

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Ingeniería en Mantenimiento Industrial



VITEC PRODUCTION SOLUTIONS



“Análisis de corto circuito y coordinación de protecciones en la red eléctrica de la planta de producción de VITEC PRODUCTION SOLUTIONS”

INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, GRADO LICENCIATURA.

Luis Diego Cabrera Quirós.

Cartago, Costa Rica

II Semestre, 2018



- Canadian Engineering Accreditation Board
- Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie

Carrera evaluada y acreditada por:

CEAB

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 14-11-2018

Señores
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Luis Diego Cabrera Quirós

carné No. 201209555, si autorizo no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico (SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, presentado en la fecha 14-11-2018, con el título "Análisis de corto circuito y coordinación de protecciones en la red eléctrica de la planta de producción de VITEC Production Solutions"

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante: 

Correo electrónico: dcabqui@gmail.com

Cédula No.: 115400221

Profesor Guía: Ing. Joshua Guzmán Conejo.

Asesor Industrial: Eddy Navarro Serrano.

Tribunal Examinador: Ing. Gustavo Gómez.

Ing. Osvaldo Guerrero.

DEDICATORIA

A mi madre Lidiette y mi hermana Laura, que a pesar de las dificultades siempre estuvieron conmigo brindando apoyo, consejos y motivación desde el primer día para ser cada día mejor.

Agradecimientos

Agradecer a Dios, por darme fuerzas y sabiduría para llegar a este momento de mi vida

A mi madre, por inculcarme ese grandioso deseo de aprender cada día cosas diferentes y ser mejor día con día.

A mi hermana y hermano, por todo el apoyo brindado a lo largo de los años.

A Eddy Navarro, Pablo García, Sergio Padilla y Ólger Gamboa, por la aceptación, confianza y todas las enseñanzas hacía mi persona.

A VITEC PRODUCTION SOLUTIONS y Augusto Samudio por la hospitalidad y confianza brindada.

Información del Estudiante:

Nombre: Luis Diego Cabrera Quirós.

Número de cédula: 1-1540 -221

Número de carné: 201209555

Edad: 25 años

Número de teléfono: 8879-1041

Email: dcabqui@gmail.com

Dirección de residencia en época lectiva: 25 metros sur de la entrada sur de la Escuela Bilingüe Sonny, Cartago.

Dirección de residencia en época no lectiva: 25 metros sur de la entrada sur de la Escuela Bilingüe Sonny, Cartago.

Información de la Empresa

Nombre: VITEC PRODUCTION SOLUTIONS.

Ubicación: Cartago, Costa Rica.

Dirección: Parque Industrial Zona Franca Zeta, Edificio Número 68, Cartago.

Teléfono: 2573-1600

Actividad Principal: Producción de elementos fotográficos.

Contenido

Resumen	xiv
Abstract	xvi
Introducción.....	1
1 Generalidades	3
1.1 Reseña de la empresa	3
1.1.1 Descripción y antecedentes	3
1.1.2 Misión y visión	4
1.1.3 Organigrama.....	4
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.2.1 Problema por resolver	5
1.3 Objetivo General	6
1.4 Objetivos Específicos.....	6
1.5 Justificación	7
1.6 Viabilidad.....	8
1.7 Metodología	8
1.7.1 Investigación	8
1.7.2 Tabulación y ordenamiento.....	9
1.7.3 Levantamiento de planos	9
1.7.4 Cálculos de cortocircuito	9
1.7.5 Simulación por software	9
1.7.6 Comparación.....	9
1.7.7 Coordinación de protecciones.....	9
1.8 Alcance	10
1.9 Limitaciones.....	10
1.10 Cronograma.....	11
2 Marco Teórico	12
2.1 Levantamiento del diagrama unifilar.....	12
2.2 Elementos de una instalación eléctrica industrial	13
2.2.1 Transformadores.....	13
2.2.2 Conductores	13
2.2.3 Protecciones	13

2.2.4	Tableros de carga	14
2.3	Análisis de cortocircuito	14
2.3.1	Sistema P.U.	15
2.3.2	Corriente de cortocircuito	15
2.3.3	Corriente simétrica y asimétrica	15
2.3.4	Tipos de fallas	16
2.3.5	Métodos de cálculo	17
2.4	Coordinación de protecciones	22
2.4.1	Importancia de coordinación de protecciones	22
2.4.2	Selectividades	23
3	Recopilación de información	26
3.1	Equipos y cargas	27
3.2	Tableros de cargas y calibres de conductores	28
3.2.1	TSUB1	29
3.2.2	TMS12	30
3.2.3	TMS1	31
3.2.4	TCE1/1	32
3.2.5	TA3	33
3.2.6	TMS10	34
3.2.7	TMS7	35
3.2.8	TCS1/1	37
3.2.9	TMS13	38
3.2.10	TB3	39
3.2.11	TCE2/1	40
3.2.12	TSUB2	41
3.2.13	TMS6	42
3.2.14	TSUB4	43
3.2.15	TMS9	44
3.2.16	TMS17	45
3.2.17	TMS15	46
3.2.18	TMS16	47
3.2.19	TCC	48
3.2.20	TAR	49

3.2.21	TSC	50
3.2.22	TCS2/1	51
3.2.23	TMS2	52
3.2.24	TMS14	53
3.2.25	TB2	54
3.2.26	TCE1/2	55
3.2.27	TCE1/3	56
3.2.28	TSUB5	57
3.2.29	TSUB3	57
3.2.30	TMS5	58
3.2.31	TA2	59
3.2.32	TSUB6	60
3.2.33	TB1	61
3.2.34	TING.....	62
3.2.35	TCE2/1	63
3.2.36	TSUB7	64
3.2.37	TMS19	65
3.2.38	TCL.....	66
3.2.39	TMS3	67
3.2.40	TMS18	68
3.2.41	TMS8	69
3.3	Transformadores.....	71
3.4	Impedancias de equipos y conductores	72
3.5	Diagrama unifilar	88
4	Desarrollo del análisis de cortocircuito	90
4.1	Corriente de falla en TSUB1	92
4.2	Corriente de falla en TSUB2	92
4.3	Corriente de falla en TSUB3	93
4.4	Corriente de falla en tableros TMS2 y TMS14.....	94
5	Comparación y validación de resultados con SKM Power Tools.	95
6	Coordinación de protecciones	99
6.1	Ramal TSUB1	99
6.2	Ramal TSUB2	101

7	Justificación económica	104
8	Conclusiones y recomendaciones	107
9	Bibliografía	108
	ANEXOS	109

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Organigrama de VITEC.	4
Ilustración 2. Desarrollo corriente de falla.	16
Ilustración 3 Tipos de fallas.	17
Ilustración 4. Linealidad eléctrica.	20
Ilustración 5. Pasos descritos Norma ANSI/IEEE 551	21
Ilustración 6. Selectividad cronométrica.	24
Ilustración 7. Selectividad amperimétrica.	25
Ilustración 8. Selectividad lógica.	26
Ilustración 9. Ejemplo motor eléctrico.	28
Ilustración 10. Tablero de carga identificado	29
Ilustración 11. Datos de placa transformador Square D.	71
Ilustración 12. Diagrama unifilar simplificado.	89
Ilustración 13. Diagrama unifilar sección TSUB1.	89
Ilustración 14. Diagrama unifilar sección TSUB2.	89
Ilustración 15. Diagrama unifilar sección TSUB3.	90
Ilustración 16. Representación diagrama impedancias (TSUB1).	91
Ilustración 17. Corriente de falla en acometida principal a tablero TSUB2.	96
Ilustración 18. Corriente de falla en barra tablero TSUB3.	96
Ilustración 19. Corriente de falla en barra TMS2.	97
Ilustración 20. Corriente de falla en barra TMS14.	97
Ilustración 21. Corriente de falla en acometida principal tablero TSUB1.	98
Ilustración 22. Coordinación protecciones ramal TSUB1.	100
Ilustración 23. Curva de protección ramal TSUB1.	101
Ilustración 24. Coordinación protecciones ramal TSUB2-TSUB3.	102
Ilustración 25. Curva de protección ramal TSUB1-TSUB3.	102
Ilustración 26. Curva de protección TMS2.	103
Ilustración 27. Curva de protección TMS14.	104
Ilustración 28. Datos de aporte de la red suministradora.	112

Índice de tablas

Tabla 1.Cronograma del proyecto.....	11
Tabla 2. Factores de asimetría del método de las impedancias.....	18
Tabla 3. Códigos de protecciones eléctricas.....	23
Tabla 4.Datos generales acometida 480V.....	27
Tabla 5.Datos generales acometida 208V.....	27
Tabla 6.Directorio tablero TSUB1.....	30
Tabla 7.Características generales TSUB1.....	30
Tabla 8.Directorio Tablero TMS12.....	31
Tabla 9.Características generales TMS12.....	31
Tabla 10. Directorio tablero TMS1.....	32
Tabla 11.Características generales TMS1.....	32
Tabla 12. Directorio tablero TCE1/1.....	33
Tabla 13. Características generales TCE1/1.....	33
Tabla 14.Directorio tablero TA3.....	34
Tabla 15.Características generales TA3.....	34
Tabla 16.Directorio tablero TMS10.....	35
Tabla 17.Características generales TMS10.....	35
Tabla 18.Directorio tablero TMS7.....	36
Tabla 19.Características generales TMS7.....	36
Tabla 20. Directorio Tablero TCS1/1.....	37
Tabla 21.Características generales TCS1/1.....	37
Tabla 22.Directorio tablero TMS13.....	38
Tabla 23.Características generales TMS13.....	38
Tabla 24.Directorio tablero TB3.....	39
Tabla 25.Características generales TB3.....	40
Tabla 26.Directorio tablero TCE2/1.....	40
Tabla 27.Características generales TB3.....	41
Tabla 28.Directorio tablero TSUB2.....	41
Tabla 29.Características generales TSUB2.....	42
Tabla 30. Directorio tablero TMS6.....	42
Tabla 31.Características generales TMS6.....	43
Tabla 32. Directorio tablero TSUB4.....	43
Tabla 33. Características generales TSUB4.....	44
Tabla 34. Directorio tablero TMS9.....	44
Tabla 35.Características generales TMS9.....	45
Tabla 36. Directorio tablero TMS17.....	45
Tabla 37.Características generales TMS17.....	46
Tabla 38.Directorio tablero TMS15.....	46
Tabla 39.Características generales TMS15.....	47
Tabla 40.Directorio tablero TMS16.....	47
Tabla 41.Características generales TMS16.....	48
Tabla 42. Directorio tablero TCC.....	48
Tabla 43.Características generales TCC.....	49

Tabla 44. Directorio tablero TAR.....	49
Tabla 45. Características generales TAR.....	50
Tabla 46. Directorio tablero TSC.	50
Tabla 47. Características generales TSC.	50
Tabla 48. Directorio tablero TCS2/1.	51
Tabla 49. Características generales TCS2/1.	52
Tabla 50. Directorio tablero TMS2.	52
Tabla 51. Características generales TMS2.....	53
Tabla 52. Directorio tablero TMS14.	53
Tabla 53. Características generales TMS14.....	54
Tabla 54. Directorio tablero TB2.....	54
Tabla 55. Características generales TB2.....	55
Tabla 56. Directorio tablero TCE1/2.....	55
Tabla 57. Características generales TCE1/2.....	56
Tabla 58. Directorio tablero TCE1/3.....	56
Tabla 59. Características generales TCE1/3.....	57
Tabla 60. Características generales TSUB5.....	57
Tabla 61. Directorio tablero TSUB3.....	58
Tabla 62. Características generales TSUB3.....	58
Tabla 63. Directorio tablero TMS5.	59
Tabla 64. Características generales TMS5.....	59
Tabla 65. Directorio tablero TA2.....	60
Tabla 66. Características generales TA2.....	60
Tabla 67. Directorio tablero TSUB6.....	61
Tabla 68. Características generales TSUB6.....	61
Tabla 69. Directorio tablero TB1.....	62
Tabla 70. Características generales TB1.....	62
Tabla 71. Directorio tablero TING.....	63
Tabla 72. Características generales TING.....	63
Tabla 73. Directorio tablero TCE2/1.....	64
Tabla 74. Características generales TCE2/1.....	64
Tabla 75. Directorio tablero TSUB7.....	65
Tabla 76. Características generales TSUB7.....	65
Tabla 77. Directorio tablero TMS19.	66
Tabla 78. Características generales TMS19.....	66
Tabla 79. Directorio tablero TCI.....	67
Tabla 80. Características generales TCI.....	67
Tabla 81. Directorio tablero TMS3.	68
Tabla 82. Características generales TMS3.....	68
Tabla 83. Directorio tablero TMS18.	69
Tabla 84. Características generales TMS18.....	69
Tabla 85. Directorio tablero TMS8.	70
Tabla 86. Características generales TMS8.....	70
Tabla 87. Valores de impedancias transformadores.....	71

Tabla 88. Valores de impedancia equipos.....	74
Tabla 89. Valores de impedancias para conductores.....	80
Tabla 90. Factores y corrientes de falla en TSUB1.....	92
Tabla 91. Factores y corrientes de falla en TSUB2.....	93
Tabla 92. Factores y corrientes de falla en TSUB2.....	94
Tabla 93. Factores y corrientes de falla en TMS2.....	94
Tabla 94. Factores y corrientes de falla en TMS14.....	94
Tabla 95. Porcentajes de error corrientes de falla.....	99
Tabla 96. Ganancia producción por hora de cada máquina.....	105
Tabla 97. Valores de impedancias de conductores (Tabla 9).....	109
Tabla 98. Conductores eléctricos y sus ampacidades.....	110
Tabla 99. Corrientes nominales motores.....	111
Tabla 100. Corrientes de arranque motores.....	112

Resumen

VITEC PRODUCTION SOLUTIONS centra sus operaciones en la fabricación de equipos profesionales para industrias filmica, fotográfica, aeroespacial y gubernamental. Se encargan de diseñar, fabricar y distribuir productos y soluciones de alto rendimiento que incluyen soportes para cámaras, accesorios electrónicos montados en cámaras, sistemas de cámaras robóticas, indicadores, alimentación móvil y equipo de transporte.

En este resumen se presenta el desarrollo del proyecto, el cual busca mejorar la gestión de la información de la red eléctrica y proveer de seguridad tanto a los equipos operativos como a las personas que laboran en la empresa, esto por medio de un análisis de cortocircuito y coordinación de protecciones.

La metodología empleada progresó de la siguiente manera. Primeramente, se elabora una recopilación de toda la información relacionada a la red eléctrica: cargas conectadas, conductores, sistema de tubería, generalidades de la calidad de la energía, descripción de los equipos, transformadores y tableros.

Seguidamente, se procedió a un ordenamiento adecuado de la información recopilada, realizar los directorios actualizados de los tableros eléctricos, equipos con sus respectivas cargas e impedancias, al igual que los conductores.

Con la información recopilada y ordenada, lo siguiente fue el desarrollo del diagrama unifilar actualizado de la red eléctrica, en este se contemplaron todos los circuitos, ya sean de iluminación, tomacorrientes, equipos, sistema supresor de incendios, entre otros. Un diagrama unifilar actualizado, abre paso a la elaboración del análisis de cortocircuito, ya que, con la información recopilada y el diagrama unifilar, se procede a

seleccionar los equipos inductivos y simplificar el diagrama unifilar a un diagrama de impedancias, para así encontrar las corrientes de cortocircuitos presentes en una eventual falla de este tipo, para este análisis se hizo uso de las normas ANSI/IEEE 141-1993 y ANSI/IEEE 551-2006, ambas para un adecuado análisis de cortocircuito y que dictan los requerimientos y cálculos necesarios en el desarrollo.

Para validar y comparar los resultados obtenidos, se empleó el software SKM Power Tools V6.5, en dicho software se realizó la simulación en cinco (5) puntos críticos del diagrama unifilar, puntos donde se necesitaba aparentar una eventual falla eléctrica calculando corrientes de cortocircuito aguas arriba y aguas abajo de ellos, esta simulación con respecto al diagrama unifilar y la información recopilada, se calcularon los valores aproximados y certeros en los puntos utilizando el Método de impedancias, para así poder comparar con los valores experimentales y obtener un porcentaje de error.

Finalmente, se procedió a realizar una verificación de la coordinación de protecciones en cinco (5) puntos críticos, para asegurar que los dispositivos de protección puedan controlar o mitigar una eventual falla con respecto a las corrientes de cortocircuito, evitando, para garantizar la apertura del circuito y evitar daños graves en la instalación eléctrica, esto seccionando por prioridad los diferentes ramales de la distribución eléctrica.

A su vez se realizó un análisis económico, enfocándose en los equipos más críticos (CNC's), de las pérdidas productivas que afectan a la empresa por cada hora que una máquina CNC no se encuentre en operación por una posible falla de cortocircuito.

Abstract

VITEC PRODUCTION SOLUTIONS focuses its operations on the manufacture of professional equipment for the film, photographic, aerospace and government industries. They are responsible for designing, manufacturing and distributing high performance products and solutions that include camera holders, electronic accessories mounted on cameras, robotic camera systems, indicators, mobile Powers and transport equipment.

This summary presents the development of the project, which seeks to improve the management of the information of the electrical network and provide security to both the operating equipments and the people who work in the company, by means of a short circuit analysis and protections coordination.

The methodology used progressed in the following way. First, a compilation of all the information related to the electrical network is elaborated: connected loads, conductors, piping system, generalities of the quality of the energy, description of the equipment, transformers and boards.

Then, we proceeded to an adequate ordering of the information collected, to carry out the updated directories of the electrical panels, equipment with their respective loads and impedances, as well as the conductors.

With the information gathered and ordered, the following was the development of the updated single-line diagram of the electrical network, in which all circuits were contemplated, be they lighting, electrical outlets, equipment, fire suppression system, among others. An updated single-line diagram opens the way to the short circuit analysis, since, with the information collected and the single-line diagram, we proceed to select the

inductive equipment and simplify the single-line diagram to an impedance diagram, in order to find the currents of short circuits present in an eventual failure of this type, for this analysis use was made of ANSI / IEEE standards 141-1993 and ANSI / IEEE 551-2006, both for an adequate short circuit analysis and that dictate the necessary requirements and calculations in the development.

To validate and compare the results obtained, SKM Power Tools V6.5 software was used, in this software the simulation was performed in five (5) critical points of the single-line diagram, points where it was necessary to pretend an electrical failure by calculating short-circuit currents upstream and downstream of them, is simulated with respect to the single line diagram and the information collected, the approximate and accurate values in the points were calculated using the Impedance Method, in order to compare with the experimental values and obtain an error percentage .

Finally, a verification of the coordination of protections was carried out in five (5) critical points, to ensure that the protection devices can control or mitigate an eventual failure with respect to the short-circuit currents, avoiding, to guarantee the opening of the circuit and avoid serious damage to the electrical installation, this sectioning by priority the different branches of the electrical distribution.

At the same time an economic analysis was carried out, focusing on the most critical equipment (CNC's), of the productive losses that affect the company for each hour that a CNC machine is not in operation due to a possible short circuit failure.

Introducción

Para toda empresa, la red eléctrica es de los sistemas más importantes que tienen ya que es la que permite que las líneas de producción operen y así generar sus respectivos productos o servicios. Tener una red eléctrica segura y confiable es de las tareas más necesarias para evitar accidentes que involucren al personal como a los equipos en sí, el análisis de cortocircuito brinda esta seguridad, porque permite saber con exactitud las corrientes de cortocircuito a la que se someten los equipos y la red. En la planta de producción de VITEC se cuentan con equipos críticos como lo son los CNC, moldeadoras y cortadoras láser, que son los que permiten generar las bases para los productos generados, por lo que tenerlos operando de manera adecuada es fundamental para la empresa.

VITEC PRODUCTION SOLUTIONS cuenta con dos acometidas de 34,5 kV, una con un transformador de 500 kVA que realiza la reducción a 480 V y otra con un transformador de 112,5 kVA que reduce a 208 V, suministrada por JASEC. En la subestación se encuentran los tableros principales TSUB1, TSUB2 y TSUB3, los cuales son los que alimentan a toda la planta, el último análisis de calidad de energía tiene como fecha febrero del 2018 y nunca se ha realizado un análisis de cortocircuito, lo que provoca primeramente un desconocimiento del comportamiento de la red eléctrica en una eventual falla, y segundo que las protecciones seleccionadas no se seleccionan con un criterio de seguridad adecuado.

Además, este proyecto apoya la gestión del mantenimiento eléctrico pues facilita la manipulación de información con respecto al Área eléctrica, esto porque se recopilará la información de todos los equipos, conductores, protecciones, transformadores, etc.; y se crearán los planos necesarios actualizados, ya que, no cuentan con este tipo de información al día.

La coordinación de protecciones es un aspecto importante ya que le permitirá a la red desconectarse por sectores, sólo en las partes donde ocurra una falla, así no se interrumpe toda la producción y se puede atender alguna falla de una manera más eficiente, confiable y segura.

1 Generalidades

1.1 Reseña de la empresa

1.1.1 Descripción y antecedentes

VITEC GROUP es una empresa internacional con más de 100 años desde su origen, la empresa es fabricante líder de equipos profesionales para las industrias filmica, fotográfica, aeroespacial, y gubernamental. Se encargan de diseñar, fabricar y distribuir productos y soluciones de alto rendimiento que incluyen soportes para cámaras, accesorios electrónicos montados en cámaras, sistemas de cámara robótica, indicadores, luces LED, alimentación móvil y bolsas.

La empresa comenzó con sus operaciones en Costa Rica en 1985 con 7 colaboradores iniciales y una planta de 600 metros cuadrados, encargándose de ensamblar materiales provenientes de Alemania para ser exportados a los Estados Unidos. En el año 2022 con la estrategia de crecimiento que se dio en el país se logró transferir nuevos productos y desarrollarse una cadena de proveedores locales, dando paso a un nuevo equipo gerencial y a la inversión de una nueva planta física de 3500 metros cuadrados. Con la expansión de su división VITEC PRODUCTION SOLUTIONS en el 2012 la empresa se encargó de empezar producción en Costa Rica de sus marcas líderes: Sachtler, Vinten y Oconnor. En específico se producen tres elementos en Costa Rica: trípodes para cámaras de televisión y fotografía, las bases para los trípodes y sus cabezas fluidas.

La empresa está certificada bajo los siguientes estándares:

- Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001
- Sistema de Gestión en Salud y Seguridad Ocupacional OHSAS 18001
- Sistema de Gestión en Medio Ambiente ISO 14001

1.1.2 Misión y visión

VITEC no pose misión ni visión como tal, pero se rige por un propósito y una serie de valores:

- **Propósito:** Proveemos productos y servicios para la captura de imágenes excepcionales.
- **Valores:** Excelencia del producto, soluciones creativas, integridad, enfoque en el cliente y colaboración.

1.1.3 Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama general de la empresa, en el cual se puede observar cómo se divide el Área de Ingeniería y específicamente el Departamento de Mantenimiento, contando con un Supervisor de Mantenimiento, un Ingeniero de Mantenimiento y dos técnicos.

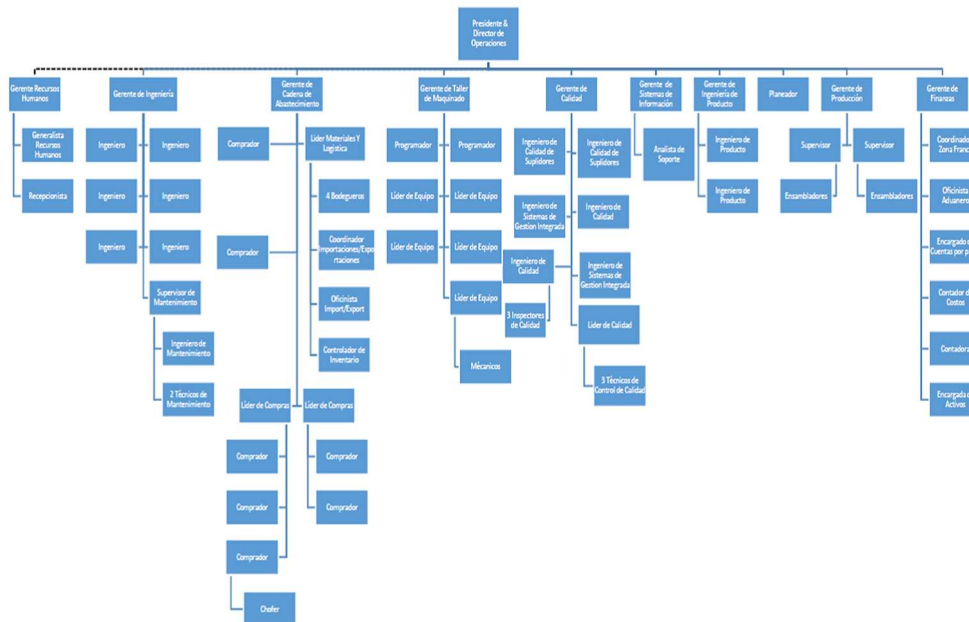


Ilustración 1. Organigrama de VITEC.

Fuente: VITEC GROUP

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema por resolver

Meses atrás al realizar un levantamiento de la red eléctrica de la planta y una medición de calidad de energía eléctrica en los tableros de la acometida de 208V y 480V por parte de la empresa ELMEC S.A., descubrieron que la red cuenta con cargas desbalanceadas, generando un bajo factor de potencia de 0,85 en la acometida de 480V y preocupación con respecto a la seguridad física y eléctrica de los equipos asociados a la red. Dicho esto, se promueve desde la Gerencia de Mantenimiento un adecuado análisis de cortocircuito en la red para así verificar los valores a los que está sometida, determinar cuáles cargas están desbalanceadas y verificar que el respectivo circuito de alimentación pueda soportar dicho valor, de modo que al momento de un eventual fallo en la instalación no se desconecte toda la red de distribución. Por estas mismas razones se logra determinar que el factor de potencia se encuentra en valores bajos entre 0.8-0.85, elevando de manera considerable el valor de potencia reactiva lo que perjudica económicamente a VITEC porque se le está cobrando una penalización de 223452 colones mensuales por bajo FP.

Además de esto, se ha hecho evidente la necesidad de realizar un análisis de coordinación de las protecciones para dar mayor seguridad en la red eléctrica, tanto para salvaguardar la operación de los equipos como para salvaguardar la vida de los operarios. Para el análisis de cortocircuito, se regirá la solución por medio de estándares internacionales como lo son ANSI/IEEE 551-2006 y ANSI/IEEE 141-1993, que dicta las pautas correspondientes para un adecuado estudio de corrientes de cortocircuito. Todo esto para lograr el objetivo planteado mediante criterios de ingeniería adecuados y sustentados por normas estandarizadas.

1.3 Objetivo General

Elaborar un análisis de cortocircuito y de coordinación de protecciones en la planta de producción de la empresa VITEC PRODUCTION SOLUTIONS para la seguridad y la vida de sus ocupantes y sus bienes.

1.4 Objetivos Específicos

- Actualizar el diagrama unifilar de la planta de producción de la empresa VITEC PRODUCTION SOLUTIONS, considerando todos los requerimientos del CFIA, mediante un levantamiento de información del sistema eléctrico.
- Determinar las corrientes de cortocircuito para identificación de puntos de falla, mediante el método de impedancias, según lo establecido en la norma ANSI/IEEE 551-2006 y ANSI/IEEE 141-1993.
- Establecer la coordinación de protecciones adecuada seccionando la desconexión de ramales ante una falla eléctrica, utilizando la norma ANSI/IEEE 242-2001.

1.5 Justificación

La realización de este proyecto es de suma importancia para VITEC por dos motivos, el primero es que no se cuentan con los valores de la corriente de cortocircuito de las diferentes barras, si la corriente de cortocircuito llega a exceder los valores para la cual la red o los equipos están diseñados para soportar se pueden causar daños significativos, como pérdidas económicas por pérdidas de equipos o por paros en la línea de producción. Realizar un análisis de cortocircuito genera seguridad operacional al momento de instalar y operar los equipos o bien que, en caso de una falla eléctrica, se tenga la capacidad en la red para solventar el problema sin generar daños considerables sobre el equipo o la producción (Grainger 2008). En conjunto a esto es necesario determinar equipos y esquemas de protección adecuados en el diseño de las instalaciones, logrando así asegurar un desempeño correcto de la red eléctrica, resguardada por dispositivos de monitoreo, detección y señalización (Gómez 2017).

Además de esto se tienen cargas desbalanceadas en la red, las cuales no se han identificado que pueden generar pérdidas adicionales de potencia y energía, calentamiento de máquinas limitando así la capacidad de carga nominal, reducción de los sistemas de distribución en el transporte de potencia y la propagación de desbalance a otros nodos de conexión de la red.

Una Coordinación de protecciones es necesario realizar para tener selectividad en el circuito, protegiendo así la red por sectores de manera tal que si ocurre una falla en la red interna no se llegue a disparar la protección principal, a no ser que la falla sea tan grande que active todas las protecciones antes de la principal o que el fallo sea en las líneas de transmisión lo cual desconecte la protección principal para proteger todo el sistema.

1.6 Viabilidad

Para la realización de este proyecto primeramente se cuenta con los conocimientos adquiridos a lo largo de la vida universitaria, conocimientos en diferentes áreas como lo son el área eléctrica, mecánica, administrativa y el área de termo fluidos por mencionar algunas. Se cuenta con personal de mantenimiento altamente capacitado, el cual es indispensable para el desarrollo de este proyecto, ya que, con el personal se trabajará en conjunto para la toma de datos y evaluación de la red. A su vez se cuenta con las herramientas físicas y el espacio físico necesario para la realización de las actividades planteadas.

También se cuenta con estudios de calidad de energía realizados anteriormente que dan una idea de la situación actual de la red eléctrica de la planta. Asimismo, se tiene la credibilidad, confianza y respeto tanto de V ITEC, como del ingeniero encargado hacia mi persona para la realización de este proyecto.

1.7 Metodología

1.7.1 Investigación

Investigar y definir las características que se ajusten y aproximen a los datos de los equipos en la red eléctrica, durante este proceso es importante determinar los datos como tamaño, cantidad de motores, alimentación y características físicas de los equipos instalados.

A su vez es necesario investigar todas las características tanto de conductores, protecciones, tomacorrientes, breakers, etc. Esto para realizar un levantamiento de plano adecuado para poder hacer el estudio de cortocircuito de la mejor manera.

1.7.2 Tabulación y ordenamiento

Ordenar todo lo conseguido a través de la investigación mediante la generación de tablas y resúmenes de los equipos y de la red, para poder buscar datos más ágilmente y tener cualquier información a la mano al momento de la creación de los planos.

1.7.3 Levantamiento de planos

Con la información recopilada y ordenada, se procede a realizar el levantamiento de planos, ya que no se cuenta con un plano de la red eléctrica actualizada y es de suma importancia para el análisis de cortocircuito contar con el diagrama unifilar de la red actualizado y bien detallado.

1.7.4 Cálculos de cortocircuito

Con lo estipulado en la norma ANSI/IEEE 551-2006 y ANSI/IEEE 141-1993, realizar los cálculos de corriente de cortocircuito en todos los puntos de falla posibles y más críticos, guiándose con el diagrama unifilar previamente establecido en el punto 5.3. Se utilizará el método de las impedancias según recomienda la norma IEEE 141, ya que es un método más preciso y exacto.

1.7.5 Simulación por software

Se utilizará un software para el montaje y simulación de las fallas eléctricas que se pueden presentar en la red eléctrica.

1.7.6 Comparación

Los datos obtenidos mediante los cálculos de cortocircuito realizados en el punto 5.4 se compararán con los datos obtenidos por la simulación en el software, esto para poder tener una veracidad adecuada de la simulación.

1.7.7 Coordinación de protecciones

Con las corrientes de cortocircuito establecidas y las características interruptoras de las protecciones determinadas, se procede a verificar si estas protecciones resisten las

corrientes de cortocircuito y logran mitigar una falla. También es necesario determinar si la capacidad del conductor es suficiente para soportar la corriente de cortocircuito. Por último, se coordinarán las protecciones para que en caso de una falla no se desconecte toda la red, sino que sólo se desconecte el ramal donde ocurre la falla y la red eléctrica siga en operación.

1.8 Alcance

Este proyecto abarcará la planta de producción de la empresa VITEC ubicada en Cartago, Costa Rica, el estudio está enfocado al análisis de corto circuito, coordinación de protecciones y análisis de malla de tierras, estos estudios determinarán el comportamiento de las corrientes tanto de operación normal como de fallos por cortocircuito y el comportamiento de las protecciones establecidas para así dar más seguridad tanto físicamente para los operarios y los equipos, como económicamente, esto porque disminuye el riesgo de fallas e identifica los equipos y sectores más críticos.

En conjunto con los estudios establecidos se entregará a la empresa planos actualizados del sistema eléctrico permitiéndoles tener un mejor control sobre todo lo relacionado a la red eléctrica como equipos, características, distribución, datos energéticos, etc.

1.9 Limitaciones

En este proyecto no se realizará estudios de arco eléctrico ni estudio de calidad de energía, si bien es cierto se contará con los datos de factor de potencia por equipo, por área y general, no se incluirá el estudio de factor de potencia ni la corrección de factor de potencia correspondiente.

El estudio de calidad de energía lo realiza una empresa externa evaluando aspectos en la red eléctrica como armónicos, diagramas de tensión, frecuencia e intensidad, espectros, etc. No se tomarán en cuenta en este proyecto.

1.10 Cronograma

Tabla 1. Cronograma del proyecto.

Fuente: Elaboración propia (Excel 2016).

