



Facultad de Ingeniería
Ingeniería Electromecánica

Programa Especial de Titulación

“Modernización del Centro de Control de Motores Inteligentes en Planta
Cementera”

Autor:

Nelson Angelo Aguilar Luyo

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electromecánico

Asesor: Mg. Ing. Quispe Pichiule Isauro Francisco

Lima - Perú
2022

“Modernización del Centro de Control de Motores Inteligentes en Planta Cementera”

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	www.irs.com.ve Fuente de Internet	1%
5	www.infoplcn.net Fuente de Internet	1%
6	idoc.pub Fuente de Internet	1%
7	nanopdf.com Fuente de Internet	<1%
8	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%

Índice

1. Resumen	8
2. Problema de ingeniería	9
3. Objetivos.....	10
3.1 Objetivos Generales	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
4. Estado del Arte y Marco Teórico	11
4.1 Estado del Arte	11
4.2 Marco teórico	16
4.2.1 Sistema de control.....	16
4.2.2 Características de los sistemas de control	17
4.2.3 Tipos de sistemas de control.....	17
4.2.3.1 Sistemas manuales.....	18
4.2.3.2 Sistemas automáticos.....	18
4.2.3.3 Sistemas de control inteligente.....	20
4.2.3.3.1 Diagrama de bloques	20
4.2.4 Implementación de la modernización	21
4.2.4.1 SIMOCODE PRO-C.....	21
4.2.4.2 Protocolo de comunicación PROFIBUS de un CCM	24
4.2.5 Redes de comunicación ASI-i de un CCM.....	24
4.2.5.1 Interfase (AS-i).....	24
4.2.5.2 Componentes del sistema en conjunto (AS-i).....	25
4.2.5.3 Características del sistema y datos básicos importantes	27
4.2.5.4 Seguridad del sistema	28
4.2.5.5 Fases operativas del Interface del AS-i.....	28
4.2.6 Beneficios de un CCM en la automatización industrial	30
4.2.7 Centro de control de motores.....	32
4.2.8 Características constructivas de un CCM.....	33
4.2.8.1 Tablero Auto soportados IEC6143	34
4.2.8.2 Estructura de la norma IEC 61439	34
4.2.8.3 Grado de Protección IP Según IEC 60529 para tableros auto soportados	35
4.2.8.4 Grado de protección IK de los envolventes para tableros auto soportados	36
4.2.8.5 Diseño de un CCM.....	37
4.2.9 Consideraciones de diseño de un CCM	37
4.2.9.1 Voltaje de Alimentación de los CCM	37

4.2.9.2	Selección de Cables de Energía	38
4.2.9.3	Rotación de Motores.....	39
4.2.9.4	Corriente y temperatura.....	41
4.2.9.5	Sobrecargas.....	41
4.2.9.6	Aislamiento de conductores	42
4.2.9.7	Corriente de cortocircuito eléctrico sin protección circuitos.....	43
4.2.9.8	Corriente de cortocircuito en activación	43
4.2.9.9	Clasificación de voltajes del CCM	44
4.2.10	Máxima Demanda	45
4.2.11	Cálculo de Sección de conductores para cargas Eléctricas	46
4.2.12	Caída de Tensión	47
4.2.1	Cálculo de la Intensidad de Cortocircuito	48
4.2.2	Mantenimiento de un CCM.....	49
4.3	Códigos y Normas	50
4.3.1	Normas Internacionales	50
4.3.2	Códigos y Normas Peruanas	50
5.	Trabajo realizado.....	51
5.1	Proceso de fabricación de un Centro de Control de Motores	53
5.1.1	Etapa de presupuesto de materiales	55
5.1.1.1	Costos de desarrollo de Ingeniería Electromecánica.	55
5.1.1.2	Costos de compra de equipamiento electromecánico	55
5.1.1.3	Costos de Construcción de CCM BT	56
5.1.1.4	Costos de montaje y puesta en marcha de CCM BT Sala eléctrica Cribado.....	56
5.1.1.5	Total de Inversión para CCM BT – Cribado	56
5.1.2	Etapa de Ingeniería	56
5.1.2.1	Cuadro de Cargas.....	57
5.1.2.2	Disposiciones de los equipos mecánicos.....	57
5.1.2.3	Disposición de los Embarrados	58
5.1.2.4	Características de los equipos de Potencia	58
5.1.3	Etapa de Montaje	60
5.1.3.1	Tablero 1	60
5.1.3.2	Tablero 2	61
5.1.3.3	Tablero 3.....	62
5.1.3.4	Tablero 4.....	63
5.1.3.5	Tablero 5.....	64
5.1.3.6	Tablero 6.....	65

5.1.3.7	Tablero 7	67
5.1.3.8	Tablero 8	67
6.	Resultados.....	70
6.1	Cálculo de Máxima Demanda	70
6.1.1	Consideraciones de Diseño	70
6.1.1.1	Concentración de Cargas	70
6.1.1.2	Factores de Cálculo	70
6.1.2	Normas de Referencia.....	70
6.2	Cálculo de Sección de conductores para cargas Eléctricas	72
6.2.1	Consideraciones de Diseño	72
6.2.2	Normas y Referencias	73
6.2.3	Pasos a seguir	73
6.2.4	Cálculo	74
6.3	Cálculo de Selección del Conductor por Caída Tensión	75
6.3.1	Pasos a seguir	75
6.4	Cálculo de la intensidad de cortocircuito	76
7.	Conclusiones	80
8.	Bibliografía.....	81
9.	Anexos.....	84
ANEXO 1 PLANOS DE DETALLE DE INGENIERIA MECANICA DE TABLEROS AUTOSOPORTADOS.....		84
ANEXO 2 PLANOS DE DETALLE DE INGENIERIA ELECTRICA		89
ANEXO 3 PLANOS DE DETALLE DE ARQUITECTURA DE CONTROL		90
ANEXO 4: CUADROS DE CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DE CABLES DE ENERGÍA PARA CABLEADO INTERIOR DE TABLERO AUTOSOPORTADOS.....		91
ANEXO 5: PLANOS DE SOPORTES DE DESCANSO DE TABLEROS AUTOSOPORTADOS DE CCM		92
ANEXO 6: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES GANTT		94

