordinación de breaker principal de planta con breakers de switchboard TP.

Recuperado de Easy Power (2014).

Como se observa en la figura 4.3, el breaker principal de planta corresponde a la curva de color celeste; la curva de color morado es el breaker principal de switchboard TP y la curva de color verde es el breaker del tablero secundario T Sala de Huevo.

En caso de que suceda una falla en T. Sala de Huevo el primero en abrir será el breaker principal TP (curva morada) pero en caso de no interrumpir la falla, los siguientes en actuar son los breakers de las curvas del breaker principal de la planta y el breaker TP, pero poseen el mismo tiempo en la sección de instantáneo, por tal motivo, no presentan coordinación a menos que la curva del breaker principal pueda tener selección de tiempo en la sección de instantáneo; por tal motivo, esta coordinación es la más acertada, pues anteriormente cualquiera de los tres breakers podrían abrirse en caso de una falla porque se traslapaban las curvas.

La unidad de disparo y el breaker principal de planta deben ser remplazados para conseguir una excelente coordinación entre el fusible y el principal de TP, o analizar si solo es la unidad de disparo.

La curva del breaker T Sala de Huevo indica que debe ser ajustada a causa del traslape que existe entre curvas, eso quiere decir que el breaker no protege el conductor alimentador de T Sala de Huevo.

Los datos que se colocaron en el software Easy Power para poder obtener la coordinación anterior, deben reemplazarse en las unidades de disparo de los breakers de planta para formar dichas curvas.

Figura 4.4. TCC breaker principal I-line

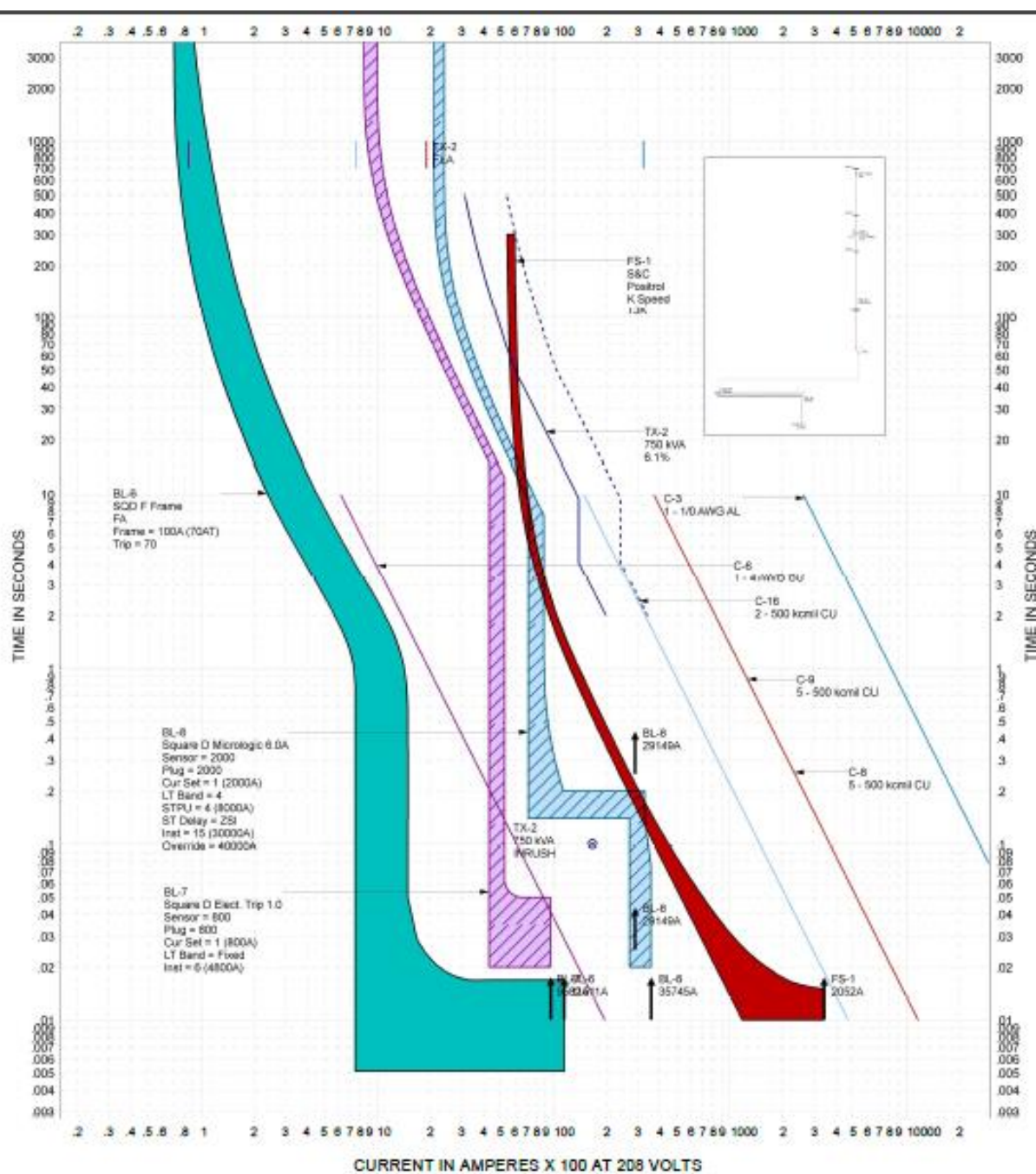


Figura 4.4. Coordinación de breaker principal de planta con Breakers de I-Line TPE.

Recuperado de Easy Power (2014).

La curva de color celeste es el breaker principal de planta, la curva de color morado es el breaker principal de I-Line TPE y la curva de color verde es el breaker del tablero secundario T Lab.

En caso de que suceda una falla en T. Lab, el primero en abrir será el que posea la curva de color morado, pero en caso de que este no interrumpa la falla por razones de fábrica o por daño de cumplimiento de vida útil, los siguientes en actuar son los breakers de las curvas de color celeste y morado, pero poseen el mismo tiempo en la sección de instantáneo, por tal motivo, no presentan coordinación, a menos que la curva celeste pueda tener selección de tiempo en la sección de instantáneo. Por tal motivo, esta coordinación es la más acertada, pues anteriormente cualquiera de los tres breakers podría abrirse en caso de una falla, porque se traslapaban las curvas. Lo ideal para una excelente coordinación es que los breakers en tableros principales posean unidades de disparo, pero en este caso solo el principal de planta posee unidad de disparo y en el tablero TPE solamente posee configuración en la zona de instantáneo.

Se debe realizar la coordinación selectiva de los breakers aguas arriba y aguas abajo, para poder seleccionar los datos correctos de los breakers que posean unidad de disparo, por tal motivo, se deben configurar todas las TCC y obtener los ajustes correspondientes. Los datos que se colocaron en el software Easy Power para obtener la coordinación anterior, deben reemplazarse en las unidades de disparo de los breakers de planta para formar dichas curvas.

4.2 Rediseño Eléctrico Palmares.

En este apartado está enfocado el rediseño de la panta pecuaria Palmares en la parte de potencia y estudio de flujo de potencia. Además, describe detalles de la acometida de media tensión, especificación de transformadores, los diagramas unifilares, estudio de cortocircuito, coordinación de protecciones.

Actualmente, la acometida está conformada por dos transformadores de 50 KVA tipo poste, con una configuración en la conexión primaria delta abierta para suministrar un trifásico con dos transformadores, estos suman una capacidad de potencia de 100 KVA, los cuales brindan abastecimiento a todo el sistema eléctrico de la plata.

Dentro de las consideraciones del rediseño se implementará un transformador de pedestal trifásico de 300 KVA con relación 34.5 KV HV/240Y-139V LV y un transformador seco de 112.5 kVA 240V delta/ 208Y-120V. Se diseña con estos transformadores a raíz de la gran combinación de equipos que operan a distintos voltajes. El proyecto también contempla las especificaciones en planos de la acometida de media tensión como de baja tensión, donde se indica la ubicación de los transformadores, trayectoria de cableados, tipo de conductores, canalizaciones y tableros.

Los criterios y métodos implementados en el diseño de la acometida fueron tomados del Manual para Redes de Distribución Eléctrica subterránea 13.8; 24.9 y 34.5 kV (2015). El cual tiene como objetivo:

Establecer en nivel nacional, los criterios, métodos, equipos y materiales utilizados en el planeamiento, diseño y construcción de redes de distribución eléctrica subterránea, la cual permitirá obtener economía confiabilidad, seguridad, estética y

continuidad del servicio eléctrico por medio de instalaciones eficientes que requieran un mínimo mantenimiento y una máxima calidad del servicio (pág. 7).

Las especificaciones, equipos por implementar, planos relacionados con la acometida de media tensión se especifican en el anexo 5.

4.2.1 Diseño de Acometida en media tensión.

Los detalles de distribución de la acometida en media tensión y distribución de tableros eléctricos se encuentran en el anexo 9. En ellos se logra visualizar la cantidad de tableros y tipos de transformadores implementados.

Selección de transformador.

Como se mencionó anteriormente, dentro de los criterios del rediseño se seleccionaron dos transformadores, uno tipo pedestal trifásico de 300 KVA con relación 34.5 KV HV/240Y-139V LV y otro tipo seco de 112.5 kVA 240V delta/ 208Y-120V. Estos tendrán la capacidad de llevar la carga demandada por la empresa.

La selección del transformador se realizó con ayuda del estudio de flujo de potencia, el cual permite predecir corrientes, voltajes y flujos de potencia real y reactiva, estables, a través de cada rama y bus del sistema.

Se adapta a las condiciones requeridas en el sistema eléctrico de la planta pecuaria Palmares.

Transición aéreo-subterráneo.

El detalle para la transición aéreo-subterránea se muestra en el anexo A5.1, en el cual se especifica la altura para instalar los equipos aisladores, la altura de poste requerido para albergar los equipos de sujeción, la separación entre aisladores, la altura entre separadores y ducto metálico; se especifica el (anexo 8) para la transición de ducto metálico a PVC.

Selección de canalizaciones.

Se instalarán 4 ductos tipo PVC SDR41 con 150 mm de diámetro, uno por cada conductor y se dejará una prevista con las mismas características. Posee un trayecto de 15 metros desde la base de cemento del poste al pie de la transición aéreo-subterránea hasta la fosa del transformador. En el tramo expuesto de tubería desde la base de cemento hasta la transición, se utilizará un tubo de hierro galvanizado de 150 mm; el sellado de los tubos para evitar el ingreso de agua utilizará material resistente a la flama y a los rayos UV.

Para conservar la separación de los ductos se implementarán separadores tipo yugo de fibra de vidrio o plástico. Además, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (2015) indica que “las canalizaciones deberán de llevar una cinta preventiva de polietileno de color amarillo con dimensiones de 100 mm de ancho, espesor de 0.10 mm, con la leyenda “PELIGRO ALTO VOLTAJE” ubicada a una profundidad de 400 mm de la superficie y deberá cubrir la tercera parte de la canalización” (pág.15).

La excavación para la colocación de ductos.

Las dimensiones de la excavación serán de 60 cm de ancho y 110 cm de profundidad, en línea recta hasta la fosa del transformador. Las canalizaciones estarán ubicadas en una zona verde para evitar el riesgo de que sufran daños a causa del tránsito de cargas pesadas, como vehículos y camiones. El detalle donde se especifica la profundidad, separación de ductos se muestra en el anexo A8.4.

Fosas para transformador.

Debido a la corta distancia entre el poste de la transición hasta la fosa del transformador, no se dejará caja de registro.

Para la construcción de la fosa del transformador se deberán respetar las dimensiones indicadas en el plano de construcción de fosa, adjunto en los anexos A4.2 y A4.3.

Los conductores estarán sujetos mediante soportes de plástico o fibra de vidrio debidamente sujetos mediante amarras plásticas.

Conductores.

Siguiendo las recomendaciones del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (2012), el conductor recomendado tendrá un aislamiento EPR para ser utilizado a 34.5 kV, con pantalla metálica conformada por hilos de cobre, sellado contra la penetración radial de humedad y con cubierta exterior en polietileno color negro de alta densidad (pág. 38).

Potencia 300KVA

$$IP = \frac{KVA}{\sqrt{3} * KV}$$

$$IP = \frac{300KVA}{\sqrt{3} * 34.5KV} = 5.02 A$$

El Manual para Redes de Distribución Eléctrica Subterránea (2015), en el capítulo 5, señala el calibre mínimo que se debe usar para media tensión, el cual es 1/0 AWG en cobre con aislamiento EPR tipo unipolar. Mediante la ecuación planteada se determina que el conductor 1/0 es adecuado para la instalación.

Equipos de protección y accesorios

El cortacircuitos por implementar tendrá una capacidad de tensión nominal de 35 kV, con capacidad interruptora de 12 kA, capacidad nominal de 100 A y una distancia de fuga de 660 mm para 35 kV.

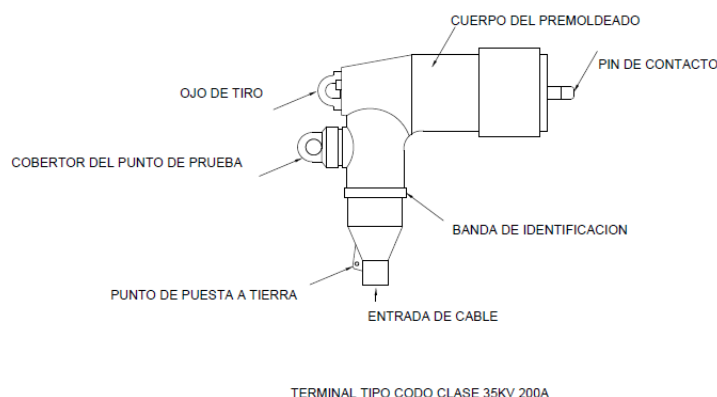
Terminales para transformador.

Los accesorios para conexión al transformado en el lado de media tensión serán elementos premoldeados para realizar las conexiones con el transformador tipo pedestal, se usarán terminales tipo codo con carga. Las terminales para los pararrayos y los equipos puestos a tierra serán los terminales tipo apartar rayos y la terminal tipo codo 200 A con pértiga, como se muestra en la siguiente figura.

Terminales para la transición aéreo-subterránea.

Los terminales por utilizar deberán cumplir con lo establecido por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (2015) el cual menciona que “para la transición deberá ser resistentes a la radiación ultravioleta, contaminantes como niebla salina, lluvia acida, polvos abrasivos, o minerales, contaminantes biológicos, capaz de operar en forma continua en ambientes con humedad relativa hasta 95%” (pág. 50).

Figura 4.5. Terminal tipo codo clase 35KV 200A



Nota: Terminales usadas para realizar la conexión de las líneas vivas al transformador. Recuperado de Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (2015).

Pararrayos.

Se implementará un pararrayos en la transición aéreo-subterránea tipo Riser Pole, para tensión de operación 34.5 kV, con capacidad interruptora de 10 kA.

Equipo de medición.

El detalle para la medición se especifica en el anexo A5.8, indica las alturas y dimensiones, conductores y transiciones ducto -metálico a PVC que se deben seguir para instalar los equipos.

4.2.2 Diseño de tableros planta pecuaria Palmares.

Tabla 4.19. Diseño de tableros planta pecuaria Palmares

Tablero	Demanda (A)	Comentarios
TABLERO TPI	248,085	
TABLERO TPN	160,4	OBSERVACIÓN: TABLERO TPS NO ENTRA EN LA SUMATORIA YA QUE ES LA SUMA DE TPEE Y TPT, DE MANERA QUE SERÍA REDUNDANTE
TABLERO TPP	80	
TABLERO TPG	80	
TABLERO TPEE	174,48	
TABLERO TPC	162,08	
Total	905,045	
Aplicando teoría de Principal of Power System-V.K.Mehta		
	543,027	PARA PEQUEÑA INDUSTRIA EL FACTOR DE DEMADA ES DE 0,6

Nota: Elaboración propia (2021).

El tablero TP no se diseñará de acuerdo con su carga, de manera que se hará mediante la corriente que entregará el transformador principal (transformador de pedestal). Anteriormente, se utilizaría un transformador de 225kVA, pero este apenas presentaba una holgura de 10% de utilización en cargas futuras, de tal manera, se decide utilizar un transformador de pedestal de 300 kVA.

Los alimentadores del secundario, de acuerdo con la memoria de cálculo realizada, son de 2 conductores por línea de 500 KCMIL y un breaker principal con unidad de disparo, para

poder ajustarlo y realizar una buena coordinación. El neutro se compone por 2 conductores de 500 KCMIL y el conductor de puesta a tierra será un paralelo de 1/0 AWG.

El tablero principal será un I-Line SQD de capacidad en barras de 800A y capacidad de cortocircuito de 200kA.

Tabla 4.20. Tablero TPS (Planta Pecuaria Palmares)

TABLERO	CONSUMO (A)
TABLERO TPC	162,08
SUMATORIA	162,08

Nota: Elaboración propia (2021).

El tablero TPS presenta solamente una carga y su alimentación viene del transformador seco de 112.5 kVA. El tablero TPS es un I-Line con capacidad en barras de 250A y capacidad interruptiva de 200kA. El breaker principal será de 250A/3polos y los alimentadores por línea serán de 1 conductor por línea de 250kcmil, además, el neutro tendrá el mismo conductor y de igual diámetro. El conductor de puesta a tierra será calibre numero 6 AWG. Los alimentadores de TPS son los conductores secundarios del transformador seco de 112.5kVA, de tal manera, la alimentación primaria será en calibre 4/0 AWG con breaker magnetotérmico de 200A.

Tabla 4.21. Tablero TPI (Planta Pecuaria Palmares)

CARGA ELECTRICA	DATO DE PLACA	APLICANDO ART.210,19 (A)(1) NEC 2014	DESCRIPCIÓN
----------------------------	------------------------------	---	--------------------

INCUBADORAS 1,2,3	34,1	42,625	CARGA #1
INCUBADORAS 4,5,6,7,8	49,9	62,375	CARGA #2

Nota: Elaboración propia (2021).

Los alimentadores de la carga #1 serán calibre #8 AWG, con neutro de igual dimensión.

El conductor de puesta a tierra será #10 AWG. El breaker principal es de 50A/2polos.

Para la carga #2 serán calibre #6 AWG, con neutro de igual dimensión. El conductor de puesta a tierra será #10 AWG. El breaker principal es de 70A/2polos. (Ver anexos 7).

Tabla 4.22. Tablero incubadoras crítico (Planta Pecuaria Palmares)

DE ACUERDO CON EL ART. 215,2 (A)(1)		
CARGA	335,25	AMPERIOS
APLICANDO EL 0.8 DE FACTOR DE CARGA DE ACUERDO CON EL ELECTRICAL NOTES & ARTICLES	248,085	AMPERIOS

Nota: Elaboración propia (2021).

El tablero incubadoras crítico se compone solamente de incubadoras, por el motivo de ser una carga sumamente crítica. En este tablero se encuentran las 8 incubadoras de la planta y, por tanto, es una carga considerable. Se eligen alimentadores de 350kcmil con neutro de igual dimensión, de acuerdo con el artículo 220,61(C) (2) del NEC (2014). El conductor de puesta a tierra será #4 AWG. La protección que se recomienda es de 300A/3polos.

Tabla 4.23. Tablero TPN (Planta Pecuaria Palmares)

CARGA ELÉCTRICA	DATO DE PLACA	APLICANDO ART.210,19 (A)(1) NEC 2014	
NACEDORAS 1,2,3	20,2	25,25	CARGA #1
NACEDORAS 4,5,6,7,8	30	37,5	CARGA #2

Nota: Elaboración propia

Los alimentadores de la carga #1 serán calibre #10 AWG, con neutro de igual dimensión.

El conductor de puesta a tierra será #10 AWG. El breaker principal es de 30A/2polos.

Los alimentadores de la carga #2 serán calibre #8 AWG, con neutro de igual dimensión.

El conductor de puesta a tierra será #10 AWG. El breaker principal es de 50A/2polos. (Ver anexos 7).

Tabla 4.24. Tablero nacedoras (continua)

DE ACUERDO CON EL ART. 215,2 (A)(1)		
CARGA	200,5	AMPERIOS
APLICANDO EL 0.8 DE FACTOR DE CARGA DE ACUERDO CON ELECTRICAL NOTES & ARTICLES	160,4	AMPERIOS

Nota: Elaboración propia (2021).

Este tablero se compone solamente de nacedoras, por el motivo de ser una carga sumamente crítica. En este tablero se encuentran las 8 nacedoras de la planta y por tanto, es una carga con una gran importancia en la producción del pollo. Se eligen alimentadores de 3/0 AWG con neutro de igual dimensión, de acuerdo con el artículo 220,61(C) (2) del NEC

(2014). El conductor de puesta tierra será #6 AWG. La protección que se recomienda es de 200A/3polos.