Etapa	Actividad	Semanas															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Recopilación de información	Toma de datos de equipos	■	■	■	■	■											
	Toma de datos circuitos iluminación	■	■	■	■	■											
	Toma de datos circuitos tomacorrientes	■	■	■	■	■											
	Medición consumo de cada tablero	■	■	■	■	■	■	■									
	Tabulación y ordenamiento de datos	■	■	■	■	■	■	■									
Levantamiento de planos	Diagrama unifilar base				■												
	Diagrama unifilar detalles de equipos y calibres				■	■	■	■	■	■							
	Diagrama de impedancias									■	■	■					
Cálculos de cortocircuito	Cálculo impedancias de cada elemento									■	■	■					
	Simplificación diagrama de impedancias										■	■	■				
	Cálculo de corrientes de cortocircuito										■	■	■				
Simulación	Creación del diagrama unifilar en SKM										■	■	■				
	Introducción de datos al diagrama unifilar										■	■	■				
	Cálculo de corrientes de cortocircuito										■	■	■				
Comparación entre cálculo manual y software	Cálculo de porcentajes de error												■	■			
	Comparación y análisis de resultados												■	■			
Coordinación de protecciones	Verificación de protecciones existentes												■	■			
	Análisis de curvas de protecciones												■	■			
Trabajo escrito y presentación												■	■	■	■	■	■

2 Marco Teórico

A continuación, se presentan los conceptos básicos para tener una idea más clara de los conceptos, cálculos y discusiones tanto del estudio de corrientes de cortocircuito como la coordinación de protecciones.

Para el análisis de corrientes de cortocircuito se tendrán como bases las normas ANSI/IEEE 551-2006 y ANSI/IEEE 141-1993. El principal objetivo de los estudios de cortocircuito dar seguridad que la red eléctrica tenga la capacidad de soportar una falla eléctrica, evitando daños severos que puedan llevar a incendios. Un estado de falla puede producir corrientes eléctricas elevadas, lo cual permite una deliberación de energía por lo que se necesita saber las protecciones de cada equipo y que la instalación pueda soportar la falla en el transcurso de tiempo donde las protecciones se activan.

Antes de poder realizar un adecuado análisis de cortocircuito, es necesario el levantamiento adecuado del diagrama unifilar de la planta, con las cargas instaladas, los valores respectivos, calibre de conductores, protecciones y otros datos respectivos a la red eléctrica.

2.1 Levantamiento del diagrama unifilar

Para un adecuado levantamiento del diagrama unifilar es necesaria la recopilación de información de toda la red eléctrica de la planta, considerando dos aspectos de suma importancia:

- Detalle de tableros de carga:
 - Características eléctricas del tablero.
 - Carga eléctrica conectada y demandada.
 - Factor de potencia y demandada.
 - Corriente total por fase.

- Protecciones, alimentadores por fase y conductor de tierra.
- Diagrama unifilar eléctrico:
 - Calibre de acometida, elementos de protección, elementos de medición. Alimentadores principales, tableros de carga y circuitos.
 - Transformadores, tipo de conexión, capacidad, tensiones, factor de potencia.
 - Diagramas adicionales.
 - Notas aclaratorias.

2.2 Elementos de una instalación eléctrica industrial

2.2.1 Transformadores

El transformador se define como una máquina eléctrica estática, tiene como fin transferir energía de carácter eléctrico de un circuito a otro, mediante el principio de inducción electromagnética. Esta transferencia se ve reflejada como en variación de la tensión e intensidad de corriente, incrementando o disminuyendo la potencia entregada respecto a la que se recibe (Guerrero, 2012).

Un transformador está construido con un núcleo ferromagnético, constituido por varias laminas adheridas una tras otra con un recubrimiento de barniz, presenta un bobinado primario y un bobinado secundario, uno a cada costado del núcleo.

2.2.2 Conductores

Los conductores eléctricos se denominan así ya que al entrar en contacto con un cuerpo cargado de electricidad logran transmitir esta misma por toda su superficie. Se utiliza cobre ya que tiene una baja resistividad que genera pocas pérdidas de calor cuando circula la electricidad a través de este, por lo general se emplea cobre para circuitos en baja y media tensión, y se utiliza aluminio para altas tensiones.

2.2.3 Protecciones

Las protecciones tienen como fin atenuar los efectos producidos por un cortocircuito o sobrecarga, las más utilizadas son los disyuntores termo-magnéticos y los fusibles.

Los disyuntores termo-magnéticos son dispositivos que funcionan por medio de los efectos producidos por la circulación de corriente, el efecto magnético y el efecto térmico. Consta de dos partes, estas son un electroimán y una lámina bimetálica.

Los fusibles están diseñados para que se pueda interrumpir la corriente por medio de la fusión de uno de sus elementos integrantes, están compuestos por una lámina o un hilo conductor de bajo punto de fusión, este elemento permite el paso de corriente mientras que no se excedan los valores límites aceptables.

2.2.4 Tableros de carga

Estos son gabinetes donde se encuentran los dispositivos de conexión, control, protección, medida y distribución. Están fabricados según el circuito al que estén conectados, ya sea monofásico, bifásico o trifásico, permitiendo un adecuado manejo de las cargas por fases.

2.3 Análisis de cortocircuito

En la norma ANSI/IEEE 551-2006 se define un cortocircuito como una conexión anormal con baja impedancia ya sea accidental o intencional entre dos puntos con un diferencial de potencia. El estudio de corrientes de cortocircuito se trata de la capacidad de saber el comportamiento de un sistema eléctrico a los estados de fallas. Por medios de cálculos al realizar un flujo de potencia en el tiempo que dura la falla para así conocer la corriente que pasa por un punto específico (IEEE, 2006).

Conociendo las corrientes de falla se puede seleccionar las capacidades de interrupción adecuadas para la protección y conductores en el sistema, estas fallas al no poder ser previstas, lo que se intenta realizar es mitigar los efectos dañinos que traen. Para un análisis de cortocircuito es de suma importancia contar con la información adecuada del sistema eléctrico e implementar métodos manuales o simuladores. Parte de la información que se necesita para un análisis de cortocircuito es:

- Diagrama unifilar de la red eléctrica.
- Cargas conectadas al sistema.
- Valores de impedancia sub-transitoria de las maquinas.
- Aporte a la compañía suministradora del servicio eléctrico.
- Perfiles de diferencia de potencial utilizadas en la instalación.

2.3.1 Sistema P.U.

Para un facilitar el análisis de cortocircuito y el desarrollo de los cálculos se emplea la notación “P.U.” o por unidad, la cual corresponde a una relación directa y de carácter unitaria entre un valor y una base previamente seleccionada. El voltaje, la corriente, los kilo-voltamperes y la impedancia se relacionan de forma que la selección de estos valores bases determina la base de los otros datos (Grainger, 1996).

2.3.2 Corriente de cortocircuito

La corriente de cortocircuito es el valor máximo de corriente de falla posible en un punto en específico de la red eléctrica. Es proporcional al tamaño y la cantidad de las fuentes de corriente de falla, donde estas fuentes por lo general son generadores, motores y la empresa suministradora.

2.3.3 Corriente simétrica y asimétrica

La simetría describe la forma de onda de la corriente con base en el eje 0 de la ordenada, definido por el tipo de carga conectada al sistema. Cuando hay cargas resistivas, la corriente tendrá una oscilación simétrica con base al eje x, por otro lado, cuando son cargas inductivas tendrá una compensación positiva debido a la oscilación del flujo magnético. También existe un decrecimiento en corriente directa debido al cambio según la energía de la resistencia de los equipos. Para el análisis de cortocircuito se utilizan ciclos

como medida de tiempo, ya que se evita el cambio de la escala de tiempo si la frecuencia es de 50 Hz o 60 Hz (Barrantes, 2014).

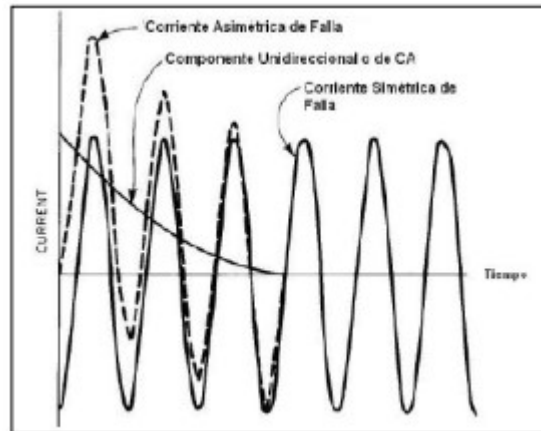


Ilustración 2. Desarrollo corriente de falla.

Fuente: Barrantes, 2014

La magnitud y duración de la corriente de falla asimétrica depende del factor X/R y del ángulo de desfase del voltaje en el momento de falla, mientras más X/R mayor será la duración de la corriente asimétrica. Esta asimetría es importante porque está en el primer ciclo puede llegar a ser 1,5 veces la corriente simétrica, afectando las fuerzas electromagnéticas que puede llegar a ser 2,25 veces mayores que las causadas por la corriente simétrica y energía convertida en calor. El factor X/R se trata de la relación que hay en el punto de cálculo, de la reactancia equivalente con respecto a la impedancia, entre mayor inductancia en el sistema, la relación X/R será mayor, lo que genera mayor asimetría.

2.3.4 Tipos de fallas

De los diferentes tipos de fallas, se pueden encontrar cuatro categorías de fallas dependiendo de su conexión, fallas trifásicas, línea a línea, línea a línea a tierra y línea a tierra.

La primera es la que menos probabilidad tiene de suceder, pero tiene los valores más altos de corrientes de falla, la segunda es un poco más común y con un valor de 0,87 la corriente trifásica, la tercera por lo general es una falla línea a tierra que se transmite a un segundo conductor, son el doble que las fallas línea-tierra, la última falla es la más común y la que menos perturba el sistema (IEEE, 2006).

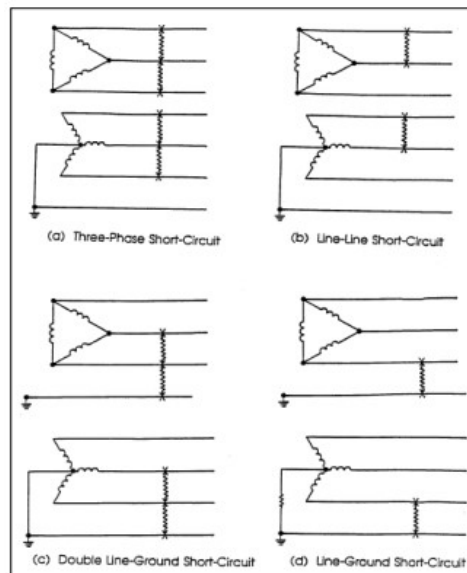


Ilustración 3 Tipos de fallas.

Fuente: ANSI/IEEE 551-2006

2.3.5 Métodos de cálculo

2.3.5.1 Método de las impedancias

Este método es de los más usados, ya que se puede implementar en redes con perfiles menores a 1000V y tiene una alta precisión en cualquier punto de la red eléctrica. Está basado en la ley de Ohm, lo que se intenta es simular todas las impedancias que intervienen en la generación de corriente de falla y así valorar los aportes de todos los dispositivos presentes. Simula toda la red en impedancias equivalentes en PU y simplifica la red para tener una única impedancia en el punto de falla, al aplicar ley de Ohm y obtener

la corriente asimétrica en PU, se multiplica por la corriente base y se puede conocer la corriente de falla en cualquier punto (Barahona, 2015).

Tabla 2. Factores de asimetría del método de las impedancias.

Fuente: Barahona, 2015

Característica de red	Factor multiplicativo
Mayores a 5kV, totalmente inductivos con $X/R > 2000$.	1.6
Menores a 5000V sin generación local.	1.5
Menores a 600V.	1.25

2.3.5.2 Método de KVA's equivalentes

Este método es preciso y más sencillo de utilizar que el de impedancias, se basa en que todo aporte está ligado a la potencia aparente de cada fuente en el cortocircuito. Está asociada a las impedancias de cada equipo con una potencia aparente equivalente, para así alcanzar una reducción al punto de falla y conocer la potencia del cortocircuito en el punto.

2.3.5.3 Norma ANSI/IEEE 141-1993 "IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants"

Esta norma también conocida como RED BOOK, nos da información sobre lo referente a sistemas eléctricos de industrias, nos dicta una serie de recomendaciones para el estudio de cortocircuito sobre como calcular las corrientes de fallas, el método en que se basa principalmente es el de impedancias, pero varía los valores multiplicativos en distintos puntos del cálculo. Al igual que el método de impedancias, el descrito en esta norma permite tener la corriente de falla en cualquier punto de la red.

2.3.5.4 Norma ANSI/IEEE 551-2006 “IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents” in Industrial and Commercial Power Systems”

Esta norma tiene todo lo mencionado con respecto a los Color Books de IEEE en torno a análisis de cortocircuito, realiza algunas modificaciones basadas en normas IEC y en métodos empíricas de tal manera que se puedan conocer con más precisión las corrientes asimétricas.

El método de cálculo presente en la norma al igual que los otros métodos tiene como objetivo calcular las corrientes de cortocircuito en cualquier punto de la red, para poder usar este método se tiene que tener en claro que: la frecuencia de la red debe ser constante, se considerará los valores de resistencia constantes y reactancias saturadas, el valor de voltaje y su ángulo de fase se considera constante y la corriente de falla de cortocircuito debe ser sinusoidal.

Hay que tener en claro el concepto de linealidad ya que es fundamental en la base eléctrica, esto nos da una relación directa entre la impedancia y la corriente eléctrica con la tensión. Cuando se simplifica la red en el punto de falla se llega a una representación con impedancia, y esta es excitada por un voltaje nominal con corriente proporcional al voltaje para una impedancia constante.

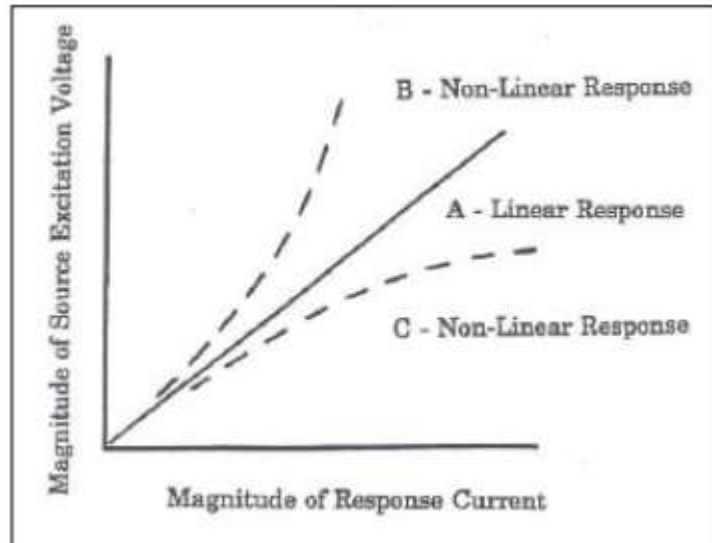


Ilustración 4. Linealidad eléctrica.

Fuente: ANSI/IEEE 551-2006

La superposición es muy importante y empleada en esta norma, ya que, el efecto total en el punto de falla será la suma de los efectos de cada fuente. Se asume que el voltaje en todo el circuito es constante y con el mismo ángulo de fase, lo que permite la reducción del circuito a una sola fuente general.

Al igual que para el método de impedancias, en este se utiliza el sistema PU, el cual consiste en un método para poder simplificar variables eléctricas y evitar valores muy grandes. Toma una base de potencia y voltaje, para referenciar todos los valores de la red a estos valores, para ganar tiempo a la hora de manejar datos y simplificar los cálculos. La norma dicta valores bases típicos como 10 MVA o 100 MVA, también se suele usar la capacidad del transformador o maquina más grande.

Con la potencia base, se obtiene la corriente base, dividiendo la potencia entre el voltaje, así mismo se obtiene una impedancia base.

$$I_b = \frac{S_b}{V_b} \quad (1)$$

$$Z_b = \frac{V_b}{I_b} \quad (2)$$

2.3.5.5 Pasos por seguir del método

A continuación, se detalla un diagrama de flujo con los pasos por seguir que dicta la norma.

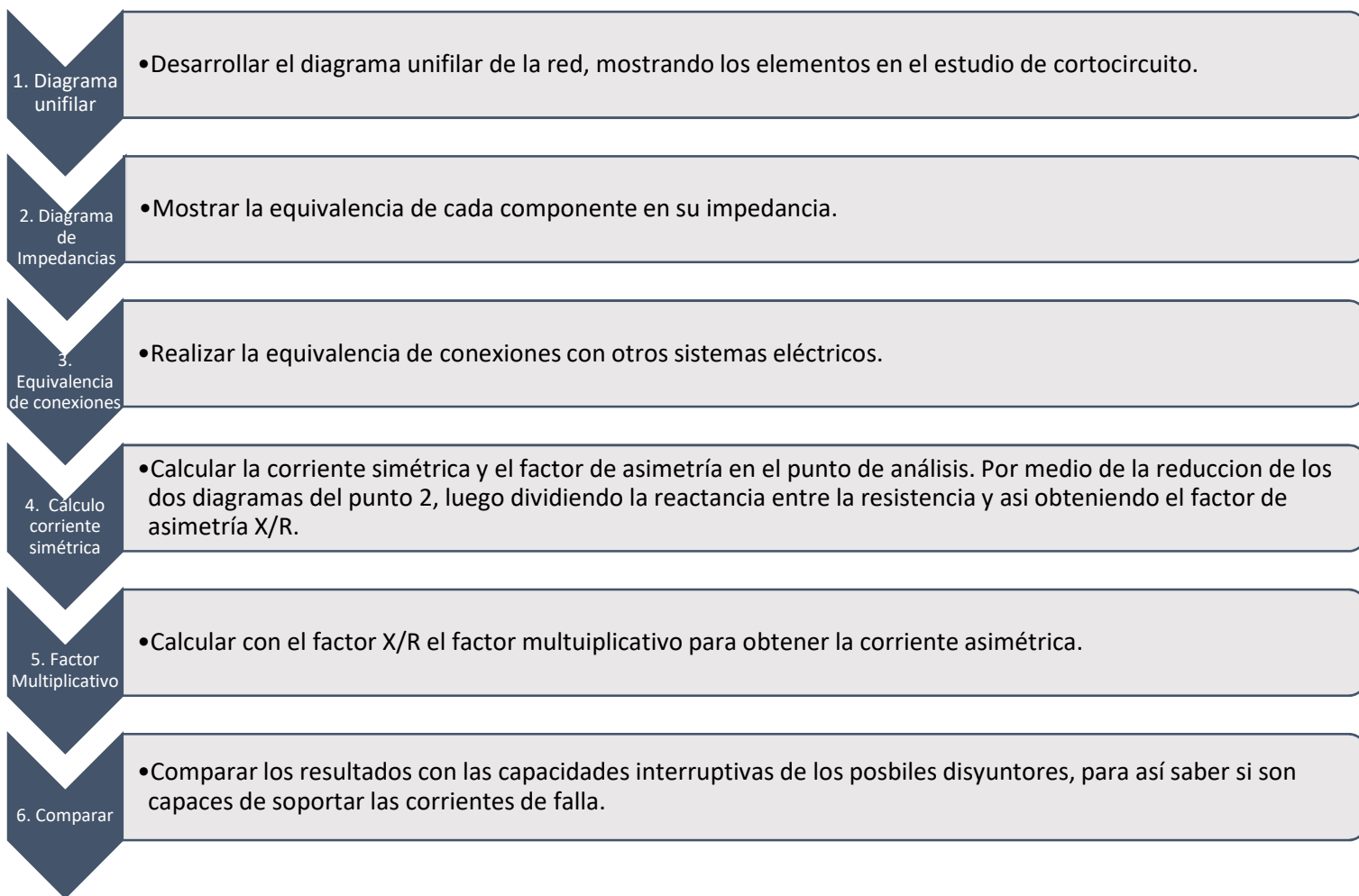


Ilustración 5. Pasos descritos Norma ANSI/IEEE 551

Fuente: Creación propia información sacada de ANSI/IEEE 551-2006

2.4 Coordinación de protecciones

Después de realizado el análisis de cortocircuito, conociendo los tipos de cargas, las corrientes de cortocircuito, las curvas de tiempo corriente, los ajustes de las protecciones y así como las restricciones que tienen las protecciones internas. Se procede a seleccionar las respectivas protecciones de acuerdo con ciertas características de estos mismos como lo son su capacidad interruptora, corriente nominal, costo, número de polos, entre otros.

Para la protección de la red eléctrica se utilizar tres dispositivos primarios como lo son los fusibles, disyuntores y relés de protección, los fusibles son un dispositivo de interrupción pero no es un conmutador, se conecta en serie con el circuito y se activa mediante efectos térmicos que se producen por la corriente, tiene un determinado tiempo de actuación dependiendo de la cantidad de corriente, los fusibles no se restablecen esto porque sus componentes se gastan cuando interrumpen la corriente. Los disyuntores son interruptores y conmutadores que necesitan elementos de sensado de corriente para poder detectar (Barrantes, 2014).

La selectividad o discriminación es la facilidad que posee un sistema de protección que permite discernir entre una condición de operación y otra en la cual no debe operar. El proceso de ajustar la selectividad se llama técnicamente: “coordinación de protecciones” (Barahona, 2015).

2.4.1 Importancia de coordinación de protecciones

La coordinación de protecciones en una red eléctrica tiene alta importancia ya que esta determina las características y configuraciones de dispositivos de protección para así minimizar el daño en los equipos, de igual manera permite desconectar de manera

apropiada los equipos para mitigar la falla y seguir la operación de la red eléctrica que no estuvo en peligro o falla (Barrantes, 2014).

Es importante conocer los equipos instalados en la red, así como sus características y curvas de disparo, los equipos se pueden ajustar con estas curvas para poder activarlos de manera secuencial según la posición en la que se encuentre la protección.

ANSI y la IEEE tienen codificada la capacidad de protección de los equipos, a continuación, se presentan algunas codificaciones que se emplean comúnmente:

Tabla 3. Códigos de protecciones eléctricas.

Fuente: ANSI/IEEE 2008

Código	Protección	Código	Protección
27	Mínimo de tensión	50N	Protección instantánea de sobre corriente a neutro
32P	Retorno potencia activa	51N	Protección temporizada de sobre corriente a neutro
38	Protección térmica	59	Protección de sobre voltaje
46	Protección de desbalance o inversión de fases	59N	Protección de sobre voltaje a neutro
49T	Protección térmica de transformador	67	Protección direccional de sobre corriente
50	Protección instantánea de sobre corriente	67N	Protección direccional de sobre corriente a neutro
51	Protección temporizada de sobre corriente	81	Protección de frecuencia

2.4.2 Selectividades

Existen métodos que hay que considerar para una correcta coordinación de protecciones, estos métodos nos indican las diferentes selectividades que una protección ofrece a diferencia de las otras.

2.4.2.1 Selectividad cronométrica

El tiempo de disparo entre las protecciones es la base de esta selectividad, este tiempo mitiga los efectos desde el momento en que se detecta, el tiempo de disparo y un tiempo adicional para que la siguiente protección pueda sensar de manera adecuada la mitigación de la falla. Este tipo de selectividad es recomendable en sistemas con pocas protecciones, ya que, en sistemas con muchos niveles el tiempo de activación es muy alto y pueden llegar a calentarse y fundirse (Schneider Electric, 2007).

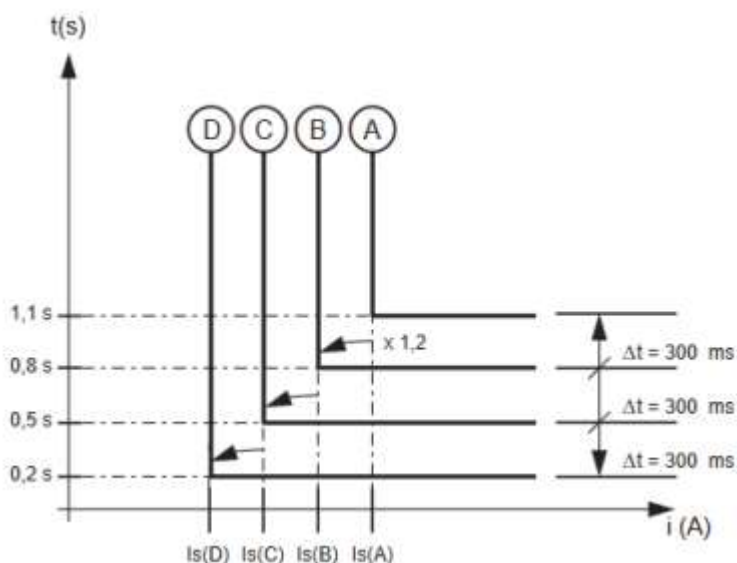


Ilustración 6. Selectividad cronométrica.

Fuente: Schneider Electric, 2007.

2.4.2.2 Selectividad amperimétrica

Esta selectividad está basada en el principio de amortiguamiento de las corrientes de cortocircuito con la misma impedancia de la red, en especial cuando existen transformadores aguas arriba y aguas abajo, en donde estos tienen bastante impedancia para amortiguar las corrientes que circulan. En otras palabras, las protecciones de aguas abajo se

programan con un nivel máximo de disparo para que sean estas las que despejen la falla (Schneider Electric, 2017).

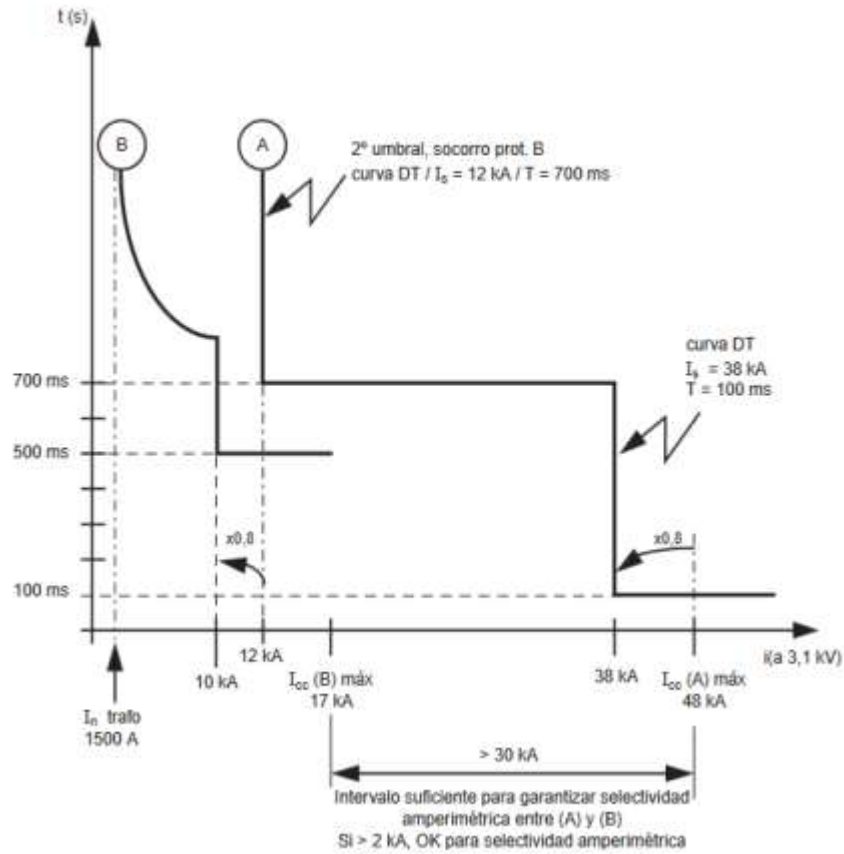


Ilustración 7. Selectividad amperimétrica.

Fuente: Schneider Electric, 2017

2.4.2.3 Selectividad lógica

Esta selectividad se observa en relés avanzados con comunicación entre ellos que permite registrar en cual ramal se da la falla, para así determinar cuál protección es la adecuada para desconectar y mitigar la falla.

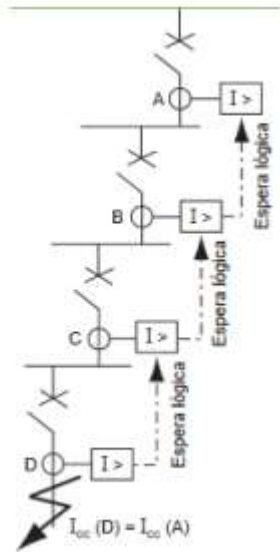


Ilustración 8. Selectividad lógica.

Fuente: Schneider Eléctrica, 2017.

3 Recopilación de información

En esta sección se explicará cómo se recolectó la información relacionada a toda la red eléctrica, para el respectivo levantamiento del diagrama unifilar y análisis de cortocircuito, datos como:

- Equipos y cargas.
- Tableros de cargas y calibres de conductores
- Transformadores.
- Impedancias tanto de equipos como de conductores.
- Directorios tableros de cargas.

La empresa cuenta con dos acometidas, la primera presenta un transformador de 500 kVA, de 34500/480 V con un factor de potencia de 0.86. La segunda acometida tiene un transformador de 112,5 kVA, que reduce el voltaje de 34500 a 480 V, consecutivamente

tiene otro transformador de 112,5 kVA con una relación de 480 a 208 V, con un factor de potencia de 0.96.

Tabla 4. Datos generales acometida 480V.

Fuente: Elaboración propia

Datos generales acometida principal 1	
Potencia	500 kVA
Voltaje primario	34500/19000 V
Voltaje secundario	480/277 V
Factor de potencia	0.86

Tabla 5. Datos generales acometida 208V.

Fuente: Elaboración propia

Datos generales acometida principal 1	
Potencia	112.5 kVA
Voltaje primario	34500/19000 V
Voltaje secundario	208/120 V
Factor de potencia	0.96

3.1 Equipos y cargas

Para recolectar la información necesaria de los equipos, se utilizaron los datos de placa y las hojas de datos de los equipos conectados a la red, por ejemplo, para un motor de un centro de esmerilado, se obtuvieron datos de placa como son: Un motor Baldor con una potencia de 3 HP, 3450 RPM, voltaje de 480 V, corriente de 3,7 A y un factor de potencia de 87%.



Ilustración 9. Ejemplo motor eléctrico.

Fuente: VITEC Production Solutions.

3.2 Tableros de cargas y calibres de conductores.

Al momento de revisar los tableros de cargas se observó que se presentaban en una mala condición, ya que no se tenían identificados las cargas conectadas, los calibres de los conductores, ni las fases, neutro o tierra de cada circuito. Para esto se trabajó en conjunto con los técnicos del Departamento de Mantenimiento para identificar las cargas, las fases, el neutro y tierra de cada circuito; y reacomodar los tableros de carga existentes.



Ilustración 10. Tablero de carga identificado

Fuente: VITEC Production Solutions.

Al momento de identificar las cargas se utilizó la información extraída de los datos de placas, de la cantidad de elementos en un circuito de iluminación o tomacorrientes, esto para encontrar los kVA necesarios para el análisis de cortocircuito. De igual forma se realizó la medición de valores máximos de corrientes para encontrar el consumo real de cada equipo y cada tablero existente, esto mediante la implementación del multímetro. A continuación, se presenta los diferentes directorios de tableros.

3.2.1 TSUB1

Tablero principal ubicado en subestación, representa la acometida de 208/120 V que ve el transformador de 112.5 kVA, alimenta los tableros TMS12, TMS13, TMS1, TA3, TB3, TMS10 y a la UPS de 20 kVA. Es un tablero marca Square D de 60 espacios, con capacidad máxima de barras de 400 A y una protección de 300 A.

Tabla 6. Directorio tablero TSUB1.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TSub1-1,3,5	8.7	208	21.1	20.6	26.7		1/0	1/0	6	60	0.58	125	50.8/2	Alimenta tablero TMS13
TSub1-2,4,6	13.5	208	39.4	39.4	33.8		1/0	1/0	6	50	0.72	100	50.8/2	Alimenta tablero TA3
TSub1-7,9,11	6.1	208	14.5	12.2	11.5		6	6	10	45	0.74	70	50.8/2	Alimenta tablero TMS12
TSub1-8,10,12	3.7	208	11.5	7.7	7.7		4	6	8	80	0.67	40	50.8/2	Alimenta tablero TB3
TSub1-13,15,17														
TSub1-14,16,18	5.1	208	12.8	13.3	13.3		4	4	8	45	0.44	70	Aeroducto	Alimenta tablero TMS10
TSub1-19,21,23	5.0	208	17.2	12.1	11.9		4	4	6	30	0.38	80	50.8/2	Alimenta tablero TMS1
TSub1-20,22,24	20.0	208	55.5	55.5	55.5		4	4	6	20	0.81	100	50.8/2	Alimenta UPS de 20KVA
TSub1-25,27,29														
TSub1-26,28,30														
TSub1-31,33,35														
TSub1-32,34,36														
TSub1-37,39,41														
TSub1-38,40,42														
TSub1-43,45,47														
TSub1-44,46,48														
TSub1-49,51,53														
TSub1-50,52,54														
TSub1-55,57,59														
TSub1-56,58,60														
Totales	62.1		154.83	144.7	144.35									

Tabla 7. Características generales TSUB1.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	62.14	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	300	A	
Corriente de Demanda Maxima Total	154.8	A	
Factor de demanda	51.61	%	
Corriente Media (A)	148.0	Desbalance	4.637 %
Tablero			
Trifásico	120	208	
Capacidad de barras	400	A	
Número de campos simples	60		
Protector del tablero	300	A	
Distancia del protector al tablero	20	m	
Caída de voltaje alimentador	3.45	%	
Características Alimentador-Tablero			
L	300 MCM	AWG/Kcmill	THHN
N	300 MCM	AWG/Kcmill	THHN
T	300 MCM	AWG/Kcmill	THHN

3.2.2 TMS12

Tablero ubicado en Machine Shop, tiene cargas asociadas al área de baños y oficina de gerencia de Machine Shop, es marca Square D trifásico 208/120V, con capacidad máxima de barras de 100 A y una protección de 40 A.