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema general de un sistema de control [6]	16
Figura 2. Funcionamiento básico de un sistema de control automático [10]	19
Figura 3. Elementos básicos de un diagrama de bloques [15]	21
Figura 4 Esquemas de distribución de potencia para variador Power Flex 753 [20]	22
Figura 5 Integración en el circuito principal, control y en el nivel de automatización [20].....	23
Figura 6. Configuración de una derivación a motor (arrancador directo) con SIMOCODE PRO [20].....	23
Figura 7. Conexión de los componentes AS-i [21]	25
Figura 8 Ciclo de vida del CCM en función del Mantenimiento [22]	49
Figura 9. Formas constructivas de un CCM [4]	34
Figura 10: Proceso de fabricación de los tableros.....	35
Figura 11 Voltaje en Función del Tiempo en un Motor Trifásico [27].....	38
Figura 12 Conexión de Bobinas dentro de un Motor Eléctrico [27].....	38
Figura 13 Vista Mecánica de un Motor Trifásico [27]	40
Figura 14 Esquemas de conexión de giro Directo de un Motor Trifásico [27]	40
Figura 15 Esquema de Conexión de giro Inverso de un Motor Trifásico [27].....	41
Figura 16 Perdidas por efecto Joule en un Conductor [28].....	41
Figura 17 Comportamiento del cortocircuito en circuitos eléctricos [25].....	43
Figura 18 Comportamiento de la Energía máxima en cortocircuito [25].....	43
Figura 19 Corriente de cortocircuito [25].....	44
Figura 20 Centro de control de Motores	44
Figura 21 Centro de Control de Motores [CAROB Energy Perú].....	51
Figura 22: Proceso de un CCM.....	53
Figura 26: Tableros Auto soportados del CCM [CAROB Energy Perú].....	58
Figura 27: Disposición de los Equipos en los tableros del CCM [CAROB Energy Perú]	59
Figura 28: Interruptor de potencia 3WL – SIEMENS [20]	60
Figura 29 Interruptor de Caja Moldeada	61
Figura 30: Analizador de Redes SENTRON PAC3200-SIEMENS [20].....	62
Figura 31 Maestro AS-i [20]	63
Figura 32 Simocode Pro- C-Arranque. [CAROB Energy Perú].....	64
Figura 33 Arranque Directo con Simocode.....	65
Figura 34 Arranque Directo con Modulo AS-I. [CAROB Energy Perú]	66

Figura 35 Plano desarrollado de arranque Directo con Modulo AS-I.....	66
Figura 36: Interruptor miniatura 5SY4202-7 [20]	67
Figura 37: Arranque de Válvula CCM- Cribado	68
Figura 38: Vista Frontal de CCM- Cribado [CAROB Energy Perú].....	69
Figura 39: Vista de Flujo de Proceso CCM- Cribado [CAROB Energy Perú].....	69

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de sistemas de control [8]	17
Tabla 2 Índice de protección contra contactos y cuerpos extraños – 1era cifra. [26]	35
Tabla 3 Índice de protección contra agua– 2da cifra. [26]	36
Tabla 4: Relación entre grado de protección y la energía de impacto [26].....	36
Tabla 5 Fuentes especificaciones técnicas de cables [17]	39
Tabla 6. Matriz de consistencia.....	52
Tabla 7: Producción de la cementera a través de los Años. [24].....	54
Tabla 8 Costos de los procesos de ingeniería [CAROB Energy Perú].....	55
Tabla 9 Costos de los equipos de fuerza para tablero de fuerza y control arranque	56
Tabla 10 Costos de los equipos de fuerza para tablero de fuerza y control arranque	56
Tabla 11 Costos de los equipos de fuerza para tablero de fuerza y control arranque	56
Tabla 12: Consideraciones del tablero de CM.....	57
Tabla 13: Características Constructivas [8]	59
Tabla 14: Montaje del Tablero 1 [Anexo 9].....	60
Tabla 15: Montaje del Tablero 2 [Anexo 9].....	61
Tabla 16: Montaje del Tablero 3 [Anexo 9].....	62
Tabla 17: Montaje del Tablero 4 [Anexo 9].....	63
Tabla 18: Montaje del Tablero 5 [Anexo 9].....	64
Tabla 19: Montaje del Tablero 6 [Anexo 9].....	65
Tabla 20: Montaje del Tablero 7 [Anexo 9].....	67
Tabla 21: Montaje del Tablero 8 [Anexo 9].....	67
Tabla 22 Cuadro de Corrientes Nominales del CCM	74
Tabla 23 Cuadro del Nivel de Tensión de dispositivos.....	75
Tabla 24 : Selección de conductores de la marca INDECO [Anexo 9].....	76

Tabla 25: Selección de conductores de la marca INDECO	77
Tabla N 26: Selección de conductores de la marca INDECO.....	78
Tabla 27 Cuadro de cargas del Centro de Control de Motores.....	95
Tabla 28 Consideraciones de Diseño de un Centro de Control de Motores.....	96
Tabla 29 Lista de Materiales para fabricación del CCM.....	97
Tabla 30 Equipos de fuerza para tablero de fuerza y control arranque	98
1.	
Tabla 32 Costos de los equipos de fuerza para tablero de fuerza y control arranque	100
Tabla 33 Esclavos AS-I	101

1. Resumen

El presente informe de suficiencia profesional describe los estudios realizados de diseño, cálculo, dimensionamiento, selección, construcción y montaje electromecánico del proyecto de “Modernización del centro de control de motores inteligentes en Planta cementera” el cual pertenece al grupo de proceso de chancado secundario etapa de cribado, para la mejora de las instalaciones de la Subestación eléctrica 241SB1 Este proyecto está en las instalaciones de la planta cementera – Lima. El proyecto de modernización del centro de control de motores de BT para la Subestación de cribado cuenta con 50 consumidores distribuidos en 8 tableros auto soportados controlados por protocolo AS-I y PROFIBUS, 1 interruptor automático de bastidor abierto 3WL siemens, 4 medidor multifunción SENTRON PAC3200 siemens con protocolo PROFIBUS, tensión de fuerza de 440VAC y 220VAC con tensión de control de 110 VAC y 24 VDC para la Red AS-i. Bajo el enfoque de la filosofía CEMAT siemens, el propósito del proyecto es la integración de un Centro de Control de motores(CCM) a su sistema de supervisión, control y adquisición de datos en tiempo real, con esta modernización se lograra la operación y visualización de históricos de fallas para una optimización de solución de problemas por parte del área de mantenimiento Eléctrico/Mecánico por lo cual el presente informe de suficiencia profesional corrobora las buenas prácticas de selección de equipos electromecánicos instalados en la etapa de proceso de cribado.

2. Problema de ingeniería

Es imperante explicar que el desarrollo de las empresas industriales depende de la tecnología en sus máquinas electromecánicas, las cuales necesitan una gran inversión de dinero pues muchas de ellas podrían haberse adquirido hace más de una década generando una depreciación convertida en obsolescencia que limita o estanca los avance y crecimiento empresarial y de procesos de producción.

Ahora bien, el mantenimiento de los equipos eléctricos de un Centro de control de Motores (CCM) en BT requiere una actualización adecuada del equipamiento que a pesar de que se encuentra en buen estado requiere realizar algún cambio por el tiempo de operación.

La búsqueda por mayores niveles de productividad genera un incremento de nuevas variables que se integren al nivel de proceso y supervisión, y adquirir mayor información en un histograma de tiempo real de las instalaciones en la planta de producción de cemento, por ello es imprescindible tener mayor maniobrabilidad de estos para así asegurar la integridad de los operarios y los dispositivos dentro de la sala eléctrica y que a su vez guarden armonía con la distribución de los espacios de trabajo.

Por lo tanto, esta mejora debe llevar un constante control de la depreciación de los equipos y de la búsqueda de la eficiencia en los mismos para lograr un exitoso desarrollo de ingeniería para la modernización del CCM inteligente.