Tabla 4.25. Tablero TPG (Planta Pecuaria Palmares)

CARGA ELÉCTRICA	DATO DE PLACA	DE APLICANDO ART.430,22 NEC 2014	CARGA #1
BOMBA ARCO VEHICULAR	6,2	7,75	
FLC	6,6	AMPERIOS	

Nota: Elaboración propia (2021).

Este tablero presenta una única carga por el motivo de estar al frente de la planta, por esta razón, se decide colocar un tablero con capacidad de 100 A y con capacidad interruptiva de 10 kA para cualquier expansión, en el frente de la planta pecuaria. Se utilizará un calibre #12 AWG y conductor de puesta tierra de igual calibre. El breaker recomendado será de 20 A.

Tabla 4.26. Tablero TPG (continua)

DE ACUERDO CON EL ART. 215,2 (A)(1)		
CARGA	100	AMPERIOS
APLICANDO EL 0.8 DE FACTOR DE CARGA DE ACUERDO CON ELECTRICAL NOTES & ARTICLES	80	AMPERIOS

Nota: Elaboración propia

Se realiza análisis con respecto a la capacidad del tablero, por tal razón, se eligen conductores de alimentación #3 AWG, al igual que el neutro. Conductor de puesta a tierra es #8 AWG. La protección recomendada es de 90A/3polos. (Ver anexos 7).

Tabla 4.27. Tablero TPP (Planta Pecuaria Palmares)

CARGA ELÉCTRICA	DATO PLACA	DE APLICANDO ART.430,22 NEC 2014	
BOMBA POZO	6,2	7,75	CARGA #1
FLC	7,8	AMPERIOS	
BOMBA DE TANQUE	6,2	7,75	CARGA #2
FLC	7,8	AMPERIOS	

Nota: Elaboración propia (2021).

Este tablero presenta dos únicas cargas, por el motivo de estar en la parte trasera de la planta; por esta razón, se decide colocar un tablero con capacidad de 100 A y con capacidad interruptiva de 10 kA para cualquier expansión, en la parte trasera de la planta pecuaria. Se utilizarán en las dos cargas calibres #12 AWG y conductores de puesta a tierra de igual calibre. Las protecciones recomendadas serán de 20 A para cada carga.

Tabla 4.28. Tablero TPP (continua)

DE ACUERDO CON EL ART. 215,2 (A)(1)		
CARGA	100	AMPERIOS
APLICANDO EL 0.8 DE FACTOR DE CARGA DE ACUERDO CON ELECTRICAL NOTES & ARTICLES	80	AMPERIOS

Nota: Elaboración propia (2021).

Se realiza el análisis con respecto a la capacidad del tablero, por tal razón, se eligen conductores de alimentación #3 AWG, al igual que el neutro. Conductor de puesta a tierra es #8 AWG. La protección recomendada es de 90A/3polos.

Tabla 4.29. Tablero TPEE (Planta Pecuaria Palmares)

CARGA ELÉCTRICA	DATO DE PLACA (FLA)		
MOTOR COMPRESOR NEUMATICO	12,3	A	
FLC	15,2	A	ART. 430,22 (E) Y 430,6 (A)(1)
PANEL CUARTO FRÍO	42,8	A	ART. 440,33
PANEL CHILLER	115	A	ART. 440,34
MOTOR DE EVAPORATIVOS	8	A	
FLC	11	A	ART. 430,22 (E) Y 430,6 (A)(1)
	13,75	A	ART. 430,22

Nota: Elaboración propia (2021).

Este tablero se compone solamente de equipo de refrigeración, por el motivo de ser cargas críticas y, además, que son las encargadas de estabilizar las máquinas y mantener para que no se deshidrate. Por tanto, es una carga con una gran importancia en la producción del pollo. En la carga de compresor neumático se utilizarán alimentadores y puesta tierra calibre #10 AWG con protección de 30A/3polos. En la carga de panel cuarto frío se utilizarán alimentadores calibre #8 AWG y puesta tierra calibre #10 AWG con protección de 50A/3polos. En la carga de panel chiller se utilizarán alimentadores calibre #2 AWG y puesta tierra calibre #8 AWG con protección de 125A/3polos. En la carga de motor de evaporativos

se utilizarán alimentadores y puesta tierra calibre #10 AWG con protección de 30A/3polos.

(Ver anexos 7).

Tabla 4.30. Tablero TPEE (continua)

DE ACUERDO CON EL ART. 215,2 (A)(1)		
CARGA	218,1	AMPERIOS
APLICANDO EL 0.8 DE FACTOR DE CARGA DE ACUERDO CON ELECTRICAL NOTES & ARTICLES	174,48	AMPERIOS

Nota: Elaboración propia (2021).

Se realiza el análisis con respecto a la capacidad del tablero, por tal razón, se eligen conductores de alimentación #4/0 AWG al igual que el neutro. Conductor de puesta a tierra es #6 AWG. La protección recomendada es de 200A/3polos.

Tabla 4.32. Tablero TPC (Planta Pecuaria Palmares)

CARGA ELÉCTRICA	DATO DE PLACA Y TABLAS		
BOMBA DE LAVADO	3,9	A	
FLC	4,8	A	ART. 430,22 Y 430,6 (A)(1)
SALA PRECALENTADO	DE 50	A	APLICACIÓN ART. 430,24
SECADORA	70	A	NO USO CONTINUO
LAVADORA	12,1	A	NO USO CONTINUO
MOTOR EXTRACCION DE SALAS	DE 1,1	A	

FLC	2,4	A	ART. 430,6 (A)(1)
	3	A	ART. 430,22
CARGA DE TOMAS	60	Tomas	7200 VA ART. 220,14 (L)
CARGA DE ILUMINARIAS		A	
918 m²	30294	VA	TABLA 220,12

Nota: Elaboración propia (2021).

En la carga de bomba de lavado se utilizará alimentadores y puesta tierra calibre #12 AWG con protección de 15A/3polos. En la carga de sala de precalentado se utilizarán alimentadores calibre #8 AWG y puesta tierra calibre #10 AWG con protección de 50A/3polos. En la carga de secadora se utilizarán alimentadores calibre #4 AWG y puesta tierra calibre #8 AWG con protección de 90A/3polos. En la carga de lavadora se utilizará alimentadores y puesta tierra calibre #10 AWG con protección de 30A/3polos. En la carga de motor de extracción de salas se utilizarán alimentadores y puesta tierra calibre #12 AWG con protección de 15A/3polos. (Ver anexo 7).

Tabla 4.33. Tablero TPC (Continúa)

DE ACUERDO CON EL ART. 215,2 (A)(1)		
CARGA	202,6	AMPERIOS
APLICANDO		
EL 0.8 DE		
FACTOR DE		
CARGA DE		
ACUERDO	162,08	AMPERIOS
CON		
ELECTRICAL		
NOTES &		
ARTICLES		

Nota: Elaboración propia (2021).

Se realiza el análisis con respecto a la capacidad del tablero, por tal razón, se eligen conductores de alimentación #4/0 AWG al igual que el neutro. Conductor de puesta a tierra es #6 AWG. La protección recomendada es de 200A/3polos. (Ver anexos 7).

4.2.3 Diseño de banco de capacitores.

De acuerdo con el estudio de flujo de potencia en Easy Power, se logra obtener un banco de capacitores de 45 KVAR y, además, con el artículo 460 del NEC (2014). Mediante fichas técnicas de Eaton se escogen los 45 KVAR (Power Factor Correction: A Guide for the Plant Engineer).

Mediante la data técnica de Eaton (Power Factor Correction: A Guide for the Plant Engineer) se indica que se debe utilizar un breaker de 200A/3polos y conductores alimentadores de 1/0 AWG.

Con el banco de capacitores de 45 KVAR se logra tener un factor de potencia de 0.94, de manera que se cumple con lo establecido en la norma AR-NT-SUCOM (2016) artículo 41, la cual indica que plantas con un consumo menor o igual a los 1000 kW deben tener un factor de potencia mayor a 0.9 (pág. 20).

Diseño de diagrama unifilar.

El levantamiento de datos que se realizó en la planta pecuaria Palmares es la fuente principal para desarrollar el diagrama unifilar adjunto en el anexo A6.

El diseño presenta dos suministros de energía: la que brinda el ICE y el generador de combustión; luego se derivan hasta una transferencia automática que alimenta un tablero

principal I-Line SQD de 800A que distribuye a los 7 tableros presentes en la planta. Además, esta planta posee un transformador seco y un banco de capacitores que aporta energía reactiva capacitiva.

4.2.4 Estudio de flujo de potencia.

Tabla 4.34. Informe de sobrecarga del transformador

Transformador		Carga Amps					Comentario
Nombre	Hasta bus nombre	Nombre ramal	Rango Amps	Carga Amps	Carga %	Sobre carga %	
T-1	BUS-2	BUS-3	721.7	451.3	62.50%	-37.50%	
T-2	BUS-6	BUS-7	416.4	99.3	23.80%	-76.20%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

T-1 es el transformador de pedestal (potencia de 300kVA), su carga en amperios es de 451.3, por lo que se puede instalar 270.4A de cargas futuras para obtener su corriente a plena carga. La tabla 450,3 (A) del NEC (2014) especifica que “un transformador con porcentaje de impedancia menor a los 6% se puede diseñar a un 125% de su capacidad a plena carga”, o sea, se pueden instalar cargas hasta llegar alrededor de los 450.83 A; sin embargo, lo ideal es que el transformador funcione a plena carga.

En el capítulo 11, inciso 11.9.1 de la IEEE 242 (2001), se menciona que “la práctica común es que el disyuntor o los fusibles del lado secundario protejan el transformador para una carga que exceda el 125% de la capacidad máxima” (pág. 417). La IEEE dice lo mismo que el NEC (2014), pero lo ideal es que las máquinas eléctricas funcionen a plena carga.

El transformador de pedestal permitirá instalar las cargas futuras necesarias hasta llegar a la capacidad de plena carga.

El transformador seco T-2 posee una carga instalada del 23.8% de su capacidad total, por lo que se puede agregar un 76.2% de cargas futuras para llegar al funcionamiento a plena carga.

Tabla 4.35. Informe de sobrecarga de línea

línea		Carga						Comentario
Desde nombre	bus	Hasta bus nombre	Nombre ramal	Rango Amps	Carga Amps	Carga %	Sobre carga %	
ATS-1		TP	C-4	860	451.3	52.50%	-47.50%	
BUS-1		BUS-2	C-1	195	3.1	1.60%	-98.40%	
BUS-3		ATS-1	C-2	860	451.3	52.50%	-47.50%	
BUS-4		ATS-1	C-3	860	0	0.00%	-100.00%	
BUS-7		TPS	C-11	320	99.3	31.00%	-69.00%	
TP		BUS-6	C-9	260	86	33.10%	-66.90%	
TP		TPG	C-8	110	7.5	6.80%	-93.20%	
TP		TPEE	C-10	260	134.9	51.90%	-48.10%	
TP		TPP	C-5	110	10	9.10%	-90.90%	
TP		TPN	C-7	225	102.6	45.60%	-54.40%	
TP		TPI	C-6	350	158	45.20%	-54.80%	
TPS		TPC	C-13	260	99.3	38.20%	-61.80%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

La tabla anterior especifica si los conductores se encuentran en sobrecarga, por lo que ninguno posee violación de artículos de diseño. Esta tabla presenta los conductores de los circuitos ramales y alimentadores de los tableros.

Los circuitos ramales presentan el cumplimiento del artículo 210.19 (A) (1) del NEC (2014) el cual explica que los conductores de los circuitos ramales deben tener una ampacidad no inferior a la carga máxima que van a alimentar. Todos los circuitos ramales cumplen con el artículo 210.19 (A) (1) del NEC (2014). Para observar el circuito ramal de cada equipo es necesario observar el diagrama unifilar de flujo de potencia.

Los conductores alimentadores presentan el cumplimiento del artículo 215.2 (A) (1) del NEC (2014), el cual explica que los conductores alimentadores deben tener una ampacidad no menor a la necesaria para alimentar las cargas. Todos los conductores alimentadores cumplen con el artículo 215.2 (A) (1) del NEC (2014).

Tabla 4.36. Informe de pérdidas de sucursales

Desde Bus		Hasta Bus		Cargas	
Nombre	Base (V)	Nombre	Base (V)	kW	KVAR
ATS-1	240	TP	240	1.6	2.3
BUS-1	34500	BUS-2	34500	0	1.3
BUS-2	34500	BUS-3	240	1.5	5.7
BUS-3	240	ATS-1	240	0.4	0.5
BUS-4	240	ATS-1	240	0	0
BUS-6	240	BUS-7	208	0.1	0.2
BUS-7	208	TPS	208	0	0
TP	240	BUS-6	240	0	0
TP	240	TPG	240	0	0

TP	240	TPEE	240	0.1	0.1
TP	240	TPP	240	0	0
TP	240	TPN	240	0.1	0.1
TP	240	TPI	240	0.1	0.1
TPS	208	TPC	208	0	0

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

El informe de pérdida en ramal es mínimo, pero en un sistema real siempre se encuentran pérdidas por conductores, fugas de corriente, otros.

Tabla 4.37. Informe de caída de voltaje

Desde Bus		Hasta Bus		Caída
Nombre	Base(V)	Nombre	Base(V)	%
ATS-1	240	TP	240	1.20%
BUS-1	34500	BUS-2	34500	0.00%
BUS-2	34500	BUS-3	240	1.90%
BUS-3	240	ATS-1	240	0.30%
BUS-4	240	ATS-1	240	0.00%
BUS-6	240	BUS-7	208	0.50%
BUS-7	208	TPS	208	0.10%
TP	240	TPEE	240	0.30%

TP	240	TPP	240	0.30%
TP	240	TPI	240	0.20%
TP	240	TPN	240	0.30%
TP	240	TPG	240	0.30%
TP	240	BUS-6	240	0.10%
TPS	208	TPC	208	0.20%

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Todos los porcentajes de caídas de tensión están dentro de los parámetros permitidos, de acuerdo con la nota del artículo 215,2 (A) (1) (b) nota informativa #2 del NEC (2014).

4.2.5 Estudio de cortocircuito planta pecuaria Palmares.

Análisis de escenarios por tipo de fuente.

Análisis de cortocircuito con generador.

La empresa Agroindustrial Proave Palmares posee un generador que suministra energía a toda la industria, en caso de pérdida del suministro eléctrico del ICE, ya sea por interrupciones o problemas de calidad de energía.

Para efectos de estudios de cortocircuito, se realizaron dos análisis, uno contemplado una falla por cortocircuito operando el generador y otra con el suministro de la compañía eléctrica. Esto, con la finalidad de realizar una comparación en las magnitudes de corriente entre ambas fuentes.

El análisis de la prueba con generador da como resultado magnitudes de corrientes de cortocircuito menores, en comparación con las generadas por la compañía de suministro eléctrico, como se indica en los anexos. Por consiguiente, el escenario del suministro de la compañía será considerado como la peor condición y será este el escenario que se utilizará para generar los estudios y análisis.

Con respecto a lo mencionado, el escenario generador se despreciará para efectos de análisis de resultados.

Se realizará una breve explicación de lo que sucedería en caso de ejecutar todos los análisis considerando el escenario generador. Se estarían ajustando las protecciones para capacidades de corrientes de cortocircuito menores que las proporcionadas por la compañía, en caso de falla. Por lo tanto, en caso de ocurrir una falla y estar conectados al suministro ICE, las protecciones no tendrían la capacidad de interrumpir las corrientes de falla en ese momento, pues están diseñadas y ajustadas para un escenario de menor magnitud, lo cual da como resultado daños en el sistema eléctrico.

Estudio de cortocircuito con suministro ICE, planta pecuaria Palmares

Mediante el diagrama unifilar realizado en Agroindustrial Proave S.A. ubicado en Palmares, Alajuela, mostrado en el (anexo A 6), se procede a realizar el estudio de cortocircuito. Se empieza a excluir cargas que no aportan corriente de cortocircuito. Todos los circuitos ramales de tomas e iluminación son excluidos para dicho estudio, además, el circuito de banco de capacitores no aporta corriente de cortocircuito, por consiguiente, no será tomado en consideración en los análisis.

Magnitudes de corrientes de cortocircuito (ICC, X/R) aportadas por la compañía de suministro eléctrico

A continuación, en la figura 4.6 se muestran los datos enviados por la compañía (ICE) de las componentes trifásicas y monofásicas correspondientes a la planta pecuaria Palmares.

Figura 4.6. Aporte de la compañía de suministro eléctrico ICE

COMPONENTES DE CORTOCIRCUITO QUE ENTREGA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO (ICE)	
Nombre del circuito	
Naranjo Palmares	
Tensión (v)	
19920/34500	
Componentes Trifásicas	
Icc (KA)	X/R ANSI
2,551	4,561
Componentes Monofásicas	
Icc (KA)	X/R ANSI
1,928	3,722

Nota: Recuperado de Instituto Costarricense de Electricidad (2020)

Resultados del estudio de corto circuito, planta pecuaria Palmares

Tabla .4.38. Tablero TPI

Tablero TPI				Rango		Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 ciclo en porcentaje

TPI	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	9.107	-8.9%	Advertencia
-----	-----	-----	----------	----	-------	-------	-------------

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla .4.39. Tablero Bus-3.

Tablero Bus-3				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
BL-1	SQD	PG	ANSI-SYM	65		13.887		-78.6%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla .4.40. Tablero Bus-4.

Tablero Bus-4				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
BL-2	SQD	PG	ANSI-SYM	65		7.611		-88.3%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.41. Tablero TP

Tablero TP				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
BL-3	SQD	FA	ANSI-SYM	25		9.845		-60.6%	
BL-4	SQD	JG	ANSI-SYM	65		9.881		-84.8%	
BL-5	SQD	JG	ANSI-SYM	65		9.881		-84.8%	
BL-6	SQD	FA	ANSI-SYM	25		9.854		-60.6%	

BL-7	SQD	ML3	ANSI-SYM	22	9.869	-55.1%
BL-5_A	SQD	JG	ANSI-SYM	65	9.158	-85.9%
BL-9	SQD	PG	ANSI-SYM	65	9.082	-86.0%
BL-13	SQD	JG	ANSI-SYM	65	9.881	-84.8%
TP			ANSI-SYM	200	9.881	-95.1%

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.42 Tablero TPC

Tablero TPC				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10		5.307		-46.9%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.42. Tablero TPEE

Tablero TPEE				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10		8.578		-14.2%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.43. Tablero TPG

Tablero TPG				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10		2.128		-78.7%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.44. Tablero TPI

Tablero TPI				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10		9.107		-8.9%	Advertencia

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.45. Tablero TPN

Tablero TPN				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10		8.148		-18.5%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.46. Tablero TPP

Tablero TPP				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10		2.325		-76.7%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla 4.47. Tablero TPS

Tablero TPS				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
-------------	--	--	--	-------	--	----------------------	--	-------------	--

ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje
BL-11	SQD	LH	ANSI-SYM	65	5.755	-91.1%
BL-12	SQD	QB	ANSI-SYM	10	5.755	-42.5%
TPS			ANSI-SYM	200	5.77	-97.1%

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Análisis del estudio de cortocircuito, planta pecuaria Palmares

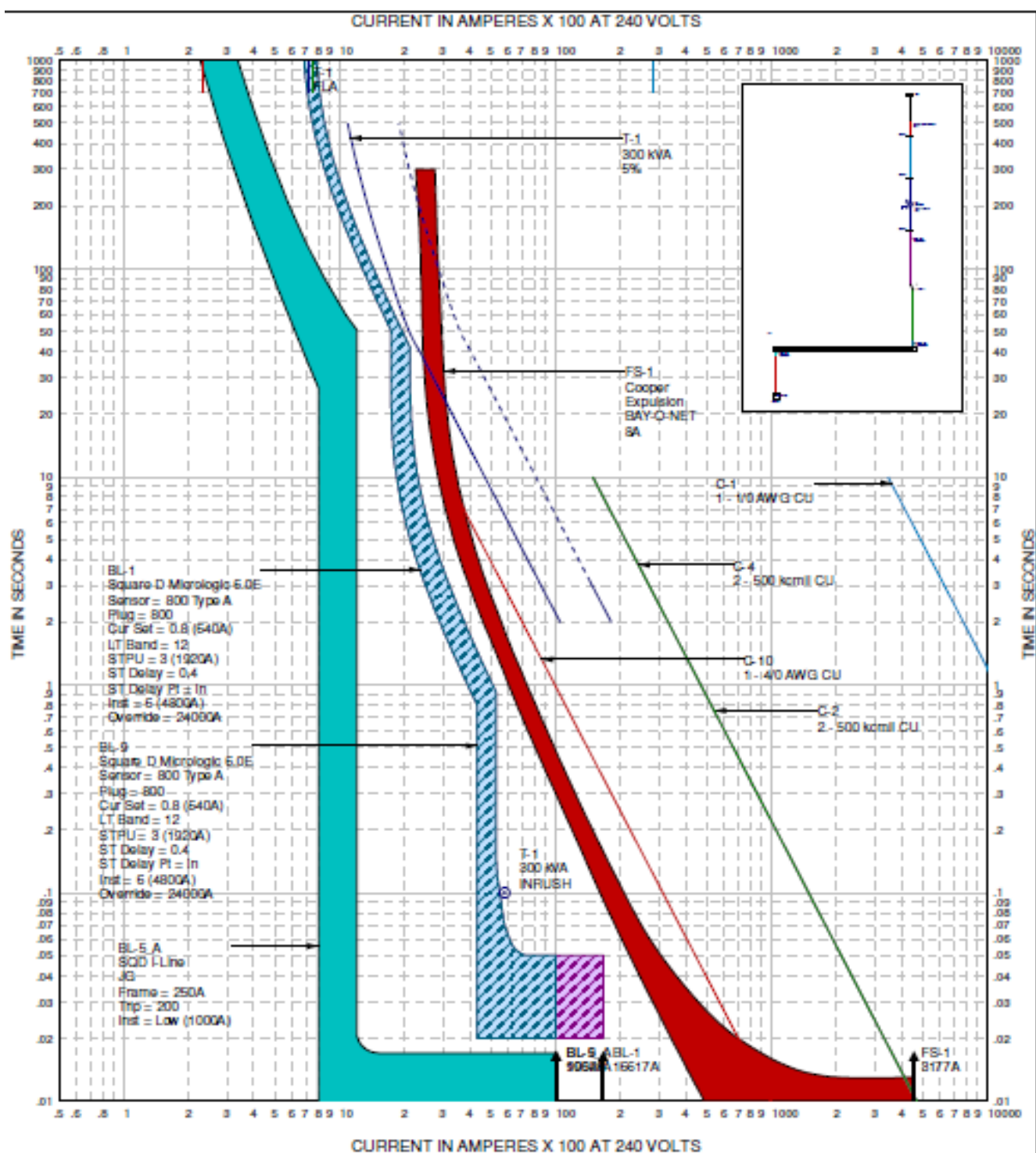
Analizando el estándar IEEE 1015-2006 específicamente en la tabla 3.18, los breakers con capacidad interruptiva de 10 kA han sido probados con una relación X/R de 1.98; los que están entre 10 kA y los 20 kA han sido probados con una relación X/R entre los 3.87 y 3.18 y los mayores a 20 kA pueden soportan una relación X/R entre 6.59 y 4.90.