Tabla 8. Directorio Tablero TMS12.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Po/A	(mm/in)	
TMS12-1														Libre
TMS12-2	1.1	120	9.2	0.0	0.0	12	12	12		20	1.32	20	13/0.5	Tomas, camaras, pantallas de oficina gerente MS
TMS12-3	1.5	208	0	4.04145	0	12	12	12		25	0.42	20	13/0.5	CMM automatica laboratorio de calidad
TMS12-4														Libre
TMS12-5	1.2	120	0.0	0.0	10.0	12	12	12		20	1.44	20	13/0.5	Toma oficina de gerente de MS
TMS12-6														Libre
TMS12-7	1.2	208	5.6	0	0	8	8	12		15	0.35	30	13/0.5	Secamanos baños de mujeres
TMS12-8	1.3	120	10.8	0.0	0.0	12	12	12		30	2.34	15	13/0.5	Luces de oficina gerente MS, baño mujeres, cuarto de limpieza al costado de baños de hombres
TMS12-9	1.2	120	0	5.6	0	12	12	12		25	1.01	20	13/0.5	Secamano de banos hombres lado de la puerta
TMS12-10	1.3	120	0.0	10.8	0.0	12	12	12		20	1.56	15	13/0.5	Tomas de baños de hombres y costado externo de baños hombres
TMS12-11	1.2	208	0	0	5.6	12	12	12		20	0.46	20	13/0.5	Secamanos de baño hombres, cerca de uriniales
TMS12-12	1.2	120	0.0	0.0	10.0	12	12	12		30	2.16	20	13/0.5	Luces de baños hombres
TMS12-13,15,17						6	6	10					40	Disyuntor principal
TMS12-14,16	2.4	208	6.6395	6.64	0	12	12	12		15	0.41	20	13/0.5	AC oficina gerente MS
TMS12-18														Libre
Totales	13.48		32.24	27.11	25.60									
Medida	6.06		14.51	12.20	11.52									

Tabla 9. Características generales TMS12.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	13.48	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	40.00	A
Corriente de Demanda Máxima Total	32.24	A
Factor de demanda	80.60	%
Corriente Media (A)	12.74	Desbalance
		13.85 %
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	100	A
Número de campos simples	18	
Protector del tablero	40	A
Distancia del protector al tablero	45	m
Caída de voltaje alimentador	2.49	%

Características Alimentador-Tablero			
L	6	AWG/Kcmill	THHN
N	6	AWG/Kcmill	THHN
T	10	AWG/Kcmill	THHN

3.2.3 TMS1

Tablero ubicado en la sección sur de Machine Shop, abarca circuitos de tomacorrientes de máquinas CNC, circuito de tomacorrientes del cuarto de CMM manual y el aire acondicionado de este mismo, de este tablero se deriva el tablero TCE1/1 ubicado en láser, marca Square D de 30 espacios y voltaje 208/120, con una capacidad máxima de barras de 100 A y una protección de 80 A.

Tabla 10. Directorio tablero TMS1.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TMS1-1	0.7	120	5.83	0	0	12	12	12	12	45	1.89	20	13/0.5	Tomas 120V lado magazine MB2-1
TMS1-2	0.7	120	5.83	0	0	12	12	12	12	45	1.89	20	13/0.5	Tomas 120V lado magazine MB2-2
TMS1-3	0.9	120	0	7.5	0	12	12	12	12	10	0.54	20	13/0.5	Toma 120V debajo tablero TMS1, cuarto CMM
TMS1-4,6	0.9	208	0	4.33	4.33	12	12	12	12	35	0.63	20	13/0.5	Tomas 220V y 120V mesa de trabajo NH
TMS1-5	0.8	120	0	0	6.67	12	12	12	12	40	1.92	20	13/0.5	Iluminación sobre damping
TMS1-7,9,11	6.1488	120	21.4	15.3	15.1	6	6	6	6	40	1.67	60	24.5/1	Tablero TCE1/1 ubicado en laser
TMS1-8	0.8	120	6.7	0.0	0.0	12	12	12	12	20	0.96	20	13/0.5	Tomas 120 okuma 1 y okuma 2
TMS1-10,12,14		208				10	10	12		0	0.00	30	Internos	Supresor
TMS1-13	0.8	120	6.7	0.0	0.0	12	12	12	12	20	0.96	20	13/0.5	Iluminación de cuarto de CMM manual MS
TMS1-15	0.8	120	0	6.67	0	12	12	12	12	40	1.92	20	13/0.5	Tomas 120V NL2000/2
TMS1-16	0.8	120	0	6.67	0	12	12	12	12	25	1.20	20	13/0.5	Tomas 120V NH4000
TMS1-17,19	1.2	208	3.46	0	3.46	12	12	12	12	20	0.29	20	13/0.5	AC cuarto CMM manual MS
TMS1-18	1.2	120	0	0	10	12	12	12	12	40	2.88	20	13/0.5	Tomas 120V NL2000/1, NL2500 y lamparas emergencia
TMS1-20	0.9	120	7.5	0	0	12	12	12	12	25	1.35	20	13/0.5	Tomas 120 Nv5000
TMS1-22														Libre
TMS1-23														Libre
TMS1-24														Libre
TMS1-25														Libre
TMS1-26														Libre
TMS1-27														Libre
TMS1-28														Libre
TMS1-29														Libre
TMS1-30														Libre
Totales	16.70		57.4	40.5	39.6									
Medida	5.01		17.2	12.1	11.9									

Tabla 11. Características generales TMS1.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	17.2	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	80	A	
Corriente de Demanda Máxima Total	57.4	A	
Factor de demanda	71.8	%	
Corriente Media (A)	13.7506	Desbalance	25.3 %
Tablero			
Trifásico	120	208	
Capacidad de barras	100	A	
Número de campos simples	30		
Protector del tablero	80	A	
Distancia del protector al tablero	30	m	
Caída de voltaje alimentador	1.26	%	

Características Alimentador-Tablero			
L	4	AWG/Kcmill	THHN
N	4	AWG/Kcmill	THHN
T	6	AWG/Kcmill	THHN

3.2.4 TCE1/1

Este tablero se ubica en el área de Damping, contiene varios circuitos de tomacorrientes de la misma área, las cargas más críticas que presenta son el sistema contra incendios y la máquina láser 2, es un tablero marca Square D de 30 espacios, capacidad máxima de barras de 225 A, voltaje de 208/120 y una protección de 70 A.

Tabla 12. Directorio tablero TCE1/1.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)	Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n L N T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TCE1/1-1	1	120	8.33	0	0	12 12 12	15	0.90	20	13/0.5	Toma de lampara de emergencia y toma lado este de cuarto damping
TCE1/1-2	1.1	120	9.17	0	0	12 12 12	20	1.32	20	13/0.5	Toma en pared este de cuarto damping
TCE1/1-3	1.2	120	0	10	0	12 12 12	20	1.44	20	13/0.5	Iluminación cuarto damping
TCE1/1-4,6		120	0	0	0	12 12 12		0.00	20	13/0.5	Salida provisional ubicada en cielo raso de damping
TCE1/1-5,7	1.3	208	6.3	0	6.3	10 10 12	25	0.65	30	13/0.5	Toma 220 V en canaleta entre las 2 laser
TCE1/1-8	1.2	120	10	0	0	12 12 12	25	1.80	20	13/0.5	Tomas que estan en canaleta al lado de las máquinas láser
TCE1/1-9	1.1	120	0	9.17	0	10 10 12	20	0.84	30	13/0.5	Iluminación bodega de láser
TCE1/1-10,12,14	6.24	208	17.3	17.3	17.3	8 8 10	20	0.59	30	25,4/1	Láser 2 pequeña
TCE1/1-11	1.5	120	0	0	12.5	10 10 12	30	1.72	15	13/0.5	Sistema contra incendios
TCE1/1-13											Libre
TCE1/1-15											Libre
TCE1/1-16											Libre
TCE1/1-17											Libre
TCE1/1-18											Libre
TCE1/1-19											Libre
TCE1/1-20											Libre
TCE1/1-21											Libre
TCE1/1-22											Libre
TCE1/1-23											Libre
TCE1/1-24											Libre
TCE1/1-25											Libre
TCE1/1-26											Libre
TCE1/1-27											Libre
TCE1/1-28											Libre
TCE1/1-29											Libre
TCE1/1-30											Libre
Totales	14.64		51.1	36.5	36.07						
Medida	6.15		21.4	15.3	15.15						

Tabla 13. Características generales TCE1/1.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	14.6 kVA		
Corriente de Carga Instalada Total	70 A		
Corriente de Demanda Máxima Total	51.07 A		
Factor de demanda	72.96 %		
Corriente Media (A)	17.31	Desbalance	23.93 %
Tablero			
Trifásico	120	208	
Capacidad de barras	225 A		
Número de campos simples	30		
Protector del tablero	70 A		
Distancia del protector al tablero	50 m		
Caída de voltaje alimentador	2.9 %		

Características Alimentador-Tablero			
L	6 AWG/Kcmill	THHN	
N	6 AWG/Kcmill	THHN	
T	6 AWG/Kcmill	THHN	

3.2.5 TA3

Tablero que se encuentra en bodega de recepción, contiene circuitos de iluminación y tomacorrientes de las oficinas administrativas y recepción, marca Square D, de 208/120 V con capacidad de barras de 225 A y protección de 100 A.

Tabla 14. Directorio tablero TA3.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)	Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n L N T	(m)	%	Po/A	(mm/in)	
TA3-1	1.5	120	12.5	0	0	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Toma recepción, toma cerca de cafetín sala 1
TA3-2	1.5	120	12.5	0	0	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Iluminación baño recepción, cafetín sala 1, bodega RH
TA3-3	1.5	120	0	13	0	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Iluminación recepción, tomas cafetín 1 planta, tomas sala 1, lámparas de emergencia cafetín y sala 1
TA3-4	1.5	120	0	13	0	12 12 12	25	2.25	20	13/0.5	Toma servidores, recepción
TA3-5	1.5	120	0	0	12.5	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Tomas RH, IT, financiero, iluminación oficina contador, toma entrada gerente general segunda planta
TA3-6	1.5	120	0	0	12.5	12 12 12	20	1.80	30	13/0.5	Toma baño de mujeres segunda planta
TA3-7	1.5	120	12.5	0	0	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Tomas cafetín, sala 5, segunda planta
TA3-8	1.5	120	12.5	0	0	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Tomas RH, pasillo cafetín, lámpara de emergencia por los baños segunda planta
TA3-9	1.5	120	0	13	0	12 12 12	20	1.80	15	13/0.5	Iluminación cuarto de limpieza y baños de hombres-mujeres segunda planta
TA3-10	1.5	120	0	13	0	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Iluminación bodega de misceláneos
TA3-11	1.5	120	0	0	12.5	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Iluminación de cafetín, cuarto de lactancia, baño hombres-mujeres
TA3-12	1.5	120	0	0	12.5	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Tomas cafetín y cuarto de lactancia primera planta
TA3-13	1.5	120	12.5	0	0	12 12 12	20	1.80	15	13/0.5	Lámpara de emergencia contabilidad
TA3-14		120	0	0	0	12 12 12		0.00	20	13/0.5	Fuera de uso
TA3-15	1.5	120	0	13	0	12 12 12	25	2.25	20	13/0.5	Luces RH, it, financiero, contador, pasillo y lámpara de emergencia segunda planta
TA3-16		120	0	0	0	12 12 12		0.00	20	13/0.5	Fuera de uso
TA3-17	1.5	120	0	0	12.5	12 12 12	25	2.25	20	13/0.5	Tomas oficina contabilidad segunda planta
TA3-18	1.5	120	0	0	12.5	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Lámpara de emergencia cafetín primera planta
TA3-19,21,23		120	0	0	0	10 12 12		0.00	30	13/0.5	Supresor
TA3-20	1.5	120	12.5	0	0	12 12 12	25	2.25	20	13/0.5	Toma de baño hombres segunda planta
TA3-22	1.5	120	0	13	0	12 12 12	25	2.25	20	13/0.5	Toma corriente oficina de gerente general
TA3-24		120	0	0	0	12 12 12		0.00	20	13/0.5	Fuera de uso
TA3-25	1.5	120	12.5	0	0	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Toma de baño mujeres primera planta
TA3-26		120	0	0	0			0.00			Libre
TA3-27	1.5	120	0	13	0	12 12 12	20	1.80	20	13/0.5	Toma de baño hombres primera planta
TA3-28		120	0	0	0						Libre
TA3-29		120	0	0	0						Libre
TA3-30		120	0	0	0						Libre
Totales	30		87.5	88	75						
Medida	13.5		39.4	39	33.8						

Tabla 15. Características generales TA3.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	30	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	100	A	
Corriente de Demanda Máxima Total	87.5	A	
Factor de demanda	87.5	%	
Corriente Media (A)	37.5	Desbalance	5 %
Tablero			
Trifásico	120	208	
Capacidad de barras	225	A	
Número de campos simples	30		
Protector del tablero	100	A	
Distancia del protector al tablero	50	m	
Caída de voltaje alimentador	1.59	%	

Características Alimentador-Tablero				
L	1/0.	AWG/Kcmill	THHN	Alum
N	1/0.	AWG/Kcmill	THHN	Alum
T	6	AWG/Kcmill	THHN	Alum

3.2.6 TMS10

Tablero ubicado en Machine Shop, posee circuitos de toma corrientes en el área de Fetling, circuitos de aire acondicionados del taller convencional y alimenta el tablero

TMS7, marca Square D, 208/120 V, con capacidad máxima de barras de 100 A y una protección de 100 A.

Tabla 16. Directorio tablero TMS10.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)			Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción	
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/m)	
TMS10-1	1.7	208	4.619	0	0		6	6	8	20	0.10	40	24,5/1	Centro de esmerilado atrás de fadales
TMS10-2														Libre
TMS10-3.5	1.2	208	0.0	3.46	3.46		12	12	12	35	0.50	20	13/0,5	AC taller convencional por torno Fimbau
TMS10-4.6	1.2	208	0.0	3.46	3.46		12	12	12	35	0.50	20	13/0,5	AC taller convencional por fresa Kent
TMS10-7	1.5	120	12.5	0	0		12	12	12	30	2.70	30	13/0,5	Toma en mesa de trabajo en area de fetling por lijadora de tubo cuadrada
TMS10-8										12				Libre
TMS10-9	1.5	120	0	12.5	0		12	12	12	30	2.70	20	13/0,5	Toma en mesa de trabajo en area de fetling por lijadora de tubo
TMS10-10														Libre
TMS10-11	1.5	120	0	0	12.5		12	12	12	30	2.70	15	13/0,5	Toma en mesa de trabajo en area de fetling por lijadora de tubo cuadrada
TMS10-12														Libre
TMS10-13,15,17							4	4	8			100	31,75/1,25	Disyuntor principal
TMS10-14														Libre
TMS10-16														Libre
TMS10-18														Libre
TMS10-19,21,23	17.8	208	49.52	49.52	49.52		4	4	4	15	0.54252	100	31,75/1,25	Alimenta tablero TMS7
TMS10-20														Libre
TMS10-21														Libre
TMS10-22														Libre
TMS10-23														Libre
TMS10-24														Libre
Totales	14.6		36.65	37.92	37.92									
Medida	5.1		12.83	13.27	13.27									

Tabla 17. Características generales TMS10.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	14.6	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	100	A	
Corriente de Demanda Maxima Total	37.92	A	
Factor de demanda	37.92	%	
Corriente Media (A)	13.13	Desbalance	1.13 %
Tablero			
Trifásico	120	208	
Capacidad de barras	100	A	
Número de campos simples	24		
Protector del tablero	100	A	
Distancia del protector al tablero	45	m	
Caída de voltaje alimentador	1.25	%	

Características Alimentador-Tablero				
L	4	AWG/Kcmill	THHN	
N	4	AWG/Kcmill	THHN	
T	8	AWG/Kcmill	THHN	

3.2.7 TMS7

Tablero presente en Machine Shop, alimenta las celdas de los tornos suizos, tanto iluminación como alimentación de las máquinas como tales, es marca Square D de 32

espacios, con capacidad máxima de barras de 100 A, voltaje 208/120 y una protección de 100 A, es alimentado del tablero TMS10.

Tabla 18. Directorio tablero TMS7.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Proteccion	Dúcto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TMS7-1	0.9	120	7.5	0.0	0.0	12	12	12		25	1.35	15	13/0.5	Iluminación taller tornos y fresas
TMS7-2,4,6	8.0	208	22.2	22.2	22.2	10	10	12		35	2.06	40	13/0.5	Torno K16
TMS7-3	0.9	120	0.0	7.5	0.0	12	12	12		30	1.62	20	13/0.5	Iluminación área de taladros y lijadora de tubos
TMS7-5	0.9	120	0.0	0.0	7.5	12	12	12		32	1.73	20	13/0.5	Toma de 110 del K16
TMS7-7,9,11	8.0	208	22.3	22.3	22.3	10	10	12		34	2.00	40	13/0.5	Torno Genos Okuma
TMS7-8,10,12	13.3	208	37.0	37.0	37.0	10	10	12		30	2.93	40	13/0.5	Torno Citizen A32
TMS7-13,15,17						10	10	12				30	Internos	Supresor
TMS7-14,16,18	7.3	208	20.3	20.3	20.3	10	10	12		34	1.82	40	13/0.5	Torno L20
TMS7-19,21,23	5.3	208	14.6	14.6	14.6	12	12	12		32	1.94	20	13/0.5	Bomba de Alta torno L20
TMS7-20														Libre
TMS7-22														Libre
TMS7-24														Libre
TMS7-25														Libre
TMS7-26														Libre
TMS7-27														Libre
TMS7-28														Libre
TMS7-29														Libre
TMS7-30														Libre
TMS7-31														Libre
TMS7-32														Libre
Totales	44.6		123.8	123.8	123.8									
Medida	17.8		49.5	49.5	49.5									

Tabla 19. Características generales TMS7.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		44.6	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		100.0	A
Corriente de Demanda Maxima Total		49.5	A
Factor de demanda		49.5	%
Corriente Media (A)	49.5	Desbalance	0.0 %
Tablero			
Trifásico		120	208
Capacidad de barras		100	A
Numero de campos simples		32	
Protector del tablero		100	A
Distancia del protector al tablero		40	m
Caída de voltaje alimentador		1.4	%

Características Alimentador-Tablero				
L	4	AWG/Kcmill	THHN	
N	4	AWG/Kcmill	THHN	
T	4	AWG/Kcmill	THHN	

3.2.8 TCS1/1

Este tablero se encuentra en la caseta de seguridad #1, es un tablero marca Square D monofásico de 8 espacios con capacidad de barras de 100 A, cuenta con una protección de 30 A, está alimentado del tablero TB1 y tiene instaladas las cargas de la caseta de seguridad y del cajero automático.

Tabla 20. Directorio Tablero TCS1/1.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito Tablero	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L (A)	AWG/kcmil (THHN)				Longitud (m)	Caída V. %	Protección Pol/A	Ducto (mm/in)	Descripción
	n	L	N	T								
TCS 1/1-1												Libre
TCS 1/1-2	0,515	240	2,1	1x	10	10	12	5	0,03	15	13/0.5	Portón parqueo administrativo
TCS 1/1-3	0,5	120	4,2	1x	12	10	12	5	0,18	20	13/0.5	Servidor de caseta 1 y tomas generales caseta 1
TCS 1/1-4	0,5	120	4,2	1x	12	10	12	5	0,18	20	13/0.5	Luces e Imán de puerta caseta 1
TCS 1/1-5	0,5	120	4,2	1x	10	10	12	8	0,18	20	13/0.5	Cajero automático
TCS 1/1-6	0,6	120	5,0	1x	10	10	12	8	0,21	20	13/0.5	Abanico y extractor de cajero automático
TCS 1/1-7	0,4	120	3,3	1x	10	10	12	8	0,14	20	13/0.5	Alimenta fotocelda en cajero automático
TCS 1/1-8	0											Libre
Totales	3,02		23,0									
Medida	1,06		8,0									

Tabla 21. Características generales TCS1/1

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	1,0553	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	30,0	A
Corriente de Demanda Maxima Total	23,0	A
Factor de demanda	76,6	%
Tablero		
Monofasico	120	240
Capacidad de barras	100	A
Numero de campos simples	8	
Protector del tablero	30	A
Distancia del protector al tablero	40	m
Caída de voltaje alimentador	1,571	%
Características Alimentador-Tablero		
L	8	AWG THHN
N	8	AWG THHN
T	10	AWG THHN

3.2.9 TMS13

Tablero ubicado en el laboratorio de calidad de Machine Shop, abarca circuitos de las áreas de oficina de mantenimiento, Drag Fill Room y oficinas de Machine Shop. Es un tablero Square D de 42 espacios con voltaje de 208/120V, capacidad máxima de barras de 250 A y una protección de 250 A.

Tabla 22. Directorio tablero TMS13.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmil (THHN)	Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n L N T	(m)	%	Pól/A	(mm/in)	
TMS13-1											Libre
TMS13-2	0.8	120	6.7	0.0	0.0	12 12 12	20	0.96	20	13/0.5	Iluminación de laboratorio de calidad
TMS13-3											Libre
TMS13-4	0.9	120	0.0	7.5	0.0	12 12 12	35	1.89	20	13/0.5	Tomas 110V línea de ensamble del drag fill
TMS13-5											Libre
TMS13-6	0.8	120	0.0	0.0	6.7	12 12 12	20	0.96	20	13/0.5	Iluminación de pasillos baños
TMS13-7											Libre
TMS13-8											Libre
TMS13-9											Libre
TMS13-10											Libre
TMS13-11	0.8	120	0.0	0.0	6.7	12 12 12	25	1.20	20	13/0.5	Tomas pared pasillo calidad MS
TMS13-12,14	1.9	208	5.2	0.0	5.2	10 10 12	30	0.41	20	13/0.5	AC drag test
TMS13-13,15	0.94	208	2.6	2.6	0.0	10 10 12	30	0.21	20	13/0.5	Aire acondicionado LC
TMS13-16	1.2	120	0.0	10.0	0.0	12 12 12	38	2.73	20	13/0.5	Iluminación drag fill room y oficina mantenimiento
TMS13-17,19,21										30	Supresor
TMS13-18,20	1.5	208	7.2	0.0	7.2	12 12 12	40	1.20	20	13/0.5	Toma 220V drag fill 1
TMS13-22,24	1.3	208	0.0	6.3	6.3	10 10 12	40	0.66	30	13/0.5	Toma 220V drag fill 3
TMS13-23	1	120	0.0	0.0	8.3	12 12 12	25	1.50	20	13/0.5	Iluminación oficina MS
TMS13-25,27	2.4	208	6.6	6.6	0.0	10 10 12	28	0.49	20	13/0.5	Aire acondicionado MS
TMS13-26,28	1.9	208	5.2	5.2	0.0	10 10 12	30	0.41	20	13/0.5	Aire acondicionado de drag fill ensamble
TMS13-29,31	1.5	208	7.2	0.0	7.2	10 10 12	38	0.72	30	13/0.5	UPS drag room
TMS13-30,32	1.9	208	5.2	0.0	5.2	10 10 12	30	0.41	15	13/0.5	AC oficina mantenimiento
TMS13-33,35	1.2	208	0.0	5.8	5.8	4 4 8	40	0.17	50	31,75/1,25	Toma 220V al costado del horno
TMS13-34,36	1.2	208	0.0	5.8	5.8	10 10 12	35	0.53	30	13/0.5	Toma 220V en oficina de mantenimiento
TMS13-37,39	1.5	208	7.2	7.2	0.0	10 10 12	35	1.05	30	13/0.5	Toma 220V drag fill 2
TMS13-38,40	1.5	208	7.2	7.2	0.0	4 4 8	35	0.18	50	31,75/1,25	Toma 220V horno drag fill room
TMS13-41	0.8	120	0.0	0.0	6.7	12 12 12	35	1.68	20	13/0.5	Toma 110V drag test
TMS13-42											Libre
Totales	24.94		60.3	64.1	70.9						
Medida	8.73		21.1	22.5	24.8						

Tabla 23. Características generales TMS13.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación	
Carga Demandada Total	24.94 kVA
Corriente de Carga Instalada Total	150 A
Corriente de Demanda Máxima Total	70.94 A
Factor de demanda	47.29 %
Tablero	
Trifásico	120 208
Capacidad de barras	250 A
Número de campos simples	42
Protector del tablero	150 A
Distancia del protector al tablero	60 m
Caída de voltaje alimentador	1.55 %

Características Alimentador-Tablero				
L	1/0.	AWG/Kcmill	THHN	
N	1/0.	AWG/Kcmill	THHN	
T	6	AWG/Kcmill	THHN	

3.2.10 TB3

Tablero ubicado en Bodega de recibo, marca Square D trifásico de 208/120V, de 18 espacios y capacidad de barras máxima de 100 A, con una protección de 40 A.

Tabla 24. Directorio tablero TB3.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caida V.	Proteccion	Ducto EMT	Descripcion
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TB3-1,3,5	1,1	208	2,9	2,9	2,9	3x	8	8	10	15	0,1	30	19,05/0,75	Tablero TCS1/1
TB3-2	0,8	120	6,667	0	0	3x	12	12	12	10	0,0	20	13/0,5	Tomas de abanicos mesanini arriba (Bodega)
TB3-4,6	1,2	208	0	3,5	3,5	3x	10	10	12	25	0,0	30	13/0,5	Aire acondicionado sala 2
TB3-7	0,8	120	6,667	0	0	3x	12	12	12	20	1,0	20	13/0,5	Tomas bodega(vienen subterráneos)
TB3-8,10,12	3,7	208	10,16	10,2	10,16	3x	4	6	8		0,0	40	31,75/1,25	Alimentación principal
TB3-11	0,0	120									0,0	20		Fuera de uso
TB3-13	0,8	120	6,667	0	0	3x	12	12	12	20	1,0	15	13/0,5	Luces de oficinas recibo, lámpara de emergencia recibo.
TB3-14	0,0	120									0,0	20		Fuera de uso
TB3-15,17	1,8	208	0	4,9	4,9	3x	12	12	12	15	0,3	20	13/0,5	Aire acondicionado de oficinas de recibo
TB3-16	0,5	120	0,0	4,2	0,0	3x	12	12	12	15	0,4	20	13/0,5	Portón automático recibo (2 hojas)
TB3-18	0,5	120	0,0	0,0	4,2	3x	12	12	12	15	0,4	20	13/0,5	Portón automático recibo (1 hoja)
Totales	7,5		22,9	15,5	15,5									
Medida	3,7		11,5	7,7	7,7									

Tabla 25. Características generales TB3.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	7,5	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	40,0	A
Corriente de Demanda Máxima Total	22,9	A
Factor de demanda	57,3	%
I media (A)	8,977289	Desbalance
		27,7 %
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	100	A
Número de campos simples	18	
Protector del tablero	40	A
Distancia del protector al tablero	80	m
Caída de voltaje alimentador	1,34	%

Características Alimentador-Tablero			
L	4	AWG/Kcmill	THHN
N	6	AWG/Kcmill	THHN
T	8	AWG/Kcmill	THHN

3.2.11 TCE2/1

Tablero ubicado en el laboratorio de calidad de planta, marca Square D de 208/120V, de 30 espacios, capacidad máxima de barras de 100 A y una protección de 100 A.

Tabla 26. Directorio tablero TCE2/1.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/kcmill (THHN)				Longitud (m)	Caída V. (%)	Protección Pol/A	Ducto (mm/in)	Descripción
						n	L	N	T					
Tablero														
TCE2/1-1	1,1	120	9,167	0	0		12	12	12	15	0,99	20	13/0,5	Luces laboratorio de calidad
TCE2/1-2														Libre
TCE2/1-3	1	120	0	8,333	0		12	12	12	20	1,20	20	13/0,5	Tomas laboratorio de calidad-pared oeste
TCE2/1-4														Libre
TCE2/1-5	1,1	120	0	0	9,167		12	12	12	20	1,32	20	13/0,5	Tomas generales laboratorio de calidad y externos en pasillo
TCE2/1-6														Libre
TCE2/1-7,9	0,624	208	1,7	1,7	0		12	12	12	25	0,31	20	13/0,5	Evaporadora AC laboratorio de calidad (interna)
TCE2/1-8														Libre
TCE2/1-10														Libre
TCE2/1-11,13	3,12	208	8,66	0	8,66		10	10	12	35	1,39	20	13/0,5	Condensadora AC laboratorio de calidad (externa)
TCE2/1-12														Libre
TCE2/1-14														Libre
TCE2/1-15	1,2	120	0	10	0		12	12	12	20	1,44	15	13/0,5	Toma laboratorio de calidad pared este
TCE2/1-16														Libre
TCE2/1-17	0,3	120	0	0	2,5		12	12	12	15	0,27	15		Llavin eléctrico porton a bodega
TCE2/1-18														Libre
TCE2/1-19														Libre
TCE2/1-20														Libre
TCE2/1-21														Libre
TCE2/1-22														Libre
TCE2/1-23														Libre
TCE2/1-24														
TCE2/1-25,27,29							4	6	8			100		Disyuntor principal
TCE2/1-26														Libre
TCE2/1-28														Libre
TCE2/1-30														Libre
Totales	8,444		19,56	20,07	20,33									
Medida	3,7998		8,802	9,029	9,147									

Tabla 27. Características generales TB3.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		8,444 kVA	
Corriente de Carga Instalada Total		100 A	
Corriente de Demanda Máxima Total		20,33 A	
Factor de demanda		20,33 %	
I media (A)	8,99269	Desbalance	1,717 %
Tablero			
Trifásico		120	208
Capacidad de barras		100 A	
Número de campos simples		30	
Protector del tablero		100 A	
Distancia del protector al tablero		50 m	
Caída de voltaje alimentador		0,742 %	
Características Alimentador-Tablero			
L	4 AWG/Kcmill	THHN	
N	6 AWG/Kcmill	THHN	
T	8 AWG/Kcmill	THHN	

3.2.12 TSUB2

Tablero principal ubicado en subestación, representa la acometida de 480/277 V que ve el transformador de 500 kVA, alimenta tableros con cargas críticas de maquinaria como lo son los tableros TMS2 y TMS14, los cuales son tableros de CNC. Es un tablero marca Square D de 60 espacios, con capacidad máxima de barras de 800 A y una protección de 600 A.

Tabla 28. Directorio tablero TSUB2.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)			Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción	
Tablero	(kW)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A		(mm/in)
TSub2-1,3,5		480					6	6	6			60	Internos	Supresor de tablero TSub2
TSub2-2,4,6,8,10,12		480												Libre
TSub2-7,9,11	2.25	480	2.71	2.7	2.71		6	6	8	30	0.040	50	50.8/2	Alimenta tablero TMS6
TSub2-13,15,17	8.25	480	8.66	8.7	6.5		2	4	8	30	0.057	70	31.75/1.25	Alimenta tablero TSub4
TSub2-14,16,18	16.1784	480	37.8	41.5	36.2		4	4	6	45	0.592	80	50.8/2	Alimenta tablero TB2
TSub2-19,21,23		480												
TSub2-20,22,24		480												
TSub2-25,27,29	4.9952	480	7.51	7.5	7.51		6	6	8	25	0.092	30	25.4/1	Alimenta tablero TMS9
TSub2-26,28,30	11.09908	480	22.3	18.3	15		2	2	6	15	0.074	100	50.8/2	Alimenta tablero TSub8
TSub2-31,33		480												Libre
TSub2-32,34,36	1.4	480	1.15	1.2	3.76		6	6	8	25	0.046	150	31.75/1.25	Alimenta tablero TSub5
TSub2-35,37,39	22.71978	480	56.9	55.7	49.9 2*		250	250	1/0	80	0.398	400	Aeroducto	Alimenta tablero TMS17
TSub2-38,40,42		480												Libre
TSub2-41,43,45	159.75	480	213	213	213 2*		250	250	1/0	30	0.560	350	Aeroducto	Alimenta tablero TMS2
TSub2-44,46,48	108.6832	480	225	211	211		BARRAS			5		225	Internas	Alimenta tablero TSub3
TSub2-47,49,51	195.55	480	235	235	235 2*		3/0	3/0	2	75	1.543	350	Aeroducto	Alimenta tablero TMS14
TSub2-50,52														Libre
Totales	424.7006		568	557	547									

Tabla 29. Características generales TSUB2.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación				
Carga Demandada Total		425	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total		700	A	
Corriente de Demanda Máxima Total		568	A	
Factor de demanda		81.1	%	
Corriente media (A)	557.17	Desbalance	1.91	%
Tablero				
Trifásico		277	480	
Capacidad de barras		800	A	
Número de campos simples		60		
Protector del tablero		700	A	
Distancia del protector al tablero		30	m	
Caída de voltaje alimentador		1.02	%	

Características Alimentador-Tablero				
L	500	AWG/Kcmill	THHN	
N	500	AWG/Kcmill	THHN	
T	500	AWG/Kcmill	THHN	

3.2.13 TMS6

Tablero ubicado en el área de Fetling, marca Square D de 480/277 V, de 30 espacios, con capacidad máxima de barras de 225 A y una protección de 100 A. Este tablero se puede considerar innecesario, ya que, solo presenta una carga asociada al chiller de la máquina láser 1.