3. Objetivos

3.1 Objetivos Generales

Desarrollar la Modernización del centro de control de motores inteligentes en la planta cementera

3.2 Objetivos específicos

- Integrar el Centro de Control de Motores (CCM) a su sistema de monitoreo y captación de la información en tiempo real de la planta cementera.
- Desarrollar ingeniería conceptual, básica y de detalle (planos eléctricos, mecánicos y arquitectura de red), del proyecto de modernización del CCM inteligente para la planta cementera.
- Calcular y dimensionar el equipamiento electromecánico y los conductores eléctricos para la construcción y fabricación del centro de control de motores (CCM).
- Evaluar costos de inversión del centro de control de motores (CCM) y la lista de materiales de equipamiento.
- Aumentar la seguridad de los equipos de maniobra y accionamientos de arranques de motores eléctricos de baja tensión.

4. Estado del Arte y Marco Teórico

4.1 Estado del Arte

- a. Para el desarrollo de la presente investigación “Análisis de las instalaciones eléctricas MT/BT para el suministro de energía mediante el de centro de control de motores y compensación de energía ineficaz en nuevas fábricas de alimentos para mascotas - "Molitalia" Huachipa-Lima”, cuyo objetivo fue la búsqueda del funcionamiento óptimo de las instalaciones de la industria mencionando, enfocándose en la mejora de las redes eléctricas, abordando los procesos de distribución, control, medición y suministro de la energía para asegurar un óptimo aprovechamiento de estas. Con la metodología de estimación básica de los parámetros de suministro eléctrico en tensión media, además de seleccionar y disponer los equipos más importantes, se diseñó e implementó dos CCM (Centros de Control de Motores), referente a la compensación de energía reactiva se cuantificó las cargas mediante el análisis de las características eléctricas del total de cargas, identificando el factor de potencia [1].

De igual manera como resultados se obtuvo un diseño satisfactorio de los CCM cumpliendo con los requerimientos de la normativa, entre los CCM aplicados el de mejor aprovechamiento resultó ser el Extruder con 60%, mientras que el Liquids and Coater solo alcanzó el 23%, referente a la implantación del sistema de compensación de energía reactiva se evidenció rentabilidad, incurriendo en un ahorro de \$11,961.23 al año, también se evidenciaron beneficios en otras áreas, como en la reducción de: alimentadores de cargas (entre 2.46% y 1.84%), la caída de tensión (entre 1.96% y 1.06%) y las pérdidas de los conductores con un máximo de 21.53%, también acrecentó la potencia disponible (entre 4.59% y 15.48%), finalmente los arrancadores electrónicos implementados permitieron ahorrar 44% de los costos cuando se usaban los arrancadores tradicionales; concluyendo que el CCM puede ser aplicado a múltiples industrias y que resulta rentable a largo plazo. [2]

- b. Desarrolló la tesis “Estimación y elección del centro de control de motores en baja tensión para sistema de tratamiento de efluentes por contaminantes bioquímicos y orgánicos para Petroperú – Lima”, donde el objetivo fue la elaboración del diseño de un CCM partiendo de datos y el equipamiento necesario en la realización del cálculo y construcción del mencionado equipo;

como metodología se determinaron los parámetros necesarios para el diseño eléctrico de los circuitos que derivan del CCM, se realizaron diversos cálculos (dimensionamiento de conductores, caída de tensión, máxima demanda requerida para el CCM en baja tensión y la corriente de corto circuito para establecer las protecciones de los CCM); como resultados en cuanto a las simulaciones de flujo carga, operativo en baja tensión, no se presentaron sobrecargas en los conductores no en las redes de distribución, manteniéndose con valores entre los 0.46 kV y 0.23 kV, tampoco se evidenciaron sobrecargas en los transformadores de potencia, referente a los cálculos realizados para la verificación del correcto diseño del CCM se obtuvieron valores positivos, permitiendo la verificación de dimensiones adecuadas, los interruptores soportaban las corrientes de cortocircuito más desfavorables, finalmente la capacidad térmica de las barras en 0.46 kV se encuentran adecuadamente dimensionadas (40 kA) para soportar las corrientes de cortocircuito más desfavorables, por lo que se concluyó que el diseño del CCM fue adecuado y rentable en contraste con los que se encuentran disponibles en el mercado, además que este sistema permitiría la integración de otros sistemas permitiendo tener una mejor gestión de las diferentes actividades [3].

- c. Desarrollaron una tesis denominada "Representación de un centro de control de motores "CCM" para arranque con relé inteligente UMC (Universal Motor Controller) considerando niveles de seguridad SIL para el sector Oil and Gas", en la que tuvo como objetivo la determinación de las características de un CCM para lograr el arranque con un relé inteligente tomando en cuenta la normativa vigente para el mencionado sector, la metodología está dividida en dos partes; para la parte uno se recopiló información de los parámetros funcionales y técnicos pertinentes para el diseño de un CCM cumpliendo con los estándares planteados en la norma IEC 61439-1/2, funcionando en baja tensión, para otorgarle confiabilidad al modelo, este, se encontrará bajo el SIL (Safety Integrity Level); para la parte dos se analizó la información recopilada y se determinaron los costos de la implantación y los componentes del CCM; como resultados se obtuvo que el arranque teniendo un relé inteligente supone una mejora en contraste con el uso del arranque tradicional, ya que se evidencian beneficios en la seguridad, confiabilidad, monitoreo y funcionalidad, también se observó que la norma solo describe estándares para los componentes que contienen E/E/EP, más no se considera las protecciones de tipo pasivo, finalmente en cuanto a los costos generales de la implantación del CCM, se obtiene un valor de \$9,323.85;

se concluyó que el costo es alto, dentro del CCM, para el sector en mención, destacó por lo costoso el barraje de cobre y los equipos de potencia [4].

- d. Desarrollaron un trabajo de suficiencia profesional denominada “Diseño del Centro de Control de Motores en BT y MT de la ampliación de planta de chancado secundario sociedad minera el brocal ”, en la que tuvo como objetivo la determinación de las características de un CCM para lograr el funcionamiento de los 08 motores en BT y 02 motores en MT, desarrollado en conjunto con los procesos de ingeniería básica y detalle, la metodología que se empleo fue en base a los requerimientos necesarios solicitados estas planteadas por las condiciones de operación de arranque cumpliendo con los estándares de la norma IEC 61439-1/2, fundamentadas en los planos P&ID, PFD; como resultados de la simulación de arranque de los motores en media tensión y considerando los el escenario más severo cerca al diseño térmico del motor el tiempo de arranque es 16.5 segundos, con un corriente de arranque del 680% del FLA y caída de tensión dentro del rango permisible del $\pm 5\%$ de la tensión nominal, finalmente para el diseño del centro de control de motores se debe tener los datos de la carga a conectar, conocer los parámetros eléctricos del sistema y el lugar de instalación, para una adecuada selección de equipos, protección del motor y del personal a operar. concluyó que la capacitación técnica para la operación, mantenimiento y detección de fallas comunes durante la puesta en servicio de la sala de control de motores por parte del proveedor es de suma importancia para salvaguardar la vida útil de los equipos [5].
- e. Desarrollaron un trabajo de suficiencia profesional denominada “Implementación de un sistema de control de campo para arranque de un motor síncrono de 4000 hp ”, en la que tuvo como objetivo la evaluación, estudio e implementación de los equipos del sistema de arranque modernos de los motores síncronos como el control con el controlador SPM (Synchronous Motor Protection) de General Electric y el suministro de campo VFC (Variable Field Control) en la ejecución del sistema de molinos en la planta Minera, la metodología se basó en confiabilidad de los motores modernos para una adecuada adaptación al sistema eléctrico de la minera ya que la mayoría de sus motores cuenta con más de 50 años de antigüedad que al no contar con la disponibilidad de repuestos en el mercado es afectada; como resultados se hicieron pruebas en vacío y se verifico los parámetros por un periodo de tiempo y todos los parámetros estaban dentro del rango de operación sin mostrar sobrecalentamientos en el circuito de aplicación ni recalentamiento del motor, finalmente En el funcionamiento a plena