De acuerdo con el texto anterior, todas las protecciones propuestas en este rediseño pueden soportan tanto las corrientes simétricas como las corrientes asimétricas.

4. 2. 6. Resultados de coordinación de protecciones planta pecuaria Palmares

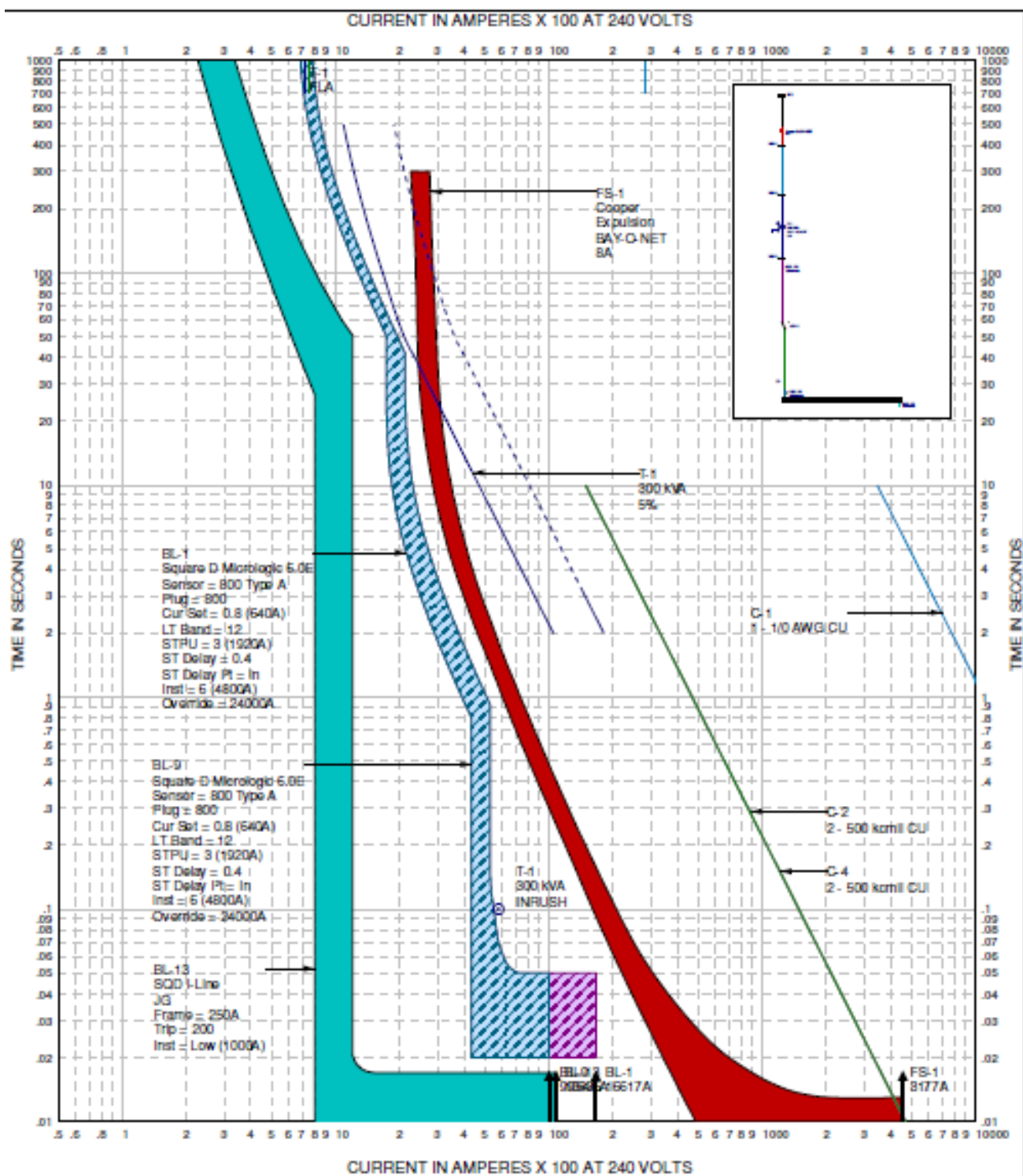


Figura 4.7. Datos de característica tiempo corriente (TCC TPEE)



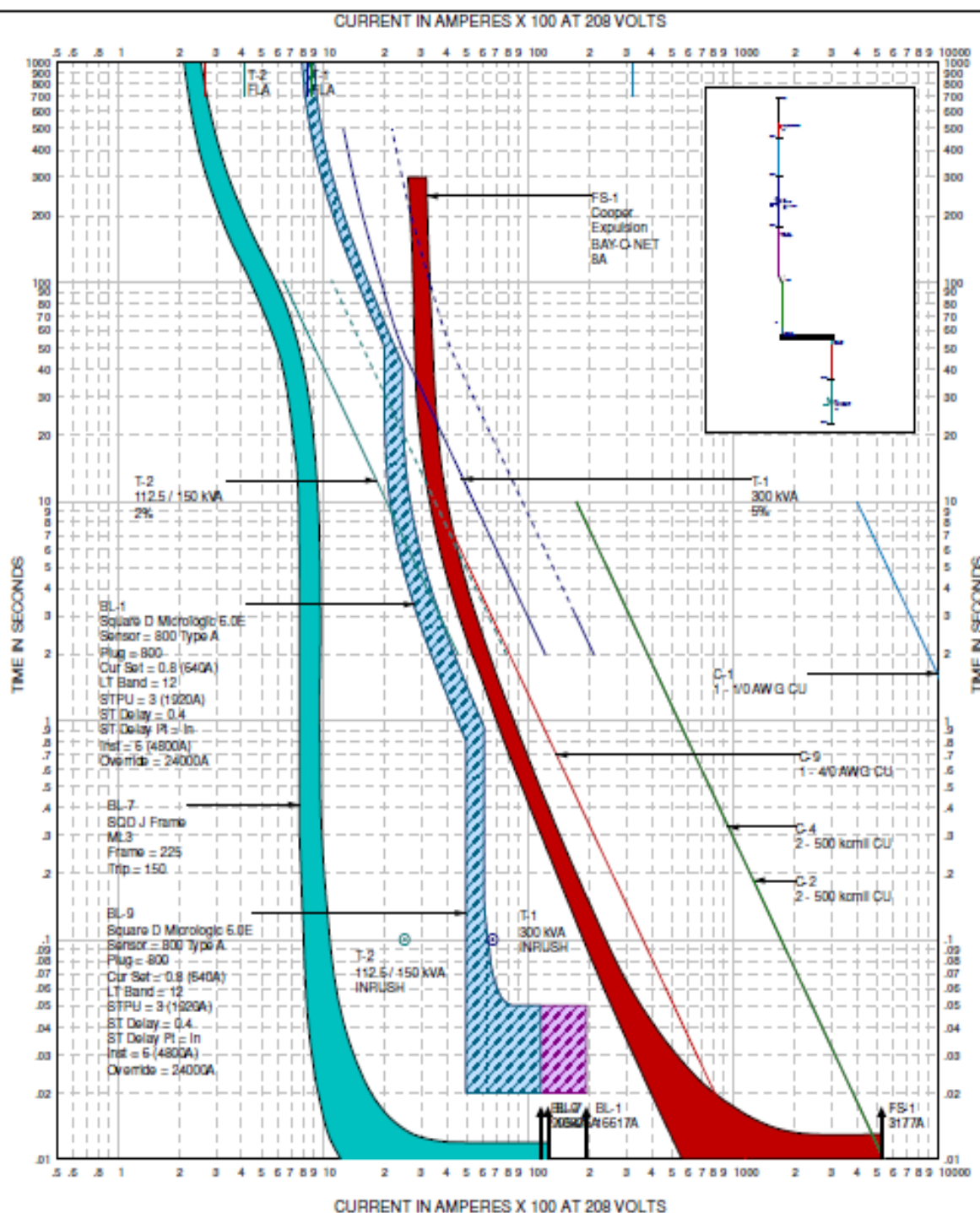
Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Figura 4.7. Datos de característica tiempo corriente (TCC- BCAP)



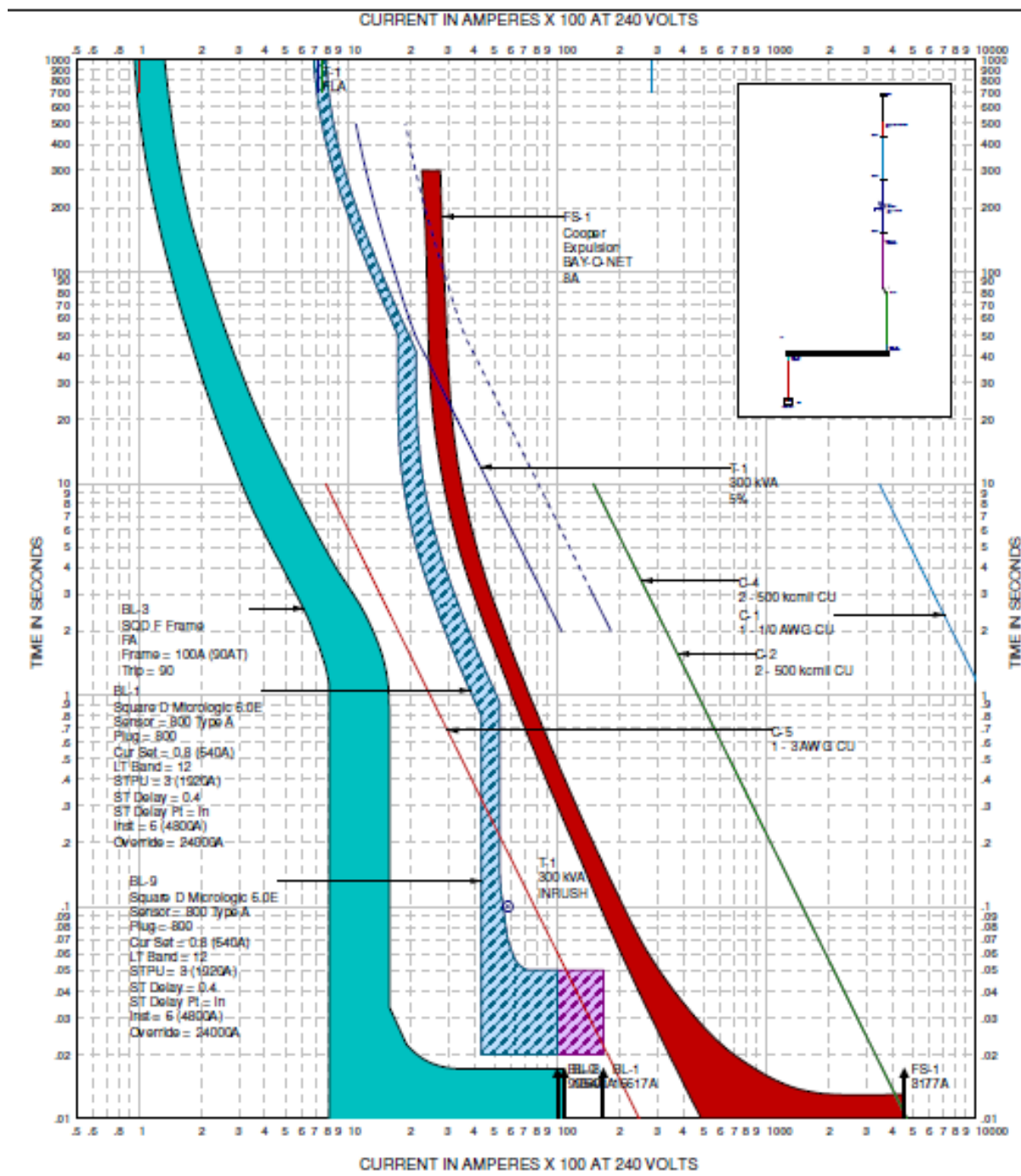
Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Figura 4.7. Datos de característica Tiempo Corriente (TCC TPC)



Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Figura 4.7. Datos de característica tiempo corriente (TCC TPP)



Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

4.2.7. Análisis del estudio de coordinación de protecciones, planta pecuaria Palmares

El Código Eléctrico de Costa Rica (NEC, 2014) dicta en el artículo 240.12 lo siguiente:

Cuando se requiera una interrupción programada para reducir al mínimo el riesgo o riesgos para las personas y equipos, debe permitirse un sistema de coordinación basado en las dos condiciones siguientes: Protección coordinada contra cortocircuitos e indicación de sobrecarga mediante sistemas o dispositivos de monitoreo (pág. 100).

De acuerdo con el texto anterior, todas las coordinaciones implementadas en los resultados del estudio de coordinación de protecciones fueron realizadas y analizadas con base en el artículo mencionado. Por consiguiente, poseen una apropiada coordinación selectiva de protecciones para mitigar una falla eléctrica, desde aguas abajo hasta aguas arriba, de ser necesario; esto, con el propósito de mitigar las paradas imprevistas por paros generales de disparo de protección principal, a menos que el problema sea cerca de la protección.

Capítulo V - Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Mediante las visitas de campo a las plantas pecuarias San Mateo y Palmares, se obtuvieron los datos correspondientes para realizar los diagramas unifilares y estudios de ingeniería.
- Con respecto a la información recolectada, se desarrollaron los diseños eléctricos en la parte de potencia y diagramas unifilares que contemplan los ajustes y especificaciones en los equipos eléctricos de la planta pecuaria Palmares.
- Con ayuda de la normativa NFPA70 (2014) (Código Eléctrico Nacional), estándar IEEE 55, IEEE 242 y con ayuda del software Easy Power, se determinaron los resultados del estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones.
- Se analizaron los resultados de los informes del software Easy Power, con identificación de las violaciones en distintos tableros y protecciones, utilizando criterios basados en los estándares IEEE 242, IEEE 551 y la NFPA 70.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda mantener en constante actualización los diagramas unifilares conservando una trazabilidad de información ante cambios o modificaciones en el sistema eléctrico.
- Realizar estudios de corrientes de cortocircuito al menos una vez cada dos años o cuando se instalen grandes cargas aporten a la corriente de cortocircuito. Con el propósito de determinar si las protecciones y equipos puedan interrumpir la falla ante nuevos cambios.
- Implementar estudios de arc flash (arco eléctrico) determinando la energía incidente en los tableros y de esta manera identificar los equipos de protección personal requeridos.
- Se debe realizar el adecuado análisis a los reportes de equipo de servicio e informe momentáneo de baja tensión del software EasyPower para determinar cuáles equipos soportan las corrientes de cortocircuito simétricas presentes ante eventuales fallas y además, hacer utilización del libro azul IEEE 1015-2006 para examinar las pruebas de razones X/R que tienen los determinados breakers MCCB's y LVPCB's.

Las violaciones presentes en el estudio de cortocircuito de la planta pecuaria de San Mateo pueden eliminarse mediante tres soluciones:

- Instalar reactores de línea para reducir la corriente de cortocircuito.
- Colocar fusibles limitadores de media tensión para reducir la corriente de cortocircuito que suministra la entidad de energía (ICE)
- Cambiar todos los equipos que presenten violación en el apartado de resultados generados por Easy Power, que posean mayor capacidad interruptiva, y se analice si son adecuados.

4.3 Bibliografía

American National Standard (ANSI). (2006). *IEEE Recommended Practice for Applying Low Voltage Circuit Breaker Used in Industrial and comercial Power Systems*. New York.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2012). *Reforma Reglamento para el Trámite de Planos y la Conexión de los Servicios Eléctricos, Telecomunicaciones y de Otros en Edificios*. San Jose. Obtenido de <https://bit.ly/2RzTRMu>

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. (2015). *Manual para Redes de Distribución Eléctrica Subterránea 13.8;24.9 y 34.5 kV*. San José.

Cruz, C. G. (20001). *Calculo de corrientes de cortocircuito en baja tensión*. Santiago.

Easy Power. (2014). *Coordination with PowerProtector™*. Obtenido de Editing TCC Curves: http://help.easypower.com/ezp/9.6/Content/15_Coordination/Editing_TCC_Curves.htm

EATON. (2021). *Panelboards*. Obtenido de Fundamentals of electrical panelboards: <https://www.eaton.com/us/en-us/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/panelboards/panelboard-vs--loadcenter---eaton.html>

Marcial, D. G. (22 de mayo de 2012). *Análisis de contingencias en centros comerciales* . Obtenido de Análisis de contingencias en centros comerciales : <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/801>

Motortico. (2011). *Atascamirnto de motores eléctricos* . s.f.: s.f.

National Fire Proteccion Assioation. (2014). *Código Eléctrico Nacional* . National Fire Proteccion Assioation.

National Fire Protection Association. (2018). *Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo*. International Electrical Safety & Reliability Consultants.

Pecuaría, C. M.-I. (s.f.). *Likedin*. Obtenido de <https://co.linkedin.com/company/divisi-n-industrial-pecuaría--corporaci-n-multi-inversiones>

Picado, D. N. (2016). *Estudio de cortocircuito en el rediseño de la instalación eléctrica de Laboratorios STEIN*. Cartago: s.f.

Powering Business Worldwide. (s.f. de s.f. de 2020). *PANELBOARDS*. Recuperado el 19 de Agosto de 2020, de Fundamentals of electrical panelboards: <https://www.eaton.com/us/en-us/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/panelboards/panelboard-vs--loadcenter---eaton.html>

Razo, C. M. (2011). *Como eleborar y Asesorar una Investigación de Tesis*. Juárez: Camara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/biblioutn/37852>

Sampieri, R. H. (2014). *Metología de la investigación* (sexta ed.). Mexico D.F: McGraw-Hill.

Unidad de prevención e investigación de incendios . (2016). *Investigación de Incendios 2016*.

Estadístico, Bomberos de Costa Rica , , San José. Recuperado el 12 de agosto de 2020, de [khttps://www.bomberos.go.cr/servicios-de-prevencion/investigacion-de-incendios/](https://www.bomberos.go.cr/servicios-de-prevencion/investigacion-de-incendios/).

MacDowell, J; Mark, S; Guy, J; St, Conrad & Huening, W. (2006). IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and commercial Power Systems.

Heirman, D; Carlo, J & Gorman, J. (2001). IEEE Recommended for Protection and Coordination of Industrial and commercial Power Systems.

Shokooh, F; Khandelwal, T & Marroquin, A. (2018). IEEE Std 3002.2 Recommended Practice for conducting Load-Flow Studies and Analysis of Industrial and Commercial Power Systems.

La Gaceta. (2016) Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión. Obtenido de <https://aresep.go.cr/electricidad/normativa/1392-normativa-tecnica-nacional>.

Instituto Costarricense de Electricidad. (2020). Componentes de cortocircuito trifásicos y monofásicos.