Tabla 30. Directorio tablero TMS6.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/kcmill (THHN)	Longitud (m)	Caída V (%)	Protección (Po/A)	Ducto (mm/n)	Descripción
TMS6-1,3,5	5	480	6	6	6.01	n 10 L 10 T 10	25	0.17		19 13/0.5	Chiller Laser 1 (grande)
TMS6-2											Libre
TMS6-4											Libre
TMS6-6											Libre
TMS6-7											Libre
TMS6-8											Libre
TMS6-9											Libre
TMS6-10											Libre
TMS6-11											Libre
TMS6-12											Libre
TMS6-13											Libre
TMS6-14											Libre
TMS6-15											Libre
TMS6-16											Libre
TMS6-17											Libre
TMS6-18											Libre
TMS6-19											Libre
TMS6-20											Libre
TMS6-21											Libre
TMS6-22											Libre
TMS6-23											Libre
TMS6-24											Libre
TMS6-25											Libre
TMS6-26											Libre
TMS6-27											Libre
TMS6-28											Libre
TMS6-29											Libre
TMS6-30											Libre
Totales	5		6.01	6	6.01						
Medida	2.25		2.71	2.7	2.71						

Tabla 31. Características generales TMS6.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		5 kVA	
Corriente de Carga Instalada Total		100 A	
Corriente de Demanda Máxima Total		6.01 A	
Factor de demanda		6.01 %	
Corriente media (A)	6.014065	Desbalance	0 %
Tablero			
Trifásico		277	480
Capacidad de barras		225 A	
Número de campos simples		30	
Protector del tablero		100 A	
Distancia del protector al tablero		40 m	
Caída de voltaje alimentador		0.12 %	

Características Alimentador-Tablero				
L	6	AWG/Kcmill	THHN	
N	6	AWG/Kcmill	THHN	
T	8	AWG/Kcmill	THHN	

3.2.14 TSUB4

Tablero que se ubica en subestación, marca Square D, de 480/277V, de 30 espacios con capacidad máxima de barras de 225 A y protección de 100 A. Contiene los circuitos de iluminación de la planta e iluminación exterior.

Tabla 32. Directorio tablero TSUB4.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/kcmill (THHN)				Longitud (m)	Caída V. (%)	Protección Pol/A	Ducto (mm/in)	Descripción
						n	L	N	T					
TSUB4-1	1.5	277	5.4	0.0	0.0	10	10	12	20	0.22	15	13/0.5	Iluminación planta fila 1	
TSUB4-2	1.5	277	5.4	0.0	0.0	10	10	12	20	0.22	15	13/0.5	Iluminación planta fila 2	
TSUB4-3	1.5	277	0.0	5.4	0.0	10	10	12	25	0.27	15	13/0.5	Iluminación planta fila 3	
TSUB4-4	1.5	277	0.0	5.4	0.0	10	10	12	25	0.27	15	13/0.5	Iluminación planta fila 4	
TSUB4-5	1.5	277	0.0	0.0	5.4	10	10	12	25	0.27	15	13/0.5	Iluminación planta fila 5	
TSUB4-6	1.5	277	0.0	0.0	5.4	10	10	12	25	0.27	15	13/0.5	Iluminación planta fila 6	
TSUB4-7	1.5	277	5.4	0.0	0.0	10	10	12	30	0.32	15	13/0.5	Iluminación planta fila 7	
TSUB4-8	1.5	277	5.4	0.0	0.0	10	10	12	30	0.32	15	13/0.5	Iluminación planta fila 8	
TSUB4-9	1.5	277	0.0	5.4	0.0	10	10	12	35	0.38	15	13/0.5	Iluminación exterior sector oeste	
TSUB4-10	1.5	277	0.0	5.4	0.0	10	10	12	35	0.38	15	13/0.5	Iluminación exterior pared	
TSUB4-11	1.5	277	0	0	5.4	10	10	12	50	0.54	15	13/0.5	Iluminación parqueo norte	
TSUB4-12													Libre	
TSUB4-13													Libre	
TSUB4-14													Libre	
TSUB4-15													Libre	
TSUB4-16													Libre	
TSUB4-17													Libre	
TSUB4-18													Libre	
TSUB4-19													Libre	
TSUB4-20													Libre	
TSUB4-21													Libre	
TSUB4-22													Libre	
TSUB4-23													Libre	
TSUB4-24													Libre	
TSUB4-25													Libre	
TSUB4-26													Libre	
TSUB4-27													Libre	
TSUB4-28													Libre	
TSUB4-29													Libre	
TSUB4-30													Libre	
Totales	16.5		21.7	21.7	16.2									
Medida	8.25		8.7	8.7	6.5									

Tabla 33. Características generales TSUB4.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación				
Carga Demandada Total		16.5		
Corriente de Carga Instalada Total		100	A	
Corriente de Demanda Maxima Total		21.66	A	
Factor de demanda		21.66	%	
Corriente Media (A)	7.94	Desbalance	9.091	%
Tablero				
Trifásico		120	208	
Capacidad de barras		225	A	
Número de campos simples		30		
Protector del tablero		100	A	
Distancia del protector al tablero		30	m	
Caída de voltaje alimentador		0.331	%	

Características Alimentador-Tablero				
L	2	AWG/Kcmill	THHN	
N	4	AWG/Kcmill	THHN	
T	6	AWG/Kcmill	THHN	

3.2.15 TMS9

Tablero ubicado en Machine Shop a la entrada del taller convencional, contiene circuitos de máquinas presentes en taller convencional, tablero marca Square D, de 30 espacios, 400/230V, capacidad máxima de barras 225 A y una protección de 40 A.

Tabla 34. Directorio tablero TMS9.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/kcmill (THHN)				Longitud (m)	Caida V. (%)	Protección (Pol/A)	Dúcto (mm/in)	Descripción
						n	L	N	T					
TMS9-1														Libre
TMS9-2														Libre
TMS9-3														Libre
TMS9-4														Libre
TMS9-5														Libre
TMS9-6														Libre
TMS9-7,9,11	1	230	2.5	2.5	2.5	10	10	12	25	0.15	15	13/0.5		Prevista detras de esmeril en taller de retrabajos
TMS9-8,10,12	4.8	400	6.9	6.9	6.9	10	10	12	30	0.29	15	13/0.5		Lijadora de tubo circular
TMS9-13,15,17	0.75	400	1.1	1.1	1.1	10	10	12	34	0.05	15	13/0.5		Taladro Wornor
TMS9-14,16,18	1.2	400	1.7	1.7	1.7	10	10	12	33	0.08	15	13/0.5		Taladro Flott
TMS9-19,21,23	3.75	400	5.4	5.4	5.4	10	10	12	32	0.24	15	13/0.5		Torno Leblond
TMS9-20,22,24	4.5	400	6.5	6.5	6.5	10	10	12	33	0.29	15	13/0.5		Torno Pinacho
TMS9-25														Libre
TMS9-26,28,30	1.84	400	2.7	2.7	2.7	10	10	12	34	0.12	15	13/0.5		Torno Feimbau
TMS9-27														Libre
TMS9-29														Libre
Totales	17.8		26.8	26.8	26.8									
Medida	5.00		7.5	7.5	7.5									

Tabla 35. Características generales TMS9.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		17.8	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		40	A
Corriente de Demanda Máxima Total		26.8	A
Factor de demanda		67.0	%
Corriente Media (A)	7.5	Desbalance	0.0 %
Tablero			
Trifásico	230	400	
Capacidad de barras	225 A		
Número de campos simples	30		
Protector del tablero	40 A		
Distancia del protector al tablero	45 m		
Caída de voltaje alimentador	0.71 %		

Características Alimentador-Tablero			
L	6	AWG/Kcmill	THHN
N	6	AWG/Kcmill	THHN
T	6	AWG/Kcmill	THHN

3.2.16 TMS17

Ubicado en el taller de mantenimiento, marca Square D de 60 espacios, de 480/277 V, con capacidad máxima de barras de 400 A y una protección de 400 A. Alimenta varios circuitos de iluminación de planta y dos transformadores para tableros derivados.

Tabla 36. Directorio tablero TMS17.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito Tablero	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/Kcmill (THHN)				Longitud (m)	Caída V (%)	Protección Polo/A	Diámetro (mm/in)	Descripción
						n	L	N	T					
TMS17-1														Libre
TMS17-2														Libre
TMS17-3														Libre
TMS17-4														Libre
TMS17-5														Libre
TMS17-6														Libre
TMS17-7														Libre
TMS17-8														Libre
TMS17-9														Libre
TMS17-10														Libre
TMS17-11														Libre
TMS17-12														Libre
TMS17-13														Libre
TMS17-14														Libre
TMS17-16														Libre
TMS17-16														Libre
TMS17-17														Libre
TMS17-18														Libre
TMS17-19														Libre
TMS17-20														Libre
TMS17-21														Libre
TMS17-22														Libre
TMS17-23														Libre
TMS17-24														Libre
TMS17-25														Libre
TMS17-27,29,31							12	12	12			30	Internos	Supresor de transientes
TMS17-28														Libre
TMS17-28														Libre
TMS17-30														Libre
TMS17-33	0.8	277	2.9	0	0		12	12	12	20	0.18	20	13/0.5	Iluminación de taller de mantenimiento
TMS17-32,34,36	4.8	480	5.8	5.8	5.77		12	12	12	30	0.31	30	13/0.5	Teche K&amaras
TMS17-35	0.8	277	0	0	3.26		12	12	12	35	0.35	20	13/0.5	Iluminación de MS2 fila 4 area de zte y okuma
TMS17-37	0.8	277	3.2	0	0		12	12	12	35	0.35	20	13/0.5	Iluminación de MS2 fila 3 area de PH40 y TS
TMS17-38	0.8	277	0	3.2	0		12	12	12	35	0.35	20	13/0.5	Iluminación de MS2 fila 2 area de castillo MS2
TMS17-38,40,42	47.868	480	57	57	56.7	300	2	6	6	50	0.32	150	50,8/2	Tablero de compresores "TCC"
TMS17-41	0.8	277	0	0	2.89		12	12	12	45	0.41	20	13/0.5	Iluminación de MS2 fila 1 frente al area de quimicos
TMS17-43	0.7	277	2.5	0	0		12	12	12	45	0.55	15	19/0.75	Iluminación de planta fila 5
TMS17-44	0.9	277	3.2	0	0		12	12	12	50	0.51	15	19/0.75	Lámparas exteriores de parqueo sur de pedestal y las de pared
TMS17-45	0.8	277	0	2.9	0		12	12	12	45	0.41	15	19/0.75	Iluminación de planta fila 3
TMS17-46	0.8	277	0	2.9	0		12	12	12	45	0.41	15	19/0.75	Iluminación de planta fila 4
TMS17-47	0.8	277	0	2.89	0		12	12	12	45	0.41	15	19/0.75	Iluminación de planta fila 1
TMS17-48	0.8	277	0	2.89	0		12	12	12	45	0.41	15	19/0.75	Iluminación de planta fila 2
TMS17-49,51,53	75	480	90.2	90.2	90.2	3/0 al	3/0 al	4 al	4 al	35	0.15	100	Aeroducto	Alimenta transformador TMS16
TMS17-50,52,54	75	480	90.2	90.2	90.2	3/0 al	3/0 al	4 al	4 al	50	0.60	100	Aeroducto	Alimenta transformador "TAF"
Totales	211.07		255	252	255									
Medias	73.874		89	88	89.2									

Tabla 37. Características generales TMS17.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	211	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	400	A	
Corriente de Demanda Maxima Total	255	A	
Factor de demanda	63,7	%	
Corriente Media (A)	253,9	Desbalance	0,38 %
Tablero			
Trifásico	277	480	
Capacidad de barras	400	A	
Número de campos simples	60		
Protector del tablero	400	A	
Distancia del protector al tablero	80	m	
Caída de voltaje alimentador	1,59	%	

Características Alimentador-Tablero			
L	2x300 MCM	AWG/Kcmill	THHN
N	1x3/0.	AWG/Kcmill	THHN
T	1x3/0.	AWG/Kcmill	THHN

3.2.17 TMS15

Este tablero se ubica en el taller de mantenimiento, marca Square D de 42 espacios, capacidad máxima de barras de 225 A y una protección de 200 A, las cargas más críticas que posee son los paquetes de aire acondicionado del Machine Shop 2 y las ducto barras que alimentan varias líneas de ensamble en la planta.

Tabla 38. Directorio tablero TMS15.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/Kcmil (THHN)	Longitud (m)	Caída V. (%)	Protección (Pol/A)	Ducto (mm)	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)	(A)	(A)	n L N T	(m)	%	Pol/A	(mm)	
TMS15-1	0.9	120	7.5	0.0	0.0	12 12 12	45	0.8	20	13	Tomas de pared sur planta nueva, columnas centrales
TMS15-2	0.8	120	6.7	0.0	0.0	12 12 12	25	0.8	20	13	Toma independiente de 110V
TMS15-3	0.8	120	0.0	6.7	0.0	12 12 12	45	0.8	20	13	Lámparas de emergencia planta nueva, lámpara de emergencia MS2 por las ZT
TMS15-4	0.9	120	0.0	7.5	0.0	12 12 12	45	0.8	20	13	Toma pared este MS y TFC
TMS15-5	0.8	120	0.0	0.0	6.7	12 12 12	25	0.8	20	13	Iluminación cuartos de aceites y fosas de la viruta de MS
TMS15-6	0.9	120	0.0	0.0	7.5	12 12 12	20	0.8	20	13	Toma 110V balanza de merma
TMS15-7	0.8	120	6.7	0.0	0.0	12 12 12	15	0.8	20	13	Fotocelda de lámparas exteriores
TMS15-8	0.7	120	5.8	0.0	0.0	12 12 12	30	0.8	20	13	Iluminación cuarto de compresores
TMS15-9,11	5	208	0.0	13.3	13.3	6 6 10	35	0.6	60	DUCTOBARRI	Feed rail planta 5
TMS15-10,12	5	208	0.0	13.3	13.3	6 6 10	35	0.6	60	DUCTOBARRI	Feed rail planta 6
TMS15-13,15	5	208	13.3	13.3	0.0	6 6 10	40	0.6	60	DUCTOBARRI	Feed rail planta 7, tomas 110 v para maquinas ZTs y okuma LT2000
TMS15-14,16	5	208	13.3	13.3	0.0	6 6 10	40	0.6	60	DUCTOBARRI	Feed rail planta 8
TMS15-17,19	5	208	13.3	0.0	13.3	6 6 10	45	0.6	60	DUCTOBARRI	Feed rail planta 9
TMS15-18,20	5	208	13.3	0.0	13.3	6 6 10	45	0.6	60	DUCTOBARRI	Feed rail planta 10
TMS15-21	0.9	120	0.0	7.5	0.0	12 12 12	25	0.4	20	13	Salida de 110 de válvulas compresores y lámpara de emergencia
TMS15-22	0.8	120	0.0	6.7	0.0	12 12 12	20	0.4	20	13	Tomas 110v compresores
TMS15-23	0.7	120	0.0	0.0	5.8	12 12 12	20	0.8	20	13	Tomas 110v compresores
TMS15-24	0.8	120	0.0	0.0	6.7	12 12 12	20	0.8	20	13	Tomas 110v compresores
TMS15-25	1	120	8.3	0.0	0.0	12 12 12	35	0.8	20	13	Router de IT
TMS15-26,28,30	1,664	208	4.6	4.6	4.6	6 10 12	35		40		Máquina de empaque de cargadores
TMS15-27											Libre
TMS15-29											Libre
TMS15-31,33,35	10.4	208	28.9	28.9	28.9	6 6 10	50		80	25.4/1	Aire acondicionado MS2
TMS15-32,34	2.08	208	10.0	10.0		10 10 12	30		40	12.9/0.5	Horno MS
TMS15-36,38,40	10.4	208	28.9	28.9	28.9	6 6 10	50		80	25.4/1	Aire acondicionado MS2
TMS15-37,39,41	5,6553	208	15.0	17.8	11.3	10 10 2	15		200		Aeroducto Alimentación principal TMS16
TMS15-42											Libre
Totales	70,339		177.3	174.0	155.8						
Medida	22.72		56.3	55.7	43.3						

Tabla 39. Características generales TMS15.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	71,0 kVA		
Corriente de Carga Instalada Total	200 A		
Corriente de Demanda Maxima Total	177,9 A		
Factor de demanda	88,95 %		
Corriente media (A)	169,3	Desbalance	5,115 %
Tablero			
Trifásico	120	208	
Capacidad de barras	225 A		
Número de campos simples	42		
Protector del tablero	200 A		
Distancia del protector al tablero	15 m		
Caída de voltaje alimentador	0,972 %		
Características Alimentador-Tablero			
L	1/0	AWG/Kcmill	THHN
N	1/0	AWG/Kcmill	THHN
T	2	AWG/Kcmill	THHN

3.2.18 TMS16

Tablero derivado del TMS15, también ubicado en el taller de mantenimiento, marca Square D, de 30 espacios, voltaje 208/120, con una capacidad máxima de barras de 225 A y una protección de 200 A, la mayoría de los circuitos que contiene son para tomacorrientes de 208 V.

Tabla 40. Directorio tablero TMS16.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)			Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	
TMS16-1,3	1,2	208	5,8	5,8	0,0	10	10	12	25	0,4	30	13/0,5	Toma 220V taller de MTO
TMS16-2,4	1,3	208	6,3	6,3	0,0	10	10	12	25	0,4	30	13/0,5	Toma 220V taller de MTO
TMS16-5,7	1,2	208	5,8	0,0	5,8	10	10	12	25	0,4	30	13/0,5	Toma 220V taller de MTO
TMS16-6,8	1,1	208	5,3	0,0	5,3	10	10	12	25	0,3	30	13/0,5	Toma 220V al lado de la Nigata PN 40
TMS16-9,11	1,2	208	0,0	5,8	5,8	10	10	12	25	0,4	30	13/0,5	Toma 220V al lado de la ZT1500-1
TMS16-10,12	1,5	208	0,0	7,2	7,2	10	10	12	30	0,6	30	13/0,5	Toma 220 al lado de la okuma LT2000
TMS16-13,15	1,3	208	6,3	6,3	0,0	10	10	12	30	0,5	30	13/0,5	Toma 220V contiguo a la puerta de salida del lado oeste MS2
TMS16-14,16	0,5	208	2,5	2,5	0,0	10	10	12	15	0,1	20	13/0,5	Portón sur de machine shop
TMS16-17,19	1,9	208	5,2	5,2	0,0	10	10	12	15	0,2	20	13/0,5	Aire acondicionado de taller de MTO
TMS16-18	1,1	208	0,0	0,0	5,3	12	12	12	25	0,3	20	13/0,5	Toma 220 detras de PN 40
TMS16-20	1,0	208	4,8	0,0	0,0	12	12	12	25	0,3	20	13/0,5	Toma 220V pared oeste MS2
TMS16-21	0,9	120	0,0	7,5	0,0	12	12	12	15	0,5	20	13/0,5	Toma 110V taller MTO
TMS16-22,24,26	1,5	208	4,2	4,2	4,2	12	12	12	23	0,3	20	13/0,5	Teclé de Merma 220V 3ph
TMS16-23,25,27	1,5	208	4,2	4,2	4,2	12	12	12	15	0,2	20	13/0,5	Teclé eléctrico taller de MTO
TMS16-28	1,7	208	0,0	4,6	0,0	12	12	12	20	0,2	20	13/0,5	Centro esmerilado FMC
TMS16-29													Libre
TMS16-30													Libre
Totales	18,9		50,1	59,4	37,7								
Medida	5,7		15,0	17,8	11,3								

Tabla 41. Características generales TMS16.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		18,9	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		200,0	A
Corriente de Demanda Maxima Total		59,4	A
Factor de demanda		29,7	%
Corriente Media (A)	49,1	Desbalance	21,0 %
Tablero			
Trifásico		120	208
Capacidad de barras		225	A
Número de campos simples		30	
Protector del tablero		200	A
Distancia del protector al tablero		15	m
Caída de voltaje alimentador		0,23	%

Características Alimentador-Tablero			
L	3/0	AWG/Kcmill	THHN
N	3/0	AWG/Kcmill	THHN
T	4	AWG/Kcmill	THHN

3.2.19 TCC

Tablero en cuarto de compresores, alimenta los dos compresores de 40 HP y los respectivos secadores, marca Square D de 30 espacios, 480/277 V, capacidad máxima de barras de 225 A y una protección de 125 A.

Tabla 42. Directorio tablero TCC.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)			Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	
TCC-1,3,5	22,0	480	26,5	26,5	26,5	6	6	8	15	0,2	90	25,4/1	Compresor 2
TCC-2,4,6	1,6	480	1,9	1,9	1,9	12	12	12	15	0,1	20	13/0,5	Secador 1
TCC-7,9,11	22,0	480	26,5	26,5	26,5	6	6	8	20	0,3	90	25,4/1	Compresor 1
TCC-8,10,12	1,6	480	1,9	1,9	1,9	12	12	12	20	0,1	20	13/0,5	Secador 2
TCC-13													Libre
TCC-14													Libre
TCC-15													Libre
TCC-16													Libre
TCC-17													Libre
TCC-18													Libre
TCC-19													Libre
TCC-20													Libre
TCC-21													Libre
TCC-22													Libre
TCC-23													Libre
TCC-24													Libre
TCC-26,28,30						3/0	2	4			125		Disyuntor principal
TCC-25													Libre
TCC-27													Libre
TCC-29													Libre
Totales	47,2		56,7	56,7	56,7								
Medida	21,2		25,5	25,5	25,5								

Tabla 45. Características generales TAR.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	25,6	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	200	A
Corriente de Demanda Maxima Total	112,3	A
Factor de demanda	56,17	%
Corriente Media (A)	100,9	Desbalance
		11,31 %
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	225	A
Número de campos simples	42	
Protector del tablero	200	A
Distancia del protector al tablero	30	m
Caída de voltaje alimentador	1,3	%

Características Alimentador-Tablero			
L	3/0	AWG/kcmill	THHN
N	3/0	AWG/kcmill	THHN
T	4	AWG/kcmill	THHN

3.2.21 TSC

Tablero ubicado en el comedor, alimenta todas las cargas relacionadas a esta área, marca Square D, 208/120V, capacidad máxima de barras 225 A y protección de 125 A.

Tabla 46. Directorio tablero TSC.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/kcmill (THHN)	Longitud (m)	Caída V. (%)	Protección (Po/A)	Ducto (mm/in)	Descripción		
Tablero			n	L	N	T							
TSC-1	1,0	120	8,3	0,0	0,0	12	12	12	15	0,8	20	13/0,5	Tomas comedor 1
TSC-2	0,4	120	3,3	0,0	0,0	12	12	12	15	0,3	20	13/0,5	Tomas comedor 2
TSC-3	1,0	120	0,0	8,3	0,0	12	12	12	15	0,8	20	13/0,5	Tomas comedor 3
TSC-4	1,2	120	0,0	10,0	0,0	12	12	12	15	1,0	20	13/0,5	Tomas comedor 4 (cielo raso)
TSC-5	1,5	120	0,0	0,0	12,5	12	12	12	15	1,3	20	13/0,5	Tomas cocina 1
TSC-6	1,7	120	0,0	0,0	14,2	12	12	12	15	1,4	20	13/0,5	Tomas comedor 5
TSC-7	1,7	120	14,2	0,0	0,0	12	12	12	15	1,4	30	13/0,5	Tomas cocina 2
TSC-8	1,0	120	8,3	0,0	0,0	12	12	12	15	0,8	20	13/0,5	Tomas comedor 6
TSC-9	0,7	120	0,0	5,8	0,0	12	12	12	15	0,6	20	13/0,5	Extractor de cocina
TSC-10	0,7	120	0,0	5,8	0,0	12	12	12	15	0,6	20	13/0,5	Tomas comedor 7
TSC-11	1,0	120	0,0	0,0	8,3	12	12	12	15	0,8	20	13/0,5	Refresquera debajo de baño maría
TSC-12	1,2	120	0,0	0,0	10,0	12	12	12	15	1,0	20	13/0,5	Tomas comedor 8
TSC-13	0,7	120	5,8	0,0	0,0	12	12	12	15	0,6	20	13/0,5	Ventiladores comedor
TSC-14	0,7	120	5,8	0,0	0,0	12	12	12	15	0,6	20	13/0,5	Refresqueras pared norte
TSC-15	1,5	120	0,0	12,5	0,0	12	12	12	15	1,3	20	13/0,5	Iluminación cocina y comedor
TSC-16	0,8	120	0,0	6,7	0,0	12	12	12	15	0,7	20	13/0,5	Tomas comedor 9
TSC-17,19	1,5	120	12,5	12,5	0,0	12	12	12	15	1,3	20	13/0,5	Tomas cocina 3
TSC-18	0,9	120	0,0	0,0	7,5	12	12	12	15	0,8	20	13/0,5	Tomas cocina 4
TSC-20,22	1,5	120	12,5	12,5	0,0	10	10	12	15	1,3	40	13/0,5	Maquina de café
TSC-21,23,25	1,5	208	4,2	4,2	4,2	12	12	12	15	0,3	20	13/0,5	Elevador cocina
TSC-24	1,5	120	0,0	0,0	12,5	12	12	12	15	1,3	15	13/0,5	Tomas comedor 10
TSC-26	1,5	120	12,5	0,0	0,0	12	12	12	15	1,3	15	13/0,5	Tomas comedor 11
TSC-27,29	2,0	120	0,0	16,7	16,7	6	6	10	15	1,8	60	24/1	Calentador de agua
TSC-28,30	2,0	120	0,0	16,7	16,7	10	10	12	15	1,8	30	13/0,5	Freidora
Totales	29,2		87,5	111,7	102,5								
Medida	10,8		32,4	41,3	37,9								

Tabla 47. Características generales TSC.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total			
Corriente de Carga Instalada Total		125	A
Corriente de Demanda Maxima Total		111,7	A
Factor de demanda		89,33	%
Corriente Media (A)	100,6	Desbalance	11,05 %
Tablero			
Trifásico		120	208
Capacidad de barras		225	A
Número de campos simples		30	
Protector del tablero		125	A
Distancia del protector al tablero		20	m
Caída de voltaje alimentador		0,574	%

Características Alimentador-Tablero				
L	3/0.	AWG/Kcmill	THHN	Alum
N	3/0.	AWG/Kcmill	THHN	Alum
T	1/0.	AWG/Kcmill	THHN	Alum

3.2.22 TCS2/1

Tablero que alimenta la caseta de seguridad y bombas de agua, tablero monofásico Square D de 8 espacios, con capacidad máxima de barras de 100 A y una protección de 40 A.

Tabla 48. Directorio tablero TCS2/1.

Fuente: Elaboración propia.

Círculo	Potencia	Voltaje	L1	L2	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
					n	L	N	T					
Tablero	(kVA)	(V)	(A)					(m)	%	Pol/A	(mm/in)		
TCS2/1-1	0,8	120	6,7			12	12	12	15	0,2	20	13/0.5	Iluminación y lámpara de emergencia
TCS2/1-2	0,9	120	7,5	7,5		12	12	12	15	0,3	20	13/0.5	Tomacorrientes área de caseta, cámara de pasillo caseta y filtro de agua
TCS2/1-3,4	0,6	120	2,7	2,7		12	12	12	10	0,2	20	13/0.5	Bomba de agua 1
TCS2/1-5,6	0,6	120	2,7	2,7		12	12	12	10	0,2	20	13/0.5	Bomba de agua 2
TCS2/1-7	0,9	120	7,5			10	10	12	10	0,1	20	13/0.5	Panel de control de bombas
Totales	3,9			39,8									
Medida	1,2			11,9									

Tabla 49. Características generales TCS2/1.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	1,2	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	40	A	
Corriente de Demanda Maxima Total	11,9	A	
Factor de demanda	29,8	%	
Tablero			
Monofásico	120	240	
Capacidad de barras	100	A	
Número de campos simples	8		
Protector del tablero	40	A	
Distancia del protector al tablero	25	m	
Caída de voltaje alimentador	1,1	%	
Características Alimentador-Tablero			
L	8	AWG/Kcmill	THHN
N	8	AWG/Kcmill	THHN
T	10	AWG/Kcmill	THHN

3.2.23 TMS2

Tablero crítico, uno de los 5 puntos considerados para el análisis de cortocircuito, contiene los circuitos de maquinaria CNC, marca Square D de 30 espacios, de 480/277 V, capacidad máxima de barras de 400 y una protección de 350 A.

Tabla 50. Directorio tablero TMS2.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)			Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	
TMS2-1,3,5	10	480	12,0	12,0	12,0	1/0.	1/0.	2	45	0,1	90	2	Fadal 2
TMS2-2,4,6	50	480	60,1	60,1	60,1	1/0.	1/0.	2	35	0,3	125	2	MB2
TMS2-7,9,11	45	480	54,1	54,1	54,1	4	4	4	6	55	0,9	70	1 1/4 NL2500
TMS2-8,10,12	45	480	54,1	54,1	54,1	2	2	2	6	55	0,7	90	1 1/4 NL2000/1
TMS2-13,15,17	50	480	60,1	60,1	60,1	4	4	2	35	0,7	70	1 1/4 NH4000	
TMS2-14,16,18	50	480	60,1	60,1	60,1	1/0.	1/0.	2	35	0,3	90	2	MB1
TMS2-19,21,23						10	10	10			90	1/2	Supresor
TMS2-20,22,24	10	480	12,0	12,0	12,0	1/0.	1/0.	2	45	0,1	90	2	Fadal1
TMS2-25,27,29	45	480	54,1	54,1	54,1	1/0.	1/0.	2	55	0,5	90	2	NL2000/2
TMS2-26,28,30	50	480	60,1	60,1	60,1	4	2	6	50	1,0	70	1 1/4	NV5000
Totales	355		427,0	427,0	427,0								
Medida	159,8		213,5	213,5	213,5								

Tabla 51. Características generales TMS2.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	159,8	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	350,0	A
Corriente de Demanda Máxima Total	213,5	A
Factor de demanda	61	%
Corriente Media (A)	213,5	Desbalance 0 %
Tablero		
Trifásico	277	480
Capacidad de barras	400	A
Número de campos simples	30	
Protector del tablero	350	A
Distancia del protector al tablero	30	m
Caída de voltaje alimentador	0,39	%

Características Alimentador-Tablero				
L	500MCM	AWG/Kcmill	THHN	Alum
N	500MCM	AWG/Kcmill	THHN	Alum
T	250MCM	AWG/Kcmill	THHN	Alum

3.2.24 TMS14

Tablero que contiene circuitos de maquinaria CNC, punto crítico en el análisis de cortocircuito, marca Square D 480/277V, capacidad máxima de barras de 400 A y protección de 350 A.

Tabla 52. Directorio tablero TMS14.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/kcmill (THHN)				Longitud (m)	Caída V. (%)	Protección (Pol/A)	Dúcto (in)	Descripción
						n	L	N	T					
TMS14-1,3,5														Libre
TMS14-2,4,6														Libre
TMS14-7,9,11														Libre
TMS14-8,10,12														Libre
TMS14-13,15,17														Libre
TMS14-14,16,18														Libre
TMS14-19,21,23														Libre
TMS14-20,22,24														Libre
TMS14-25,27,29	1,1	480	1,3	1,3	1,3	12	12	12	60	0,1	30	1/2	Clean Mist A32	
TMS14-26,28,30														Libre
TMS14-31,33,35	45,0	480	54,1	54,1	54,1	1/0.	1/0.	2	55	0,5	150	2	TS 15	
TMS14-32,34,36	30,0	480	36,1	36,1	36,1	8	8	8	25	0,7	50	3/4	H400	
TMS14-37,39,41						10	10	10			40	1/2	Supresor	
TMS14-38,40,42	75,0	480	90,2	90,2	90,2	1/0.	1/0.	2	35	0,5	150	2	HX 400	
TMS14-43,45,47	65,0	480	78,2	78,2	78,2	1/0.	1/0.	4	40	0,5	100	2	ZT1500/2	
TMS14-44,46,48	65,0	480	78,2	78,2	78,2	1/0.	1/0.	2	40	0,5	125	2	LT2000	
TMS14-49,51,53	45,0	480	54,1	54,1	54,1	1/0.	1/0.	4	50	0,4	100	2	FMC	
TMS14-50-52-54	65,0	480	78,2	78,2	78,2	1/0.	1/0.	2	40	0,5	100	2	ZT 1500/1	
Totales	391,1		470,4	470,4	470,4									
Medida	195,6		235,2	235,2	235,2									

Tabla 53. Características generales TMS14.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	195,6	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	350	A	
Corriente de Demanda Máxima Total	235,2	A	
Factor de demanda	67,2	%	
Corriente Media (A)	235,2	Desbalance	0 %
Tablero			
Trifásico	277	480	
Capacidad de barras	400	A	
Número de campos simples	60		
Protector del tablero	350	A	
Distancia del protector al tablero	75	m	
Caída de voltaje alimentador	1,1	%	

Características Alimentador-Tablero				
L	500MCM	AWG/Kcmill	THHN	Alum
N	500MCM	AWG/Kcmill	THHN	Alum
T	250MCM	AWG/Kcmill	THHN	Alum

3.2.25 TB2

Tablero ubicado en bodega, contiene circuitos de las áreas de bodega, ingeniería y supply chain, marca Square D, de 42 espacios, capacidad máxima de barras de 225 A y protección de 200 A.