carga los parámetros se mantuvieron dentro del rango sin sobrecalentamientos en el circuito de aplicación ni en el motor. concluyó que es necesario tomar en cuenta el ambiente de operación, la estandarización y el modo de operación continuo para la selección de equipos y dispositivos de control para el molino para una operación confiable por ser un equipo crítico en el sistema de producción [6].

- f. Desarrolló el trabajo de suficiencia profesional “Análisis de arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140000 tn/día ubicado a 4200 m.s.n.m. para la implementación de medidas de seguridad del personal y equipos”, cuyo objetivo Realizar procedimientos debido a los riesgos ocasionados por arco eléctrico en las salas de control de motores debido a las paradas de planta de la concentradora; como metodología se empleó las normas ANSI-IE, IEEE 1584 y NFPA 70E para implementar los trabajos dentro de la planta que involucren una explosión y/o electrocución por actividades que desarrollen los trabajadores electricistas con equipos que están operando una parte viva en riesgo, así como el EPP (equipo de protección personal) indispensable en dicho trabajo; como resultados en cuanto a los niveles de riesgo por arco eléctrico nos muestra una visión completa de la situación, puesto que es necesario proceder de este resultado y así poder establecer el comportamiento de las variables acorde al análisis de arco eléctrico. Con tal resultado es posible realizar la evaluación de las salas de control de motores y hacer una priorización de las que se encuentren en estado crítico, asimismo ayuda en la toma de medidas de corrección con alternativas de solución de determinados casos que vayan a surgir del estudio, así también permite contar con una estadística que establezca un escenario el cual vendrá a ser parte del resultado, en este caso se tuvo como resultado en cuanto al nivel 0 = 0%, nivel 1 = 11%, nivel 2 = 19%, nivel 3 = 55% nivel 4 = 3% y nivel mayor a 4 = 12%, concluyendo que es mayor relevancia analizar el Arc Flash en un periodo temporal menor a 4 años con el propósito de realizar la evaluación de las consecuencias por: cambio topológico en el sistema de electricidad y evolución del nivel potencial de cortocircuito en el punto de interconexión al SEIN el cual en su totalidad se evaluará de acuerdo al plan de expansión futura bajo escenario altamente críticos [7].
- g. Desarrolló el trabajo de suficiencia profesional “Desarrollo de un plan de mantenimiento en motores eléctricos”, cuyo objetivo fue implementar un plan para el mantenimiento preventivo en máquinas rotativas, para aumentar la

disponibilidad y eficiencia y minimizar las paradas imprevistas, así como identificar los tipos de mantenimientos de los motores eléctricos considerando la principales contingencias debido a fallas, apariencia, e historial del motor para establecer problemas o causas que conllevan a las fallas eléctricas de los motores que pueden afectar su aislamiento y/o fallas recurrentes en diferentes partes del sistema; como metodología en el conjunto de aplicación de procedimientos para pruebas eléctricas, mecánicas y aislamiento de la norma eléctrica IEEE 43-2000 para el mantenimiento de motores eléctricos se establece todas los procedimientos para actividades, ya que estos tienen por objetivo preservar los activos físicos por tal motivo se urge diagnosticar la eficiencia de las maquinas en el plan de desarrollo de mantenimiento de ellas, de acuerdo las disposiciones de las maquinas, la norma evalúan como principal al análisis vibracional, luego la prueba de ultrasonido, análisis de aceites y finalmente las pruebas eléctricas a los motores que efectúan un mejoramiento y prolongación de vida de estos equipos rotativos; por consiguiente para prevalecer dichos equipos necesitan un plan de mantenimiento para reconocer el mal funcionamiento o fallas que puedan efectuarse; finalmente, estos motores tienen diversas aplicaciones para el uso industrial tales como fajas transportadoras, ventiladores, bombas, entre diversos usos; por lo que garantizar la continuidad del servicio es de suma importancia para la elaboración de actividades dentro de la planta o estación de trabajo; como resultados los motores que han estado expuestos a fallos recurrentes en la industria se condiciona la operación y mal seguimiento con su procedimiento de mejora continua puede ser prevenibles e incluso predecibles; además se definió los objetivos que se suscitan alcanzar e implementar un proceso beneficio de mantenimiento en dichos motores; para tal fin dichas actividades estarán directamente relacionadas con resolver las posibles fallas para hacer los tiempos más eficientes se debe prevalecer la capacitación del personal y entrenamiento continuo para cualquier posible contingencia ocasionada en la industria y así tomar criterios preestablecidos de acuerdo al análisis de criticidad de los 63 equipos principales operados en la industria enfocados en el análisis de fallo que personalicen comportamientos específicos de los equipos de falla y siguiendo el proceso de recopilación de los resultados para asegurar el buen funcionamiento [27].

4.2 Marco teórico

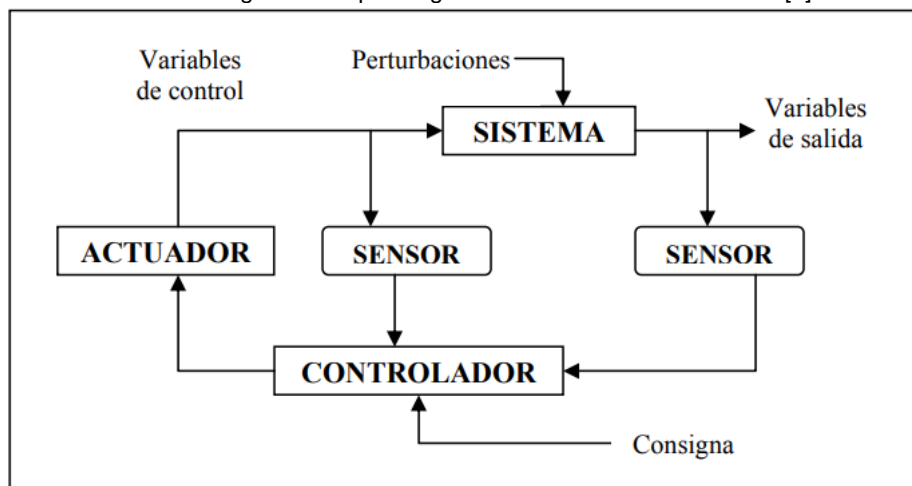
4.2.1 Sistema de control

Se define como un sistema caracterizado porque contiene una variedad de factores que le permiten poseer influencia sobre el funcionamiento del este, tiene como finalidad lograr, a través de la utilización de las variables de control, el uso de las variables de salida para que alcancen valores predeterminados. [7]

Además, [7]menciona que el sistema de control ideal debería poder lograr el objetivo respetando los siguientes requerimientos:

- Debe ser fácil de implantar y ofrecer comodidad en su operación mediante el uso de una computadora.
- Ser lo más eficiente que se pueda, según el establecimiento previo de un criterio.
- Asegurar la estabilidad, especialmente frente a errores y perturbaciones en los modelos.