Corporación Multi Inversores. (2020). Hoja de datos de fabricante de generador.

4.4 Anexos

Anexo 1

A1. Datos de compañía eléctrica (ICE) y planta eléctrica

Figura A1.1. Componentes de cortocircuito trifásicos y monofásicos (Planta de San Mateo)

Nombre de Subestación-circuito	
Juanilama-Orotina	
Tensión (v)	
19920/34500	
Componentes Trifásicas	
I _{cc} (KA)	X/R ANSI C37.010
1.82	2.84003
Componentes Monofásicas	
I _{cc} (KA)	X/R ANSI
1.48	2.57210

Nota: Instituto Costarricense de Electricidad (2020).

Figura A1.2. Hoja de datos de fabricante de generador (Planta San Mateo)

Engine: C18

Fuel: Diesel

Frequency: 60

Duty: STANDBY

Generator Frame: LC6114K

Generator Arrangement: 5029739

Excitation Type: Self Excited

Connection: SERIES STAR

Selected Model

Genset Rating (kW): 600.0

Genset Rating (kVA): 750.0

Pwr. Factor: 0.8

Application: EPG

Line Voltage: 480

Phase Voltage: 277

Rated Current: 902.1

Status: Current

Version: 42423 /41794 /42598 /271

Spec Information

Generator Specification		Generator Efficiency			
Frame: LC6114K	Type: LC	No. of Bearings: 1	Per Unit Load	kW	Efficiency %
Winding Type: RANDOM WOUND		Flywheel: 14.0	0.25	150.0	92.6
Connection: SERIES STAR		Housing: 1	0.5	300.0	94.7
Phases: 3		No. of Leads: 12	0.75	450.0	94.9
Poles: 4		Wires per Lead: 2	1.0	600.0	94.6
Sync Speed: 1800		Generator Pitch: 0.6667			

Reactances	Per Unit	Ohms
SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS X_d'	0.1204	0.0370
SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS X_q'	0.1582	0.0486
TRANSIENT - SATURATED X_d	0.1719	0.0528
SYNCHRONOUS - DIRECT AXIS X_d	3.4375	1.0560
SYNCHRONOUS - QUADRATURE AXIS X_q	2.0703	0.6360
NEGATIVE SEQUENCE X_2	0.1393	0.0428
ZERO SEQUENCE X_0	0.0104	0.0032

Time Constants	Seconds
OPEN CIRCUIT TRANSIENT - DIRECT AXIS T_{d0}	1.9970
SHORT CIRCUIT TRANSIENT - DIRECT AXIS T_d'	0.1000
OPEN CIRCUIT SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS T_{d0}''	0.0130
SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS T_d''	0.0100
OPEN CIRCUIT SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS T_{q0}''	0.1300
SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS T_q''	0.0100
EXCITER TIME CONSTANT T_e	0.0300
ARMATURE SHORT CIRCUIT T_a	0.0150

Short Circuit Ratio: 0.35

Stator Resistance = 0.0083 Ohms

Field Resistance = 1.1 Ohms

Nota: Recuperado de CMI (2020).

Anexo 2

A2. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo

Tabla A2.1. Tablero Principal (TP) (parte nueva)

TABLERO TP						
N° DE SERIE: QDCF202W QD LOGIC PACT			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 440V NOMINAL 2000A BARRAS			
BREAKER PRINCIPAL:			MASTERPACT NW20H1			
ALIMENTADORES:		FASE 12X500 KCMIL	NEUTRO 4X500 KCMIL	TIERRA 4X3/0	DISTANCIA (m)	86.8
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
TNI	Q432250	25	FASES: 3X300 KCMIL NEUTRO: 300 KCMIL TIERRA: 6 AWG	EMT	3X250	8.8
ESB1	MG600 POWER PACT	65	FASES: 3X500 KCMIL TIERRA: 3/0	EMT	3X600	53
BANCO DE CAPACITORES	Q432400	25	FASES: 6X3/0 NEUTRO: 3/0 TIERRA: 2 AWG	CANASTA	3X400	7
CHILLER 1	MG600 POWER PACT	65	FASES: 3X500 KCMIL TIERRA: 3/0	EMT	3X600	54.9
CHILLER 2	MG600 POWER PACT	65	FASES: 3X500 KCMIL TIERRA: 3/0	EMT	3X600	48.5
TAAP	AL150HD	25	FASES: 3X1/0 NEUTRO: 1/0 TIERRA: 6 AWG	EMT	3X150	12
TNN	QB150	10	FASES: 3X300 KCMIL NEUTRO: 300 KCMIL TIERRA: 6 AWG	EMT	3X150	11
TT	QB150	10	FASES: 3X300 KCMIL NEUTRO: 300 KCMIL TIERRA: 6 AWG	EMT	3X150	15
TN1	QB150	10	FASES: 3X300 KCMIL NEUTRO: 300 KCMIL TIERRA: 6 AWG	EMT	3X150	13
TN2	QB150	10	FASES: 3X300 KCMIL NEUTRO: 300 KCMIL TIERRA: 6 AWG	EMT	3X150	14
TABLERO CASETA CONTRA INCENDIOS	QD225	25	FASES: 3X17 MM NEUTRO: 17 MM TIERRA: 1/0 AWG	EMT	3X225	23
TPTAR	AL100FA	25	FASES: 3X1/0 NEUTRO: 1/0 TIERRA: 1 /0 AWG	EMT	3X50	71

Nota: La planta pecuaria San Mateo está dividida en dos partes: parte nueva y partes vieja; esta característica se da a causa de la longevidad de la parte vieja y avanzado deterioro. Los datos

mostrados en esta tabla corresponden al sistema eléctrico parte nueva (tablero TP). Elaboración propia (2021).

A2. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo

Tabla A2.2. Tablero (TT) (parte nueva)

TABLERO TT						
N° DE SERIE: NQ472L2C			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 240V, BARRAS DE 225 A			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:		FASE 3X300 KCMIL	NEUTRO 300 KCMIL	TIERRA 6 AWG	DISTANCIA (m)	15
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
TABLERO COMPRESORES	SQD QO	10	FASES: 3X2 AWG NEUTRO: 2 AWG TIERRA: 8 AWG	EMT	3X70	70
TABLERO BOMBA CHILLER'S	SQD QO	10	FASES: 3X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	EMT	3X20	48
TABLERO BOMBA DUPLEX	SQD QO	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 10 AWG	EMT	3X20	60
TABLERO SUAVIZADOR PETERSIME	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 10 AWG	EMT	3X20	54
TABLERO TI	SQD QO	10	FASES: 2X2 AWG NEUTRO: 2 AWG TIERRA: 8 AWG	EMT	2X80	120

Nota: Elaboración propia (2021).

A2. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo

Tabla A2.3. Tablero Compresores (parte nueva)

TABLERO COMPRESORES						
N° DE SERIE: PD184FX125S			ESPECIFICACIÓN: 3Ø, BARRAS DE 125 A (10kA)			
BREAKER PRINCIPAL:			ED 65K EATON 100A 240V 65kA			
ALIMENTADORES:		FASE 3X2 AWG	NEUTRO 2 AWG	TIERRA 8 AWG	DISTANCIA (m)	70
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
COMPRESOR 01 TORNILLO	CH 20	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 12 AWG	EMT	3X20	8
COMPRESOR 02 TORNILLO	CH 20	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 12 AWG	EMT	3X20	10
COMPRESOR 03	CH 20	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 12 AWG	EMT	3X20	13
COMPRESOR 04	CH 20	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 12 AWG	EMT	3X20	13

Nota: Elaboración propia (2021).

A2. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo

Tabla A2.4. Tablero TAAP (parte nueva)

TABLERO TAAP						
N° DE SERIE: NQ430L2C			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 240V, BARRAS DE 225 A			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:		FASE 3X1/0 AWG	NEUTRO 1/0 AWG	TIERRA 6 AWG	DISTANCIA (m)	16
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
EVAPORADOR	SQD QO	10	FASES: 3X2 AWG TIERRA: 8 AWG	EMT	3X80	35.55
CONDENSADOR	SQD QO	10	FASES: 3X4 AWG TIERRA: 8 AWG	EMT	3X60	38

Nota: Elaboración propia (2021).

A2. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo

Tabla A2.5. Tablero ESB1 (parte nueva)

TABLERO ESB1						
N° DE SERIE: NO POSEE			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 240V NOMINAL 400A BARRAS			
BREAKER PRINCIPAL:			SHAWMUT GL-GL-Gg (500V)			
ALIMENTADORES:		FASE 3X500 KCMIL	NEUTRO NO POSEE	TIERRA 3/0 AWG	DISTANCIA (m)	53
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG) (RCT)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
MANEJADORA PRINCIPAL	LS INDUSTRIAL MMS	20	3X8 FASES 8 TIERRA	EMT	3X63	40
HIDRO PUMP	TELEMECANIQUE GV2 ME20	20	3X12 FASES 12 TIERRA	EMT	3X16	41
BS POLLO	TELEMECANIQUE GV2 ME10	20	3X14 FASES 14 TIERRA	EMT	3X5,5	43
TM PRINCIPAL	TELEMECANIQUE GV3P 3P	20	3X4 FASES 4 TIERRA	EMT	3X65	46
TM SALA POLLO	TELEMECANIQUE GV2 ME22	20	3X12 FASES 12 TIERRA	EMT	3X25	41

Nota: Elaboración propia (2021).

A2. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo

Tabla A2.6. Tablero TN1 (parte nueva)

TABLERO TN1						
N° DE SERIE: -			ESPECIFICACIÓN: 3Ø, BARRAS DE 400 A			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:		FASE 3X300 KCMIL	NEUTRO 300 KCMIL	TIERRA 6 AWG	DISTANCIA (m)	13
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
TABLERO LAVANDERIA	SQD	10	FASES: 3X2/0 AWG NEUTRO: 2/0 AWG TIERRA: 2 AWG	EMT	3X150	128
TOMAS GENERALES E ILUMINARIAS	SQD	10	-	EMT	-	-

Nota: Elaboración propia (2021).

A2. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo

Tabla A2.7. Tablero TN2 (parte nueva)

TABLERO TN2						
N° DE SERIE: -			ESPECIFICACIÓN: 3Ø, BARRAS DE 400 A			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:		FASE 3X300 KCMIL	NEUTRO 300 KCMIL	TIERRA 6 AWG	DISTANCIA (m)	14
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
TABLERO OFICINA DE PRODUCCION	SQD	10	FASES: 2X2 AWG NEUTRO: 2 AWG TIERRA: 2 AWG	EMT	3X50	116
TABLERO A/C OFICINA DE PRODUCCION	SQD	10	FASES: 2X2 AWG NEUTRO: 2 AWG TIERRA: 8 AWG	EMT	3X70	116
TOMAS 240 EN TODA LA PLANTA	SQD	10	FASES: 2X8 AWG TIERRA: 8 AWG	EMT	3X40	-

Nota: Elaboración propia (2021).

A2. Levantamiento de datos planta pecuaria San Mateo

Tabla A2.8. Tablero TNN (parte nueva)

TABLERO TNN						
N° DE SERIE: NQ442L4C			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 240V NOMINAL 400A BARRAS			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:		FASE	NEUTRO	TIERRA	DISTANCIA (m)	8.8
		3X300 KCMIL	300 KCMIL	6 AWG		
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG) (RCT)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
NACEDORA #1	SQD QO	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	3X30	16
NACEDORA #2	SQD QO	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	3X30	22
NACEDORA #3	SQD QO	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	3X30	26
NACEDORA #4	SQD QO	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	3X30	18
NACEDORA #5	SQD QO	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	3X30	25
NACEDORA #6	SQD QO	10	FASES: 3X10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	3X30	30

Nota: Elaboración propia (2021).

A2. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo (parte nueva)

Tabla A2.9. Tablero TNI (parte nueva)

TABLERO TNI							
N° DE SERIE: NQ442L4C			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 240V NOMINAL 400A BARRAS				
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE				
ALIMENTADORES:		FASE	NEUTRO		TIERRA	DISTANCIA (m)	8.8
		3X300 KCMIL	300 KCMIL		6 AWG		
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG) (RCT)		CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
Incubadora #1	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	16
Incubadora #2	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	22
Incubadora #3	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	26
Incubadora #4	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	18
Incubadora #5	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	25
Incubadora #6	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	30
Incubadora #7	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	22
Incubadora #8	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	28
Incubadora #9	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	32
Incubadora #10	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	33
Incubadora #11	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	38
Incubadora #12	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG 8 AWG	TIERRA:	CANASTA	3X40	43

Nota: Datos recolectados del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo. Elaboración propia (2021).

Anexo 3.

A3. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo (parte vieja)*Tabla A3.1. Tablero TPE (Planta vieja)*

TABLERO TPE						
N° DE SERIE: HCP50868			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 480V NOMINAL 800A BARRAS			
BREAKER PRINCIPAL:		MG800 POWER PACT				
ALIMENTADORES:		FASE	NEUTRO	TIERRA	DISTANCIA (m)	131.4
		6X500 KCMIL	2X500 KCMIL	2X3/0		
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
PAQUETE SALA POLLO	QBA32200	10	FASES: 3X2 AWG NO POSEE TIERRA FISICA	EMT	3X200	40
TC	QB200	10	FASES: 3X2/0 NEUTRO: 2/0 TIERRA: 4 AWG	EMT	3X200	6
TB	QB200	10	FASES: 3X2/0 NEUTRO: 2/0 TIERRA: 4 AWG	EMT	3X200	9
T-LAB	FA34070	25	FASES: 3X4 AWG NEUTRO: 4 AWG TIERRA: 6 AWG	EMT	3X70	4
TD	QB200	10	FASES: 3X2/0 NEUTRO: 2/0 TIERRA: 4 AWG	EMT	3X200	4
TA	Q432400	25	FASES: 6X2/0 NEUTRO: 2X2/0 TIERRA: 4 AWG	EMT	3X400	12

Nota: Datos recolectados del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo. Elaboración propia (2021).

A3. Levantamiento de datos planta pecuaria San Mateo (parte vieja)

Tabla A3.2. Tablero TB (Planta vieja)

TB						
N° DE SERIE: NQOD242L400CU			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 240V NOMINAL 400A BARRAS			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:		FASE	NEUTRO	TIERRA	DISTANCIA (m)	8.8
		3X2/0 KCMIL	2/0 KCMIL	4 AWG		
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG) (RCT)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
NACEDORA #6	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	47.5
NACEDORA #7	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	51
NACEDORA #8	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	54.5
NACEDORA #9	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	58
NACEDORA #10	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	62.5
NACEDORA #11	SQD QO	10	FASES: 3X8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	3X30	44

Incubadora #6	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	58.5
Incubadora #7	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	61.5
Incubadora #8	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	64.5
Incubadora #9	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	68.5
Incubadora #10	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	73
R SALA 1	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X60	-

Nota: Datos recolectados del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo. Elaboración propia (2021)..

A3. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo (parte vieja)

Tabla A3.3. Tablero TA (Planta vieja).

TA						
N° DE SERIE: SQD			ESPECIFICACIÓN: 3Ø, BARRAS DE 400 A			
BREAKER PRINCIPAL:			POSEE PERO NO ES LEGIBLE (DEFINIR)			
ALIMENTADORES:			FASE	NEUTRO	TIERRA	DISTANCIA (m)
			6X2/0 AWG	2X2/0 AWG	4 AWG	12
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIV A (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
CUARTO DE BOMBAS	KAL36125	42	FASES: 3X2 AWG NEUTRO: 2 AWG TIERRA: 2 AWG	PVC	3X125	91
PAQUETE SALA DE INCUBACION 1	KAL36125	42	-	CANASTA	3X125	43
PAQUETE DE INCUBACION 2 Y CUARTO DE HUEVO	KAL36150	42	-	CANASTA	3X150	59
PAQUETE DE SALA DE NACEDORAS 1	KAL36100	42	-	CANASTA	3X100	41.5
PAQUETE DE SALA DE NACEDORAS 2	KAL36100	42	-	CANASTA	3X100	66.5
TABLERO TALLER MTTO	CHINT DZ 158-125	6	FASES: 3X2 AWG NEUTRO: 2 AWG	EMT	3X125	50

Nota: Levantamiento de datos del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo, parte vieja.

Elaboración propia (2021).

A3. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo (parte vieja)

Tabla A3.4. Tablero cuarto bombas (planta vieja)

TABLERO CUARTO DE BOMBAS						
N° DE SERIE: CH24ET200S			ESPECIFICACIÓN: 3Ø, BARRAS DE 200 A			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:	FASE	NEUTRO	TIERRA	DISTANCIA (m)	91	
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPER IOS)	DISTANCIA (m)
TABLERO BOMBA DE POZO	CH	10	FASES: 3X8 AWG TIERRA: 10AWG	PVC	3X50	4
TABLERO DE AVASTECIMIENTO DE TANQUES NEGROS	CH	10	FASES: 3X8 AWG TIERRA: 8 AWG	EMT	3X50	6
ARCO DE DESINFECCION VEHICULAR	CH	10	-	EMT	3X30	

Nota: Datos recolectados del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo del tablero ubicado en cuarto bombas. Elaboración propia (2021).

A3. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo (parte vieja)

Tabla A3.5. Tablero TC (planta vieja)

TC						
N° DE SERIE: NQOD242L400CU			ESPECIFICACIÓN: 3Ø 240V NOMINAL 400A BARRAS			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:	FASE	NEUTRO	TIERRA	DISTANCIA (m)	8.8	
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG) (RCT)	CANALIZACI ÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPE RIOS)	DISTANC IA (m)
NACEDORA #1	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	26
NACEDORA #2	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	29
NACEDORA #3	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	32.5
NACEDORA #4	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	35.5

NACEDORA #5	SQD QO	10	FASES: 2X10 AWG NEUTRO: 10 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X30	39
SALA PRECALENTADO	SQD QO	10	FASES: 2X6 AWG NEUTRO: 6 AWG TIERRA: 10 AWG	CANASTA	2X50	56
Incubadora #1	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	38
Incubadora #2	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	41
Incubadora #3	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	44
Incubadora #4	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	48
Incubadora #5	SQD QO	10	FASES: 2X8 AWG NEUTRO: 8 AWG TIERRA: 8 AWG	CANASTA	2X40	52

R SALA 2	SQD QO	10	FASES: 2X6 AWG NEUTRO: 6 AWG TIERRA: 6 AWG	CANASTA	2X60	-
A/C LAB	SQD QO	10	FASES: 2X12 AWG NEUTRO: 12 AWG TIERRA: 12 AWG	CANASTA	2X20	-
A/C CALIDAD	SQD QO	10	FASES: 2X12 AWG NEUTRO: 12 AWG TIERRA: 12 AWG	CANASTA	2X20	-
A/C MANTENIMIENTO	SQD QO	10	FASES: 2X12 AWG NEUTRO: 12 AWG TIERRA: 12 AWG	CANASTA	2X20	-

Nota: Toma de datos del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo. Elaboración propia (2021).

A3. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo (parte vieja)

Tabla A3.6. Tablero escaleras de taller de MTTO (planta vieja)

TABLERO ESCALERAS DE TALLER DE MTTO						
N° DE SERIE: NQO			ESPECIFICACIÓN: 3Ø, BARRAS DE 125 A			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:		FASE 3X6 AWG	NEUTRO 6 AWG	TIERRA NO POSEE	DISTANCIA (m)	20
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
EXTRACTOR 01	SQD	10	FASES: 1X12 AWG NEUTRO: 12 AWG TIERRA: 12 AWG	EMT	1X20	25
EXTRACTOR 02	SQD	10	FASES: 1X12 AWG NEUTRO: 12 AWG TIERRA: 12 AWG	EMT	1X20	32
EXTRACTOR 03	SQD	10	FASES: 1X12 AWG NEUTRO: 12 AWG TIERRA: 12 AWG	EMT	1X20	10
TOMAS Y LUCES	SQD	10	FASES: 1X12 AWG NEUTRO: 12 AWG TIERRA: 12 AWG	EMT	1X20	-

Nota: Levantamiento de datos del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo. Elaboración propia (2021).