Tabla 54. Directorio tablero TB2.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AVG/Kcmill (THHN)	Longitud	Caída V. Protector	Ducto	Descripción
Tablero	[kVA]	[V]	(A)			n L N T	(m)	% PoWA	[mm/in]	
TB2-1	0,8	120	6,7	0,0	0,0	12 12 12	25	1,2	20 130.5	Iluminación de supply chain
TB2-2	0,9	120	7,5	0,0	0,0	12 12 12	30	1,6	20 130.5	Luces de emergencia sala 3, 4a, 4b y de escalera contigua a bodega
TB2-3	0,8	120	0,0	6,7	0,0	12 12 12	30	1,4	20 130.5	Luz de emergencia oficinas de supply chain
TB2-4	0,9	120	0,0	7,5	0,0	12 12 12	25	1,3	20 130.5	Tomas de sala 4a y extractor
TB2-5	0,8	120	0,0	0,0	6,7	12 12 12	20	1,0	20 130.5	Toma costado norte de oficinas de supply y tomas lado sur
TB2-6	0,9	120	0,0	0,0	7,5	12 12 12	30	1,6	20 130.5	Tomas en ingeniería pared oeste (parte reciente)
TB2-7	1,2	120	10,0	0,0	0,0	12 12 12	25	1,8	20 130.5	Toma costado oeste y norte de oficinas de supply, escritorios esquina noroeste
TB2-8	1,3	120	10,8	0,0	0,0	12 12 12	18	1,4	20 130.5	Tomas en ingeniería (parte reciente) pared oeste donde esta el plotter
TB2-9	1,2	120	0,0	10,0	0,0	12 12 12	22	1,6	20 130.5	Toma de piso en sala 3, 4a y 4b.
TB2-10	1,3	120	0,0	10,8	0,0	12 12 12	25	1,9	20 130.5	Toma planta alta ingeniería (pared oeste)
TB2-11	1,1	120	0,0	0,0	9,2	12 12 12	30	2,0	20 130.5	Alimentación de escritorios supply
TB2-12	0,9	120	0,0	0,0	7,5	12 12 12	32	1,7	20 130.5	Tomas sala 3, extractor de sala 3
TB2-13	1,1	120	3,2	0,0	0,0	12 12 12	30	2,0	20 130.5	Alimentación de escritorios supply
TB2-14	1,1	120	3,2	0,0	0,0	12 12 12	25	1,6	20 130.5	Tomas del cielo raso en sala 4a, 4b
TB2-15	1,1	120	0,0	3,2	0,0	12 12 12	30	2,0	20 130.5	Alimentación de escritorios supply
TB2-16	1,1	120	0,0	3,2	0,0	12 12 12	28	1,7	20 130.5	Tomas de curring ing y lámpara de emergencia en esta area
TB2-17	1,1	120	0,0	0,0	9,2	12 12 12	30	2,0	20 130.5	Alimentación de escritorios supply
TB2-18,20	3,7	208	10,4	0,0	10,4	8 8 10	32	0,6	40 214.1	Aire acondicionado de ing(parte antigua) tipo piso cielo
TB2-19	0,7	120	5,8	0,0	0,0	12 12 12	26	1,1	20 130.5	Iluminación oficinas de curring y pasillos
TB2-21,23	3,7	208	0,0	10,4	10,4	8 8 10	35	0,6	40 214.1	Aire acondicionado de supply, tipo piso cielo
TB2-22	0,7	120	0,0	5,8	0,0	12 12 12	30	1,3	20 130.5	Luces de escalera ing, sala 3, 4a, 4b
TB2-24	0,7	120	0,0	0,0	5,8	12 12 12	30	1,3	20 130.5	Tomas de sala 4b y extractor de esta sala
TB2-25,27	2,7	208	7,5	7,5	0,0	12 12 12	35	1,1	20 130.5	Aire acondicionado sala 4b
TB2-26,28	2,7	208	7,5	7,5	0,0	12 12 12	35	1,1	20 130.5	Aire acondicionado sala 3
TB2-29,31	2,7	208	7,5	0,0	7,5	12 12 12	35	1,1	20 130.5	Aire acondicionado sala 4a
TB2-30,32	0,9	208	2,6	0,0	2,6	10 10 12	35	0,4	30 130.5	Aire acondicionado de curring
TB2-33,35	2,7	208	0,0	7,5	7,5	10 10 12	35	1,1	30 130.5	Aire acondicionado sala 2
TB2-34,36	2,7	208	0,0	7,5	7,5	12 12 12	35	1,1	20 130.5	Aire acondicionado de gerente de calidad y producción
TB2-37,39,41	2,1	208	5,8	5,8	5,8	12 12 12	20	0,5	20 130.5	Elevador de bodega
TB2-38	0,9	120	7,5	0,0	0,0	12 12 12	20	1,1	20 130.5	Luces Bodega (debajo Mesanini)
TB2-40	0,9	120	0,0	7,5	0,0	12 12 12	20	0,0	20 130.5	Tomas Mesanini bodega (este)
TB2-42	0,7	120	0,0	5,8	5,8	12 12 12	25	1,0	20 130.5	Tomas parte debajo de mesanini por pasillo principal y porton sur de bodega
Totales	46,2		107,9	118,7	103,3					
Medida	16,2		37,8	41,5	36,2					

Tabla 55. Características generales TB2.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	46,2	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	200	A
Corriente de Demanda Máxima Total	118,7	A
Factor de demanda	59,3	%
Corriente Media (A)	110,0	Desbalance 7,9 %
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	225	A
Número de campos simples	42	
Protector del tablero	200	A
Distancia del protector al tablero	75	m
Caída de voltaje alimentador	2,289	%

Características Alimentador-Tablero				
L	3 /0	AWG/kcmill	THHN	
N	3/0	AWG/kcmill	THHN	
T	4	AWG/kcmill	THHN	

3.2.26 TCE1/2

Tablero ubicado en el área de Damping, marca Square D de 18 espacios, la alimentación proviene de un transformador que reduce el voltaje de 480V a 380V, capacidad máxima de barras de 100 A y una protección de 60 A.

Tabla 56. Directorio tablero TCE1/2.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia (kVA)	Voltaje (V)	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	AWG/kcmill (THHN)				Longitud (m)	Caída V. (%)	Protección (Po/A)	Dúcto (mm/in)	Descripción
						n	L	N	T					
Tablero														
TCE1/2-1,3,5	3,8	380	5,8	5,8	5,8	12	12	12	20	0,3	30	13/0.5	Torno Emco	
TCE1/2-2	1,5	220	6,8	0,0	0,0	12	12	12	15	0,4	15	13/0.5	Salida en tsj contiguo a maquina de grasa	
TCE1/2-4	0,4	220	1,8	0,0	0,0	12	12	12	20	0,1	20	13/0.5	Máquina de grasa	
TCE1/2-6													Libre	
TCE1/2-7,9,11	1,1	380	1,6	1,6	1,6	10	10	12	20	0,1	15	13/0.5	Filtro máquina láser 1	
TCE1/2-8,10,12													Libre	
TCE1/2-13,15,17	12,2	380	18,5	18,5	18,5	10	10	12	20	0,8	30	13/0.5	Láser 1	
TCE1/2-14,16,18													Libre	
Totales	18,9		34,5	25,9	25,9									
Medida	8,9		16,2	12,2	12,2									

Tabla 57. Características generales TCE1/2.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		18,9	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		60	A
Corriente de Demanda Máxima Total		34,5	A
Factor de demanda		57,5	%
Corriente Media (A)	28,7	Desbalance	20 %
Tablero			
Trifásico	220	380	
Capacidad de barras	100	A	
Número de campos simples	18		
Protector del tablero	60	A	
Distancia del protector al tablero	20	m	
Caída de voltaje alimentador	0,43	%	

Características Alimentador-Tablero				
L	6	AWG/Kcmill	THHN	
N	6	AWG/Kcmill	THHN	
T	6	AWG/Kcmill	THHN	

3.2.27 TCE1/3

Tablero ubicado en Damping que alimenta solamente dos máquinas, tablero de 208/120V, capacidad máxima de barras de 100 A y protección de 100 A.

Tabla 58. Directorio tablero TCE1/3.

Fuente: Elaboración propia.

Círculo	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	A			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TCE1/3-2,4,6	2,1	208	5,8	5,8	5,8		12	12	12	15	0,4	30	13/0.5	Distribuidora de grasa Damping
TCE1/3-8,10	2,1	208	5,8	5,8	0		10	10	12	15	0,2	20	13/0.5	Máquina de dispensadora de grasa Damping
TCE1/3-1,3,5,7,9		120												Libre
TCE1/3-11,12,13,14		120												Libre
TCE1/3-15,16,17,18		120												Libre
TCE1/3-19,20,21,22		120												Libre
TCE1/3-23,24,25,26		120												Libre
TCE1/3-27,28,29,30		120												Libre
Totales	4,2		11,5	11,5	5,8									
Medida	2,2		6,1	6,1	3,1									

Tabla 59. Características generales TCE1/3.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	4,2 kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	100 A	
Corriente de Demanda Máxima Total	11,5 A	
Factor de demanda	11,5 %	
I media (A)	9,6	Desbalance 20,0 %
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	100 A	
Número de campos simples	30	
Protector del tablero	100 A	
Distancia del protector al tablero	45 m	
Caída de voltaje alimentador	0,59 %	

Características Alimentador-Tablero			
L	6 AWG/Kcmill	THHN	
N	6 AWG/Kcmill	THHN	
T	6 AWG/Kcmill	THHN	

3.2.28 TSUB5

Tablero ubicado en subestación, alimentado de un transformador reductor de 480V a 400V, solo contiene 2 circuitos, una salida en el laboratorio de Current Ing y la máquina de torque ubicada en el laboratorio de calidad.

Tabla 60. Características generales TSUB5.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	3,5 kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	70 A	
Corriente de Demanda Máxima Total	9,41 A	
Factor de demanda	13,4 %	
Corriente Media (A)	5,1	Desbalance 85,9 %
Tablero		
Trifásico	230	400
Capacidad de barras	100 A	
Número de campos simples	30	
Protector del tablero	70 A	
Distancia del protector al tablero	25 m	
Caída de voltaje alimentador	0,06 %	

3.2.29 TSUB3

Tercer tablero principal de la subestación, derivado del tablero TSUB2 pasando por un transformador de 150 kVA con relación 480V-208V, capacidad máxima de barras de 600 A y una protección de 500 A.

Tabla 61. Directorio tablero TSUB3.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmil (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Po/A	(mm/in)	
TSub3-1,3,5		208					12	12	12			60	Internos	Supresor de tablero TSub3
TSub3-2,4,6	20,0	208	33,3	33,3	33,3					60	2,6	250		Alimenta ducto barras
TSub3-7,9,11		208					12	12	12			60	Internos	Supresor de tablero TSub3
TSub3-8,10,12		208												
TSub3-13,15,17		208					12	12	12			60	Internos	Supresor de tablero TSub3
TSub3-14,16,18	3,4	208	14,3	8,9	9,2		8	8	10	15	0,2	60	19/0,75	Alimenta tablero TSub7
TSub3-19,21,23	10,6	208	28,4	28,4	26,0		1/0	1/0	2	50	1,4	125	Aeroducto	Alimenta tablero TMS8
TSub3-20,22,24														
TSub3-25,27,29	6,3	208	18,4	15,8	16,8		2	2	2	35	0,8	90	25,4/1	Alimenta tablero TMS18
TSub3-26,28,30														
TSub3-31,33,35	8,0	208	22,5	20,5	20,5		2	2	6	45	1,5	80	25,4/1	Alimenta tablero TMS5
TSub3-32,34,36	6,5	208	16,7	11,3	21,9		6	6	8	75	2,7	100	25,4/1	Alimenta tablero TB1
TSub3-37,39,41														
TSub3-38,40,42														
TSub3-43,45,47														
TSub3-44,46,48														
TSub3-49,51,53	5,3	208	15,3	17,3	14,5		2	2	6	40	1,6	150	25,4/1	Alimenta tablero TMS3
TSub3-50,52,54	11,1	208	31,6	28,3	24,7		4/0	4/0	2	20	1,8	225	Aeroducto	Alimenta tablero TSub6
TSub3-55,57,59	7,4	208	15,7	18,5	14,5		2	2	6	50	2,2	70	25,4/1	Alimenta tablero TMS19
TSub3-56,58,60														
TSub3-61,63,65														
TSub3-62,64,66	30,0	208	29,1	29,1	29,1		2	2	6	10	0,3	100	25,4/1	UPS de 30 kVA
Totales	108,7		225,3	211,5	210,6									

Tabla 62. Características generales TSUB3.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	108,7	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	500	A
Corriente de Demanda Máxima Total	225,3	A
Factor de demanda	45,1	%
Corriente Media (A)	215,8	Desbalance 4,4 %
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	600	A
Número de campos simples	70	
Protector del tablero	500	A
Distancia del protector al tablero	5	m
Caída de voltaje alimentador	0,2	%

Características Alimentador-Tablero				
L	Barras	AWG/Kcmil	THHN	
N	Barras	AWG/Kcmil	THHN	
T	Barras	AWG/Kcmil	THHN	

3.2.30 TMS5

Tablero que abarca toda el área de Fetling, desde equipos, tomacorrientes hasta iluminación. Marca Square D de 30 espacios, 208/120V, capacidad máxima de barras de 225 A y una protección de 100 A.

Tabla 63. Directorio tablero TMS5.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Dúcto	Descripción
	(kVA)	(V)	(A)	(A)	(A)	n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TMS5-1,3,5	11,2	208	31,2	31,2	31,2		10	10	12	15	1,2	30	13/0.5	VIBRADORA ALMCO
TMS5-2,4,6		120					2	2	8			100	31,75/1,25	Disyuntor principal
TMS5-7,9,11	1,7	208	4,6	4,6	4,6		10	10	12	15	0,2	30	13/0.5	Mezcladora
TMS5-8	1,1	120	9,2	0,0	0,0		12	12	12	20	1,3	15	13/0.5	Iluminación Vibros
TMS5-10	0,9	120	0,0	7,5	0,0		12	12	12	20	1,1	15	13/0.5	Tomas fetling 1
TMS5-12	0,9	120	0,0	0,0	7,5		12	12	12	15	0,8	20	13/0.5	Tomas fetling 2
TMS5-13	0,8	208	2,1	0,0	0,0		10	10	12	20	0,1	15	13/0.5	Vibra Home pequeña
TMS5-14,16,18	3,5	208	9,7	9,7	9,7		10	10	12	25	0,6	20	13/0.5	Chiller laser 2 (pequeña)
TMS5-15,17,19	5,3	208	14,6	14,6	14,6		10	10	12	20	0,8	30	13/0.5	Lijadora circular
TMS5-20,22,24	2,2	208	6,1	6,1	6,1		10	10	12	18	0,3	30	13/0.5	Vibradora home grande (blanca)
TMS5-21		120												Libre
TMS5-23		120												Libre
TMS5-25	1,5	120	12,5	0,0	0,0		12	12	12	15	1,3	15	13/0.5	Tomas fetling 3
TMS5-26		120												Libre
TMS5-27,29	3,0	208	0,0	8,3	8,3		10	10	12	10	0,2	30	13/0.5	Horno de Vibros
TMS5-28		120												Libre
TMS5-30		120												Libre
Totales	32,0		89,9	82,0	82,0									
Medida	8,0		22,5	20,5	20,5									

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64. Características generales TMS5.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		32,0	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		100	A
Corriente de Demanda Máxima Total		89,9	A
Factor de demanda		89,9	%
Corriente Media (A)	84,7	Desbalance	6,24 %
Tablero			
Trifásico		120	208
Capacidad de barras		225	A
Número de campos simples		30	
Protector del tablero		100	A
Distancia del protector al tablero		35	m
Caída de voltaje alimentador		1,6	%

Características Alimentador-Tablero			
L	2	AWG/Kcmill	THHN
N	2	AWG/Kcmill	THHN
T	8	AWG/Kcmill	THHN

3.2.31 TA2

Tablero que alimenta equipos de aire acondicionado de oficinas administrativas, desde equipos multi-split hasta un paquete central, Square D de 32 espacios, capacidad máxima de barras 225 A y una protección de 100 A.

Tabla 65. Directorio tablero TA2.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/Kcmill	THHN	Longitud	Caída V	Protección	Ducto	Descripción	
Tablero	(kVA)	(V)	(A)	(A)	(A)	n	L	N	T	(m)	%	Po/A	(mm/in)
TA2-1,3	2,0	208	5,5	5,5	0,0	12	12	12	20	0,5	20	13/0,5	AC oficinas gerente general 2do piso
TA2-2,4	0,8	208	2,3	2,3	0,0	12	12	12	30	0,3	20	13/0,5	AC central de ductos 2do piso evaporadora
TA2-5,7	4,2	208	11,5	0,0	11,5	8	8	10	30	0,6	60	19,05/0,75	AC central de ductos 2do piso condensadora
TA2-6	1,1	208	0,0	0,0	2,9	12	12	12	25	0,3	15	13/0,5	AC oficina IT
TA2-8	1,8	120	8,7	0,0	0,0	12	12	12	27	1,7	15	13/0,5	AC sala de reuniones 12
TA2-9,11	1,9	208	0,0	5,2	5,2	12	12	12	20	0,4	20	13/0,5	AC recepcion
TA2-10	1,8	120	0,0	8,7	0,0	12	12	12	27	1,7	15	13/0,5	AC sala de reuniones 11
TA2-12													Fuera de uso
TA2-13													Libre
TA2-14	5,0	208	13,9	0,0	0,0	12	12	12	20	1,2	20		AC cuarto de servidores primer piso
TA2-15													Libre
TA2-16													Libre
TA2-17													Libre
TA2-18													Libre
TA2-19													Libre
TA2-20													Libre
TA2-21													Libre
TA2-22													Libre
TA2-23													Libre
TA2-24													Libre
TA2-25													Libre
TA2-26													Libre
TA2-27													Libre
TA2-28													Libre
TA2-29													Libre
TA2-30													Libre
TA2-31													Libre
TA2-32													Libre
Totales	18,5		41,9	21,7	19,7								
Medida	6,5		14,7	7,6	6,9								

Tabla 66. Características generales TA2.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total	18,5	kVA	
Corriente de Carga Instalada Total	100	A	
Corriente de Demanda Máxima Total	41,9	A	
Factor de demanda	41,9	%	
Corriente Media (A)	27,8	Desbalance	51,0 %
Tablero			
Trifásico	120	208	
Capacidad de barras	225	A	
Número de campos simples	32		
Protector del tablero	100	A	
Distancia del protector al tablero	45	m	
Caída de voltaje alimentador	0,69	%	

Características Alimentador-Tablero			
L	1/0.	AWG/Kcmill	THHN
N	1/0.	AWG/Kcmill	THHN
T	6	AWG/Kcmill	THHN

3.2.32 TSUB6

Tablero ubicado en subestación, 208/120 de voltaje, capacidad máxima de barras de 225 A con una protección de 225 A.

Tabla 67. Directorio tablero TSUB6.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TSub6-1,3,5	10,4	208	28,9	28,9	28,9	2	2	6		35	0,5	100	31,75/1,25	Condensadora MS1
TSub6-2,4,6	10,4	208	28,9	28,9	28,9	2	2	6		35	0,5	100	31,75/1,25	Condensadora MS2
TSub6-7,9,11		120	0,0	0,0	0,0	10	10	12		25	0,0	30	13/0,5	Prevista en caja cuadrada al lado de la entrada de repuestos de mantenimiento
TSub6-8,10	5,0	208	13,9	13,9	0,0	8	8	10		35	0,8	40	25,4/1	Condensadora Damping
TSub6-12,14	3,1	208	8,7	0,0	8,7	12	12	12		10	0,4	20	13/0,5	AC Sub Estación
TSub6-13,15,17		120				10	10	12				30	13/0,5	Supresor
TSub6-16,18,20	1,5	208	4,2	4,2	4,2	10	10	12		20	0,2	30	13/0,5	Afiladora Kent USA
TSub6-19	0,7	120	5,8	0,0	0,0	12	12	12		25	1,0	20	13/0,5	TomaCMM automatica al lado de NH
TSub6-21														Libre
TSub6-22	0,6	120	0,0	5,0	0,0	12	12	12		10	0,4	15	13/0,5	Iluminación Sub Estacion
TSub6-23														Libre
TSub6-24														Libre
TSub6-25														Libre
TSub6-26														Libre
TSub6-27														Libre
TSub6-28														Libre
TSub6-29														Libre
TSub6-30														Libre
Totales	31,7		90,2	80,8	70,6									
Medida	11,1		31,6	28,3	24,7									

Tabla 68. Características generales TSUB6.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	31,7	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	225	A
Corriente de Demanda Máxima Total	90,2	A
Factor de demanda	40,1	%
Corriente Media	80,5	Desbalance 12,1 %
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	225	A
Número de campos simples	30	
Protector del tablero	225	A
Distancia del protector al tablero	20	m
Caída de voltaje alimentador	0,4	%

Características Alimentador-Tablero			
L	4/0.	AWG/Kcmill	THHN
N	4/0.	AWG/Kcmill	THHN
T	2	AWG/Kcmill	THHN

3.2.33 TB1

Este tablero se encuentra en bodega de recibo, abarca el área de recibo con circuitos que alimentan los motores de las cortinas eléctricas, iluminación y tomacorrientes de bodega. Marca Square D de 208/120 V con capacidad máxima de barras de 225 A y una protección de 100 A. Tiene dos tableros derivados, TING y TCE2/1.

Tabla 69. Directorio tablero TB1.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito Tablero	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TB1-1	1,1	120	9,2	0,0	0,0	12	12	12		35	2,3	20	13/0,5	Iluminación bodega
TB1-2,4,6	3,8	208	8,8	9,0	9,1	4	6	8		45	0,5	60	25,4/1	Disyuntor TCE2/1
TB1-3,5	0,8	208	0,0	2,1	2,1	12	12	12		30	0,3	20	13/0,5	Cortina de recibo (lado derecho)
TB1-7,9	0,8	208	2,1	2,1	0,0	12	12	12		30	0,3	20	13/0,5	Cortinas de embarque
TB1-8,10	0,8	208	2,1	2,1	0,0	12	12	12		30	0,3	20	13/0,5	Cortina de recibo (lado izquierdo)
TB1-11	1,3	120	0,0	0,0	10,8	12	12	12		20	1,6	20	13/0,5	Toma en parte superior de tablero TB1
TB1-12	0,8	120	0,0	0,0	6,7	12	12	12		20	1,0	15	13/0,5	Fotocelda rótulo
TB1-13,15,17		208	0,0	0,0	0,0	2	4	6				100	31,75/1,25	Disyuntor principal
TB1-14,16,18	7,0	208	19,5	13,0	26,0	6	6	8		30	0,9	100	25,4/1	Disyuntor Ting
Totales	16,3		41,6	28,3	54,7									
Medida	6,5		16,7	11,3	21,9									

Tabla 70. Características generales TB1.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	16,27	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	100	A
Corriente de Demanda Máxima Total	54,73	A
Factor de demanda	54,73	%
I Media (A)	16,6	Desbalance
		31,73 %
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	225	A
Número de campos simples	18	
Protector del tablero	100	A
Distancia del protector al tablero	80	m
Caída de voltaje alimentador	2,231	%
Características Alimentador-Tablero		
F	2	AWG/Kcmill THHN
N	4	AWG/Kcmill THHN
T	6	AWG/Kcmill THHN

3.2.34 TING

Tablero que alimenta toda el área de Ingeniería, voltaje de 208/120, de 18 espacios, capacidad máxima de barras de 100 A y con una protección de 70 A.

Tabla 71. Directorio tablero TING.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmil (THHN)			Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Po/A	
Ting-1	1,5	120	12,5	0	0	12	12	12	20	1,80	20	13/0,5	Luz de emergencia ING y tomas pared sur ING
Ting-2,4	0	120	0	0	0	12	12	12			20	13/0,5	Antiguo aire acondicionado de Ing (conectado el condensador pero no tiene evaporador) fuera de uso
Ting-3	0	120	0	0	0	12	12	12			20	13/0,5	Fuera de uso
Ting-5	1,5	120	0	0	12,5	12	12	12	25	2,25	20	13/0,5	Toma en pared oeste de ING
Ting-6	1,5	120	0	0	12,5	12	12	12	25	2,25	15	13/0,5	Toma aereo sobre cielo raso en oficinas de ING
Ting-7	1,5	120	12,5	0	0	12	12	12	20	1,80	20	13/0,5	Toma en pared oeste de ING
Ting-8	1,5	120	12,5	0	0	12	12	12	30	2,70	15	13/0,5	Iluminación oficinas de gerentes (produccion, supply, sala 5)
Ting-9	1,5	120	0	12,5	0	12	12	12	30	2,70	15	13/0,5	Iluminación ING (parte antigua)
Ting-10	1,5	120	0	12,5	0	12	12	12	30	2,70	20	13/0,5	Toma en sala 5-1
Ting-11	1,5	120	0	0	12,5	12	12	12	30	2,70	20	13/0,5	Toma en sala 5-2
Ting-12	1,5	120	0	0	12,5	12	12	12	30	2,70	15	13/0,5	Tomas oficinas de gerentes y sala 5, pantallas sala 5
Ting-13,15,17		120				6	6	8			70	25,4/1	Disyuntor principal
Ting-14,16,18		120											Libre
Totales	13,5		37,5	25	50								
Medida	7,02		19,5	13	26								

Tabla 72. Características generales TING.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		13,5	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		70	A
Corriente de Demanda Maxima Total		50	A
Factor de demanda		71,4	%
I media (A)	37,5	Desbalance	33,3 %
Tablero			
Trifásico		120	208
Capacidad de barras		100	A
Numero de campos simples		18	
Protector del tablero		70	A
Distancia del protector al tablero		45	m
Caída de voltaje alimentador		2,5	%

Características Alimentador-Tablero			
L	6	AWG/Kcmil	THHN
N	6	AWG/Kcmil	THHN
T	8	AWG/Kcmil	THHN

3.2.35 TCE2/1

Tablero ubicado en el laboratorio de calidad de planta y se encarga de alimentar todos los circuitos de esta área, marca Square D de 30 espacios, capacidad máxima de barras de 100 A y una protección de 100 A.

Tabla 73. Directorio tablero TCE2/1.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TCE2/1-1	1,1	120	9,2	0,0	0,0		12	12	12	15	0,99	20	13/0.5	Iluminación laboratorio de calidad
TCE2/1-2														Libre
TCE2/1-3	1,0	120	0,0	8,3	0,0		12	12	12	20	1,20	20	13/0.5	Tomas laboratorio de calidad-pared oeste
TCE2/1-4														Libre
TCE2/1-5	1,1	120	0,0	0,0	9,2		12	12	12	20	1,32	20	13/0.5	Tomas generales laboratorio de calidad y externos en pasillo
TCE2/1-6														Libre
TCE2/1-7,9	0,6	208	1,7	1,7	0,0		12	12	12	25	0,31	20	13/0.5	Evaporadora AC laboratorio de calidad (interna)
TCE2/1-8														Libre
TCE2/1-10														Libre
TCE2/1-11,13	3,1	208	8,7	0,0	8,7		10	10	12	35	1,39	20	13/0.5	Condensadora AC laboratorio de calidad (externa)
TCE2/1-12														Libre
TCE2/1-14														Libre
TCE2/1-15	1,2	120	0,0	10,0	0,0		12	12	12	20	1,44	15	13/0.5	Toma laboratorio de calidad pared este
TCE2/1-16														Libre
TCE2/1-17	0,3	120	0,0	0,0	2,5		12	12	12	15	0,27	15		Llavín eléctrico porton a bodega
TCE2/1-18														Libre
TCE2/1-19														Libre
TCE2/1-20														Libre
TCE2/1-21														Libre
TCE2/1-22														Libre
TCE2/1-23														Libre
TCE2/1-24														
TCE2/1-25,27,29							4	6	8			100		Disyuntor principal
TCE2/1-26														Libre
TCE2/1-28														Libre
TCE2/1-30														Libre
Totales	8,4		19,6	20,1	20,3									
Medida	3,8		8,8	9,0	9,1									

Tabla 74. Características generales TCE2/1.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		8,4	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		100,0	A
Corriente de Demanda Máxima Total		20,3	A
Factor de demanda		20,3	%
I media (A)	9,0	Desbalance	1,7 %
Tablero			
Trifásico		120	208
Capacidad de barras		100	A
Número de campos simples		30	
Protector del tablero		100	A
Distancia del protector al tablero		50	m
Caída de voltaje alimentador		0,7422	%
Características Alimentador-Tablero			
L	4 AWG/kcmill	THHN	
N	6 AWG/kcmill	THHN	
T	8 AWG/kcmill	THHN	

3.2.36 TSUB7

Tablero ubicado en subestación marca Square D de 18 espacios, con una protección de 60 A y capacidad máxima de barras de 100 A.

Tabla 75. Directorio tablero TSUB7.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)			Longitud	Caída V	Protección	Ducto	Descripción	
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TSub7-1	0,7	120	5,8	0,0	0,0	12	12	12	25	1,0	20	13/0,5	Toma 110V nave	
TSub7-2	0,9	120	7,5	0,0	0,0	12	12	12	30	1,6	20	13/0,5	Iluminación Bodega MRO's y bodega barras	
TSub7-3	0,8	120	0,0	6,7	0,0	12	12	12	30	1,4	20	13/0,5	Tomas bodega MRO's	
TSub7-4	0,7	120	0,0	5,8	0,0	12	12	12	25	1,0	20	13/0,5	Tomas 110 V nave	
TSub7-5	0,9	120	0,0	0,0	7,5	12	12	12	25	1,3	20	13/0,5	Tomas 110 V nave	
TSub7-6	0,8	120	0,0	0,0	6,7	12	12	12	25	1,2	20	13/0,5	Tomas 110 V nave	
TSub7-7	0,7	120	5,8	0,0	0,0	12	12	12	40	1,7	20	13/0,5	Iluminación sala 6 y oficina recursos humanos	
TSub7-8	0,5	120	4,2	0,0	0,0	12	12	12	50	1,5	20	13/0,5	Luz de emergencia SALIDA entrada de recepción	
TSub7-9,11	0,9	208	4,3	4,3	0,0	12	12	12	30	0,5	20	13/0,5	Toma 220 V MRO's	
TSub7-10	0,8	120	0,0	6,7	0,0	12	12	12	40	1,9	20	13/0,5	Tomas 110 recursos humanos y seguridad ocupacional	
TSub7-12,14	1,2	120	10,0	0,0	10,0	12	12	12	45	3,2	20	13/0,5	Cargador de baterías	
TSub7-13,15,17						8	8	10			60	24,5/1	Disyuntor principal	
TSub7-16													Libre	
TSub7-18													Libre	
Totales	8,9		37,7	23,5	24,2									
Medida	3,4		14,3	8,9	9,2									

Tabla 76. Características generales TSUB7.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación	
Carga Demandada Total	8,9 kVA
Corriente de Carga Instalada Total	60 A
Corriente de Demanda Máxima Total	37,7 A
Factor de demanda	62,8 %
Corriente Media (A)	28,4
Desbalance	32,4 %
Tablero	
Trifásico	120 208
Capacidad de barras	100 A
Número de campos simples	18
Protector del tablero	60 A
Distancia del protector al tablero	15 m
Caída de voltaje alimentador	0,97 %

Características Alimentador-Tablero			
L	8	AWG/kcmill	THHN
N	8	AWG/kcmill	THHN
T	10	AWG/kcmill	THHN

3.2.37 TMS19

Tablero que alimenta las evaporadoras de Machine Shop y Damping, al igual que el tablero TCI, tablero de 30 espacios, capacidad de barras de 100 A y protección de 90 A.

Tabla 77. Directorio tablero TMS19.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(in)	
TMS19-1,3,5		208												Libre
TMS19-2,4,6	5,0	208	13,9	13,9	13,9		10	10	12	30	1,1	30	13/0,5	Evaporador 1 Machine Shop
TMS19-7,9,11		208												Libre
TMS19-8,10,12	5,0	208	13,9	13,9	13,9		10	10	12	30	1,1	30	13/0,5	Evaporador 2 Machines Shop
TMS19-13,15,17		208												Libre
TMS19-14,16,18	2,0	208	5,6	5,6	0,0		6	6	8	20	0,1	70	25,4/1	Alimentación tablero TCI
TMS19-17,19,21		208												Libre
TMS19-20	2,1	208	5,8	0,0	0,0		12	12	12	25	0,6	20	13/0,5	Aire acondicionado taller current ing. tomas de lámparas de emergencia en entrada de porton de moldes
TMS19-23,25,27		208												Libre
TMS19-22,24	5,0	208	0,0	13,9	13,9		12	12	12	25	1,4	20	13/0,5	Evaporador Damping
TMS19-29		208												Libre
TMS19-26,28	2,1	208	5,8	5,8	0,0		12	12	12	25	0,4	20	13/0,5	Aire acondicionado TI al lado de current ing.
TMS19-30		208												Libre
Totales	21,1		44,8	52,9	41,6									
Medida	7,4		15,7	18,5	14,5									

Tabla 78. Características generales TMS19.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		21,1	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		90	A
Corriente de Demanda Máxima Total		52,9	A
Factor de demanda		58,8	%
Corriente Media (A)	46,4	Desbalance	13,9 %
Tablero			
Trifásico		120	208
Capacidad de barras		100	A
Número de campos simples		30	
Protector del tablero		90	A
Distancia del protector al tablero		35	m
Caída de voltaje alimentador		0,94	%
Características Alimentador-Tablero			
L	2	AWG/Kcmill	THHN
N	2	AWG/Kcmill	THHN
T	6	AWG/Kcmill	THHN

3.2.38 TCI

Tablero ubicado en el cuarto de impresiones, por el momento tiene solo una carga conectada, pero se tiene previsto incluir nuevas cargas en un futuro, marca Square D, de 208/120V, capacidad de barras de 100 A y protección de 100 A.