Figura 1. Esquema general de un sistema de control [6]



Los sistemas de control se han aplicado ampliamente en los electrodomésticos, significando mejorar la vida de las personas, por ejemplo, la población que vivió hace muchas décadas empleaban máquinas pesadas y que tardaban demasiado para cumplir la función por las que fueron elaboradas, pero ahora se tienen máquinas más pequeñas, manipulables, que requieren de un botón para empezar a funcionar; de igual forma, en el sector industrial, con el avance tecnológico se ha incidido más en implementar dichos sistemas, orientándose en los controles automáticos para la operación de los diferentes procesos que conforman el ciclo productivo [8].

4.2.2 Características de los sistemas de control

Según [8], las principales características que presenta un sistema de control son:

- **Celeridad de respuesta:** Es la velocidad con la que se adapta el sistema de control a nuevas condiciones en el entorno, condiciones como variaciones en los valores de referencia o perturbaciones que afectan su equilibrio, es decir, la capacidad de adecuarse de forma dinámica a los requerimientos cambiantes que se le impone; cuando se realiza el diseño de un sistema se toma en consideración el tiempo máximo de retardo que se puede tolerar en la respuesta [8].
- **Exactitud:** Se refiere a la condición en la que se mantiene un control de las variables dentro de un ambiente tolerable, en la cercanía de los valores de referencia que se tienen establecidos, en otras palabras, la obtención de un error que no represente riesgo para el funcionamiento del sistema; esta característica es muy importante cuando se determinan los costos de un sistema de control automático [8].
- **Estabilidad:** Característica vital, un sistema de control debe ser estable para poder estar operativo, es decir, cuando se presenten situaciones o acciones de perturbación, haciendo que varíe su valor de referencia o punto de equilibrio, la respuesta del sistema tendrá una tendencia a una nueva condición de equilibrio, cuando hace falta esta condición, el sistema se alejará cada vez más del punto de equilibrio significando la saturación de uno de sus valores extremos [8].

4.2.3 Tipos de sistemas de control

Los sistemas creados por el hombre, en su mayoría es tipo eléctrico cuya elaboración se realiza con componentes electrónicos, los tipos de sistemas existentes se pueden dividir dependiendo de múltiples factores, los cuales se muestran en Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de sistemas de control [9]

Factor	Tipo
Por su causalidad	Causales, existe una relación de causalidad entre las entradas y salidas.
	No causales, no hay vínculo.
Según la cantidad de salidas y entradas	SISO, contiene una única entrada y salida
	SIMO, contiene una única entrada, pero múltiples salidas
	MIMO, contiene múltiples entradas y salidas
Según la ecuación	Lineal
	No lineal

Factor	Tipo
Según el tiempo	Tiempo continuo, las variables del tiempo se describen como analógicas
	Tiempo discreto, el tiempo se divide en períodos de valor constante
	Eventos discretos, el sistema crece según las variables
Según el vínculo	Conectados, las variables se encuentran vinculadas con otro sistema
	Desacoplados, variables o los sistemas no comparten ningún vínculo
Según tiempo y espacio	Estacionarios
	No estacionarios
Según la automatización	Manual
	Automático
Según se contraste o no la entrada y salida de un sistema	Sistema de lazo abierto, la salida no se relaciona con el valor de la señal que genera la entrada
	Sistema de lazo cerrado, la salida se puede comparar con la señal de entrada, produciéndose feedback

4.2.3.1 Sistemas manuales

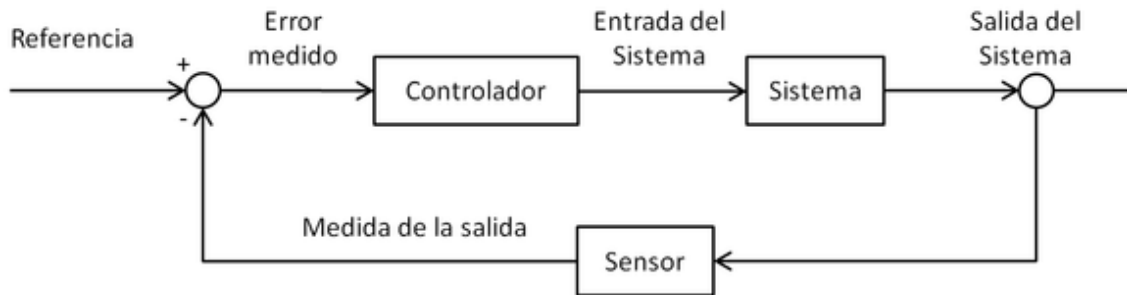
Se definen aquellos sistemas en los que tiene que intervenir el hombre en los elementos de control para que se pueda tener una respuesta o cambiar el funcionamiento, por ejemplo, la acción del interruptor, abrir o cerrar alguna compuerta, apretar el freno, presionar algún botón, entre otros [8].

4.2.3.2 Sistemas automáticos

Dichos sistemas ofrecen una respuesta sin la intervención directa del hombre, excepto cuando se tienen que plasmar las condiciones de consigna o iniciales, en otras palabras, el sistema opera por sí mismo, realizando los cambios necesarios para su funcionamiento, de esta forma, el operador humano es reemplazado por equipos tecnológicos que controlan el sistema [8].

La automatización del control de los procesos ha sido desarrollada velozmente durante los últimos años, debido a su múltiples ventajas y beneficios en el sector industrial, sector en el que se tiene numerosas aplicaciones, producto de la necesidad que se tiene para tener el control de la mayor cantidad de variables; además, la automatización resulta ventajosa ante los sistemas de las industrias y su creciente avance [10].

Figura 2. Funcionamiento básico para sistema de control automático [10]



Características de los sistemas de control automático

Las características o particularidades principales de este sistema de control según [11] son las siguientes:

- **Retroalimentación:** Característica relevante en los sistemas de control automático, se describe como una relación entre los efectos y las causas de las variables del sistema. [10] menciona que, este principio mantiene al operador informado del estado de todas las variables implicadas en el proceso que se controla, permitiendo el planteamiento de las acciones correctivas cuando llegue a ser necesario.
- **Fuente de energía:** Energía suministrada por una fuente para desarrollar cualquier tarea dentro del sistema.
- **Variaciones externas:** Factores que afectan la acción de ocasionar una modificación de carácter correctivo.
- **Conversión:** Empleando receptores se producen cambios o variaciones que afectan a la variable.
- **Variable controlada:** Es aquel componente del que se quiere tener control.
- **Variable manipulada:** Como su nombre lo indica es aquella variable a la que se manipula y cambia su magnitud, con el objetivo de alcanzar la respuesta deseada.
- **Señal de corriente de salida:** Es la respuesta que emite el sistema, puede o no estar relacionada con lo que se deseaba en la entrada.
- **Señas de corriente de entrada:** Su función es la de hacer que el sistema emita una respuesta, es un estímulo.