A3. Levantamiento de datos, planta pecuaria San Mateo (parte vieja)

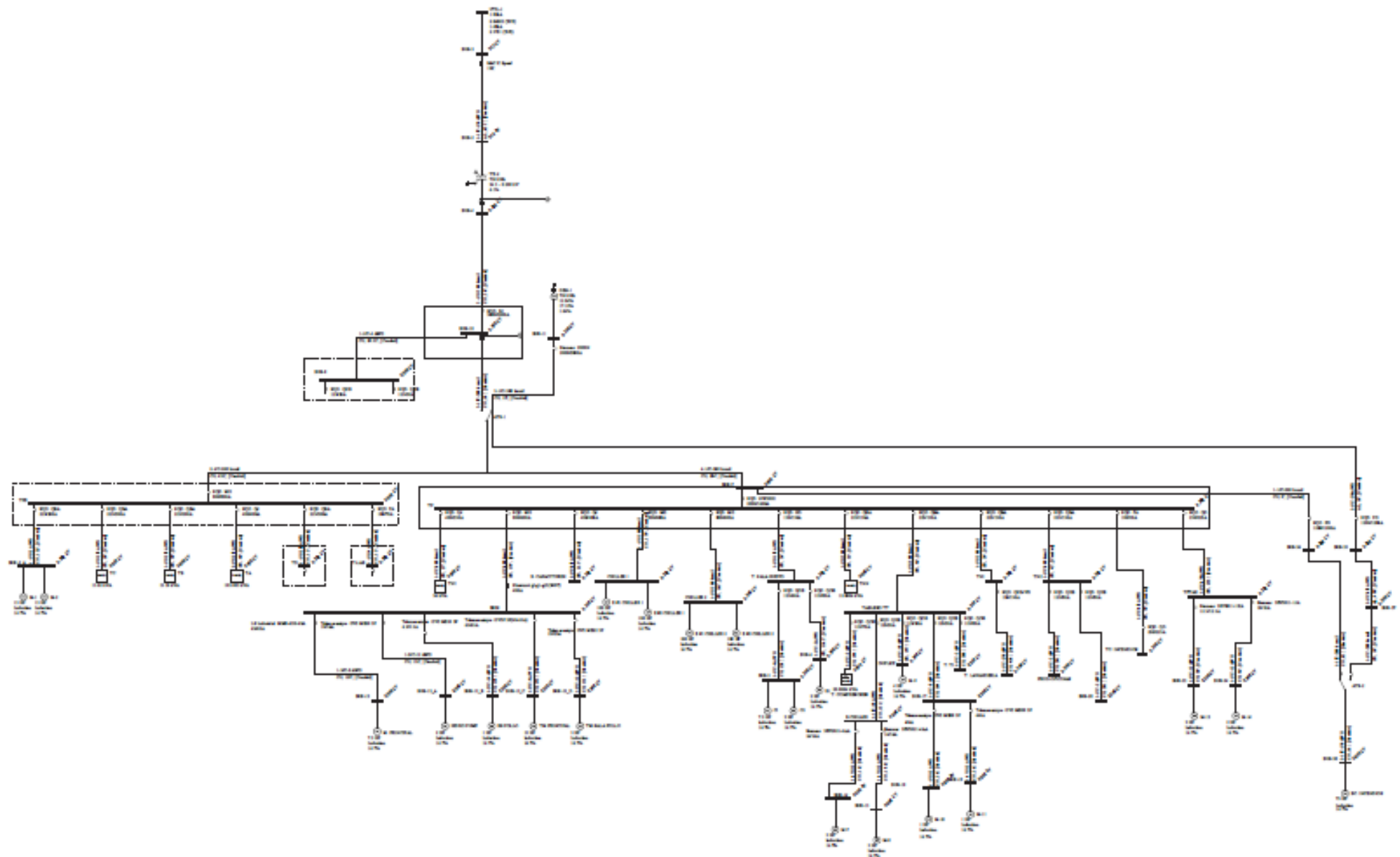
Tabla A3.6. Tablero de taller MTTO (planta vieja)

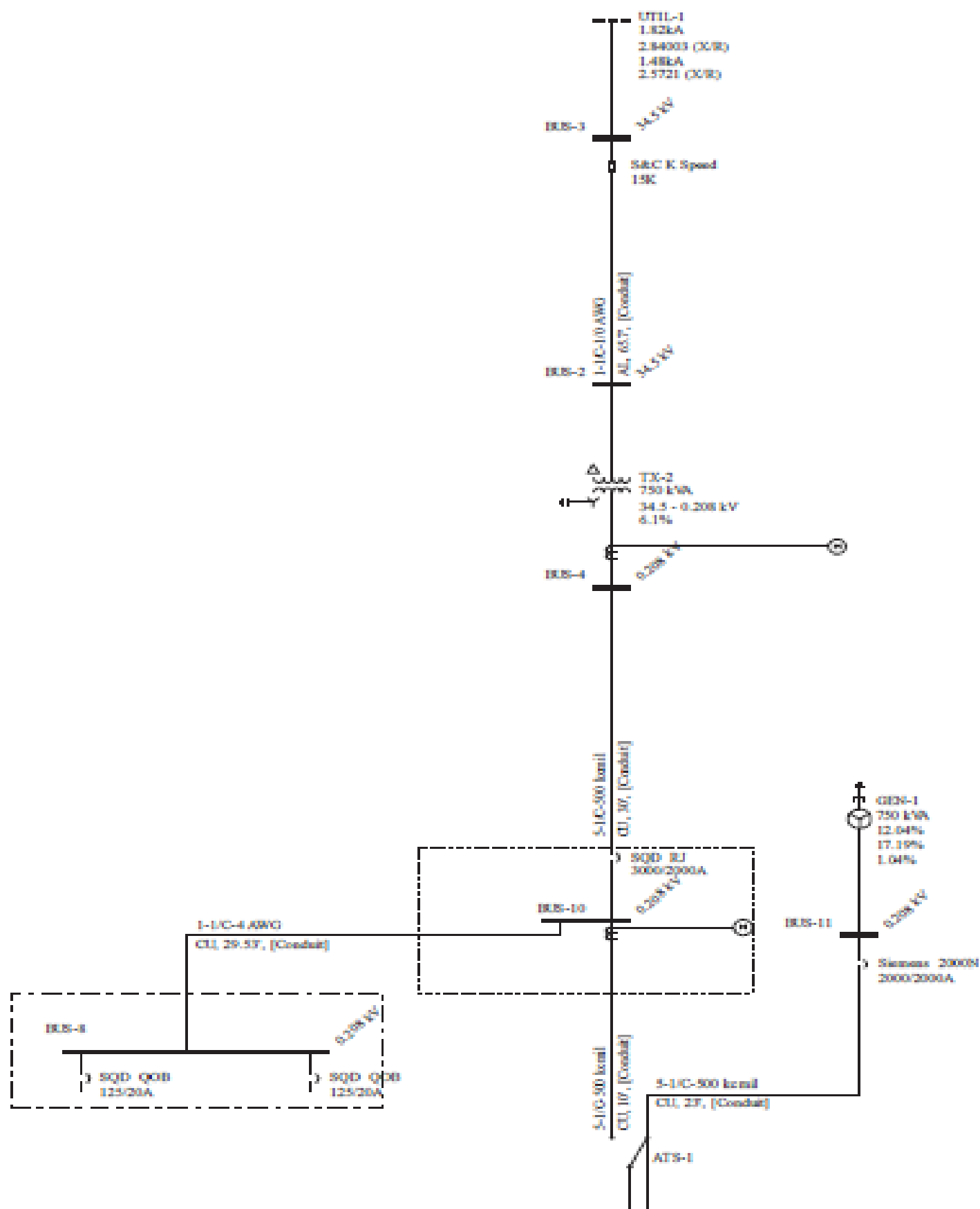
TABLERO TALLER MTTO						
N° DE SERIE: QOC16US			ESPECIFICACIÓN: 3Ø, BARRAS DE 125 A (DEFINIR)			
BREAKER PRINCIPAL:			NO POSEE			
ALIMENTADORES:		FASE	NEUTRO	TIERRA	DISTANCIA (m)	50
		3X4 AWG	4 AWG	NO POSEE		
DESCRIPCIÓN	BREAKER	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (kA)	CABLEADO (AWG)	CANALIZACIÓN	PROTECCIÓN (POLOS/AMPERIOS)	DISTANCIA (m)
EXTRACTOR	SQD	10	FASES: 3X10 AWG NO POSEE	EMT	3X30	22
TABLERO DE ESCALERA DE TALLER DE MTTO	SQD	10	FASES: 3X6 AWG NEUTRO: 6 AWG NO POSEE	EMT	3X40	17
TABLERO DE PRUEBAS MTTO	SQD	10	FASES: 3X6 AWG NEUTRO: 6 AWG TIERRA: 10 AWG	EMT	3X50	-

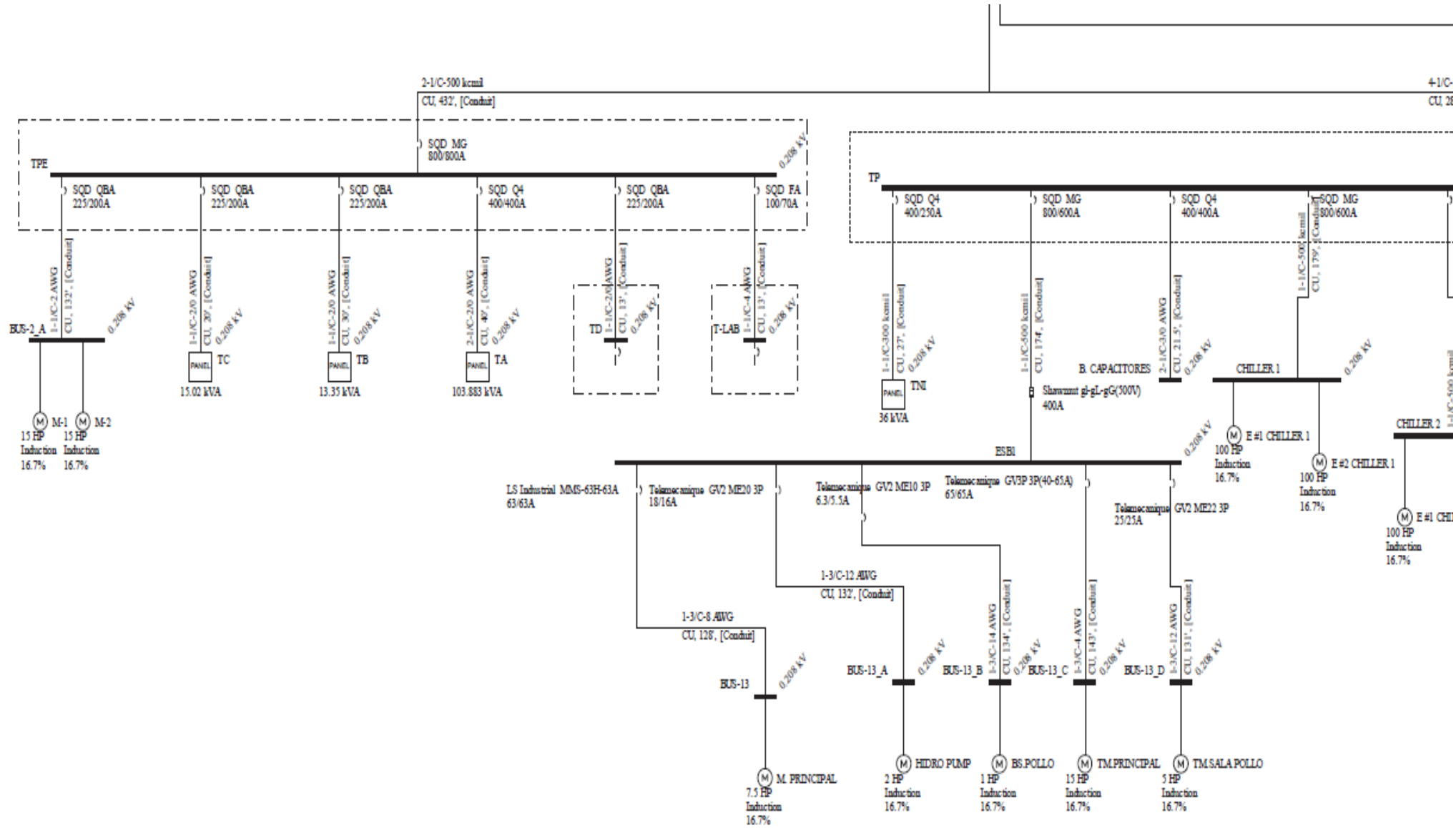
Nota: Datos recolectados del sistema eléctrico de la planta pecuaria San Mateo. Elaboración propia (2021).

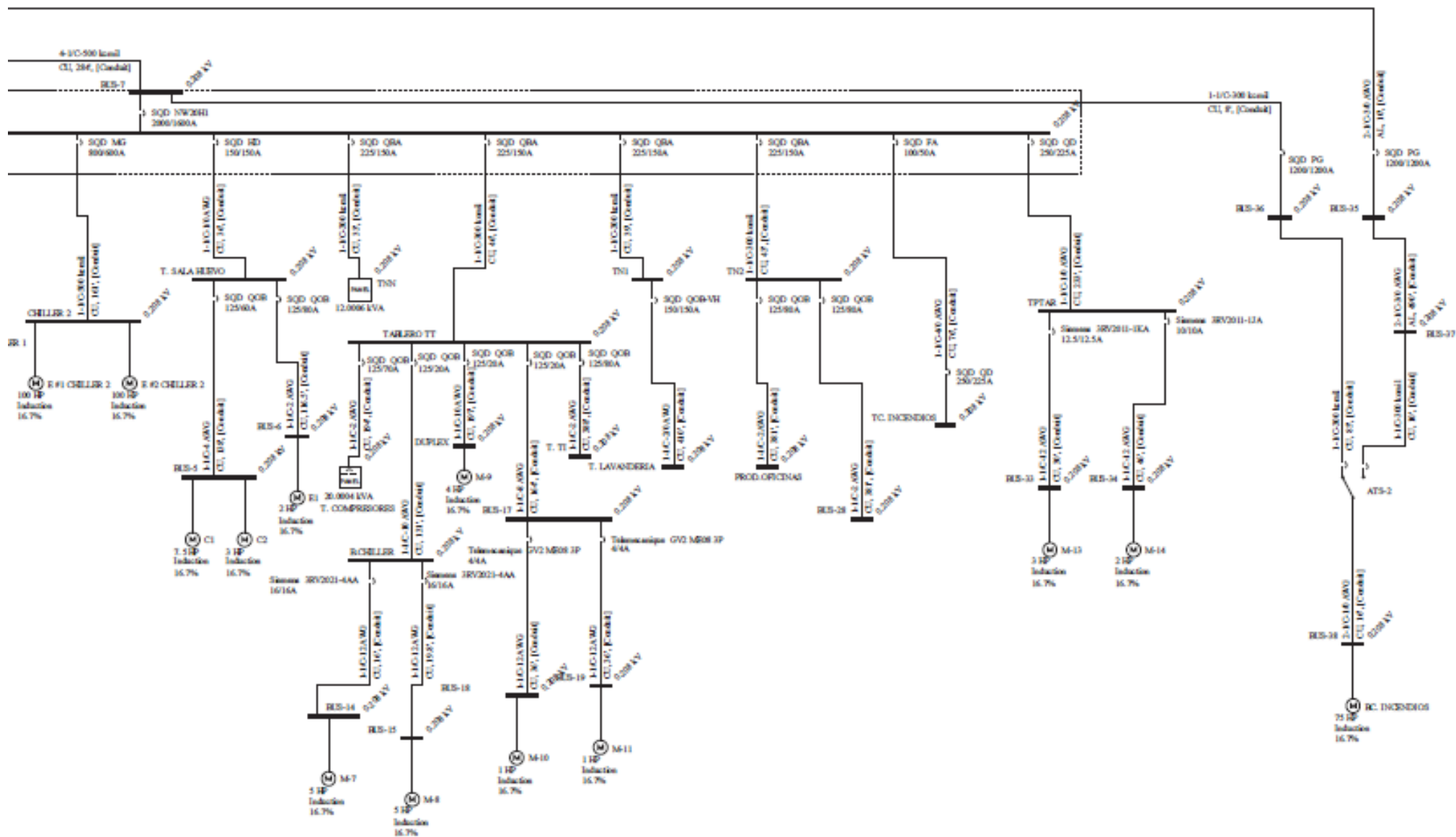
Anexo 4.

Figura A4. Diagrama unifilar sistema eléctrico planta San Mateo









Anexo 5

Resultados generados por Easy Power. Planta pecuaria San Mateo*Table A5.1. Reporte de operación Tablero BUS-8 (ANSI).*

Tablero BUS-8				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
BL-26	SQD	QOB	ANSI-SYM	10		11.794		17.90%	VIOLATION
BL-27	SQD	QOB	ANSI-SYM	10		11.794		17.90%	VIOLATION

Nota: Este tablero se encuentra cerca de transferencia de planta y solo posee cargas de iluminación y tomas. (Recuperado de Easy Power, 2014).

Tabla A5.2. Reporte de operación Tablero BUS-10 (ANSI).

Tablero BUS-10				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
BL-8	SQD	RJ	ANSI-SYM	100		29.149		-70.90%	

Nota: Este bus es el switchboard principal de planta y contiene solamente la protección principal de planta. (Recuperado de Easy Power, 2014).

Tabla A5.3. Reporte de operación Bus-11 (IEC)

Bus		Equipo				Clasificación		Operación		Comentarios
Nombre	Base kV	ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	Inicial (kA)	Prueba X/R	Inicial (kA)	Inicial Porcentaje	
BUS-11	0.208	BL-9	Siemens	2000 N	IEC	55,000		22,360	-59.3%	

Nota: Este bus representa la protección principal del generador. (Recuperado de Easy Power, 2014).

Tabla A5.4. Reporte de operación Bus-7 (IEC)

Tablero Bus 7		Equipo				Clasificación		Operación		Coment
Nom bre	Base kV	ID	Fabric ante	Estilo	Normativa estándar	Inic ial (kA)	Prueba X/R	Inicial (kA)	Inicial Porcentaje	
BUS-7	0.208	BL-13	SQD	NW2 OH1	IEC	65,000		21,059	-67.6%	

Nota: Se refiere a la protección principal de la planta nueva. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.4.1. Reporte de operación Tablero BUS-35 (ANSI)

Tablero BUS-35				Rango		Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	
BL-10	SQD	PG	ANSI-SYM	65		17.535		-73.00%	

Nota: Este bus se refiere al breaker principal de sistema de bombeo contra incendios (suministro ICE). Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.4.2. Reporte de operación Tablero BUS-36 (ANSI)

Tablero BUS-36				Rango		Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	
BL-24	SQD	PG	ANSI-SYM	65		22.286		-65.70%	

Nota: Este bus se refiere al breaker principal de sistema de bombeo contra incendios (suministro generador). Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.5. Reporte de operación Tablero TPE (ANSI)

Equipo TPE				Rango		Operación o servicio			Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	
BL-1	SQD	QBA	ANSI-SYM	10		10.526		5.30%	VIOLACION

BL-2	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	10.712	7.10%	VIOLACION
BL-3	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	10.73	7.30%	VIOLACION
BL-5	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	10.87	8.70%	VIOLACION

Nota: Este tablero es el principal de planta vieja y posee cargas de refrigeración, incubadoras, nacedoras, otros. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.5.1. Reporte de operación TA (ANSI)

Tablero TA				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
Bajo	SQD	KAL	ANSI-SYM	10		9.709		-2.90%	Advertencia

Nota: TA representa toda la parte de refrigeración de la planta vieja y se encuentra separado para no afectar cargas esenciales. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.5.2. Reporte de operación Tablero TB (ANSI)

Tablero TB				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 (kA)	ciclo	1/2 (kA)	ciclo	1/2 en porcentaje	ciclo
[Más bajo]	SQD	QO	ANSI-SYM	10		8.949		-10.50%	

Nota: Se encuentra sala #1 Jamesway (incubadoras y nacedoras juntas). Equipo esencial que no se debe mezclar con otras cargas. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.5.3. Reporte de operación Tablero TC (ANSI)

Tablero TC				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	1/2 ciclo en porcentaje		
[Más bajo]	SQD	QO	ANSI-SYM	10	9.529	-4.70%		Advertencia	

Nota: Se encuentra sala #2 Jamesway (incubadoras y nacedoras juntas). Equipo esencial que no se debe mezclar con otras cargas. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.5.4. Reporte de operación Tablero TD (ANSI)

Tablero TD				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	1/2 ciclo en porcentaje		
TD			ANSI-SYM	10	9.938	-0.60%		Advertencia	

Nota: Este tablero cuenta con cargas no esenciales (tomas, iluminarias, extracción, otros). Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.5.5. Reporte de operación Tablero TB- LAB (ANSI)

Tablero T-LAB				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	1/2 ciclo en porcentaje		
T-LAB			ANSI-SYM	10	8.806	-11.90%			

Nota: Cargas sensibles (solo cargas de computación). Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6. Reporte de operación Tablero TP (ANSI)

Equipo TP				Rango		Operación o servicio		Comentarios	
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	1/2 ciclo en porcentaje		
BL-1_A	SQD	Q4	ANSI-SYM	25	25.348	1.40%		VIOLACION	
BL-3_A	SQD	Q4	ANSI-SYM	25	25.728	2.90%		VIOLACION	
BL-6_A	SQD	HD	ANSI-SYM	25	25.57	2.30%		VIOLACION	
BL-7_A	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	27.061	170.60%		VIOLACION	
BL-8_A	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	26.784	167.80%		VIOLACION	
BL-9_A	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	27.194	171.90%		VIOLACION	
BL-10_A	SQD	QBA	ANSI-SYM	10	27.194	171.90%		VIOLACION	
BL-11	SQD	FA	ANSI-SYM	25	25.728	2.90%		VIOLACION	
BL-12	SQD	QD	ANSI-SYM	25	25.661	2.60%		VIOLACION	