Tabla 79. Directorio tablero TCI.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caida V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TCl-1,3	2	208	5,6	5,55	0		12	12	12	20	0,46	20	13/0.5	Aire Acondicionado oficina de recursos humanos
		208												Libre
		208												Libre
		208												Libre
		208												Libre
		208												Libre
		208												Libre
		208												Libre
Totales	2		5,6	5,55										
Medida	1,2		3,3	3,33										

Tabla 80. Características generales TCI.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación	
Carga Demandada Total	2 kVA
Corriente de Carga Instalada Total	100 A
Corriente de Demanda Máxima Total	5,55 A
Factor de demanda	5,55 %
Tablero	
Trifásico	120 208
Capacidad de barras	100 A
Número de campos simples	30
Protector del tablero	100 A
Distancia del protector al tablero	25 m
Caída de voltaje alimentador	0,16 %
Características Alimentador-Tablero	
L	6 AWG/Kcmill THHN
N	6 AWG/Kcmill THHN
T	8 AWG/Kcmill THHN

3.2.39 TMS3

Tablero ubicado en Machine Shop, contiene cargas de distintas áreas, marca Square D de 208/120V, capacidad de barras de 225 A y una protección de 150 A.

Tabla 81. Directorio tablero TMS3.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)			Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción	
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A		(mm/in)
TMS3-1,3	0,8	208	2,1	2,1	0,0	12	12	12		20	0,2	20	13/0,5	Portón MS Vieja
TMS3-2,4	0,8	208	2,1	2,1	0,0	12	12	12		35	0,3	20	13/0,5	Portón Bodega laser-moldes
TMS3-5,7,9	1,5	208	4,2	4,2	4,2	10	10	12		30	0,3	30	13/0,5	Toma donde iba extractor de polvo en fetling
TMS3-6,8		120	0,0	0,0	0,0	10	10	12		20	0,0	40	13/0,5	Cola encima de CMM automática arriba del AC
TMS3-10,12,14	1,1	208	5,3	5,3	5,3	12	12	12		25	0,5	20	13/0,5	Toma 220V en cuarto de CMM automática
TMS3-11	0,9	120	0,0	0,0	7,5	12	12	12		30	1,6	20	13/0,5	Toma 110V afiladora
TMS3-13	0,8	120	6,7	0,0	0,0	12	12	12		40	1,9	15	13/0,5	Iluminación de fetling, área de sand blasting
TMS3-15	1,5	120	0,0	12,5	0,0	12	12	12		40	3,6	30	13/0,5	Tomas de lijadoras en antigua área de aceites
TMS3-16	0,8	120	0,0	6,7	0,0	10	10	12		35	1,1	20	13/0,5	Tomas 110V bodega MTO
TMS3-17														Libre
TMS3-18	0,9	120	0,0	0,0	7,5	12	12	12		45	2,4	30	13/0,5	Tomas área sand blasting
TMS3-19	0,8	120	6,7	0,0	0,0	12	12	12		35	1,7	20	13/0,5	Luces de emergencia bodega de MTO y sub estación
TMS3-20,22,24	3,0	208	8,3	8,3	8,3	12	12	12		40	1,4	30	13/0,5	Bomba alta hidra jet A32
TMS3-21,23,25	1,0	208	2,8	2,8	2,8	10	10	12		30	0,2	20	13/0,5	Teclé NH400
TMS3-26	1,1	120	9,2	0,0	0,0	12	12	12		35	2,3	20	13/0,5	Abanicos Fetling
TMS3-27	1,7	208	0,0	4,6	0,0	10	10	12		35	0,4	40	13/0,5	Centro de esmerilado entre NL's
TMS3-28	0,8	120	0,0	6,7	0,0	12	12	12		30	1,4	20	13/0,5	Iluminación bodega fetling
TMS3-29,31,33	3,0	208	8,3	8,3	8,3	12	12	12		40	1,4	30	13/0,5	Bomba de alta K16
TMS3-30	1,0	120	0,0	0,0	8,3	12	12	12		30	1,8	30	13/0,5	Dispensadora de herramientas
TMS3-32,34,36						10	10	10				30		Internos Supresor
TMS3-35,37,39	2,1	208	5,8	5,8	5,8	10	10	10		40	0,6	20	13/0,5	Teclé MB
Totales	21,4		61,3	69,3	58,0									
Medida	5,3		15,3	17,3	14,5									

Tabla 82. Características generales TMS3.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Demandada Total	21,4	kVA
Corriente de Carga Instalada Total	150	A
Corriente de Demanda Máxima Total	69,3	A
Factor de demanda	46,2	%
Corriente Media (A)	62,9	Desbalance
	10,2	%
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	225	A
Número de campos simples	42	
Protector del tablero	150	A
Distancia del protector al tablero	35	m
Caída de voltaje alimentador	1,2	%

Características Alimentador-Tablero			
L	2	AWG/Kcmill	THHN
N	2	AWG/Kcmill	THHN
T	4	AWG/Kcmill	THHN

3.2.40 TMS18

Tablero ubicado en el área de moldes y alimenta los circuitos relacionados a esta misma, voltaje de 208/120V, capacidad de barras de 100 A y una protección de 90 A.

Tabla 83. Directorio tablero TMS18.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmil (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Poi/A	(mm/in)	
TMS18-1,3,5	5,0	208	13,9	13,9	13,9	12	12	12	12	35	2,0	30	13/0,5	Horno taller moldes
TMS18-2,4,6	1,5	208	4,2	4,2	4,2	12	12	12	12	35	0,6	30	13/0,5	Afiladora Kent moldes
TMS18-7,9,11	2,0	208	5,6	5,6	5,6	12	12	12	12	35	0,8	20	13/0,5	Sierra Spartan moldes
TMS18-8,10,12	0,6	208	1,7	1,7	1,7	12	12	12	12	35	0,3	20	13/0,5	Rectificadora Chavalier moldes
TMS18-13,15	1,5	208	4,2	4,2	0,0	12	12	12	12	35	0,6	20	13/0,5	Torno taller de moldes
TMS18-14,16,18	2,6	208	7,2	7,2	7,2	12	12	12	12	35	1,0	30	13/0,5	Fresadora Bridgeport moldes
TMS18-17	0,8	120	0,0	0,0	6,7	12	12	12	12	33	1,6	15	13/0,5	Toma 110v al lado de fresa
TMS18-19	0,8	120	6,7	0,0	0,0	12	12	12	12	33	1,6	15	13/0,5	Toma 110v extractor afiladora y lavadora de impresora 3D
TMS18-20,22,24	1,0	208	2,8	2,8	2,8	12	12	12	12	35	0,4	20	13/0,5	Teclé moldes
TMS18-23,25,27,29														Libre
TMS18-26,28,30														Libre
TMS18-31,33,35														Libre
TMS18-32,34,36														Libre
TMS18-37,39,41														Libre
TMS18-38,40,42														Libre
Totales	15,8		46,1	39,5	42,0									Libre
Medida	6,3		18,4	15,8	16,8									

Tabla 84. Características generales TMS18.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación		
Carga Instalada Total	15,8	kVA
Factor de demanda	51,2	%
Corriente de Carga Instalada Total	90	A
Corriente de Demanda Maxima Total	46,1	A
Tablero		
Trifásico	120	208
Capacidad de barras	100	A
Número de campos simples	42	
Protector del tablero	90	A
Distancia del protector al tablero	35	m
Caída de voltaje alimentador	0,82	%
Características Alimentador-Tablero		
L	2	AWG/Kcmil THHN
N	2	AWG/Kcmil THHN
T	2	AWG/Kcmil THHN

3.2.41 TMS8

Tablero ubicado en Machine Shop y abarca gran parte del taller convencional, marca Square D de 208/120 V, con capacidad de barras de 225 A y una protección de 225 A.

Tabla 85. Directorio tablero TMS8.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Potencia	Voltaje	L1	L2	L3	AWG/kcmill (THHN)				Longitud	Caída V.	Protección	Ducto	Descripción
Tablero	(kVA)	(V)	(A)			n	L	N	T	(m)	%	Pol/A	(mm/in)	
TMS8-1,3	5,0	208	13,9	13,9	0,0		6	6	8	35	0,5	40	25,4/1	Condensador AC encima de los tornos k16
TMS8-2,4	0,5	208	1,4	1,4	0,0		12	12	12	35	0,2	15	13/0,5	Evaporador AC encima de los tornos k16
TMS8-5,7,9	1,2	208	3,5	3,5	3,5		10	10	12	20	0,2	30	13/0,5	Brighport 2
TMS8-6	0,8	120	0,0	0,0	6,7		12	12	12	13	0,6	20	13/0,5	Tomas de bodega rolado a la par de fadal
TMS8-8,10,12	4,3	208	11,8	11,8	11,8		10	10	12	20	0,6	30	13/0,5	Prevista a la par de taladro flott
TMS8-11	0,9	120	0,0	0,0	7,5		12	12	12	22	1,2	30	13/0,5	Tomas de área de retrabajos
TMS8-13,15	0,8	120	6,7	6,7	0,0		10	10	10	10	0,3	70	13/0,5	Cola de cable tsj encima de centro esmerilado entre nls
TMS8-14,16,18	2,2	208	6,0	6,0	6,0		10	10	10	35	0,6	30	13/0,5	Dobladora de tubos
TMS8-17,19,21	4,3	208	11,8	11,8	11,8		10	10	10	30	0,9	30	13/0,5	Brochadora
TMS8-20,22,24	1,5	208	4,2	4,2	4,2		10	10	10	40	0,4	30	13/0,5	Prevista detras racks de fetling
TMS8-23,25	1,2	208	3,5	0,0	3,5		12	12	12	38	0,5	20	13/0,5	Aire por Bridgeport 1
TMS8-26,28,30	2,5	208	6,9	6,9	6,9		10	10	12	40	0,7	30	13/0,5	Fresadora Bridgeport 1 y fresadora Kent
TMS8-27	1,2	208	0,0	3,5	0,0		12	12	12	38	3,2	20	13/0,5	Aire acondicionado por brochadora
TMS8-31,33,35	1,2	208	3,5	3,5	3,5		10	10	12	35	0,3	30	13/0,5	Fresadora Bridgeport 2
TMS8-32,34,36	2,5	208	6,9	6,9	6,9		10	10	12	40	0,7	40	13/0,5	Lijadora de tubos grande
TMS8-37,39,41		120	0,0	0,0	0,0		10	10	10					Interno Supresor
TMS8-38,40,42	5,3	208	14,6	14,6	14,6		8	8	10	40	1,0	30	19,05/0,75	Torno Mori Seiki
Totales	35,4		94,6	94,6	86,8									
Medida	10,6		28,4	28,4	26,0									

Tabla 86. Características generales TMS8.

Fuente: Elaboración propia.

Características de operación			
Carga Demandada Total		35,4	kVA
Corriente de Carga Instalada Total		225	A
Corriente de Demanda Máxima Total		94,63	A
Factor de demanda		42,06	%
Corriente Media	92,0	Desbalance	2,8 %
Tablero			
Trifásico	120	208	
Capacidad de barras	225	A	
Número de campos simples	42		
Protector del tablero	225	A	
Distancia del protector al tablero	50	m	
Caída de voltaje alimentador	1,724	%	

Características Alimentador-Tablero				
L	1/0.	AWG/Kcmill	THHN	
N	1/0.	AWG/Kcmill	THHN	
T	2	AWG/Kcmill	THHN	

3.3 Transformadores

De igual forma de los transformadores existentes en la planta se adquieren los datos de la placa, datos como marca, modelo, voltaje aguas arriba, voltaje aguas abajo, capacidad del transformador (kVA) y porcentaje de impedancia.

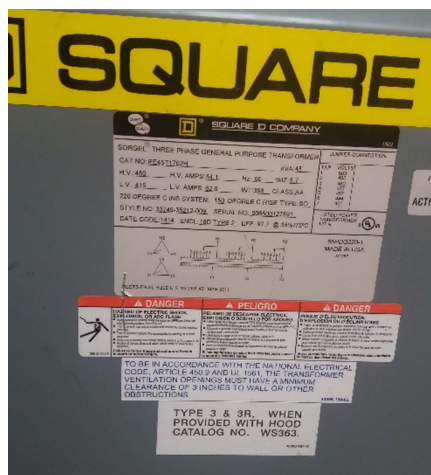


Ilustración 11. Datos de placa transformador Square D.

Fuente: VITEC Production Solutions.

En la tabla a continuación, se presentan los valores de impedancias de cada transformador existente en la red eléctrica.

Tabla 87. Valores de impedancias transformadores.

Fuente: Elaboración propia (Excel 2016).

Transformadores						
Transformador	Carga A Alimentar	Voltaje Primario	Voltaje Secundario	kVA	Porcentaje Impedancia	Impedancia (pu)
TR1	TSUB2	34500/19900	480/277	500	3,05	0,0305
TR2	TSUB3	480/277	208/120	150	5,1	0,17
TR3	TR4	34500/19900	208/120	112,5	3,5	0,035
TR4	TSUB1	480/277	208/120	112,5	4,5	0,20
TR5	Chiller Laser 1	480/277	440/260	5	6	6,00
TR6	TMS9	480/277	380/220	12,5	5,5	2,20
TR7	TB2	480/277	208/120	75	4,92	0,33

TR8	NL2000/2	480/277	200	45	5,9	0,66
TR9	MB 1	480/277	200	50	5,6	0,56
TR10	NV5000	480/277	200	50	5,6	0,56
TR11	NH4000	480/277	200	50	5,6	0,56
TR12	NL2000/1	480/277	200	45	5,9	0,66
TR13	NL2500	480/277	200	45	5,9	0,66
TR14	MB 2	480/277	200	50	5,6	0,56
TR15	ZT1500/2	480/277	200	65	5,4	0,42
TR16	FMC	480/277	208/120	45	5,2	0,58
TR17	LT2000	480/277	208/120	65	5,4	0,42
TR18	ZT1500/1	480/277	200	65	5,4	0,42
TR19	HX400	480/277	208/120	75	4,8	0,32
TR20	H400	480/277	208/120	30	5,2	0,87
TR21	TS 15	480/277	415	45	5,7	0,63
TR22	TMS15	480/277	208/120	75	4,8	0,32
TR23	TAR	480/277	208/120	75	4,8	0,32
TR24	TCE1/2	480/277	380/220	45	5,8	0,64
TR25	TCE1/3	480/277	208/120	15	5,1	1,70
TR26	TSUB5	480/277	400	45	5,7	0,63

3.4 Impedancias de equipos y conductores

Para el análisis de cortocircuito se necesitan los valores en pu de las impedancias, tanto para equipos, transformadores, conductores y de la red. Primeramente, para calcular los valores en p.u. se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\text{Corriente base (A)} = \frac{kVA_{1\phi base}}{\text{Voltaje}_{base}(kV)} \quad (1)$$

$$\text{Impedancia base (Z)} = \frac{\text{Voltaje base (kV)}}{\text{Corriente base (A)}} \quad (2)$$

$$\text{Impedancia base (Z)} = \frac{(\text{Voltaje base})^2 * 1000}{kVA \text{ base}} \quad (3)$$

$$\text{Impedancia base (Z)} = \frac{(kVbase)^2}{MVA \text{ base}} \quad (4)$$

$$\text{Impedancia base } (Z) = \frac{\text{Impedancia real}}{\text{Impedancia base}} \quad (5)$$

El primer dato necesario para poder convertir los valores a p.u. es definir la potencia base, como recomienda la norma se tiene una potencia base de 500kVA para la acometida a 480 V y una potencia base de 112,5kVA para la acometida de 208V, estos valores corresponden a la capacidad de los transformadores de cada acometida.

Seguidamente se determinará la tensión base e impedancia base, en este caso al ser dos acometidas se tendrán dos valores, para la acometida con transformador de 500kVA se utiliza una tensión base de 34500-480 V y para la acometida del transformador de 112,5 kVA se empleará 34500-208V. Las impedancias bases se calcula con la ecuación (4), para el caso de la acometida de 500 kVA:

$$Z_b = \frac{0,48^2}{0,5} = 0,4608$$

De igual forma en el caso de la acometida de 112,5 kVA:

$$Z_b = \frac{0,208^2}{0,1125} = 0,385$$

Para pasar al sistema p.u. los valores de equipos, es necesario el porcentaje de impedancia de cada uno, esto se puede encontrar directamente de la placa del equipo o por medio del fabricante de este, de no existir la posibilidad de conseguir este valor por medio de alguna de estas dos formas la norma 141-1993 menciona una forma para poder obtener este valor. Según la norma IEEE 141-1993, se puede aproximar la impedancia de un motor esto mediante los valores de corriente de rotor bloqueado y corriente a plena carga, esto

porque un motor cuando se presenta el arranque o se bloquea el rotor, el efecto es similar al de un cortocircuito.

Estos valores de corrientes se obtienen de la tabla 430.251 (B) del NEC 2008, la cual los presenta para varias tensiones y potencia.

Para un cálculo de una máquina de CNC, el cual es un sistema bastante complejo con más de un motor, se utilizó el motor con más potencia, el cual sería el Spindle. Por ejemplo, para la máquina CNC Okuma MB4000H-1 de 40 HP y un consumo de 47kVA, se tiene una corriente a plena carga de 114 A y una corriente de rotor bloqueado de 667 A, empleando lo que menciona la norma 141-1993.

$$\% Z = \left(\frac{114}{667} \right) * 100 = 17,09$$

Con este porcentaje se puede sacar la impedancia de la máquina junto con la potencia (kVA) mediante:

$$Z = \%Z * \left(\frac{\text{Potencia base}}{\text{kVA}} \right) = 0,1709 * \left(\frac{0,5}{0,047} \right) = 1,8i \text{ p. u.}$$

A continuación, se presentan todos los equipos presentes en el análisis de cortocircuito.

Tabla 88. Valores de impedancia equipos.

Fuente: Elaboración propia (Excel 2016).

Equipos								
Equipo	Marca	HP	kVA	Corriente plena carga	Corriente rotor bloqueado	Porcentaje de impedancia	Tablero	Impedancia (pu)
AC drag test room	Carrier	2	1,9	7,5	55	13,64	TMS13	8,1
AC Lab. Calidad MS	Lennox	1,5	1	6,6	44	15,00	TMS13	16,9
AC Oficinas MS	Carrier	3	2,4	10,6	71	14,93	TMS1	7,0

							3	
AC drag fill ensamble	Mitsubishi	1,5	1	6,6	44	15,00	TMS1 3	16,9
AC oficina mantenimiento	Carrier	2	1,9	7,5	55	13,64	TMS1 3	8,1
Seca-manos Baños Mujeres MS	Xcelerator	2	1,2	7,5	55	13,64	TMS1 2	12,8
Seca-manos Baños Hombres MS-1	Xcelerator	2	1,2	7,5	55	13,64	TMS1 2	12,8
Seca-manos Baños Hombres MS-2	Xcelerator	2	1,2	7,5	55	13,64	TMS1 2	12,8
AC oficina gerente MS	Carrier	2	2,4	7,5	55	13,64	TMS1 2	6,4
AC sala 2	Carrier	1,5	1,2	6,6	44	15,00	TB3	14,1
AC oficinas recibo	Mitsubishi	2	1,8	7,5	55	13,64	TB3	8,5
Portón recibo 2 hojas		0,5	0,5	4,4	40	11,00	TB3	24,8
Portón recibo 1 hoja		0,5	0,5	4,4	40	11,00	TB3	24,8
Portón parqueo norte	Came	0,5	0,6	4,4	40	11,00	TCS1/ 1	20,6
Abanico extractor cajero	----	0,5	0,8	4,4	40	11,00	TCS1/ 1	15,5
Centro esmerilado fadales	Baldor	3	1,7	10,6	71	14,93	TMS1 0	9,9
AC 1 taller convencional	Mitsubishi	1,5	1,2	6,6	44	15,00	TMS1 0	14,1
AC 2 taller convencional	Mitsubishi	1,5	1,2	6,6	44	15,00	TMS1 0	14,1
Torno K16	Citizen	5	8	16,7	102	16,37	TMS7	2,3
Torno Genos L250	Okuma	5	8	16,7	102	16,37	TMS7	2,3
Torno A32	Citizen	10	13,2	30,8	179	17,21	TMS7	1,5
Torno L20	Citizen	5	8	16,7	102	16,37	TMS7	2,3
Bomba alta presión torno L20	Cool Blaster	7,5	5,3	24,2	140	17,29	TMS7	3,7
AC cuarto CMM Manual	Carrier	1,5	1,2	6,6	44	15,00	TMS1	14,1
Máquina Láser 2	Rofin Baasel	2	6,24	7,5	55	13,64	TCE1/ 1	2,5
Chiller Laser 1	Affinity	6,4	5	11	63,5	17,32	TMS6	17,3
Lijadora de tubos circular	NS ML	1	4,8	4,2	30	14,00	TMS9	14,6
Taladro Worner	Worner	1	0,75	4,2	30	14,00	TMS9	93,3
Taladro Flott	Flott	2	1,2	6,8	50	13,60	TMS9	56,7
Torno LeBlond	LeBlond	5	3,75	15,2	92	16,52	TMS9	22,0
Torno Pinacho	Pinacho	2	4,5	6,8	50	13,60	TMS9	15,1

Torno Feimbau	Feimbau	2	1,85	6,8	50	13,60	TMS9	36,8
AC ingeniería	Carrier	5	3,75	16,7	102	16,37	TB2	21,8
AC supply chain	Carrier	5	3,75	16,7	102	16,37	TB2	21,8
AC Sala 4B	Carrier	2	2,7	7,5	55	13,64	TB2	25,3
AC sala 3	Carrier	2	2,7	7,5	55	13,64	TB2	25,3
AC sala 4A	Carrier	2	2,7	7,5	55	13,64	TB2	25,3
AC Current Ing	Mitsubishi	1,5	1	6,6	44	15,00	TB2	75,0
AC sala 2-2	Carrier	1,5	1,2	6,6	44	15,00	TB2	62,5
AC Gerente Supply/Gerente Producción	Carrier	1,5	2,7	6,6	44	15,00	TB2	27,8
Elevador Bodega	----	3	2,1	10,6	71	14,93	TB2	35,5
NL2000/2	Mori Seiki	20	47,8	62,1	334	18,59	TMS2	1,9
MB4000H 1	Okuma	40	47	114	667	17,09	TMS2	1,8
Fadal 1	Fadal	20	10	27	145	18,62	TMS2	9,3
NV5000	Mori Seiki	30	38	88	481	18,30	TMS2	2,4
NH4000	Mori Seiki	30	45,6	88	481	18,30	TMS2	2,0
NL2000/1	Mori Seiki	20	47,8	62,1	334	18,59	TMS2	1,9
NL2500	Mori Seiki	25	42	78,2	420	18,62	TMS2	2,2
MB4000H 2	Okuma	40	47	114	667	17,09	TMS2	1,8
Fadal 2	Fadal	20	10	27	145	18,62	TMS2	9,3
ZT 1500/2	Mori Seiki	30	65	92	500	18,40	TMS1 4	1,4
PN40 FMC	Nigata	15	37,8	46,2	257	17,98	TMS1 4	2,4
LT2000	Okuma	15	60	46,2	257	17,98	TMS1 4	1,5
ZT 1500/1	Mori Seiki	30	65	92	500	18,40	TMS1 4	1,4
HX400	Kitamura	20	50	59,4	321	18,50	TMS1 4	1,9
H400	Kitamura	20	30	59,4	321	18,50	TMS1 4	3,1
TS-15	Takisawa	10	30	28	162	17,28	TMS1 4	2,9
Clean mist A32	Kube	1,5	1,1	3	20	15,00	TMS1 4	68,2
AC MS2-1	Trane	15	10,4	46,2	257	17,98	TMS1 5	8,6
AC MS2-2	Trane	15	10,4	46,2	257	17,98	TMS1 5	8,6
Portón Sur	----	0,5	0,5	2,4	22,1	10,86	TMS1 6	108,6
AC taller mantenimiento	Carrier	1,5	1,9	6,6	44	15,00	TMS1 6	39,5
Tecele Merma	LoadMaster	1	1,5	4,6	33	13,94	TMS1 6	46,5
Tecele Taller Mantenimiento	LoadMaster	1	1,5	4,6	33	13,94	TMS1 6	46,5

Centro emerilado FMC	Baldor	3	1,7	10,6	71	14,93	TMS1 6	43,9
Compresor 1	Kaeser	40	22	52	290	17,93	TCC	4,1
Secador 1	Kaeser	2	1,6	3,4	25	13,60	TCC	42,5
Compresor 2	Kaeser	40	22	52	290	17,93	TCC	4,1
Secador 2	Kaeser	2	1,6	3,4	25	13,60	TCC	42,5
Tecele Kitamuras	LoadMaster	3	4,8	4,8	32	15,00	TMS1 7	15,6
AC odontología	Carrier	1,5	1,8	6,6	44	15,00	TAR	41,7
AC ASEVITEC	Carrier	1,5	1,8	6,6	44	15,00	TAR	41,7
Extractor cocina	----	0,5	0,7	2,4	23	10,43	TSC	74,5
Ventiladores	----	0,5	0,7	2,4	23	10,43	TSC	74,5
Elevador Cocina	----	3	2,1	10,6	71	14,93	TSC	35,5
Bomba de agua 1	Lubi	1,5	0,6	11	66	16,67	TCS2/ 1	138,9
Bomba de agua 2	Baldor	1,5	0,6	11	66	16,67	TCS2/ 1	138,9
Torno Emco	Emco	3	3,8	4,8	32	15,00	TCE1/ 2	19,7
Máquina Láser 1	Rofin Baasel	10	12,2	14	81	17,28	TCE1/ 2	7,1
Filtro Láser 1	Rofin Baasel	1,5	1,1	3	20	15,00	TCE1/ 2	68,2
Distribuidora Grasa Damping	----	1	2,1	4,6	33	13,94	TCE1/ 3	33,2
Dispensadora Grasa Damping	----	1	2,1	4,6	33	13,94	TCE1/ 3	33,2
Condensador MS1	Carrier	15	10,4	46,2	257	17,98	TSUB 6	8,6
Condensador MS2	Carrier	15	10,4	46,2	257	17,98	TSUB 6	8,6
Condensador Damping	Carrier	5	5	16,7	102	16,37	TSUB 6	16,4
AC subestación	Mitsubishi	2	3,12	7,5	55	13,64	TSUB 6	21,9
Afiladora Kent USA	Kent	0,5	1,5	2,4	22,1	10,86	TSUB 6	36,2
Evaporador MS 1	Carrier	2	5	7,5	55	13,64	TMS1 9	13,6
Evaporador MS 2	Carrier	2	5	7,5	55	13,64	TMS1 9	13,6
Evaporador Damping	Carrier	2	5	7,5	55	13,64	TMS1 9	13,6
AC TI	Innovair	3	2,1	10,6	71	14,93	TMS1 9	35,5
AC taller Currenting	Mitsubishi	1,5	1	6,6	44	15,00	TMS1 9	75,0
AC RRHH	Mitsubishi	2	1,8	7,5	55	13,64	TCI	37,9
Condensador K16	Carrier	5	5	16,7	102	16,37	TMS8	16,4
Evaporador K16	Carrier	0,5	0,5	2,4	22,1	10,86	TMS8	108,6

Fresadora Bridgeport 2	Bridgeport	2	1,3	7,5	55	13,64	TMS8	52,4
Dobladora de tubos	DI-acro	1,5	2,16	6,6	44	15,00	TMS8	34,7
Brochadora	BMC	5	4,3	16,7	102	16,37	TMS8	19,0
AC taller convencional (Bridgeport 1)	Mitsubishi	1,5	1,2	6,6	44	15,00	TMS8	62,5
Fresadora Bridgeport 1	Bridgeport	2	1,3	7,5	55	13,64	TMS8	52,4
AC taller convencional (Brochadora)	Mitsubishi	1,5	1,2	6,6	44	15,00	TMS8	62,5
Fresadora Bridgeport 3	Bridgeport	2	1,3	7,5	55	13,64	TMS8	52,4
Lijadora de tubos grande	Burr King	1,5	2,5	6,6	44	15,00	TMS8	30,0
Torno Mori Seiki	Mori Seiki	30	5,25	88	481	18,30	TMS8	17,4
Condensadora Lab. Calidad Planta	Miller	5	3,12	16,7	102	16,37	TCE2/1	26,2
Evaporadora Lab. Calidad Planta	Miller	0,5	0,624	2,4	22,1	10,86	TCE2/1	87,0
Cortina recibo (derecha)	----	0,5	0,624	2,4	22,1	10,86	TB1	87,0
Cortina embarque	----	0,5	0,624	2,4	22,1	10,86	TB1	87,0
Cortina recibo (izquierda)	----	0,5	0,624	2,4	22,1	10,86	TB1	87,0
Vibradora ALMCO	ALMCO	20	11,2	59,4	321	18,50	TMS5	8,3
Mezcladora	----	3	1,6	10,6	71	14,93	TMS5	46,7
Vibradora Home Pequeña	Home	1	0,75	4,6	33	13,94	TMS5	92,9
Chiller Laser 2	Affinity	5	3,5	16,7	102	16,37	TMS5	23,4
Lijadora Circular	NS ML	1	5,25	4,6	33	13,94	TMS5	13,3
Horno Vibros	----	1	3	4,6	33	13,94	TMS5	23,2
Vibradora Home Grande	Home	3	2,2	10,6	71	14,93	TMS5	33,9
Horno taller moldes	Cress	1	5	4,6	33	13,94	TMS18	13,9
Afiladora Kent USA (Moldes)	Kent	0,5	1,5	2,4	22,1	10,86	TMS18	36,2
Sierra Spartan	Spartan	2	2	7,5	55	13,64	TMS18	34,1
Rectificadora Chavalier	Chavalier	1	0,62	4,6	33	13,94	TMS18	112,4
Torno Taller Moldes	----	2	1,5	7,5	55	13,64	TMS18	45,5
Fresadora Bridgeport Moldes	Bridgeport	2	2,6	7,5	55	13,64	TMS18	26,2

Tecele moldes	LoadMaster	1	1	4,6	33	13,94	TMS18	69,7
Portón MS Este	----	0,5	0,75	4,4	40	11,00	TMS3	73,3
Portón Bodega Laser-Moldes	----	0,5	0,75	4,4	40	11,00	TMS3	73,3
Bomba Alta Hydrajet A32	HydraJet	5	3	16,7	102	16,37	TMS3	27,3
Abanicos Fetling	----	0,5	1,1	4,4	40	11,00	TMS3	50,0
Centro esmerilado NL's	Baldor	3	1,7	10,6	71	14,93	TMS3	43,9
Bomba Alta Hydrajet K16	HydraJet	5	3	16,7	102	16,37	TMS3	27,3
Tecele MB	LoadMaster	2	2	7,5	55	13,64	TMS3	34,1
Tecele NH4000	LoadMaster	1	1	4,6	33	13,94	TMS3	69,7
AC gerente general	Carrier	1,5	1,8	6,6	44	15,00	TA2	41,7
AC central ductos 2do piso Evaporadora	Carrier	1	1	4,6	33	13,94	TA2	69,7
AC central ductos 2do piso Condensadora	Carrier	5	4,2	16,7	102	16,37	TA2	19,5
AC oficina IT	Innovair	1,5	1,1	6,6	44	15,00	TA2	68,2
AC 1 sala reuniones 1	Mitsubishi	1,5	1,8	6,6	44	15,00	TA2	41,7
AC recepción	Mitsubishi	1,5	1,8	6,6	44	15,00	TA2	41,7
AC 2 sala reuniones 1	Mitsubishi	1,5	1,8	6,6	44	15,00	TA2	41,7
AC cuarto de servidores	Mitsubishi	5	5	16,7	102	16,37	TA2	16,4

Las impedancias de los conductores varían de acuerdo con el calibre, los conductores son muy importantes en el análisis de cortocircuito, porque logran atenuar la corriente de falla ya que se opone el paso de esta que pasa por ellos.

Para determinar estos valores de impedancia, se hacen uso de las tablas 8 y 9 del NEC 2008, las cuales dan los valores de resistencia y reactancia inductiva para cada calibre, considerando la forma en la cual es instalado, ya sea por medio de Conduit, tubería emt o aluminio.

Por ejemplo, para determinar la impedancia del conductor del tablero TMS6, el cual es un calibre 6 AWG THHN con una distancia de 0,03km (30m), se observa en la tabla 8 que se tiene una resistencia de 1,61 Ω /km y una reactancia inductiva de 0,21 Ω /km, multiplicando estos valores por la distancia del conductor, se tiene una impedancia de $Z'=0,0483+0,0063j$, pero para obtener la impedancia en base a todo el sistema se divide la impedancia Z' entre la impedancia base $Z_b=0,4608$, lo que da un valor de $Z'/Z_b = 0,105+0,0137j \Omega$

A continuación, se presentan los valores de impedancia de los conductores empleados en el análisis de cortocircuito:

Tabla 89. Valores de impedancias para conductores.

Fuente: Elaboración propia (Excel 2016).