4.2.3.3 Sistemas de control inteligente

Se conceptualiza a el control inteligente como un conjunto de técnicas que se basan en la inteligencia de los dispositivos, mediante el uso de dichas técnicas se busca dar solución a problemas con el control, las cuales o pueden ser resueltas con los métodos tradicionales [12].

Dichos métodos tienen como desarrollo de la inteligencia en agrupación por bloques a los circuitos empleados dentro de los dispositivos estos tienen actividades específicas. Cuando se habla de un sistema de control se diferencia de manera clara dos tipos de actividades, las primeras son aquellas que guían a modificar el mundo y las segundas las que se dedican a procesar la información, expresado de otra manera se refiere a actividades cognoscitivas y conductivas; los métodos tradicionales carecen de actividades cognoscitivas con un elevado grado de abstracción, simplemente se dedican a procesar la información a nivel numérico; sin embargo, en el control inteligente se observa actividades cognoscitivas que calculan, por ejemplo, comportamientos causados por errores en el funcionamiento [12].

Galán, et al. [12] menciona que para establecer un sistema de control inteligente se utilizan variedad de técnicas, siendo las más destacadas:

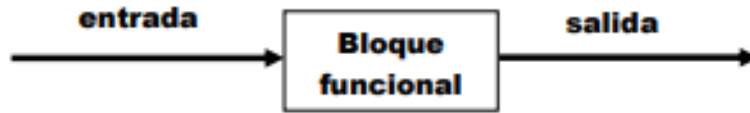
- Sistemas expertos, técnica que recoge reglas para determinar actuaciones y sobre interpretación del estado del proceso.
- Lógica borrosa, técnica que toma como base diferentes reglas para controlar la imprecisión.
- Redes neuronales, usadas particularmente por la capacidad de aprender el comportamiento no lineal de las variables del proceso.
- Algoritmos genéticos, son básicamente algoritmos que se adaptan, comparados con un grupo de seres vivos, con la capacidad de aprender y evolucionar para adaptarse al ambiente.

4.2.3.3.1 Diagrama de bloques

Un diagrama de bloques, como menciona su nombre es un conjunto de bloques, también llamadas casillas, las cuales están conectadas por líneas; en materia de electrónica y electricidad se emplean para hacer de la interpretación de los circuitos más simple, es por esta simplicidad que ayuda a identificar a simple vista la posición y función de cada elemento del circuito [13].

Un diagrama de bloques representa los elementos o subcircuitos que conforman un circuito, estos se escriben dentro de figuras geométricas, generalmente rectángulos, cuadrados o triángulos y son de forma y tamaño uniforme [13].

Figura 3. Elementos básicos de un diagrama de bloques [13]



4.2.4 Implementación de la modernización

Los CCM se han venido utilizando e implementado hace ya varios años; sin embargo, conforme avanza la tecnología, cada día se elaboran alternativas para los componentes y medidas de seguridad para alargar la vida útil del equipo, es así que [14] mencionan que el elemento más importante en los cubículo es el arrancador, los CCM tradicionales presentaban como arrancadores unos contactores que aportaba energía y viceversa, pero la automatización de este sistema deja de lado el uso de dichos contactores para implementar un relé inteligente, el cual permite mayor maniobrabilidad del control y recopilar mayor información.

La implementación de la modernización en los CCM incrementa el grado de inteligencia de estos, además permite realizar el monitoreo de mayor cantidad de aspectos e identificar múltiples tipos de errores o fallas que se presenten, acrecentando de esta manera la productividad de la empresa y previniendo las paradas en el ciclo productivo debido a fallos inesperados [14].

4.2.4.1 SIMOCODE PRO-C

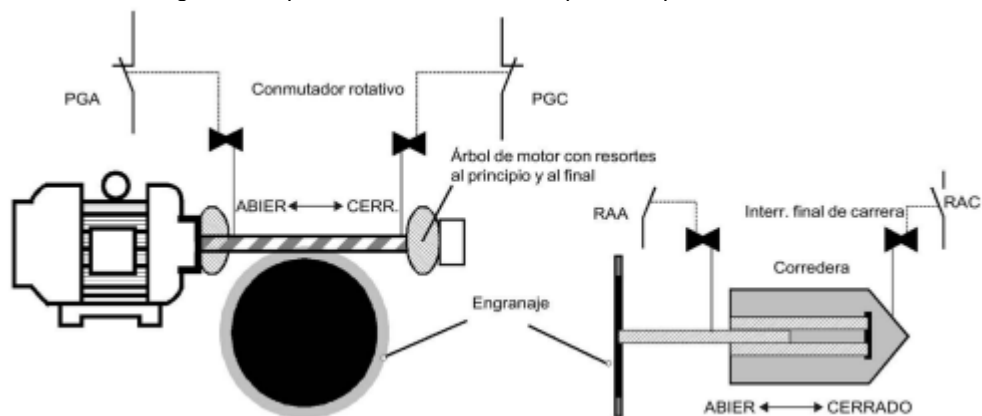
Es un método para gestión de motores eléctricos flexible y modular para motores de rapidez lineal en el rango de BT. Este método optimiza la conexión entre el controlador de proceso y el alimentador del motor, aumentando la disposición de la planta y permitiendo ahorros significativos en los costos de instalación, manipulación, servicio y mantenimiento de la planta. Simocode pro está integrado en la a paramenta de baja tensión y es un vínculo inteligente entre el método de automatización de alto nivel (vía profibus DP) y motor de ramal y proporciona las funciones siguientes:

- Protección electrónica de motor integrada y multifunción independizado del sistema de automático.
- Función de monitorización integrada en lugar de control de motores de hardware.
- Información de monitoreo, mantenimiento y evaluación detallada
- Interacción abierta a PROFIBUS, método de bus de campo estándar.

Además, solo se necesitan interruptores y dispositivos de seguridad contra

cortocircuitos del circuito principal (contactores, disyuntores, fusibles).

Figura 4 Esquemas de distribución de potencia para variador Power Flex 753 [20]



Características:

- Dado que la fuente de alimentación está completamente integrada en el sistema de control de proceso a través del bus, la cantidad de cables entre la fuente de alimentación y el PLC se puede reducir significativamente (consulte la Figura 1-1 "SIMOCODE pro anexo en el circuito principal, del lazo de control y a nivel de automatización (PLC)).
- La descentralización de la automatización de procesos es posible mediante el uso de funciones de control y monitoreo configurables dentro del departamento, lo que ahorra bienes en el sistema de automatización y brindar garantía de funcionalidad y seguridad completa y suficiente de cada pieza, incluso en caso de falla del sistema de control.
- Al registrar y monitorear datos operativos, de mantenimiento y de diagnóstico en derivaciones y en sistemas de control de procesos, se puede incrementar la disponibilidad la disponibilidad de instalación y optimizar el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Debido al alto nivel de modularidad, los usuarios pueden parametrizar de manera correcta cada drenaje del motor para cumplir con los requisitos propios de la instalación.
- Los sistemas SIMOCODE profesionales proporcionan soluciones compactas con funcionalidad avanzada para aplicaciones específicas.
- A medida que sus funciones de monitoreo integrado sustituyen el hardware del circuito de control, se puede minimizar la cantidad de circuitos cableados permanentemente, por lo que se puede minimizar el costo de mantenimiento y las posibles confusiones de cableado.