BL-13	SQD	NW20H 1	IEC	ANSI/IEC DESAJ USTE
-------	-----	------------	-----	------------------------

Nota: Este tablero es el principal de planta nueva y posee cargas de refrigeración, incubadoras, nacedoras otras. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6. Reporte de operación Bus TP (IEC)

Bus		Equipo				Clasificación		Operación		Comen
Nombr e	Base kV	ID	Fabric ante	Estilo	Normativa estándar	Inicial (kA)	Prueba X/R	Inicial (kA)	Inicial Porcentaje	
TP	0.20 8	BL -13	SQD	NW20H1	IEC	65,000		21,059	-67.6%	

Nota: Breaker principal de planta nueva. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.1 Reporte de operación Tablero TNI (ANSI)

Tablero TNI				Rango		Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje		
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	19.919	99.20%		VIOLATION

Nota: Este tablero cuenta con 12 incubadoras que son cargas críticas y por ende van distribuidas en un solo tablero. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.2. Reporte de operación Tablero ESB1 (ANSI)

Tablero ESB1				Rango	Operación servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-17	LS Industrial	MMS-63H-63A	ANSI-SYM	100	9.832	-90.20%	
BL-17_A	Telemecanique	GV2 ME20 3P	ANSI-SYM	25	9.895	-60.40%	
BL-17_B	Telemecanique	GV2 ME10 3P	ANSI-SYM	50	9.906	-80.20%	
BL-17_C	Telemecanique	GV3P 3P(40-65A)	ANSI-SYM	65	9.749	-85.00%	
BL-17_D	Telemecanique	GV2 ME22 3P	ANSI-SYM	10	9.862	-1.40%	Advertencia

Nota: Este tablero cuenta con todas las cargas de climatización de la planta nueva (manejadoras, sistemas de bombeo de agua helada, bombas de enfriamiento de incubadoras y nacedoras). Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.3. Reporte de operación Bus ESBI (IEC)

Bus		Equipo				Clasificación		Operación		Comen
Nombre	Base kV	ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	Inicial (kA)	Prueba X/R	Inicial (kA)	Inicial Porcentaje	
ESB1	0.208	FS-2	Ferraz Shawmut	gl-gL-gG(500V)	IEC	120,000	7.00	10,520	-91.2%	

Nota: Protección principal de ESB1. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.4. Reporte de operación Sala De Huevo (ANSI)

Tablero Sala de Huevo				Rango	Operación servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-16	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	14.663	46.60%	VIOLACION
BL-18	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	14.761	47.60%	VIOLACION
T. SALA HUEVO			ANSI-SYM	10	14.789	47.90%	VIOLACION

Nota: Equipo critico de sala de huevo (solamente contiene la carga de condensador y evaporador) y es solamente esta carga; por falta de espacio se decide crear un tablero solo para ese equipo. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.5. Reporte de operación Tablero TNN (ANSI)

Tablero TNN				Rango	Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	18.827	88.30%	VIOLATION

Nota: Este tablero cuenta con 6 nacedoras que son cargas críticas y por tanto, van distribuidas en un solo tablero. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.6. Reporte de operación Tablero TT (ANSI)

Equipo TABLERO TT				Ran go	Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricant e	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 (kA)	ciclo 1/2 ciclo en porcentaje	
BL-19	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	16.944	69.40%	VIOLACION
BL-20	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.032	70.30%	VIOLACION
BL-23	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.109	71.10%	VIOLACION
BL-25	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.117	71.20%	VIOLACION
BL-30	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.151	71.50%	VIOLACION
TABLERO T T			ANSI-SYM	10	17.151	71.50%	VIOLACION

Nota: Del tablero TT se deriva el tablero B. HILLER y BUS 17. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.6.1. Reporte de operación en bus B. CHILLER (IEC)

Bus	Equipo					Clasificación	Operación		Com t
Nomb	Base kV	ID	Fabrica nte	Estilo	Normativa estándar	Inicial (kA)	Prue ba X/R	Inici al (kA)	Inicial Porcentaje
B. CHILL ER	0.208	BL-21	Siemens	3RV202 1-4AA	IEC	100,00 0		0.99 3	-99.0%
		BL-22	Siemens	3RV202 1-4AA	IEC	100,00 0		0.99 3	-99.0%

Nota: Se deriva de tablero TT y representa a la carga de bombeo del chiller. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.6.2 Reporte de operación Tablero Compresores (ANSI)

Tablero Compresores				Rango	Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
[Principal]	Eaton	ED	ANSI-SYM	65	2.952	-95.50%	
[Más bajo]	Cutler Hammer	CH (3P)	ANSI-SYM	10	3.114	-68.90%	

Nota: Solo se encuentran las cargas de compresores. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.6.3 Reporte de operación Tablero BUS-17 (ANSI)

Tablero BUS-17				Rango	Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-28	Telemecanique	GV2 ME08 3P	ANSI-SYM	50	1.001	-98.00%	
BL-29	Telemecanique	GV2 ME08 3P	ANSI-SYM	50	1.001	-98.00%	

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.6.4. Reporte de operación Tablero TNI (ANSI)

Tablero TNI				Rango	Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
[Más bajo]	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	19.919	99.20%	VIOLATION

Nota: Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.7 Reporte de operación Tablero TN1 (ANSI)

Tablero TN1				Rango	Operación o servicio		Comentarios
-------------	--	--	--	-------	----------------------	--	-------------

ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
TN1			ANSI-SYM	10	17.863	78.60%	VIOLATION

Nota: Cargas solamente de iluminarias y tomas. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.8 Reporte de operación Tablero TN2 (ANSI)

Tablero TN2			Rango		Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
BL-32	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.308	73.10%	VIOLATION
BL-33	SQD	QOB	ANSI-SYM	10	17.308	73.10%	VIOLATION
TN2			ANSI-SYM	10	17.308	73.10%	VIOLATION

Nota: Carga solamente de tomas especiales a 208V. Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.9 Reporte de operación Tablero TC. INCENDIOS (ANSI)

Tablero TC. INCENDIOS			Rango		Operación o servicio		Comentarios
ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo (kA)	1/2 ciclo en porcentaje	
TC. INCENDIOS			ANSI-SYM	10	12.766	27.70%	VIOLACION

Nota: Se encuentra solamente tomas e iluminarias de caseta de sistema contra incendios.

Recuperado de Easy Power (2014).

Tabla A5.6.10 Reporte de operación Bus TPTAR (IEC)

Bus		Equipo				Clasificación		Operación		Com
Nombre	Base kV	ID	Fabrica nte	Estilo	Normativa estándar	Inicial (kA)	Prueb a X/R	Inicial (kA)	Inicial Porce ntaje	
TPTAR	0.208	BL-37	Siemens	3RV20 11- 1KA	IEC	100,000		4,542	-95.5%	
		BL-38	Siemens	3RV20 11- 1JA	IEC	100,000		4,559	-95.4%	

Nota: Cargas específicas de la planta de tratamiento. Recuperado de Easy Power (2014).

Anexo 6.

Figura A6.1. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo

3 Fase falla		Total Corriente de Falla				Equipo		Ramal contribución			Contribucion Generador				
Bus Nombr e	Bus kV	Sym Amps	X/R Ratio	Mult Factor	Asym Amps	Tipo de equipo	Duty Amps	Nombre ramal	Bus Nombre	Sym Amps	X/R Ratio	Genera dor nombre	Sym Amps	Remoto VpuMag	Remoto VpuDeg
ATS-1	0.208	36637.9	3.71	1.19	43659.2	LVPCB	36637.9	C-15	BUS-7	6524.2	2.96	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73		44269.1	C-16	TPE	1493.8	2.11				
					Fuse X/R = 4.9		36637.9	C-9	BUS-10	28664.2	4.09				
					MCCB 10-20 kA		37981.1								
					MCCB >20 kA		36637.9								
ATS-2	0.208	13052.3	1.54	1.03	13438.4	LVPCB	13052.3	C-41	BUS-38	1142	6.71	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73		13052.3	C-39	BUS-36	12022.4	1.42				
					Fuse X/R = 4.9		13052.3								
					MCCB 10-20 kA		13052.3								
					MCCB >20 kA		13052.3								
B.CAP ACITO RES	0.208	22368.5	1.9	1.05	23578.9	LVPCB	22368.5	C-3_B	TP	22368.5	1.90	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73		22903.6								
					Fuse X/R = 4.9		22368.5								
					MCCB 10-20 kA		22368.5								
					MCCB >20 kA		22368.5								
B.CHI LLER	0.208	860.2	0.21	1	860.2	LVPCB	860.2	C-21	TABLER OTT	783.5	0.08	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73		860.2	C-22	BUS-14	64.7	1.87				
					Fuse X/R = 4.9		860.2	C-23	BUS-15	64.6	1.86				
					MCCB 10-20 kA		860.2								
					MCCB >20 kA		860.2								
BUS- 2_A	0.208	3931.3	0.61	1	3932.1	LVPCB	3931.3	C-1	TPE	3652.6	0.53	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73		3931.3	M-1		180.1	2.6				
					Fuse X/R = 4.9		3931.3	M-2		180.1	2.6				
					MCCB 10-20 kA		3931.3								
					MCCB >20 kA		3931.3								

Figura A6.2. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua)

BUS-4	0.208	38477.3	4.18	1.22	47025.2 LVPCB	38477.3 C-8	BUS-10	7856.4	2.71 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	47720.9 TX-2	BUS-2	30690.8	4.82			
					Fuse X/R = 4.9	38477.3						
					MCCB 10-20 kA	40942.7						
					MCCB >20 kA	38477.3						
BUS-5	0.208	2681.9	0.3	1	2681.9 LVPCB	2681.9 C-13	T.SALAH UEVO	2590.7	0.26 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	2681.9 C1		94.3	2.18			
					Fuse X/R = 4.9	2681.9 C2		41	1.62			
					MCCB 10-20 kA	2681.9						
					MCCB >20 kA	2681.9						
BUS-6	0.208	4237.9	0.4	1	4237.9 LVPCB	4237.9 C-17	T.SALAH UEVO	4213.3	0.40 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	4237.9 E1		29.1	1.38			
					Fuse X/R = 4.9	4237.9						
					MCCB 10-20 kA	4237.9						
					MCCB >20 kA	4237.9						
BUS-7	0.208	25728.1	2.48	1.1	28290.9 LVPCB	25728.1 BL-13	TP	6475.6	3.53 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	28211.6 C-15	ATS-1	18237.4	2.16			
					Fuse X/R = 4.9	25728.1 C-26	BUS-36	1097.7	5.55			
					MCCB 10-20 kA	25728.1						
					MCCB >20 kA	25728.1						
BUS-8	0.208	11794.2	0.48	1	11794.5 LVPCB	11794.2 C-27	BUS-10	11794.2	0.48 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	11794.2						
					Fuse X/R = 4.9	11794.2						
					MCCB 10-20 kA	11794.2						
					MCCB >20 kA	11794.2						
BUS-10	0.208	37076.3	3.81	1.2	44432.2 LVPCB	37076.3 C-8	BUS-4	29148.6	4.24 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	45067.0 C-9	ATS-1	7970.9	2.75			
					Fuse X/R = 4.9	37076.3 C-27	BUS-8	0	0			
					MCCB 10-20 kA	38665.7						
					MCCB >20 kA	37076.3						
BUS-11	0.208	17273.7	22.58	1.59	27435.5 LVPCB	19797.1 C-12	ATS-1	0	0.00 GEN-1	17273.7	0	0
					Fuse X/R = 1.73	26800.9 GEN-1		17273.7	22.58			
					Fuse X/R = 4.9	20908.4						
					MCCB 10-20 kA	22994.1						
					MCCB >20 kA	20908.4						
BUS-13	0.208	1268.7	0.22	1	1268.7 LVPCB	1268.7 C-14	ESB1	1214.4	0.15 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	1268.7		94.3	2.18			
					Fuse X/R = 4.9	1268.7						
					MCCB 10-20 kA	1268.7						
					MCCB >20 kA	1268.7						
BUS-13_A	0.208	505.6	0.12	1	505.6 LVPCB	505.6 C-14_A	ESB1	486.3	0.08 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	505.6		29.1	1.38			
					Fuse X/R = 4.9	505.6						
					MCCB 10-20 kA	505.6						
					MCCB >20 kA	505.6						
BUS-13_B	0.208	319.1	0.1	1	319.1 LVPCB	319.1 BS.POLLO		17.9	0.96 GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R = 1.73	319.1 C-14_B	ESB1	305.3	0.06			
					Fuse X/R = 4.9	319.1						
					MCCB 10-20 kA	319.1						
					MCCB >20 kA	319.1						

Recuperado de Easy Power (2014).

Figura A6.3. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua)

	0.208	2561.5	0.39	1	2561.5 LVPCB	2561.5 C-14_C	ESB1	2443.7	0.33 GEN-1	0	1	0
BUS-13_C					Fuse X/R = 1.73	2561.5		180.1	2.6			
					Fuse X/R = 4.9	2561.5						
					MCCB 10-20 kA	2561.5						
					MCCB >20 kA	2561.5						
	0.208	527.2	0.19	1	527.2 LVPCB	527.2 C-14_D	ESB1	489.8	0.08 GEN-1	0	1	0
BUS-13_D					Fuse X/R = 1.73	527.2		65.3	1.93			
					Fuse X/R = 4.9	527.2						
					MCCB 10-20 kA	527.2						
					MCCB >20 kA	527.2						

Recuperado de Easy Power (2014).

Figura A6.4. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua)

3 Fase falla		Total Corriente de Falla				Equipo		Ramal contribución				Contribucion Generador			
Bus Nomb e	Bus kV	Sym Amps	X/R Ratio	Mult Factor	Asym Amps	Tipo de equipo	Duty Amps	Nomb re ramal	Bus Nombre	Sym Amps	X/R Ratio	Genera dor nombre	Sym Amps	Remoto VpuMag	Remoto VpuDeg
BUS-14	0.208	723.6	0.2	1	723.6	LVPCB	723.6	C-22	B.CHILLER	684.7	0.13	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	723.6	M-7		65.3	1.93				
						Fuse X/R =	723.6								
						MCCB 10-	723.6								
						MCCB >20	723.6								
BUS-15	0.208	697.6	0.2	1	697.6	LVPCB	697.6	C-23	B.CHILLER	658.7	0.12	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	697.6	M-8		65.3	1.93				
						Fuse X/R =	697.6								
						MCCB 10-	697.6								
						MCCB >20	697.6								
BUS-17	0.208	1015.2	0.13	1	1015.2	LVPCB	1015.2	C-25	TABLEROTT	986.7	0.11	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	1015.2	C-28	BUS-18	17.8		0.95			
						Fuse X/R =	1015.2	C-29	BUS-19	17.8		0.95			
						MCCB 10-	1015.2								
						MCCB >20	1015.2								
BUS-	0.208	661.9	0.11	1	661.9	LVPCB	661.9	C-28	BUS-17	647.9	0.09	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	661.9	M-10		17.9	0.96				
						Fuse X/R =	661.9								
						MCCB 10-	661.9								
						MCCB >20	661.9								
BUS-	0.208	661.9	0.11	1	661.9	LVPCB	661.9	C-29	BUS-17	647.9	0.09	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	661.9	M-11		17.9	0.96				
						Fuse X/R =	661.9								
						MCCB 10-	661.9								
						MCCB >20	661.9								
BUS-	0.208	1610	0.3	1	1610.0	LVPCB	1610.0	C-33	TN2	1610	0.30	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	1610								
						Fuse X/R =	1610								
						MCCB 10-	1610								
						MCCB >20	1610								
BUS-	0.208	1462.8	0.21	1	1462.8		1462.8	C-36	TPTAR	1434.8	0.19	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	1462.8	M-13		41	1.62				
						Fuse X/R =	1462.8								
						MCCB 10-	1462.8								
						MCCB >20	1462.8								
BUS-	0.208	1088.3	0.17	1	1088.3		1088.3	C-37	TPTAR	1067.6	0.15	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	1088.3	M-14		29.1	1.38				
						Fuse X/R =	1088.3								
						MCCB 10-	1088.3								
						MCCB >20	1088.3								
BUS-	0.208	16345.9	7.26	1.37	22353.2		16603.2	C-18	ATS-1	16345.9	7.26	GEN-1	16345.9	0.1048	-56.6
						Fuse X/R =	22477.1	C-38	BUS-37	0	0				
						Fuse X/R =	17535.2								
						MCCB 10-	19284.5								
						MCCB >20	17535.2								
BUS-	0.208	23352.6	2.22	1.08	25194.9		23352.6	C-26	BUS-7	22285.6	2.15	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	24890.5	C-39	ATS-2	1102.2		5.65			
						Fuse X/R =	23352.6								
						MCCB 10-	23352.6								
						MCCB >20	23352.6								
BUS-	0.208	3544.6	0.57	1	3545.0	LVPCB	3544.6	C-38	BUS-35	3544.6	0.57	GEN-1	3544.6	0.9068	-11
						Fuse X/R =	3544.6	C-40	ATS-2	0	0				
						Fuse X/R =	3544.6								
						MCCB 10-	3544.6								
						MCCB >20	3544.6								
BUS-	0.208	12140.5	1.41	1.02	12404.6		12140.5			1146.9	7.10	GEN-1	0	1	0
						Fuse X/R =	12140.5	C-41	ATS-2	11134.6	1.27				
						Fuse X/R =	12140.5								
						MCCB 10-	12140.5								
						MCCB >20	12140.5								

Recuperado de Easy Power (2014).

Figura A6.5. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua)

CHILL ER 1	0.208	11840.8	2.18	1.08	12735.7 LVPCB	11840.8 C- 4_A	TP	9073.1	1.70	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R =	12558.8 E #1		1479	8.56				
					Fuse X/R =	11840.8 E #2		1479		8.56			
					MCCB 10-	11840.8							
					MCCB >20	11840.8							
CHILL ER 2	0.208	12432.1	2.18	1.08	13366.5 LVPCB	12432.1 C- 5_A	TP	9662.7	1.72	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R =	13177.7 E #1		1479	8.56				
					Fuse X/R =	12432.1 E #2		1479		8.56			
					MCCB 10-	12432.1							
					MCCB >20	12432.1							
DUPLE X	0.208	550.1	0.13	1	550.1 LVPCB	550.1 C-24	TABLER OTT	525.7	0.06	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R =	550.1 M-9		43	1.8				
					Fuse X/R =	550.1							
					MCCB 10-	550.1							
					MCCB >20	550.1							
ESB1	0.208	9922.6	1.73	1.04	10336.8	9922.6 C-2_A	TP	9552.6	1.72	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R =	9922.6 C-14	BUS-13	91.1	1.86				
					Fuse X/R =	9922.6 C- 4.9	BUS- 13_A	28.1		1.26			
					MCCB 10-	9922.6 C- 20 kA	BUS- 13_B	17.1		0.89			
					MCCB >20	9922.6 C- kA	BUS- 13_C	174.9		2.24			
						C-14_D	BUS- 13_D	61	1.52				
PROD. OFICI NAS	0.208	1610	0.3	1	1610.0 LVPCB	1610.0 C-32	TN2	1610	0.30	GEN-1	0	1	0
					Fuse X/R =	1610							
					Fuse X/R =	1610							
					MCCB 10-	1610							

Recuperado de Easy Power (2014).

Figura A6.6. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua)

3 Fase falla		Total Corriente de Falla				Equipo		Ramal contribución			Contribucion Generador				
Bus Nomb e	Bus kV	Sym Amps	X/R Ratio	Mult Factor	Asym Amps	Tipo de equipo	Duty Amps	Nombre ranal	Bus Nombre	Sym Amps	X/R Ratio	Genera dor nombre	Sym Amps	Remoto VpuMag	Remoto VpuDeg
T-LAB	0.208	8805.6	1.13	1.01	8887.3		8805.6 8805.6 8805.6 8805.6 8805.6		TPE	8805.6	1.13		0	1	0
T.CO MPRE SORES	0.208	3114.4	0.42	1	3114.4		3114.4 3114.4 3114.4 3114.4		TABLEROTT	2952.2	0.37		0	1	0
T.LAV ANDE RIA	0.208	2637.4	0.56	1	2637.7		2637.4 2637.4 2637.4 2637.4		TN1	2637.4	0.56		0	1	0
T.SAL AHUE VO	0.208	14789.2	1.01	1.01	14870.9		14789.2 14789.2 14789.2 14789.2		TP BUS-5 BUS-6	14633.9 131.7 29	1.01 1.82 1.37		0	1	0
T.TI	0.208	1581.5	0.3	1	1581.5		1581.5 1581.5 1581.5 1581.5		TABLEROTT	1581.5	0.3		0	1	0
TA	0.208	9708.7	1.54	1.03	9997.5		9708.7 9708.7 9708.7 9708.7		TPE	8670.4 1076.5	1.44 2.99		0	1	0
TABLE ROTT	0.208	17150.6	1.69	1.04	17821.5		17150.6 17150.6 17150.6 17150.6		TP T.COMPRESO B.CHILLER DUPLEX BUS-17	16751.5 206.6 118.7 41.2 34.6	1.69 1.73 1.4 1.55 0.91		0	1	0

Recuperado de Easy Power (2014).