Conductor	Carga	Calibre (AWG THHN)	Distancia (km)	Reactancia Inductiva (X) Ω /Km	Resistencia Ω /Km	Impedancia (Z')		Impedancia (Z)	
						R'	X'	R	X
1	TMS6	6	0,03	0,21	1,61	0,0483	0,0063	0,105	0,0137
2	TSUB4	2	0,03	0,19	0,66	0,0198	0,0057	0,043	0,0124
3	TMS9	6	0,025	0,21	1,61	0,04025	0,00525	0,087	0,0114
4	Lijadora Tubo Circular	10	0,03	0,21	3,94	0,1182	0,0063	0,257	0,0137
5	Taladro Worner	10	0,034	0,21	3,94	0,13396	0,00714	0,291	0,0155
6	Taladro Flott	10	0,033	0,21	3,94	0,13002	0,00693	0,282	0,0150
7	Torno LeBlond	10	0,032	0,21	3,94	0,12608	0,00672	0,274	0,0146
8	Torno Pinacho	10	0,033	0,21	3,94	0,13002	0,00693	0,282	0,0150
9	Torno	10	0,034	0,21	3,94	0,13396	0,00714	0,291	0,0155

	Feimbau					396	14	1	5
10	TR8	4	0,03	0,2	1,02	0,03 06	0,006	0,06 6	0,013 0
11	TB2	3/0	0,045	0,17	0,26	0,01 17	0,007 65	0,02 5	0,016 6
12	AC ING	8	0,032	0,21	2,56	0,08 192	0,006 72	0,17 8	0,014 6
13	AC Supply Chain	8	0,035	0,21	2,56	0,08 96	0,007 35	0,19 4	0,016 0
14	AC Sala 4B	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	0,49 8	0,016 7
15	AC Sala 3	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	0,49 8	0,016 7
16	AC Sala 4A	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	0,49 8	0,016 7
17	AC Current ING	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	0,49 8	0,016 7
18	AC Sala 2	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	0,49 8	0,016 7
19	AC G.Calidad/Pr oducción	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	0,49 8	0,016 7
20	Elevador Bodega	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	0,28 5	0,009 5
21	TR8- NL200/2	1/0	0,055	0,18	0,39	0,02 145	0,009 9	0,04 7	0,021 5
22	TR9-MB1	1/0	0,035	0,18	0,39	0,01 365	0,006 3	0,03 0	0,013 7
23	Fadal 1	1/0	0,045	0,18	0,39	0,01 755	0,008 1	0,03 8	0,017 6
24	TR10- NV5000	4	0,05	0,2	1,02	0,05 1	0,01	0,11 1	0,021 7
25	TR11- NH4000	4	0,035	0,2	1,02	0,03 57	0,007	0,07 7	0,015 2
26	TR12- NL2000/1	1/0	0,055	0,18	0,39	0,02 145	0,009 9	0,04 7	0,021 5
27	TR13- NL2500	4	0,055	0,2	1,02	0,05 61	0,011	0,12 2	0,023 9
28	TR14-MB2	1/0	0,045	0,18	0,39	0,01 755	0,008 1	0,03 8	0,017 6
29	Fadal 2	1/0	0,045	0,18	0,39	0,01 755	0,008 1	0,03 8	0,017 6
30	TMS2	500 MCM	0,03	0,16	0,1	0,00 3	0,004 8	0,00 7	0,010 4
31	TR15- ZT1500/2	1/0	0,04	0,18	0,39	0,01 56	0,007 2	0,03 4	0,015 6
32	TR16-FMC	1/0	0,05	0,18	0,39	0,01 95	0,009	0,04 2	0,019 5
33	TR17- LT2000	1/0	0,04	0,18	0,39	0,01 56	0,007 2	0,03 4	0,015 6
34	TR18- ZT1500/2	1/0	0,04	0,18	0,39	0,01 56	0,007 2	0,03 4	0,015 6
35	TR19- HX400	1/0	0,035	0,18	0,39	0,01 365	0,006 3	0,03 0	0,013 7

36	TR20-H400	8	0,025	0,21	2,56	0,06 4	0,005 25	0,13 9	0,011 4
37	TR21-TS15	1/0	0,055	0,18	0,39	0,02 145	0,009 9	0,04 7	0,021 5
38	Clean Mist A32	12	0,06	0,22	6,56	0,39 36	0,013 2	0,85 4	0,028 6
39	TMS14	2 x 500 MCM	0,075	0,16	0,1	0,00 75	0,012	0,01 6	0,026 0
40	TMS17	2 x 300 MCM	0,08	0,17	0,15	0,01 2	0,013 6	0,02 6	0,029 5
41	TR22	3/0 Aluminio	0,015	0,17	0,43	0,00 645	0,002 55	0,01 4	0,005 5
42	TMS15	1/0	0,015	0,18	0,39	0,00 585	0,002 7	0,01 3	0,005 9
43	Feed Rail 5	Ducto Barra	0,04	28,08	59,93	2,39 72	1,123 2	5,20 2	2,437 5
44	Feed Rail 6	Ducto Barra	0,04	28,08	59,93	2,39 72	1,123 2	5,20 2	2,437 5
45	Feed Rail 7	Ducto Barra	0,04	28,08	59,93	2,39 72	1,123 2	5,20 2	2,437 5
46	Feed Rail 8	Ducto Barra	0,04	28,08	59,93	2,39 72	1,123 2	5,20 2	2,437 5
47	Feed Rail 9	Ducto Barra	0,04	28,08	59,93	2,39 72	1,123 2	5,20 2	2,437 5
48	Feed Rail 10	Ducto Barra	0,04	28,08	59,93	2,39 72	1,123 2	5,20 2	2,437 5
49	TMS16	3/0	0,015	0,18	0,26	0,00 39	0,002 7	0,00 8	0,005 9
50	AC MS2-1	6	0,05	0,21	1,61	0,08 05	0,010 5	0,17 5	0,022 8
51	AC MS2-2	6	0,05	0,21	1,61	0,08 05	0,010 5	0,17 5	0,022 8
52	Portón Sur	10	0,015	0,21	3,94	0,05 91	0,003 15	0,12 8	0,006 8
53	AC taller MTO	10	0,015	0,21	3,94	0,05 91	0,003 15	0,12 8	0,006 8
54	Tecele Merma	10	0,023	0,21	3,94	0,09 062	0,004 83	0,19 7	0,010 5
55	Tecele Taller MTO	10	0,015	0,21	3,94	0,05 91	0,003 15	0,12 8	0,006 8
56	Centro Esmerilado FMC	10	0,02	0,21	3,94	0,07 88	0,004 2	0,17 1	0,009 1
57	Compresor 1	6	0,02	0,21	1,61	0,03 22	0,004 2	0,07 0	0,009 1
58	Secador 1	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,21 4	0,007 2
59	Compresor 2	6	0,015	0,21	1,61	0,02 415	0,003 15	0,05 2	0,006 8
60	Secador 2	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	0,28 5	0,009 5
61	TCC	3/0	0,045	0,17	0,26	0,01 17	0,007 65	0,02 5	0,016 6
62	Tecele	12	0,03	0,22	6,56	0,19	0,006	0,42	0,014

	Kitamuras					68	6	7	3
63	TR23	3/0 Aluminio	0,06	0,17	0,43	0,02 58	0,010 2	0,05 6	0,022 1
64	TAR	3/0	0,03	0,17	0,26	0,00 78	0,005 1	0,01 7	0,011 1
65	TSC	3/0	0,02	0,17	0,26	0,00 52	0,003 4	0,01 1	0,007 4
66	AC odontología	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	0,28 5	0,009 5
67	Triángulos Oconnor Vinten	Ducto Barra	0,06	28,08	59,93	3,59 58	1,684 8	7,80 3	3,656 3
68	Trípodes Poizloc	Ducto Barra	0,06	28,08	59,93	3,59 58	1,684 8	7,80 3	3,656 3
69	Línea Skids	Ducto Barra	0,06	28,08	59,93	3,59 58	1,684 8	7,80 3	3,656 3
70	Triángulos ENG ETP	Ducto Barra	0,06	28,08	59,93	3,59 58	1,684 8	7,80 3	3,656 3
71	TCS2/1	8	0,03	0,21	2,56	0,07 68	0,006 3	0,16 7	0,013 7
72	AC ASEVITEC	10	0,035	0,21	3,94	0,13 79	0,007 35	0,29 9	0,016 0
73	Transformador lavaplatos	8	0,03	0,21	2,56	0,07 68	0,006 3	0,16 7	0,013 7
74	Extractor Soda	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,21 4	0,007 2
75	Ventiladores	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,21 4	0,007 2
76	Elevador Soda	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,21 4	0,007 2
77	Bomba 1	12	0,01	0,22	6,56	0,06 56	0,002 2	0,14 2	0,004 8
78	Bomba 2	12	0,01	0,22	6,56	0,06 56	0,002 2	0,14 2	0,004 8
79	TSUB8	1/0	0,015	0,18	0,39	0,00 585	0,002 7	0,01 3	0,005 9
80	TR24	4	0,035	0,2	1,02	0,03 57	0,007	0,07 7	0,015 2
81	TCE1/2	6	0,02	0,21	1,61	0,03 22	0,004 2	0,07 0	0,009 1
82	TR25	6	0,025	0,21	1,61	0,04 025	0,005 25	0,08 7	0,011 4
83	TCE1/3	6	0,03	0,21	1,61	0,04 83	0,006 3	0,10 5	0,013 7
84	Torno EMCO	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	0,28 5	0,009 5
85	Filtro Máquina Láser 1	10	0,02	0,21	3,94	0,07 88	0,004 2	0,17 1	0,009 1
86	Láser 1	10	0,02	0,21	3,94	0,07 88	0,004 2	0,17 1	0,009 1
87	Distribuidora Grasa Damping	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,21 4	0,007 2

88	Dispensadora Grasa Damping	12	0,015	0,22	6,56	0,0984	0,0033	0,214	0,0072
89	TR26	6	0,025	0,21	1,61	0,04025	0,00525	0,087	0,0114
90	TSUB5	2	0,025	0,19	0,66	0,0165	0,00475	0,036	0,0103
91	TSUB6	4/0	0,02	0,17	0,21	0,0042	0,0034	0,049	0,0393
92	Condensador MS1	2	0,035	0,19	0,66	0,0231	0,00665	0,267	0,0769
93	Condensador MS2	2	0,035	0,19	0,66	0,0231	0,00665	0,267	0,0769
94	Condensador Damping	8	0,035	0,21	2,56	0,0896	0,00735	1,036	0,0849
95	AC Sub-Estación	12	0,01	0,22	6,56	0,0656	0,0022	0,758	0,0254
96	Afiladora Kent USA	10	0,02	0,21	3,94	0,0788	0,0042	0,911	0,0485
97	TMS19	2	0,035	0,19	0,66	0,0231	0,00665	0,267	0,0769
98	Evaporador MS1	10	0,03	0,21	3,94	0,1182	0,0063	1,366	0,0728
99	Evaporador MS2	10	0,03	0,21	3,94	0,1182	0,0063	1,366	0,0728
100	TCI	6	0,02	0,21	1,61	0,0322	0,0042	0,372	0,0485
101	Evaporador Damping	12	0,025	0,22	6,56	0,164	0,0055	1,895	0,0636
102	AC IT	12	0,025	0,22	6,56	0,164	0,0055	1,895	0,0636
103	AC taller curring	12	0,025	0,22	6,56	0,164	0,0055	1,895	0,0636
104	AC RRHH	12	0,02	0,22	6,56	0,1312	0,0044	1,516	0,0509
105	TSUB7	4/0	0,02	0,17	0,21	0,0042	0,0034	0,049	0,0393
106	TMS8	1/0	0,05	0,18	0,39	0,0195	0,009	0,225	0,1040
107	Condensador sobre K16	6	0,035	0,21	1,61	0,05635	0,00735	0,651	0,0849
108	Evaporador sobre K16	12	0,035	0,22	6,56	0,2296	0,0077	2,653	0,0890
109	Bridgeport2	10	0,02	0,21	3,94	0,0788	0,0042	0,911	0,0485
110	Dobladora de tubos	10	0,035	0,21	3,94	0,1379	0,00735	1,594	0,0849
111	Brochadora	10	0,03	0,21	3,94	0,1182	0,0063	1,366	0,0728
112	AC convencional (Bridgeport)	12	0,038	0,22	6,56	0,24928	0,00836	2,881	0,0966
113	Fresadora Bridgeport 1	10	0,04	0,21	3,94	0,1576	0,0084	1,821	0,0971
114	AC	12	0,038	0,22	6,56	0,24	0,008	2,88	0,096

	convencional (Brochadora)					928	36	1	6
115	Bridgeport 3	10	0,035	0,21	3,94	0,13 79	0,007 35	1,59 4	0,084 9
116	Lijadora tubos (grande)	10	0,04	0,21	3,94	0,15 76	0,008 4	1,82 1	0,097 1
117	Torno Mori Seiki	8	0,04	0,21	2,56	0,10 24	0,008 4	1,18 3	0,097 1
118	TB1	2	0,08	0,19	0,66	0,05 28	0,015 2	0,61 0	0,175 7
119	TCE2/1	4	0,05	0,2	1,02	0,05 1	0,01	0,58 9	0,115 6
120	Evaporadora Lab. Calidad Planta	12	0,025	0,22	6,56	0,16 4	0,005 5	1,89 5	0,063 6
121	Condensador a Lab. Calidad Planta	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
122	Cortina Recibo (derecha)	12	0,03	0,22	6,56	0,19 68	0,006 6	2,27 4	0,076 3
123	Cortina Embarque	12	0,03	0,22	6,56	0,19 68	0,006 6	2,27 4	0,076 3
124	Cortina Recibo (izquierda)	12	0,03	0,22	6,56	0,19 68	0,006 6	2,27 4	0,076 3
125	TING	6	0,045	0,21	1,61	0,07 245	0,009 45	0,83 7	0,109 2
126	TMS5	2	0,035	0,19	0,66	0,02 31	0,006 65	0,26 7	0,076 9
127	Vibradora ALMCO	10	0,015	0,21	3,94	0,05 91	0,003 15	0,68 3	0,036 4
128	Mezcladora	10	0,015	0,21	3,94	0,05 91	0,003 15	0,68 3	0,036 4
129	Vibradora Home Pequeña	10	0,02	0,21	3,94	0,07 88	0,004 2	0,91 1	0,048 5
130	Chiller Láser 2	10	0,025	0,21	3,94	0,09 85	0,005 25	1,13 8	0,060 7
131	Lijadora circular	10	0,02	0,21	3,94	0,07 88	0,004 2	0,91 1	0,048 5
132	Vibradora Home Grande	10	0,018	0,21	3,94	0,07 092	0,003 78	0,82 0	0,043 7
133	Horno Vibros	10	0,01	0,21	3,94	0,03 94	0,002 1	0,45 5	0,024 3
134	TMS18	2	0,035	0,19	0,66	0,02 31	0,006 65	0,26 7	0,076 9
135	Horno taller moldes	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
136	Afiladora Kent Moldes	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
137	Sierra	12	0,035	0,22	6,56	0,22	0,007	2,65	0,089

	Spartan					96	7	3	0
138	Rectificadora Chavalier Moldes	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
139	Torno Taller Moldes	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
140	Fresadora Bridgeport moldes	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
141	Tecele Moldes	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
142	TMS3	2	0,035	0,19	0,66	0,02 31	0,006 65	0,26 7	0,076 9
143	Portón MS Viejo	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	1,51 6	0,050 9
144	Portón Bodega láser-moldes	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
145	Bomba Alta A32	12	0,04	0,22	6,56	0,26 24	0,008 8	3,03 3	0,101 7
146	Tecele NH4000	10	0,03	0,21	3,94	0,11 82	0,006 3	1,36 6	0,072 8
147	Abanicos Fetling	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	2,65 3	0,089 0
148	Centro esmerilados NLS	10	0,035	0,21	3,94	0,13 79	0,007 35	1,59 4	0,084 9
149	Bomba Alta K16	12	0,04	0,22	6,56	0,26 24	0,008 8	3,03 3	0,101 7
150	Tecele MB's	10	0,04	0,21	3,94	0,15 76	0,008 4	1,82 1	0,097 1
151	TA2	1/0	0,045	0,18	0,39	0,01 755	0,008 1	0,20 3	0,093 6
152	AC gerente general	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	1,51 6	0,050 9
153	AC central ductos 2 piso EV.	12	0,03	0,22	6,56	0,19 68	0,006 6	2,27 4	0,076 3
154	AC central ductos 2 piso CON.	8	0,03	0,21	2,56	0,07 68	0,006 3	0,88 8	0,072 8
155	AC oficina IT	12	0,025	0,22	6,56	0,16 4	0,005 5	1,89 5	0,063 6
156	AC 1 sala reuniones 1	12	0,027	0,22	6,56	0,17 712	0,005 94	2,04 7	0,068 6
157	AC recepción	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	1,51 6	0,050 9
158	AC 2 sala reuniones 1	12	0,027	0,22	6,56	0,17 712	0,005 94	2,04 7	0,068 6
159	AC cuarto servidores	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	1,51 6	0,050 9
160	TMS13	1/0	0,06	0,18	0,39	0,02 34	0,010 8	0,06 1	0,028 1
161	AC drag test room	10	0,03	0,21	3,94	0,11 82	0,006 3	0,30 7	0,016 4

162	AC lab calidad MS	10	0,03	0,21	3,94	0,11 82	0,006 3	0,30 7	0,016 4
163	AC oficina MS	10	0,026	0,21	3,94	0,10 244	0,005 46	0,26 6	0,014 2
164	AC drag fill ensamble	10	0,03	0,21	3,94	0,11 82	0,006 3	0,30 7	0,016 4
165	AC oficina mantenimient o	10	0,03	0,21	3,94	0,11 82	0,006 3	0,30 7	0,016 4
166	TA3	1/0	0,05	0,18	0,39	0,01 95	0,009	0,05 1	0,023 4
167	TMS12	6	0,045	0,21	1,61	0,07 245	0,009 45	0,18 8	0,024 6
168	Seca-manos Baños Mujeres MS	8	0,015	0,21	2,56	0,03 84	0,003 15	0,10 0	0,008 2
169	Seca-manos Baños Hombres 1 MS	12	0,025	0,22	6,56	0,16 4	0,005 5	0,42 6	0,014 3
170	Seca-manos Baños Hombres 2 MS	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	0,34 1	0,011 4
171	AC oficina gerente MS	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,25 6	0,008 6
172	TB3	4	0,08	0,2	1,02	0,08 16	0,016	0,21 2	0,041 6
173	AC sala 2	10	0,025	0,21	3,94	0,09 85	0,005 25	0,25 6	0,013 7
174	AC oficinas recibo	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,25 6	0,008 6
175	Portón recibo (2 hojas)	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,25 6	0,008 6
176	Portón recibo (1 hoja)	12	0,015	0,22	6,56	0,09 84	0,003 3	0,25 6	0,008 6
177	TCS1/1	6	0,015	0,21	1,61	0,02 415	0,003 15	0,06 3	0,008 2
178	Portón parqueo Norte	10	0,005	0,21	3,94	0,01 97	0,001 05	0,05 1	0,002 7
179	Extractor Cajero automático	10	0,008	0,21	3,94	0,03 152	0,001 68	0,08 2	0,004 4
180	TMS10	4	0,045	0,2	1,02	0,04 59	0,009	0,11 9	0,023 4
181	Centro esmerilado fadales	6	0,02	0,21	1,61	0,03 22	0,004 2	0,08 4	0,010 9
182	AC 1 convencional	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	0,59 7	0,020 0
183	AC 2 convencional	12	0,035	0,22	6,56	0,22 96	0,007 7	0,59 7	0,020 0
184	TMS7	4	0,04	0,2	1,02	0,04 08	0,008	0,10 6	0,020 8

185	Torno K16	10	0,035	0,21	3,94	0,13 79	0,007 35	0,35 9	0,019 1
186	Torno Genos Okuma	10	0,035	0,21	3,94	0,13 79	0,007 35	0,35 9	0,019 1
187	Torno Citizen A32	10	0,03	0,21	3,94	0,11 82	0,006 3	0,30 7	0,016 4
188	Torno Citizen L20	10	0,035	0,21	3,94	0,13 79	0,007 35	0,35 9	0,019 1
189	Bomba alta torno L20	12	0,032	0,22	6,56	0,20 992	0,007 04	0,54 6	0,018 3
190	TMS1	4	0,03	0,2	1,02	0,03 06	0,006	0,08 0	0,015 6
191	AC cuarto CMM manual	12	0,02	0,22	6,56	0,13 12	0,004 4	0,34 1	0,011 4
192	TCE1/1	6	0,05	0,21	1,61	0,08 05	0,010 5	0,20 9	0,027 3
193	Láser 2	8	0,02	0,21	2,56	0,05 12	0,004 2	0,13 3	0,010 9
194	TSUB1	300 MCM	0,03	0,17	0,15	0,00 45	0,005 1	0,01 2	0,013 3

3.5 Diagrama unifilar

Con toda la información recopilada se puede realizar el diagrama unifilar, presentando las cargas conectadas a cada tablero, calibres de conductores, que tipo de tubería se utiliza, distancias de conductores, entre otras.

A continuación, se presenta el diagrama unifilar actualizado de VITEC Production Solutions, se divide en tres secciones que vienen representadas por los tableros principales de la subestación.

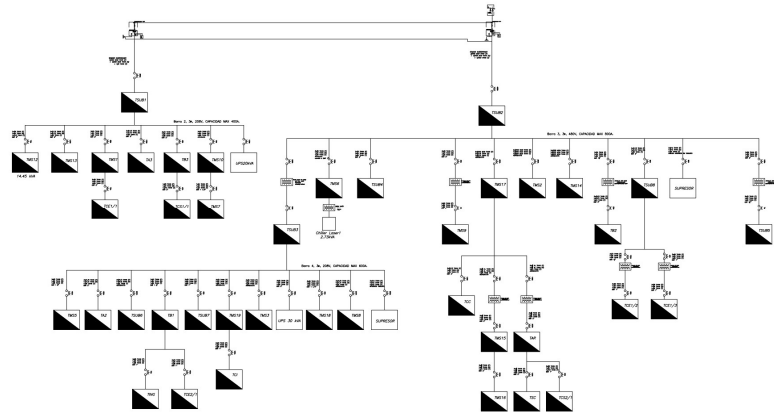


Ilustración 12. Diagrama unifilar simplificado.

Fuente: Elaboración propia (Auto Cad 2018).

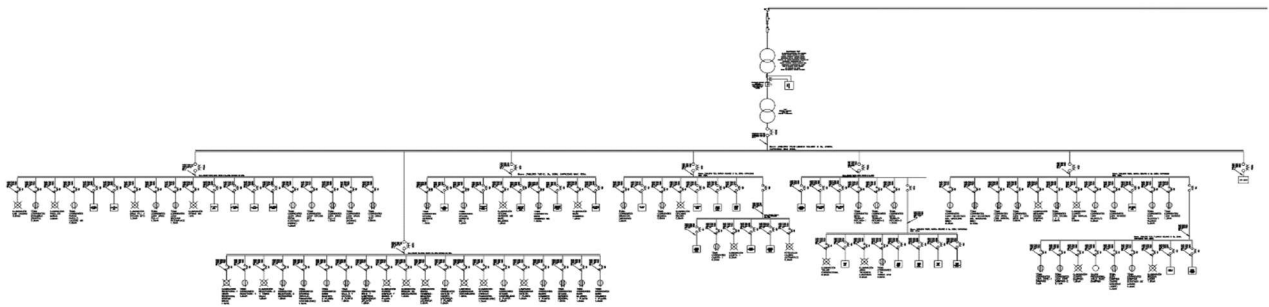


Ilustración 13. Diagrama unifilar sección TSUB1.

Fuente: Elaboración propia (Auto Cad 2018).

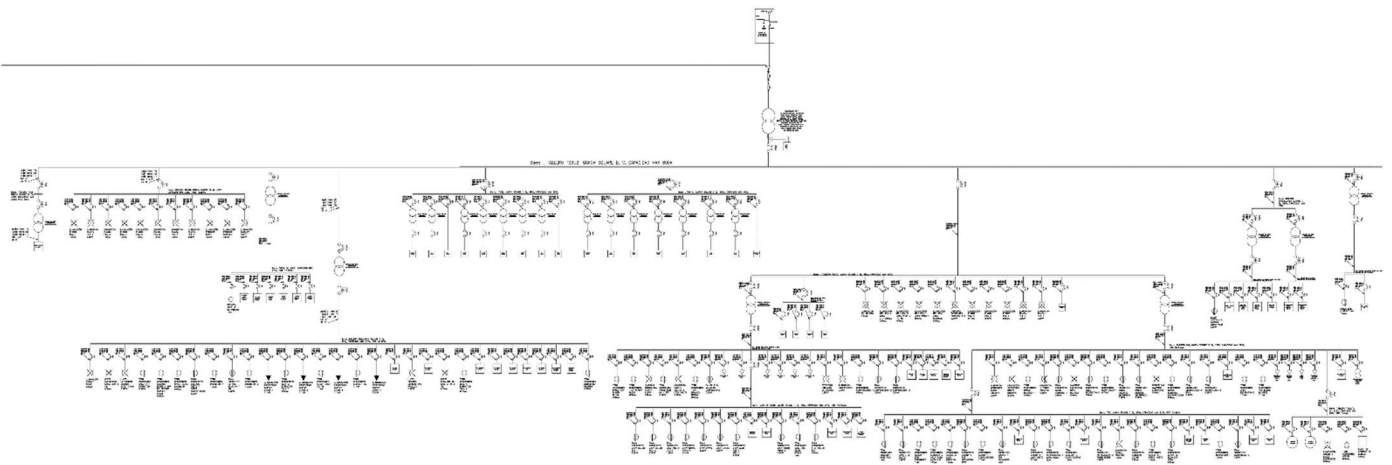


Ilustración 14. Diagrama unifilar sección TSUB2.

Fuente: Elaboración propia (Auto Cad 2018).

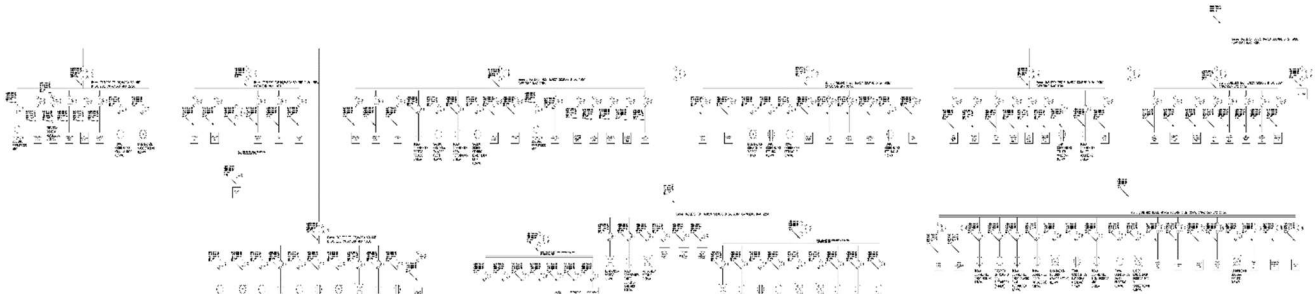


Ilustración 15. Diagrama unifilar sección TSUB3.

Fuente: Elaboración propia (Auto Cad 2018).

4 Desarrollo del análisis de cortocircuito

En este apartado se presentan los resultados de los cálculos realizados basados en la norma ANSI/IEEE 551-2006 en distintos puntos de la red, con estos cálculos se alcanza una corriente de falla asimétrica, que se verificarán con los datos dados por el software Power Tools de SKM.

El análisis de cortocircuito se enfocó en cinco puntos en específico, estos se encuentran donde la red eléctrica es más crítica, los cuales son: las barras del tablero TSUB1, barras tablero TSUB2, barras tablero TSUB3 y las barras de los dos tableros que poseen las máquinas de CNC, tablero TMS2 y TMS14.

Para un adecuado análisis de cortocircuito se requiere de toda la información del sistema eléctrico, información como cargas de equipos, calibres de conductores, protecciones, impedancias, reactancias, entre otras. Esta información se recolectó a como se menciona en capítulos anteriores. Con el diagrama unifilar actualizado y los datos recolectados se procede a simplificar a uno que sea solo de impedancias, para esto se toma en cuenta las impedancias de conductores, equipos y transformadores previamente

calculadas, cabe resaltar que, al reducir el diagrama, sólo se toman en cuenta las cargas de carácter inductivo.

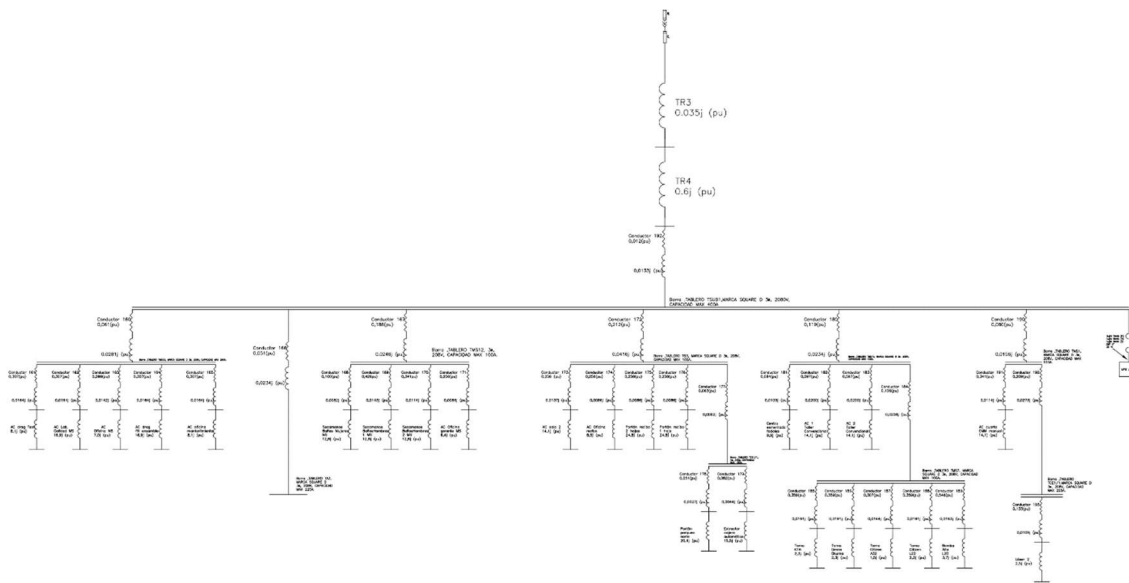


Ilustración 16. Representación diagrama impedancias (TSUB1).

Fuente: Elaboración propia (Auto Cad, 2018).

Con el diagrama de impedancias realizado con los diferentes valores, lo siguiente es simplificar el circuito obteniendo una impedancia equivalente de la barra donde se analizaron las corrientes de falla, para así obtener una corriente de falla simétrica. La corriente de falla asimétrica se obtuvo mediante el factor de asimetría, el cual la norma nos menciona que se puede aproximar mediante la ecuación:

$$FA = \sqrt{1 + 2e^{-2\pi/\left(\frac{X}{R}\right)}} \quad (8)$$

O bien se puede emplear un factor de asimetría de 1.25, esto porque la norma ANSI/IEEE 551 menciona se puede utilizar este factor para circuitos de menos de 600 V como lo son las instalaciones industriales, residenciales y comerciales.

4.1 Corriente de falla en TSUB1

Este tablero es uno de los principales del sistema, ya que es el que recibe la acometida de 208/120 V por medio del transformador de 112,5 kVA. Los aportes de corriente de falla de este tablero son provenientes de las cargas conectadas a los tableros TMS12, TMS13, TMS1, TCE1/1, TA3, TB3, TCS1/1, TMS10 y TMS7. Estas cargas se encuentran en paralelo por lo cual, se suman el inverso de las resistencias y reactancias, obteniendo una impedancia equivalente, que a su vez está en paralelo con el aporte de la empresa de suministro.

Una vez obtenida la impedancia total es posible obtener la corriente compleja I_{sim} y empleando el factor de asimetría se logra obtener la corriente de falla asimétrica.

Tabla 90. Factores y corrientes de falla en TSUB1.

Fuente: Elaboración propia

Z_{eq}	0.0546+j0.10908 p.u.
$ Z_{eq} $	0.1219802 p.u.
I_{sim}	2559.98 A
FA	1.25
I_{asim}	3199.97 A

4.2 Corriente de falla en TSUB2

Este tablero representa la acometida de 480/277 V con transformador de 500 kVA. Los aportes de corriente de falla de este tablero son provenientes de las cargas conectadas a los tableros TMS6, TSUB4, TMS9, TMS17, TCC, TMS15, TMS16, TAR, TSC, TCS2/1,

TMS2, TMS14, TB2, TSUB8, TCE1/2, TCE1/3, TSUB5 y el tercer tablero principal TSUB3. Estas cargas se encuentran en paralelo por lo cual, se suman el inverso de las resistencias y reactancias, obteniendo una impedancia equivalente, que a su vez está en paralelo con el aporte de la empresa de suministro.

Con la impedancia equivalente se obtiene la corriente compleja I_{sim} y haciendo uso del factor de asimetría se logra obtener la corriente de falla asimétrica.

Tabla 91. Factores y corrientes de falla en TSUB2.

Fuente: Elaboración propia

Z_{eq}	0.007319+j0.02109 p.u.
$ Z_{eq} $	0.0223237 p.u.
I_{sim}	19705.6 A
FA	1.25
I_{asim}	24632 A

4.3 Corriente de falla en TSUB3

Tablero derivado del tablero TSUB2, pasa primeramente por un transformador de 150kVA que reduce el voltaje a 208/120 V, contiene las cargas de los tableros TMS5, TA2, TSUB6, TB1, TING, TCE2/1, TSUB7, TMS19, TCI, TMS3, TMS18 y TMS8. Estas cargas se encuentran en paralelo por lo cual, se suman el inverso de las resistencias y reactancias, obteniendo una impedancia equivalente 1, esta impedancia se suma a la impedancia del transformador de 150 kVA, y la resultante se encuentra en paralelo con las cargas del tablero TSUB2 y el aporte de la empresa, obteniendo así una impedancia equivalente total.

Con la impedancia equivalente se obtiene la corriente compleja I_{sim} y haciendo uso del factor de asimetría se logra obtener la corriente de falla asimétrica.