- Los dispositivos de protecciones electrónica se integran al motor para asegurar la máxima utilización del motor y garantiza una alta estabilidad a largo plazo de la curva con las mismas características de carrera incluso después de varios años de funcionamiento.

Figura 5 Integración en el circuito principal, control y en el nivel de automatización [20]

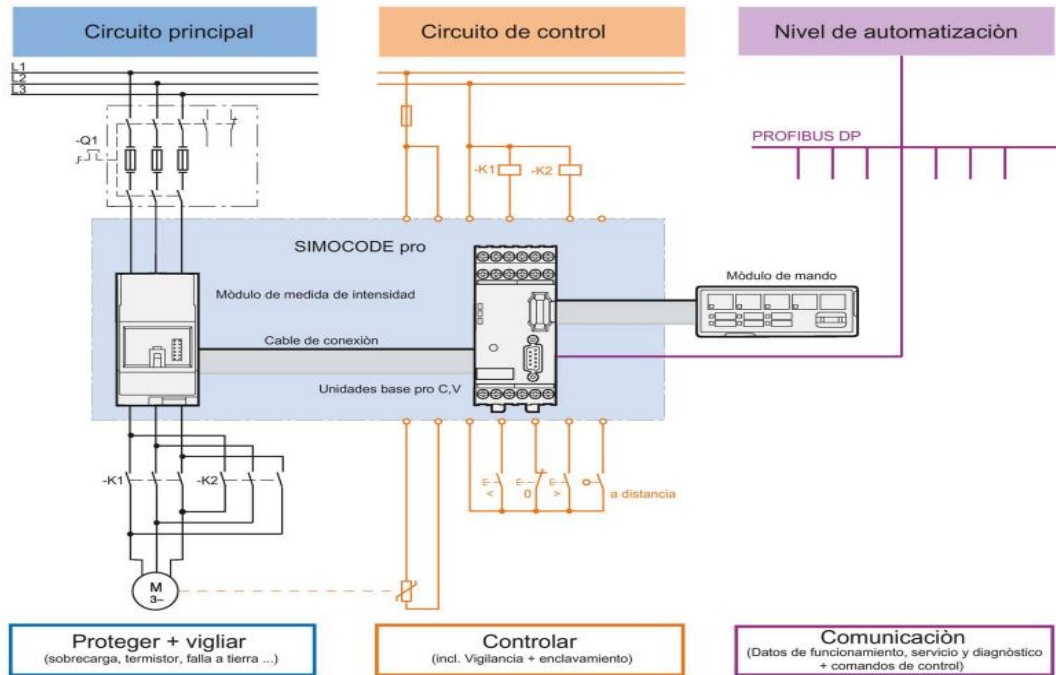
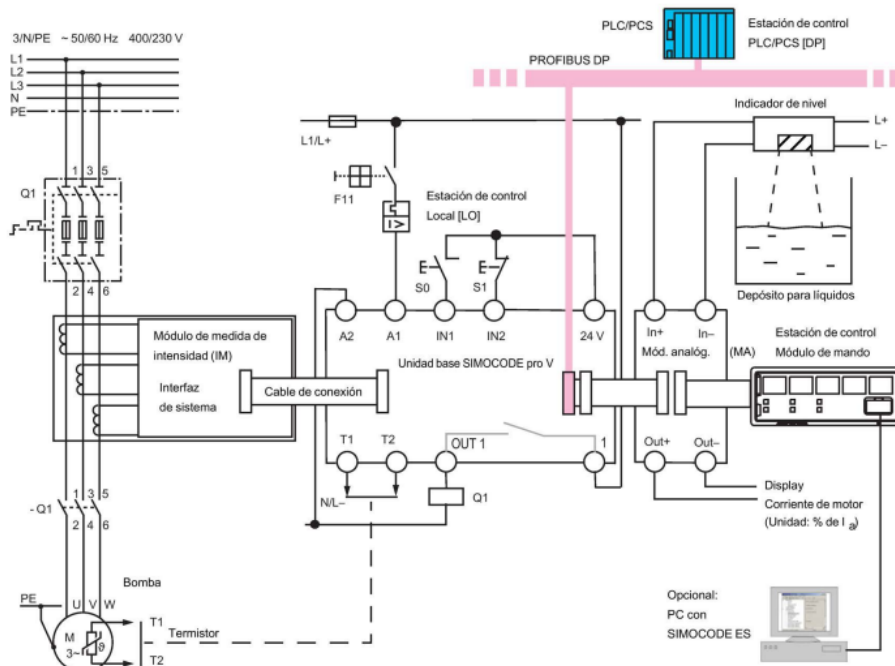


Figura 6. Configuración de una derivación a motor (arrancador directo) con SIMOCODE PRO [21]



4.2.4.2 Protocolo de comunicación PROFIBUS de un CCM

Las redes PROFIBUS, como los sistemas de bus, los sistemas automáticos y los equipos de campo, son adaptables con PROFIBUS. Como ruta de interacción al estándar de campo, PROFIBUS es una etapa integral de Totally Integrated Automation (TIA).

La variedad de las redes de comunicación se puede distribuir y utilizar de forma independiente entre sí.

- Profibus DP

Es las redes de comunicación de campo IEC 61158-2 / EN 61158-2 con un token bus híbrido y un proceso de acceso maestro-esclavo. La conexión se realiza mediante un cable de dos hilos o fibra óptica. Se pueden lograr velocidades de datos de 9,6 kb/s a 12 Mb/s, para el caso de nuestro informe de suficiencia profesional aplicaremos este protocolo de comunicación industrial como bus de campo.

- Profibus PA

Es PROFIBUS para Automatización de Procesos (PA). Combina el protocolo de comunicación PROFIBUS DP con la tecnología de transmisión MBP (Manchester Bus Powered) según IEC 61158-2. Las redes PROFIBUS PA se pueden implementar con cables de par trenzado blindado y, por lo tanto, son adecuadas para su uso en atmósferas potencialmente explosivas (zonas explosivas 0 y 1). La velocidad de transferencia de datos es de 31,25 kb/s. El uso de este bus se refiere a una red de instrumentación.