Figura A6.7. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua)

TB	0.208	8949.3	1.36	1.02	9123.3	8949.3	T.TI	0	0				
						8949.3	TPE	8805.9	1.37	0	1	0	
						8949.3		143.7		1.17			
						8949.3							
TC	0.208	9529.3	1.48	1.03	9773.8	9529.3	TPE	9368.6	1.48	0	1	0	
						9529.3		161.7	1.18				
						9529.3							
						9529.3							
TC.IN						9529.3							
CENDI	0.208	12765.5	1.21	1.01	12922.7	12765.5	TP	12765.5		1.21	0	1	0
OS						12765.5							
						12765.5							
						12765.5							
TD	0.208	9938.1	1.57	1.03	10248.1	9938.1	TPE	9938.1	1.57	0	1	0	
						9938.1							
						9938.1							
						9938.1							
						9938.1							
TN1	0.208	17863.1	1.74	1.04	18628.8	17863.1	TP	17863.1	1.74	0	1	0	
						17898.1	T.LAVANDERIA	0		0			
						17863.1							
						17863.1							
TN2	0.208	17307.9	1.71	1.04	18004.7	17307.9	TP	17307.9	1.71	0	1	0	
						17307.9	PROD.OFICINAS	0		0			
						17307.9	BUS-28	0		0			
						17307.9							
TNI	0.208	19918.8	1.89	1.05	20984.3	19918.8	TP	19532.1	1.9	0	1	0	
						20372.2		387.5		1.62			
						19918.8							
						19918.8							
TNN	0.208	18826.5	1.81	1.05	19721.6	18826.5	TP	18698.3	1.81	0	1	0	
						19040.9		129.2		1.38			
						18826.5							
						18826.5							
						18826.5							

Recuperado de Easy Power (2014).

Figura A6.8. Informe momentáneo de baja tensión, planta pecuaria San Mateo (continua)

3 Fase falla		Total Corriente de Falla				Equipo		Ramal contribución				Contribucion Generador			
Bus Nomb e	Bus kV	Sym	X/R	Mult	Asym	Tipo de equipo	Duty	Nombre ranal	Bus Nombre	Sym	X/R	Genera dor nombre	Sym	Remoto	Remoto
		Amps	Ratio	Factor	Amps		Amps			Amps	Ratio		Amps	VpuMag	VpuDeg
TP	0.208	25728.1	2.48	1.1	28290.9		25728.1		BUS-7	19301.7	2.25	0	1	0	
							28211.6		TNI	385.7	1.62				
							25728.1		ESB1	361.3	1.81				
							25728.1		B.CAPACITORES	0	0				
							25728.1		CHILLER 1	2506.1	5				
							CHILLER 2		2545.9	5.19					
							T.SALAHUEVO		159.8	1.71					
							TNN		128.9	1.38					
							TABLEROTT		396.3	1.51					
							TN1		0	0					
TPE	0.208	10870.1	1.81	1.05	11387.1		10870.1		BUS-2_A	345.6	2.21	0	1	0	
							10994.1		TC	161.3	1.18				
							10870.1		TB	143.3	1.17				
							10870.1		TA	1063.8	2.87				
							10870.1		TD	0	0				
							T-LAB		0	0					
							ATS-1		9179.7	1.74					
							TPTAR		68.4	1.44					
							10870.1		BUS-33	40.6	1.57				
							10870.1		BUS-34	28.7	1.34				
TPTAR	0.208	3923.7	0.51	1	3923.9		3923.7		TP	3863.2	0.5	0	1	0	
							3923.7								
							3923.7								
							3923.7								
							3923.7								

Recuperado de Easy Power (2014).

Anexo 7

Figura A7.1 Balance de cargas

Panel: TPP										
Amps: 100			kAIC rango: 10							
Voltaje: 240Y/139V			Main: MLO							
BKRA/P	Descripción	Amps	Circuito #	A	B	C	Circuito #	Amps	Descripción	BKRA/P
20/3	Bomba de pozo	5	1	10			2	5	Bomba Tanque	20/3
		5	3		10		4	5		
		5	5			10	6	5		
			7				8			
			9				10			
			11				12			
			13				14			
			15				16			

Recuperado de Easy Power (2014).

Figura A6.8. Balance de cargas (continua)

Panel: TPI											
Amps: 100			kAIC rango: 10								
Voltaje: 240Y/139V			Main: MLO								
BKRA/P	Descripción	Amps	Circuito #	A	B	C	Circuito #	Amps	Descripción	BKRA/P	
50/2	Incubadora 1	43	1	105			2	62	Incubadora 4	20/3	
		43	3		105		4	62			
50/2	Incubadora 2	43	5			105	6	62	Incubadora 5	70/2	
		43	7	105			8	62			
50/2	Incubadora 3	43	9		105		10	62	Incubadora 6	70/2	
			11			105	12	62			
			13	62			14	62			
			15		62		16	62			
			17			62	18	62			
			19	62			20	62			
			21				22				
			23				24				
Panel Summary											
ROW	Nombre factor codigo	Aph(VA)	Bph(VA)	Oph(VA)					Carga total	VA:	1463
1	(None)	43515	35407	35407					Conectada	Amps:	289.9
									Carga toal	VA:	91463
									demandada	Amps:	289.9
										VA:	114329
									Factor de codigo		
									de carga total		
		43515	35407	35407						Amps:	362.4

Figura A7.3 Balance de cargas (continua)

Panel: TPN											
Amps: 225		kAIC rango: 10									
Voltaje: 240Y/139V		Main: MLO									
BKRA/P	Drecripción	Amps	Circuito #	A	B	C	Circuito #	Amps	Descripción	BKRA/P	
30/2	Nacedora 1	25	1	63			2	38	Nacedora 4	50/2	
		25	3		63		4	38			
30/2	Nacedora 2	25	5			63	6	38	Nacedora 5	50/2	
		25	7	63			8	38			
30/2	Nacedora 3	25	9		63		10	38	Nacedora 6	50/2	
		25	11			63	12	38			
			13	38			14	38	Nacedora 7	50/2	
		15		38		16	38				
		17			38	18	38	Nacedora 8	50/2		
		19	38			20	38				
		21				22					
		23				24					
ROW	Nombre factor codigo	Aph(VA)	Bph(VA)	Oph(VA)					Carga total	VA:	0
1	(None)								Conectada	Amps:	0
									Carga toal	VA:	0
					Panel Sumary				demandada	Amps:	0
									Factor de codigo	VA:	0
	total	0	0	0					de carga total	Amps:	0

Figura A7.4 Balance de cargas (continua)

Panel: TPG										
Amps: 100		kAIC rango: 100								
Voltaje: 240Y/139V		Main: MLO								
BKRA/P	Drescripción	Amps	Circuito #	A	B	C	Circuito #	Amps	Descripción	BKRA/P
20/3	Bomba desinfeccion	7	1	7			2			
		7	3		7		4			
		7	5			7	6			
			7				8			
			9				10			
			11				12			
ROW	Nombre factor codigo	Aph(VA)	Bph(VA)	Oph(VA)				Carga total	VA:	0
1	(None)							Conectada	Amps:	0
								Carga toal	VA:	0
					Panel Sumary			demandada	Amps:	0
								Factor de codigo	VA:	0
	total	0	0	0				de carga total	Amps:	0

Figura A7.5 Balance de cargas (continua)

Panel: TPEE												
Amps: 225		kAIC rango: 10										
Voltaje: 240Y/139V		Main: MLO										
BKRA/P	Drescripción	Amps	Circuito #	A	B	C	Circuito #	Amps	Descripción	BKRA/P		
30/3	EVAP6	8	1	17			2	8	EVAP5	30/3		
		8	3		17		4	8				
		8	5			17	6	8				
30/2	EVAP4	8	7	17			8	8	EVAP3	30/3		
		8	9		17		10	8				
		8	11			17	12	8				
30/3	EVAP2	8	13	17			14	8	EVAP1	30/3		
		8	15		17		16	8				
		8	17			17	18	8				
40/3	COMPRESOR NEUMATICO	14	19	56			20	42	CUARTO FRIO	30/3		
		14	21		56		22	42				
		14	23			56	24	42				
125/3	PANEL CHILLER	111	25	111			36					
		111	27		111		38					
		11	29			111	30					
ROW 1	Nombre factor codigo Motor	Aph(VA) 33841	Bph(VA) 33841	Oph(VA) 33841	Panel Summary					Carga total Conectada	VA: Amps:	90715 251.8
										Carga toal demandada	VA: Amps:	90715 251.8
										Factor de codigo	VA:	101523
										de carga total	Amps:	281.8
										Carga total diseñada	VA: Amps:	101523 281.8
	total	33841	33841	33841								

Figura A7.6 Balance de cargas (continua)

Panel: TPC												
Amps: 225		kAIC rango: 10										
Voltaje: 240Y/139V		Main: MLO										
BKRA/P	Drescripción	Amps	Circuito #	A	B	C	Circuito #	Amps	Descripción	BKRA/P		
15/3	BOMBA LAVADO	3	1	73			2	70	SECADORA	90/3		
		3	3		73		4	70				
		3	5			73	6	70				
50/3	PRECALENTADO	50	7	62			8	12	LAVADORA	20/3		
		50	9		62		10	12				
		50	11			62	12	12				
15/2	EXTRACTOR	2	13	62			14	60	ILUMINARIAS			
		2	15		62		16	60	TOMAS			
			17			62	18					
			19				20					
			21				22					
			23				24					
ROW	Nombre factor codigo	Aph(VA)	Bph(VA)	Oph(VA)	Panel Sumary					Carga total	VA:	0
1	(None)									Conectada	Amps:	0
										Carga toal	VA:	0
										demandada	Amps:	0
										Factor de codigo	VA:	0
	total	0	0	0						de carga total	Amps:	0

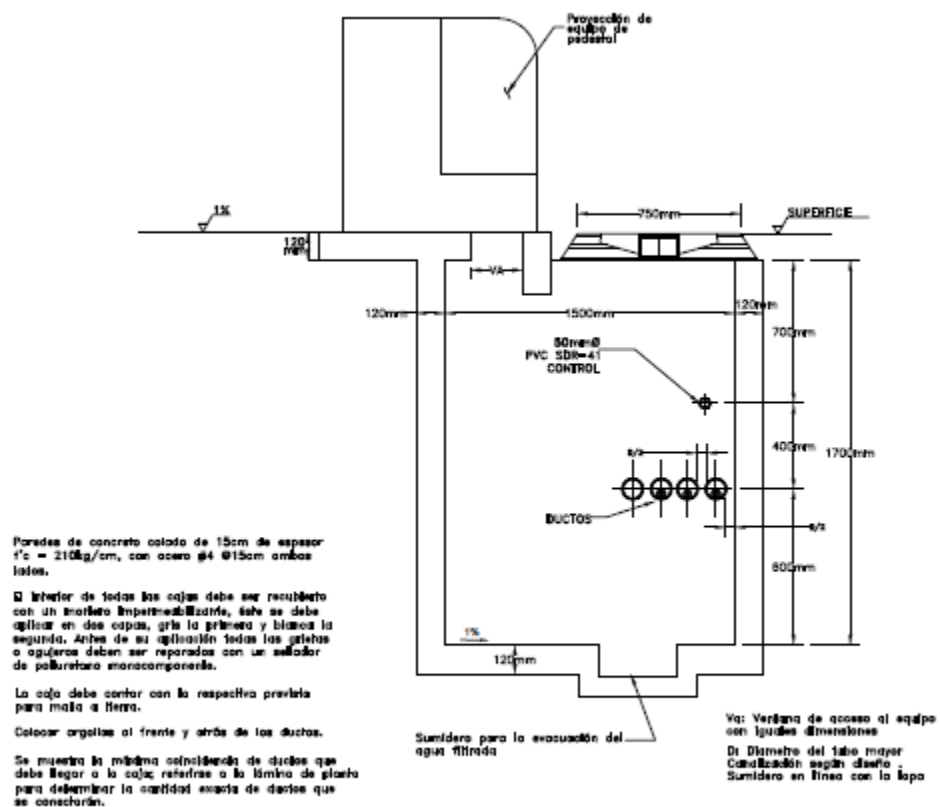
Figura A7.7 Balance de cargas (continua)

TIPO: PANELBOARD				NOMBRE TP										
VOLTAJE : 240 V				Bus Rango: 600										
ALIMENTADORES	DESCRIPCION	TIPO	DISPOSITIVO	PROTECCION DISPOSITIVO				TRIP		COND	Conectado	Demanda	Code	Diseño
			Rango (A)	Mfr	Estilo	Mfr	Estilo	sensor	Plug					
BL-5-A		ALIMENTADOR	200	SQD	JG	SQD	I-line			200	260	0	0	0
BL-7		ALIMENTADOR	150	SQD	ML3	SQD	J Frame			150	260	0	0	0
BL-13		ALIMENTADOR	200	SQD	JG	SQD	I-line			200		0	0	0
BL-9		ALIMENTADOR	1200	SQD	PG	Square D micrologic 6.0I		800		800	860	0	0	0
BL-4		ALIMENTADOR	250	SQD	JG	SQD	I-line			250	350	0	0	0
BL-3		ALIMENTADOR	90	SQD	FA	SQD	F Frame			90	110	0	0	0
BL-6		ALIMENTADOR	90	SQD	FA	SQD	F Frame			90	110	0	0	0
BL-5		ALIMENTADOR	200	SQD	JG	SQD	I-line			200	225	0	0	0

Figura A7.8 Balance de cargas (continua)

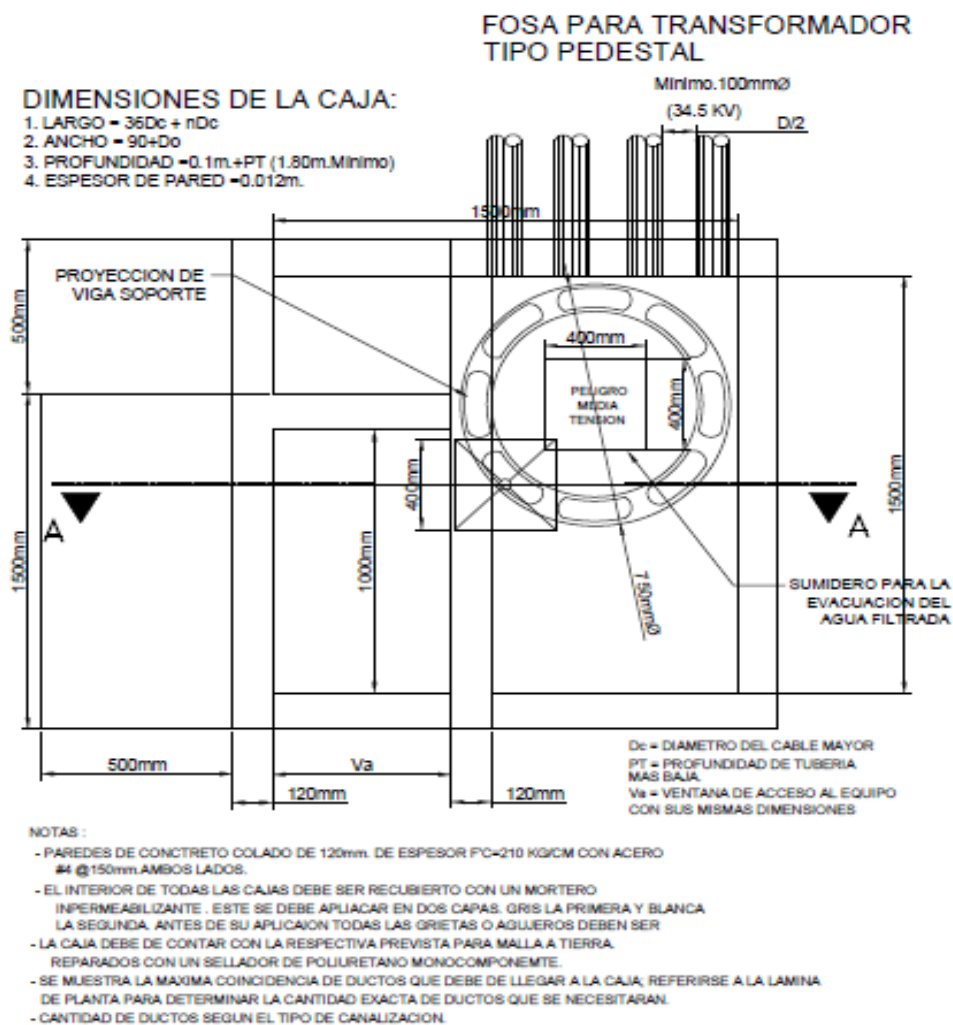
TIPO: PANELBOARD				Nombre: TPS										
VOLTAJE : 208 V				Bus Rango: 250										
ALIMENTADORES	DESCRIPCION	TIPO	DISPOSITIVO	PROTECCION DISPOSITIVO				TRIP		COND	Conectado	Demanda	Code	Diseño
			Rango (A)	Mfr	Estilo	Mfr	Estilo	sensor	Plug					
BL-7		PRINCIPAL	250	SQD	QB	SQD	Q Frame			250	320	0	0	0
BL-13		ALIMENTADOR	175	SQD	LH	SQD	L Frame			175	260	0	0	0

Figura A8.2. Detalle de fosa lateral



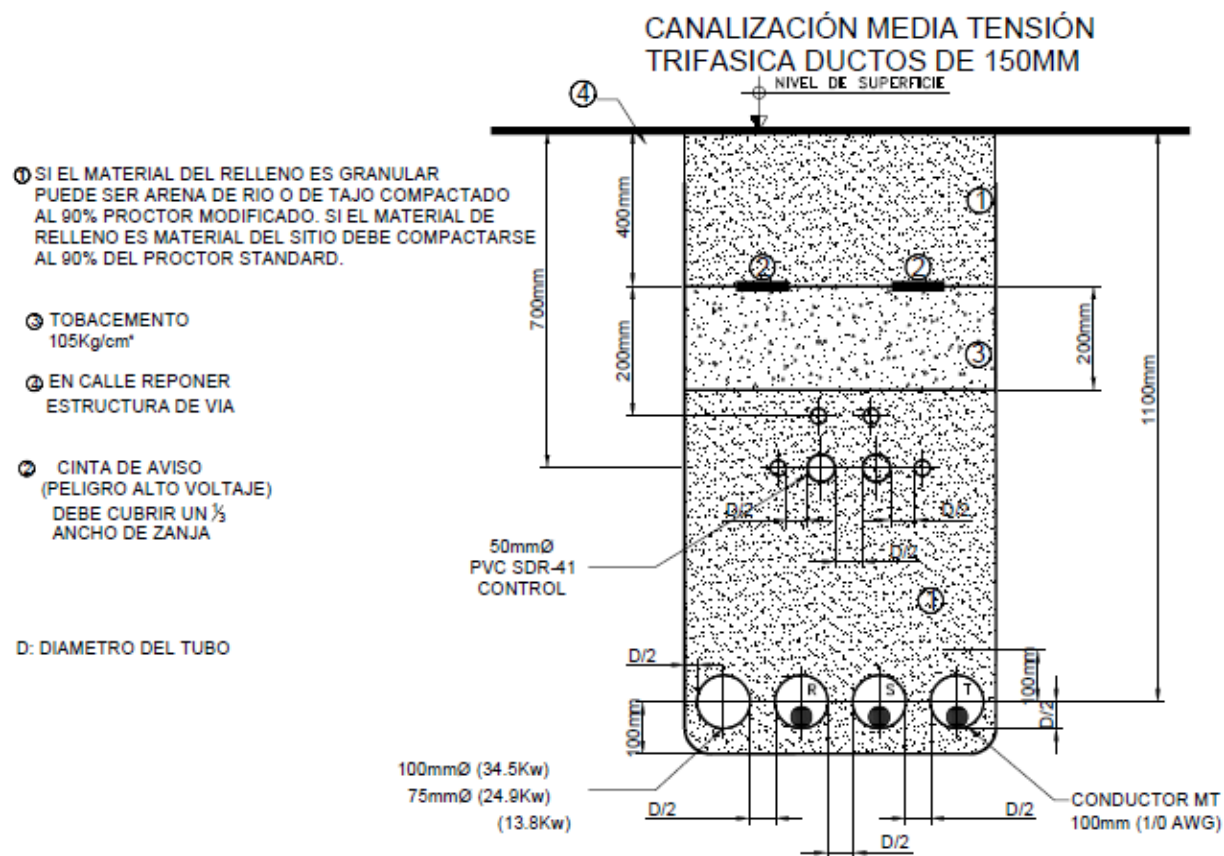
Nota: Recuperado de Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2015).