Tabla 92. Factores y corrientes de falla en TSUB2.

Fuente: Elaboración propia

Zeq	0.0279+j0.035245 p.u.
Zeq	0.044954 p.u.
I sim	8459.2 A
FA	1.25
I asim	10574 A

4.4 Corriente de falla en tableros TMS2 y TMS14

Estos tableros al ser los que contienen los circuitos de las máquinas de CNC, son de suma importancia que operen siempre de manera adecuada y segura, al reducir el diagrama de impedancias y analizar estos dos puntos se obtienen las corrientes tanto simétricas como asimétricas.

Tabla 93. Factores y corrientes de falla en TMS2.

Fuente: Elaboración propia

Zeq	0.01672+j0.05246 p.u.
Zeq	0.055057 p.u.
I sim	10923 A
FA	1.25
I asim	13654 A

Tabla 94. Factores y corrientes de falla en TMS14.

Fuente: Elaboración propia

Zeq	0.02082+j0.05655 p.u.
Zeq	0.060259 p.u.

I sim	9980.42 A
FA	1.25
I asim	12475.52 A

5 Comparación y validación de resultados con SKM Power Tools.

Al igual que el análisis de cortocircuito de forma manual, para la implementación del software SKM se necesita como primer recurso un diagrama unifilar actualizado, el cual se dibuja en este programa con todos los elementos respectivos y sus características.

Teniendo esto se procede a realizar los respectivos análisis, para esto hay que indicar la simulación que se desea hacer y los datos que se quieren mostrar en el diagrama una vez finalizada la simulación. En este caso se hizo una corrida al software para un estudio de cortocircuito, este software tiene una particularidad que el análisis de cortocircuito al seleccionar que se realice en base a ANSI, toma lo estipulado en la norma ANSI/IEEE 141.

Con el análisis realizado por medio de software, se procede a determinar los datos que se quieren observar, para esto en la pestaña de RUN, se selecciona la opción de “datablock format” y se escogen los datos que se deseen. En las figuras a continuación se presentan los resultados del análisis de cortocircuito realizado por el software.

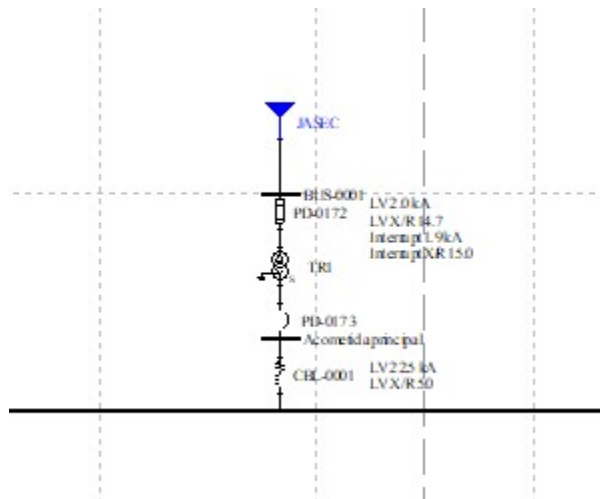


Ilustración 17. Corriente de falla en acometida principal a tablero TSUB2.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)



Ilustración 18. Corriente de falla en barra tablero TSUB3.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

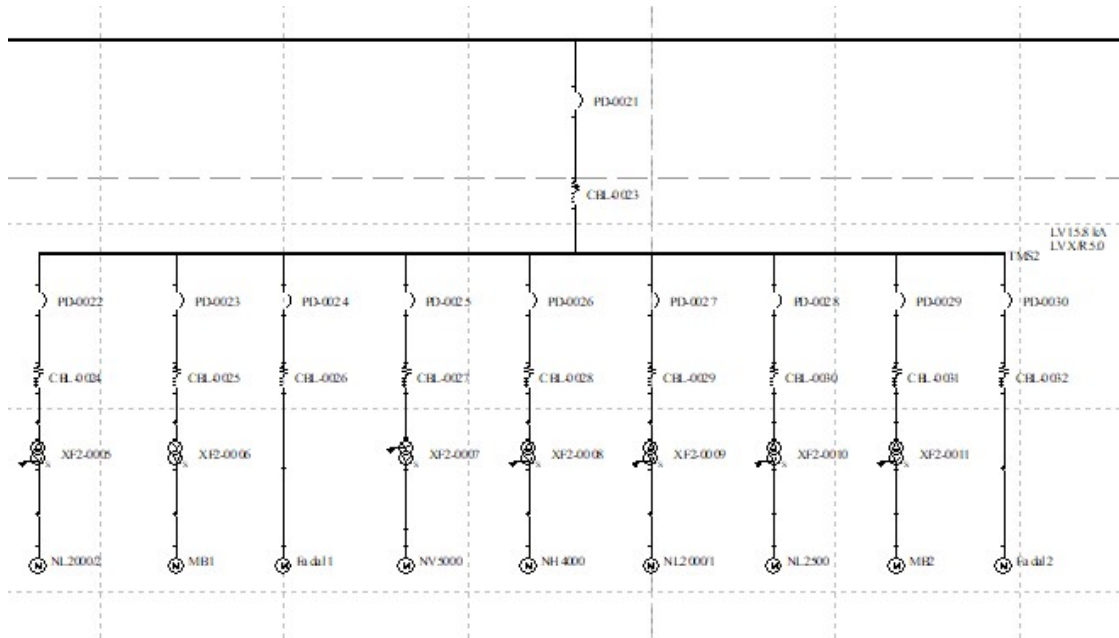


Ilustración 19. Corriente de falla en barra TMS2.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

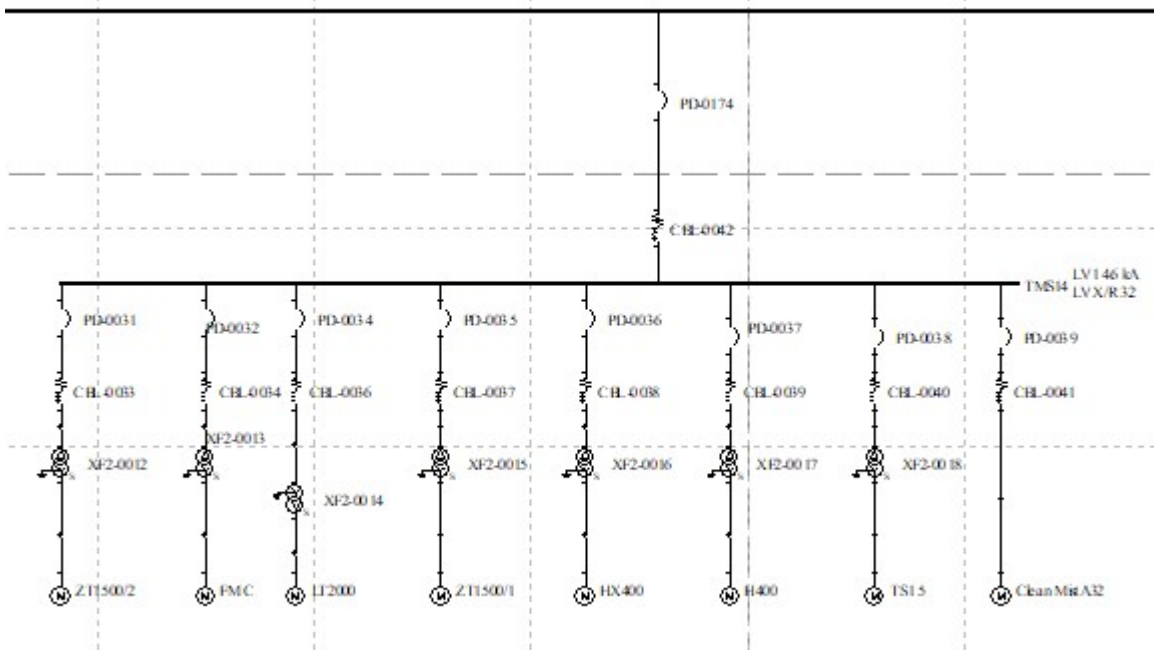


Ilustración 20. Corriente de falla en barra TMS14.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

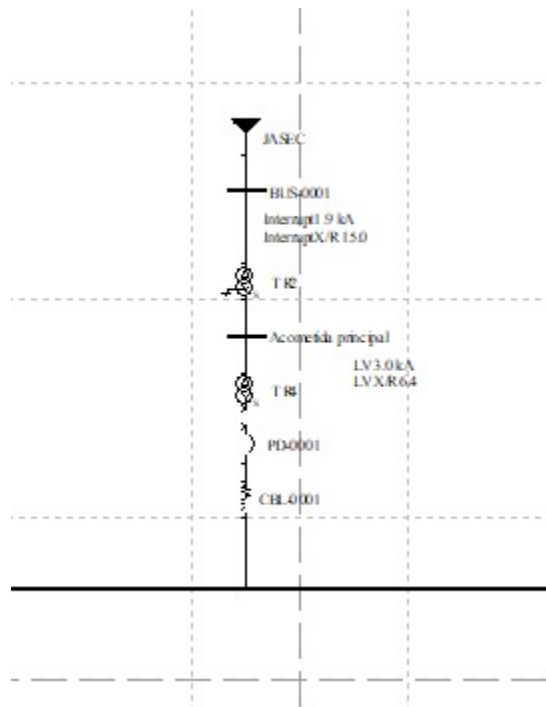


Ilustración 21. Corriente de falla en acometida principal tablero TSUB1.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

En la tabla a continuación se presentan los resultados tanto por el método de impedancias como por el software SKM, a su vez se presentan los respectivos porcentajes de error de los 5 puntos críticos de la red analizados. Estos porcentajes varían entre 6% a 14,6%, esto se debe a que el software puede trabajar con una precisión mucho mayor, de igual manera la forma en que el software manipula reactancias y resistencias para poder simplificar el diagrama y obtener la impedancia equivalente es distinta de lo que dicta la norma ANSI/IEEE 551-2006, esta recomienda calcular la impedancia equivalente variando los valores de reactancia y resistencia, manejándolos de forma separada, mientras que el software lo realiza como números complejos. Los resultados son considerables y se consideran aceptados por la norma ya que estos no superan el 25% de error.

Tabla 95. Porcentajes de error corrientes de falla.

Fuente: Elaboración propia.

Punto de evaluación	Método de impedancias	SKM Power Tools	% Error
TSUB1	3199,97	3000	6,7
TSUB2	24632	22500	9,5
TSUB3	10574	9500	11,3
TMS2	13654	15800	13,6
TMS14	12475,52	14600	14,6

6 Coordinación de protecciones

Como ya se mencionó la coordinación de protecciones se trata de un estudio tiempo-corriente de los dispositivos de protección conectados desde la carga hasta la fuente, muestra los niveles de operación de corrientes normales y anormales que pasa a través de cada dispositivo de protección. Al ser un diagrama con más de 40 tableros cada uno con protección, 23 transformadores con disyuntores tanto en el primario como en el secundario, la coordinación de protecciones se limita a los 5 puntos críticos analizados en el estudio de corto circuito.

6.1 Ramal TSUB1

La primera sección para evaluar es la acometida del tablero TSUB1, de 208/120 V, la cual como se muestra en la figura a continuación, se coordinan y comprueban las protecciones existentes, desde la acometida principal hasta el tablero TMS10, pasando por el transformador TR4 de 112.5 kVA, la dispositivo principal que protege tanto el conductor como las barras del tablero TSUB1, a partir de acá se toma como referencia el tablero TMS10, ya que, las curvas de protecciones en las demás barras tienen un comportamiento similar.

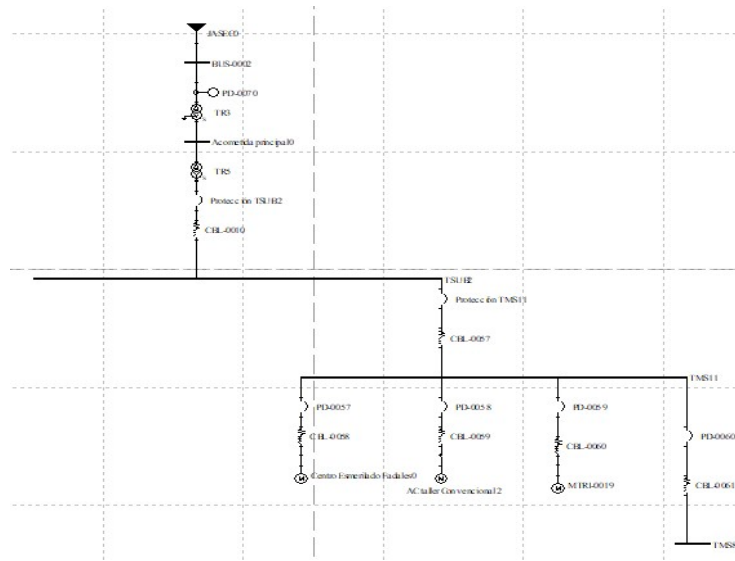


Ilustración 22. Coordinación protecciones ramal TSUB1.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

En la curva de protección se puede observar que el disyuntor de TMS10 no logra soportar la corriente de falla en cierto punto, por lo que se recomienda cambiar de protección en caso de un cortocircuito, por otro lado la protección principal se observa que si el disyuntor TMS10 no logra mitigar la falla, esta si es capaz de soportar el alto flujo de corriente y va a proteger el sistema, solo en valores muy altos de más de 5000 A, se puede llegar a ver afectado pero como se observó en los resultados de cortocircuito, la corriente de falla para este ramal la máxima es de 3199 A.

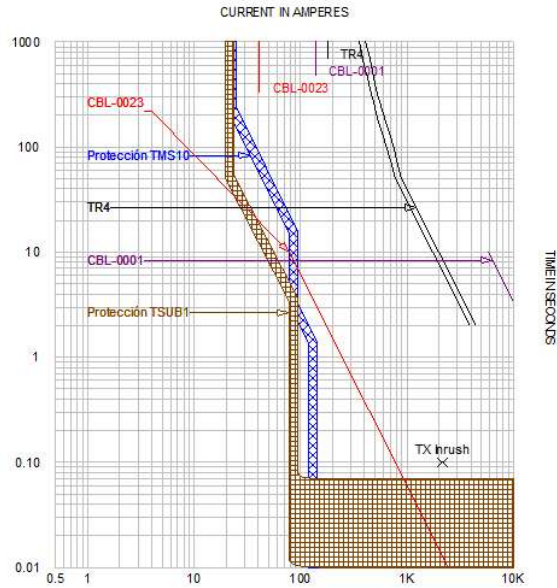


Ilustración 23. Curva de protección ramal TSUB1.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

6.2 Ramal TSUB2

El ramal TSUB 2 relacionado a la acometida principal de 480 V con transformador de 500 kVA, se realizó la coordinación y comprobación de protecciones en conjunto con los tableros TSUB3, TMS2 y TMS14, esto porque estos puntos son críticos en la red y derivados del tablero TSUB2.

En primer lugar, se muestra la sección correspondiente a TSUB2-TSUB3, la cual es una sección con un transformador de 150 kVA, que disminuye el voltaje a un valor de 208V para así dar paso al tablero principal TSUB3.

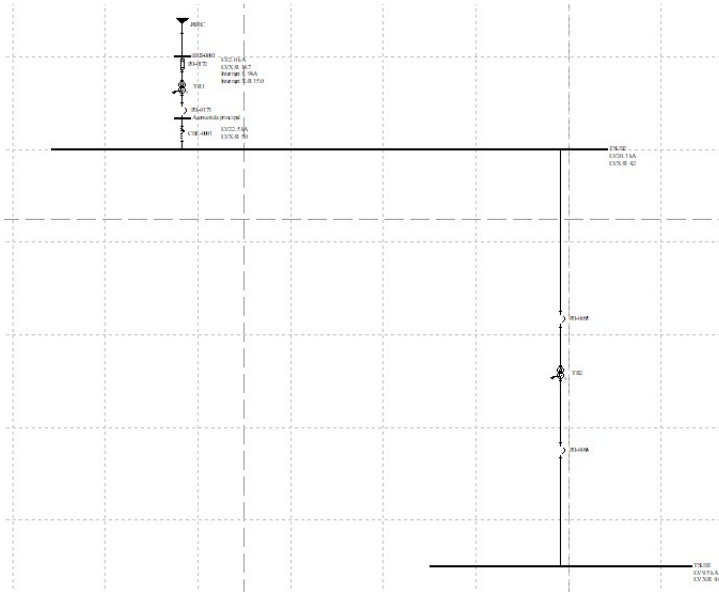


Ilustración 24. Coordinación protecciones ramal TSUB2-TSUB3.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

En la curva de protecciones se puede observar que, en caso de falla, la protección del ramal TSUB3 va a proteger tanto el conductor, cargas y transformador, por cierto periodo de tiempo antes de desconectarse, en caso de que esta protección fallara, la del ramal TSUB 2 protege tanto el ramal TSUB3 como el transformador TR1.

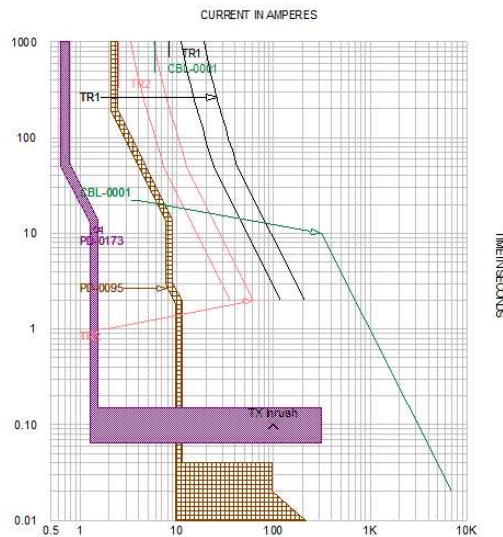


Ilustración 25. Curva de protección ramal TSUB1-TSUB3.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

A continuación, se muestran las curvas de protección correspondientes a TSUB2-TMS2 y TSUB2-TMS14, se observa que las curvas son muy similares entre ellas, en ambos casos se puede observar que el disyuntor de cada tablero se encarga de proteger tanto las cargas como los conductores en cada caso, primeramente, actúa la protección de cada tablero y de ser la falla muy grave, entra en funcionamiento el dispositivo del tablero principal, que protege también al transformador TR1.

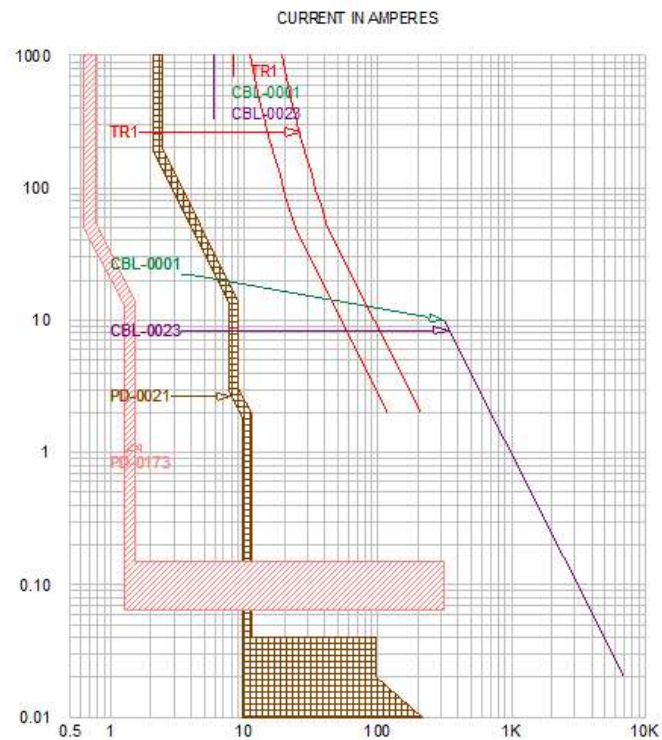


Ilustración 26. Curva de protección TMS2.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

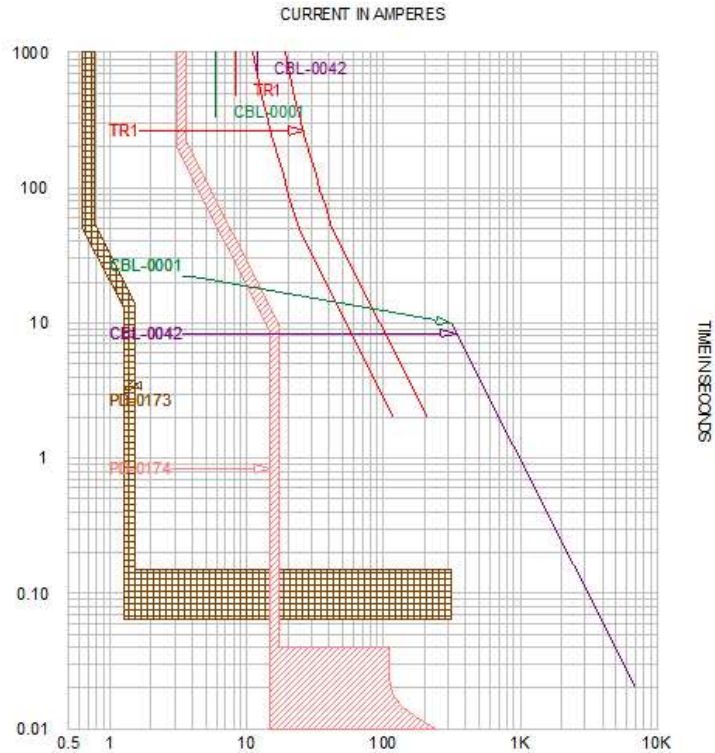


Ilustración 27. Curva de protección TMS14.

Fuente: Elaboración propia (SKM 6)

De las curvas presentadas anteriormente se puede deducir que las protecciones existentes en la red eléctrica de VITEC PRODUCTION SOLUTIONS, logran soportar las altas corrientes que se puedan presentar en una eventual falla, algunas protecciones están al límite por lo que es recomendable realizar un cambio para dar más seguridad a la instalación.

7 Justificación económica

El departamento contable de VITEC PRODUCTION SOLUTIONS facilitó datos relacionados a la ganancia por hora de cada máquina de CNC que se encuentra en planta funcionando al 100%. En la siguiente tabla se puede observar cada ganancia y el total por hora, se observa que la suma de ganancias por hora de las máquinas de CNC es de

595845.73 colones, este número es solo relacionado a estas máquinas sin tomar en cuenta los tornos y fresas convencionales que se encuentran disponibles.

Una red eléctrica segura y confiable es necesario debido a que si por un cortocircuito la red falla, la empresa va a perder 595845.73 colones por hora como mínimo en el peor de los casos que ambos tableros de CNC fallen, para esto el estudio de cortocircuito toma un alto valor ya que permite conocer el comportamiento de la red en caso de cortocircuito, y una adecuada coordinación de protecciones maneja de forma correcta como se debe intervenir la falla por medio de los dispositivos de seguridad.

Tabla 96. Ganancia producción por hora de cada máquina.

Fuente: Elaboración propia.

Area	Máquina	Ganancia producción/hora
Machine Shop	Citizen A32	CRC 34,058.92
Machine Shop	Fadal 1	CRC 21,524.86
Machine Shop	Fadal 2	CRC 12,921.69
Machine Shop	Kitamura HX400	CRC 13,605.66
Machine Shop	FMC	CRC 13,605.66
Machine Shop	Citizen K16	CRC 34,058.92
Machine Shop	Okuma Genos L250	CRC 34,058.92
Machine Shop	LT2000EX	CRC 45,252.55
Machine Shop	MB4000H	CRC 48,944.97
Machine Shop	NH4000	CRC 48,944.97
Machine Shop	NL2000/1	CRC 26,743.04
Machine Shop	NL2000/2	CRC 26,743.04
Machine Shop	NL2500	CRC 26,743.04
Machine Shop	NV5000	CRC 21,524.86
Machine Shop	ZT1500/1	CRC 45,252.55

Machine Shop	ZT1500/2	CRC 45,252.55
Machine Shop	H400	CRC 13,605.66
Machine Shop	MB4000H (2)	CRC 48,944.97
Machine Shop	L20 Swiss Lathe	CRC 34,058.88
Total		CRC 595,845.73

Una falla por cortocircuito como ya se vio genera corrientes muy altas que pueden llegar a perjudicar los equipos, este tipo de maquinaria al ser muy sensible a desconexiones o problemas en la red, pueden llegar a fallar de gravedad, poniendo en prueba la integridad física de la máquina como del operario. Si la maquinaria se descompusiera primeramente se pierde la ganancia por producción relacionada a cada una, y segundo es que son máquinas muy costosas tanto en repuestos como en valorar la opción de adquirir una nueva.

8 Conclusiones y recomendaciones

- Contar con diagramas unifilares actualizados permite una mejor manipulación de la información y por ende una gestión de mantenimiento eléctrico más efectiva.
- Para la corriente de cortocircuito una adecuada distribución de planta será primordial, en el momento de falla como están conectados los tableros implica que tanto están aportando a la falla, para esto se recomienda una redistribución de los tableros eléctricos actuales y un balanceo de cargas.
- Por medio de lo mencionado en la norma ANSI/IEEE 551-2006 y ANSI/IEEE 141-1993 se calculan las corrientes de cortocircuito y como está se comporta en diferentes puntos críticos de la red eléctrica de VITEC PRODUCTION SOLUTIONS, estos valores no son permanentes, ya que, con carga nueva conectada y el desgaste de los equipos varían.
- Los porcentajes de error entre la comparación de los datos manuales contra los suministrados por el software SKM Power Tools, son aceptables porque presentan menos del 25% de error que dicta la norma ANSI 551.
- Se realizó la verificación de protecciones por medio de una coordinación de protecciones adecuada, se recomienda sustituir algunos dispositivos de protección que se encuentran al límite de los valores de corriente de cortocircuito.
- Es recomendable actualizar los planos eléctricos cada vez que se presenten cambios en la instalación o cada 5 años, también se recomienda realizar un análisis de cortocircuito cada año.

9 Bibliografía

- Barahona, G. (2015). *Análisis de cortocircuitos*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Barrantes, J. (2014). *Estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en CVG ALUNASA*. Costa Rica.
- García, J. (2016). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión*. Madrid: Paraninfo.
- Gómez, D. (03 de Mayo de 2018). *ptolomeo*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/801/A7.p>
- Grainger, J. (1996). *Análisis de sistemas de potencia*. México: McGraw Hill.
- Guerrero, R. (2012). *Montaje y mantenimiento de transformadores*. Málaga: Innovación y cualificación S.L.
- MacDowell, J., Halpin, M., & Jackson, G. (2006). *Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems*. IEEE.
- Moylan, W., Huening, W., & St.Pierre, C. (1993). *Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*. IEEE.
- Serpinet, M., & Morel, R. (2007). *La selectividad energética BT*. Schneider Electric.
- SKM. (2006). *DAPPER Reference Manual*. SKM.

ANEXOS

Anexo 1: Tablas y gráficas de diseño

Tabla 97. Valores de impedancias de conductores (Tabla 9).

Tabla 9. Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 ° C (167° F). Tres conductores individuales en un conduit.

Calibre (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro Ohms al neutro por 1000 pies															Calibre (AWG o kcmil)
	X_L (Reactancia) para todos los alambres:		Resistencia en corriente alterna para alambres de cobre sin recubrir			Resistencia en corriente alterna para alambres de aluminio			Z eficaz a $FP = 0.85$ para alambres de cobre sin recubrir			Z eficaz a $FP = 0.85$ para alambres de aluminio				
	Conduit de PVC + Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero		
14	0.190 0.058	0.240 0.073	10.2 3.1	10.2 3.1	10.2 3.1	— —	— —	— —	8.9 2.7	8.9 2.7	8.9 2.7	— —	— —	— —	14	
12	0.177 0.054	0.223 0.068	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	10.5 3.2	10.5 3.2	10.5 3.2	5.6 1.7	5.6 1.7	5.6 1.7	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	12	
10	0.164 0.050	0.207 0.063	3.9 1.2	3.9 1.2	3.9 1.2	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	10	
8	0.171 0.052	0.213 0.065	2.56 0.78	2.56 0.78	2.56 0.78	4.3 1.3	4.3 1.3	4.3 1.3	2.26 0.69	2.26 0.69	2.30 0.70	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	8	
6	0.167 0.051	0.210 0.064	1.61 0.49	1.61 0.49	1.61 0.49	2.66 0.81	2.66 0.81	2.66 0.81	1.44 0.44	1.48 0.45	1.48 0.45	2.33 0.71	2.36 0.72	2.36 0.72	6	
4	0.157 0.048	0.197 0.060	1.02 0.31	1.02 0.31	1.02 0.31	1.67 0.51	1.67 0.51	1.67 0.51	0.95 0.29	0.95 0.29	0.98 0.30	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	4	
3	0.154 0.047	0.194 0.059	0.82 0.25	0.82 0.25	0.82 0.25	1.31 0.40	1.35 0.41	1.31 0.40	0.75 0.23	0.79 0.24	0.79 0.24	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	3	
2	0.148 0.045	0.187 0.057	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1.05 0.32	1.05 0.32	1.05 0.32	0.62 0.19	0.62 0.19	0.66 0.20	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	2	
1	0.151 0.046	0.187 0.057	0.49 0.15	0.52 0.16	0.52 0.16	0.82 0.25	0.85 0.26	0.82 0.25	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.79 0.24	0.79 0.24	0.82 0.25	1	
1/0	0.144 0.044	0.180 0.055	0.39 0.12	0.43 0.13	0.39 0.12	0.66 0.20	0.69 0.21	0.66 0.20	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1/0	
2/0	0.141 0.043	0.177 0.054	0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	2/0	
3/0	0.138 0.042	0.171 0.052	0.253 0.077	0.269 0.082	0.259 0.079	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.289 0.088	0.302 0.092	0.308 0.094	0.43 0.13	0.43 0.13	0.46 0.14	3/0	
4/0	0.135 0.041	0.167 0.051	0.203 0.062	0.220 0.067	0.207 0.063	0.33 0.10	0.36 0.11	0.33 0.10	0.243 0.074	0.256 0.078	0.262 0.080	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	4/0	
250	0.135 0.041	0.171 0.052	0.171 0.052	0.187 0.057	0.177 0.054	0.279 0.085	0.295 0.090	0.282 0.086	0.217 0.066	0.230 0.070	0.240 0.073	0.308 0.094	0.322 0.098	0.33 0.10	250	
300	0.135 0.041	0.167 0.051	0.144 0.044	0.161 0.049	0.148 0.045	0.233 0.071	0.249 0.076	0.236 0.072	0.194 0.059	0.207 0.063	0.213 0.065	0.269 0.082	0.282 0.086	0.289 0.088	300	
350	0.131 0.040	0.164 0.050	0.125 0.038	0.141 0.043	0.128 0.039	0.200 0.061	0.217 0.066	0.207 0.063	0.174 0.053	0.190 0.058	0.197 0.060	0.240 0.073	0.253 0.077	0.262 0.080	350	
400	0.131 0.040	0.161 0.049	0.108 0.033	0.125 0.038	0.115 0.035	0.177 0.054	0.194 0.059	0.180 0.055	0.161 0.049	0.174 0.053	0.184 0.056	0.217 0.066	0.233 0.071	0.240 0.073	400	

Fuente: NEC, 2008.

Tabla 98. Conductores eléctricos y sus ampacidades.

Size AWG or kcmil	Temperature Rating of Conductor (See Table 310.13.)						Size AWG or kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUM				
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

Fuente: NEC, 2008.

Tabla 99. Corrientes nominales motores.

Horse-power	Induction-Type Squirrel Cage and Wound Rotor (Amperes)							Synchronous-Type Unity Power Factor* (Amperes)			
	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1½	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	—	—	—	—	—
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
3	—	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
7½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
10	—	32.2	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—
50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

*For 90 and 80 percent power factor, the figures shall be multiplied by 1.1 and 1.25, respectively.

Fuente: NEC, 2008.

Tabla 100. Corrientes de arranque motores.

Rated Horsepower	Maximum Motor Locked-Rotor Current in Amperes, Two- and Three-Phase, Design B, C, and D*					
	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts
	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D
½	40	23	22.1	20	10	8
¾	50	28.8	27.6	25	12.5	10
1	60	34.5	33	30	15	12
1½	80	46	44	40	20	16
2	100	57.5	55	50	25	20
3	—	73.6	71	64	32	25.6
5	—	105.8	102	92	46	36.8
7½	—	146	140	127	63.5	50.8
10	—	186.3	179	162	81	64.8
15	—	267	257	232	116	93
20	—	334	321	290	145	116
25	—	420	404	365	183	146
30	—	500	481	435	218	174
40	—	667	641	580	290	232
50	—	834	802	725	363	290
60	—	1001	962	870	435	348
75	—	1248	1200	1085	543	434
100	—	1668	1603	1450	725	580
125	—	2087	2007	1815	908	726
150	—	2496	2400	2170	1085	868
200	—	3335	3207	2900	1450	1160
250	—	—	—	—	1825	1460
300	—	—	—	—	2200	1760
350	—	—	—	—	2550	2040
400	—	—	—	—	2900	2320
450	—	—	—	—	3250	2600
500	—	—	—	—	3625	2900

*Design A motors are not limited to a maximum starting current or locked rotor current.

Fuente: NEC, 2008.

Buenos días,

La corriente de Corto circuito en el punto es de

LG= 2880A

LLLG= 3900A

Saludos cordiales!

Ing. María del Milagro Villalta Romero, Coordinadora, a.i
Proceso Operar La Red. UEN Distribución



Ilustración 28. Datos de aporte de la red suministradora.

Fuente: JASEC.