Figura A8.3. Detalle de fosa Superior.



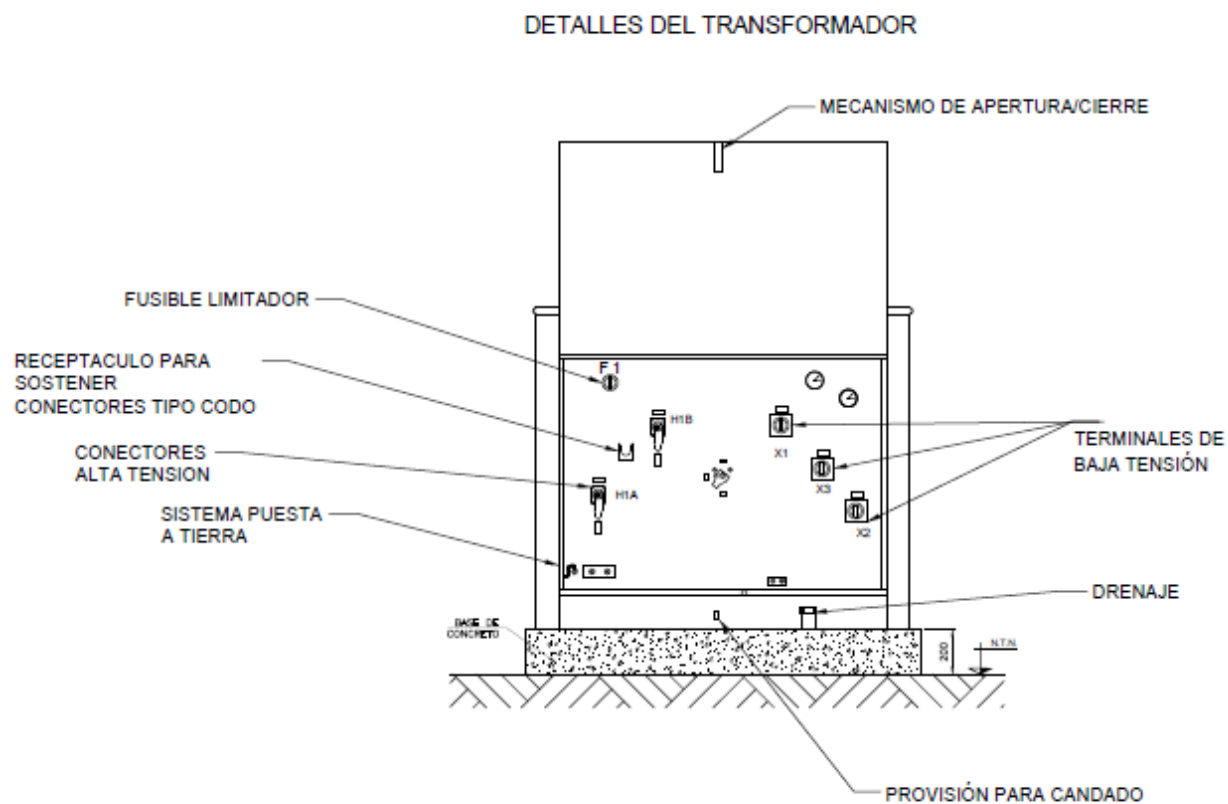
Nota: Recuperado de Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2015).

Figura A8.5. Detalle para enterrado de ductos



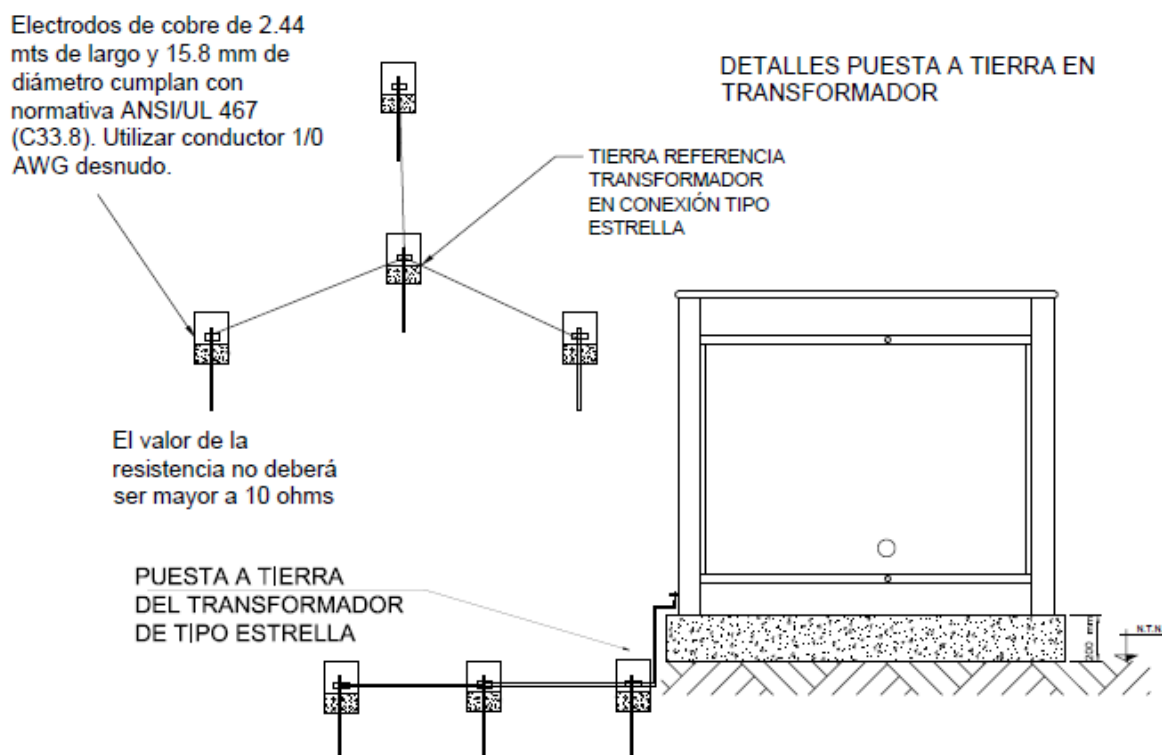
Nota: Recuperado de Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2015).

Figura A8.6 Detalles transformador



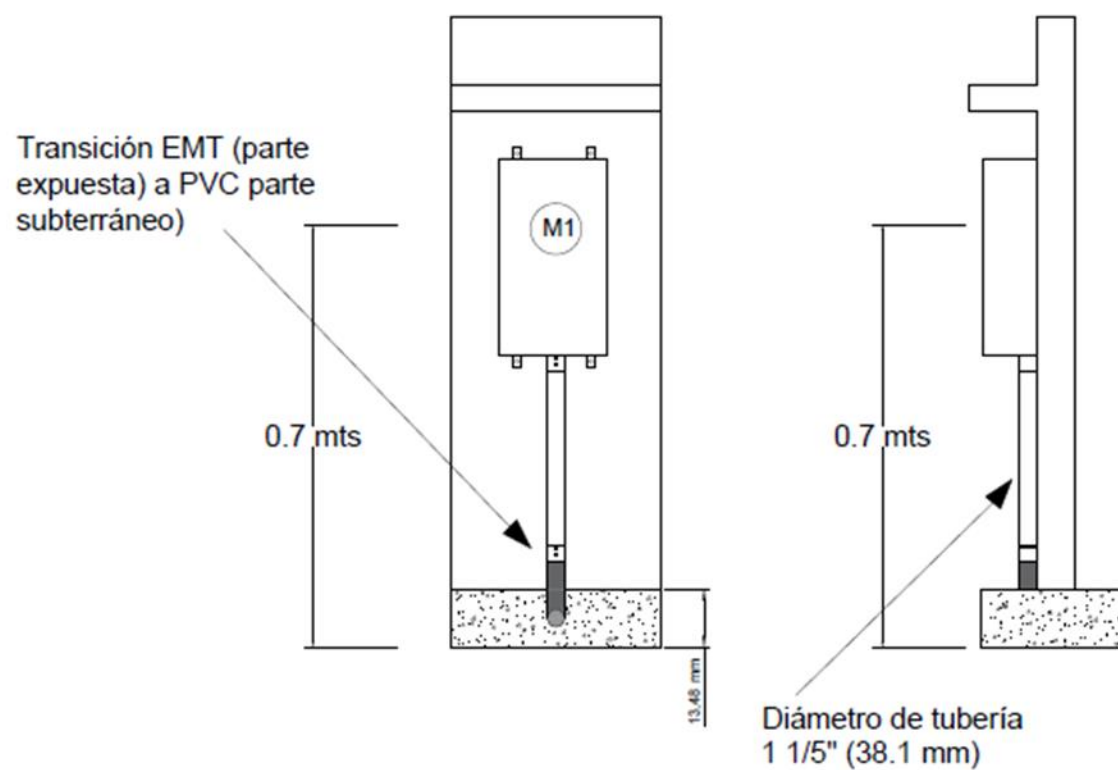
Nota: Detalle de transformador de pedestal. Elaboración propia (2021).

Figura A8.7. Destalles de puesta a tierra transformador



Nota: Detalle de sistema de puesta a tierra. Fuente: Elaboración propia (2021).

Figura A8.8. Detalle de equipo de medición



Nota: Elaboración propia (2021).

Figura A9.1. Diseño de acometida principal Planta Palmares.

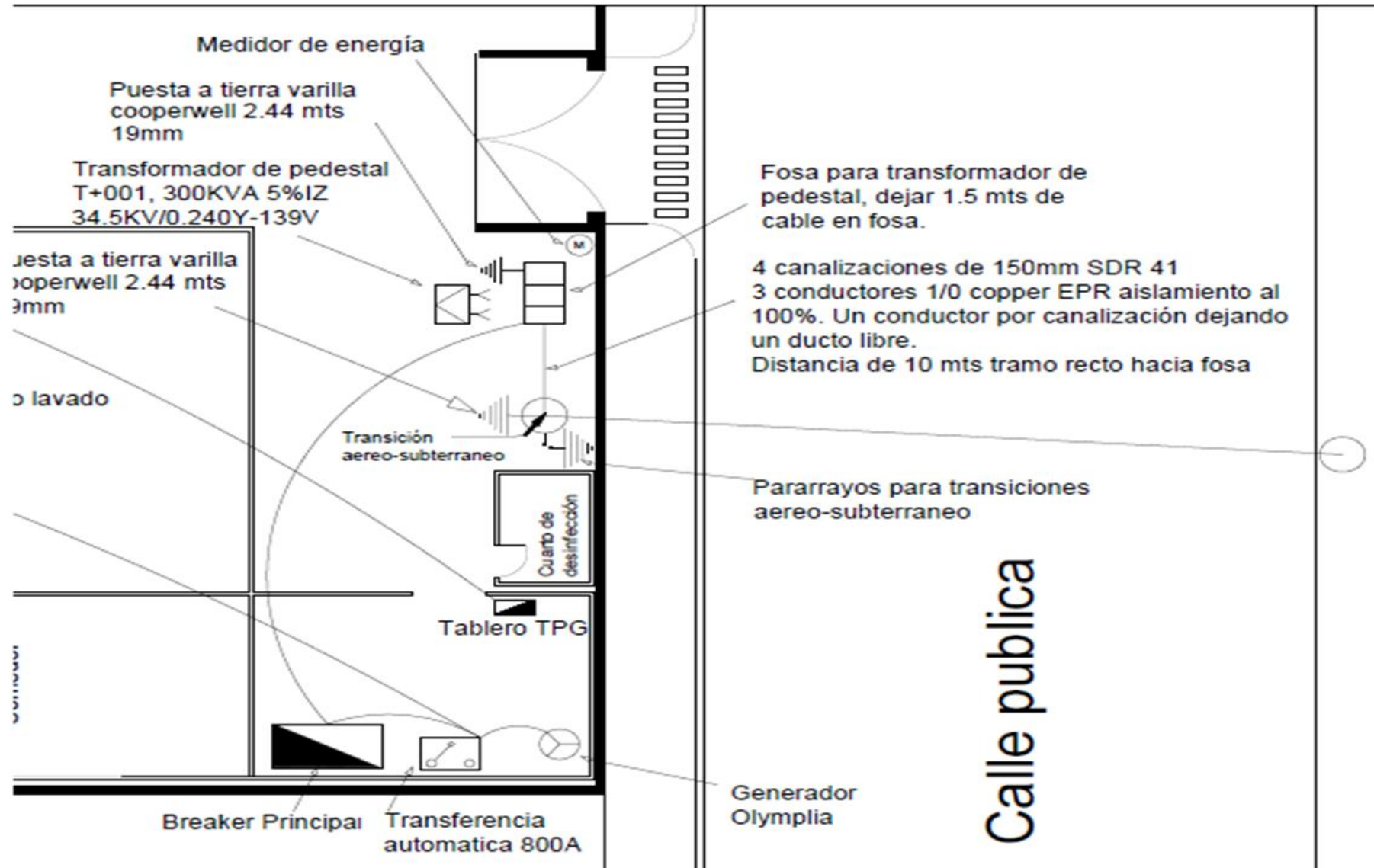
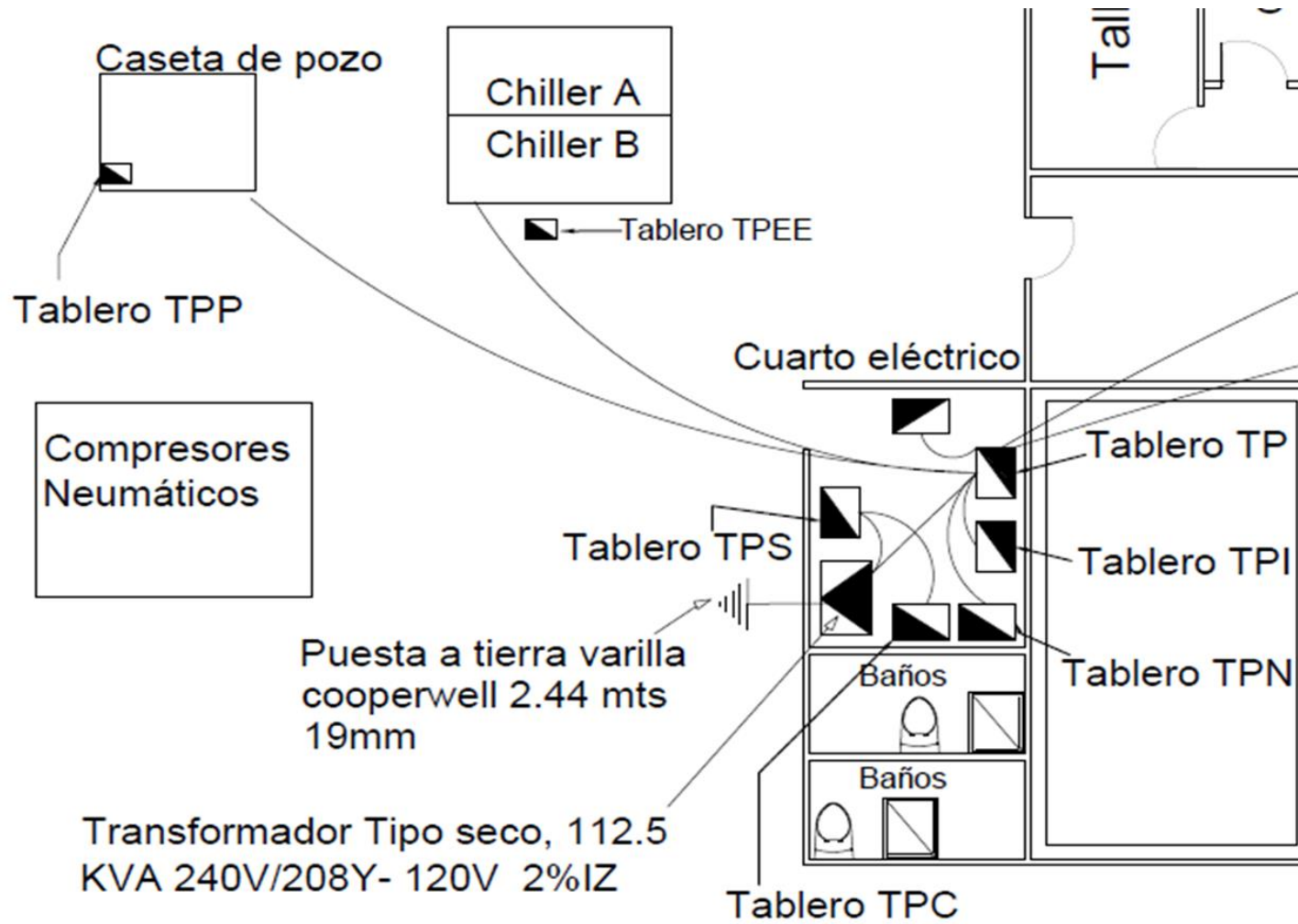
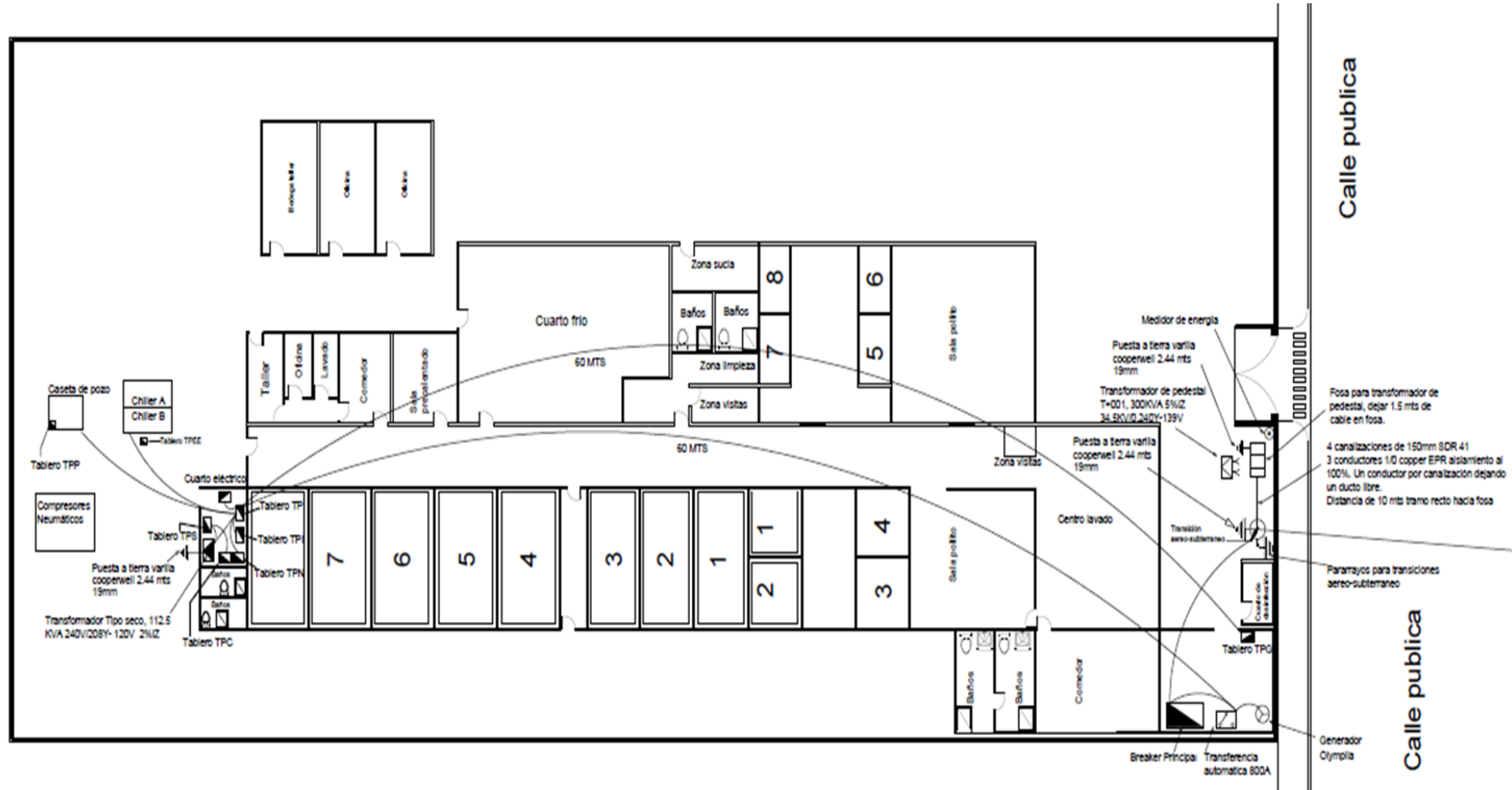


Figura A9.2. Diseño de distribución de tableros



Nota: Elaboración propia (2021).

Figura A9.3. Diagrama de distribución de planta pecuaria Palmares.



Nota: Elaboración propia (2021).