4.2.5 Redes de comunicación ASI-i de un CCM

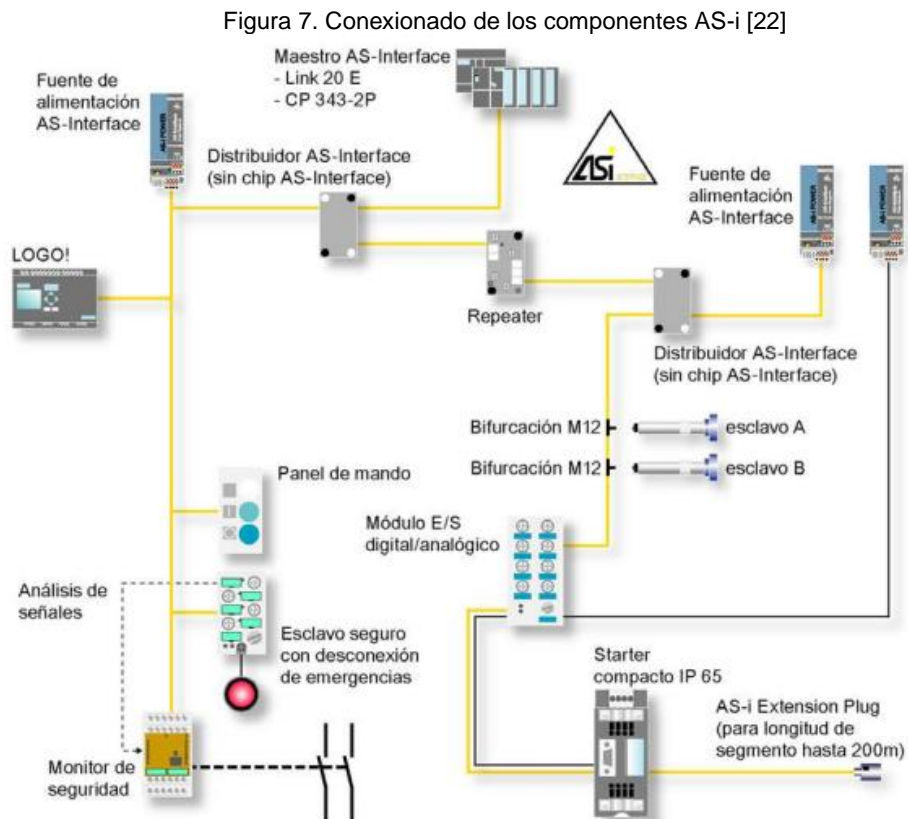
4.2.5.1 Interfase (AS-i)

AS-Interface, o interfaz de actuador/sensor (AS-i para abreviar aquí), es el método de interconexión de nivel de proceso más bajo para sistemas automatizados. El mazo de cables que se utilizaba anteriormente en este nivel se ha sustituido por un solo cable de alimentación, los cables AS-i. Los controles simples, los motores trifásicos de velocidad variable, las barreras ópticas, los interruptores de proximidad inductivos y las válvulas de proceso complejas se conectan a través de los cables maestros AS-i. Conectándose al controlador de nivel de campo a través del módulo AS-i.

4.2.5.2 Componentes del sistema en conjunto (AS-i)

- Esclavos AS-i; por la técnica que los compone se diferencian en Sensores/actuadores con conexión AS-i integrada
- Cable AS-i
- Maestro AS-i.
- Módulos AS-i
- Safety Monitor
- Fuente de alimentación AS-i
- Unidad de direccionamiento (integrada en parte en el maestro)
- Aparato de diagnóstico
- Extender
- Repeater
- Extensión Plug

La siguiente figura muestra una posible conexión de los componentes ASI en una estructura ramificada.



- Maestro AS-i: Los maestros AS-i estándar se pueden conectar hasta 31 esclavos AS-i Standard o esclavos con espaciado de direccionamiento extendido (solo esclavos A).
- Esclavos AS-i: Todas las estaciones que pueden ser aludidas desde un maestro AS-i reciben el nombre de esclavos AS-i.
- Otros Componentes AS-i
 - ✓ Cable AS-i: Fabricado como un cable de dos hilos sin blindaje, el cable AS-i envía las señales y la potencia de los sensores y actuadores conectados a través del módulo AS-i. La conexión de red no está conectada a ningún tipo de cable en particular. Si lo desea, puede cambiar entre cables simples de dos hilos utilizando los módulos correspondientes o "piezas en T".
 - ✓ Fuente de Alimentación AS-i: La alimentación AS-i se utiliza principalmente para alimentar estaciones conectadas con cables AS-i. Para actuadores con mayores requisitos de potencia, conexión adicional de suministro de corriente de carga.
 - ✓ Unidad de direccionamiento: El direccionamiento permite programar fácilmente las direcciones de los esclavos AS-i. (Parcialmente integrado en el maestro AS-i. Esto elimina la necesidad de una unidad de dirección separada).
 - ✓ AS- interface Analyzer: El AS-Interface Analyzer se utiliza para analizar la red AS-i. Con este dispositivo se pueden detectar errores o fallas durante la instalación, tales como: Por ejemplo, contactos sueltos o violación de la compatibilidad electromagnética cuando se somete a cargas excesivas. De esta manera, se puede evaluar la calidad de toda la red. AS-Interface Analyzer también le permite documentar la operación, el mantenimiento o la reparación con informes de prueba.
 - ✓ Safety Monitor: La supervisión de la seguridad está en el centro de la seguridad de Safety at Work (consulte el Capítulo 2). La configuración de la aplicación segura se realiza desde el PC a través de la pantalla de seguridad. Para ello, se pueden seleccionar diferentes modos de funcionamiento para aplicaciones específicas (por ejemplo: función de parada de emergencia para cerrar más y seleccionar el tipo de parada 0 o 1). Para aprovechar al máximo los diagnósticos de AS-I, la opción de

monitor se puede utilizar con la dirección de AS-I.

- ✓ Repeater: Al expandir el segmento AS-I, los repetidores amplían la aplicabilidad de la interfaz AS y aumentan el grado de libertad en el diseño de la instalación. Además, el voltaje de AS-I se muestra individualmente en cada lado (fuente de alimentación individual), lo que reduce el tiempo de inactividad y el tiempo de inactividad para mantenimiento o reparación en caso de falla.
- ✓ Extender: El Extender puede ampliar la distancia entre los segmentos maestro AS-i y esclavo AS-i hasta 100 m. Sin embargo, no se necesita una fuente de alimentación separada en el lado principal. Los extensores amplían las capacidades de aplicación de la interfaz AS de forma similar a un repetidor. En este caso, el esclavo solo se puede usar después del extensor (como lo ve el maestro).
- ✓ Extensión Plug: Los enchufes de extensión duplican la longitud máxima de cable posible en el segmento de interfaz AS de 100 a 200 m. El conector de expansión es un componente pasivo que se conecta al punto de la red de interfaz AS más distanciado de la fuente de alimentación. El suministro esclavo requeriría solo un suministro a una distancia de hasta 200 m. Un detector de bajo voltaje integrado en el conector de extensión monitorea el voltaje AS-i e indica si hay suficiente voltaje al final del cable de bus a través del LED de diagnóstico.

4.2.5.3 Características del sistema y datos básicos importantes

- Forma de Trabajar: El funcionamiento del sistema AS-Interface / AS-i presenta como características:

- ✓ Procedimiento de acceso maestro-esclavo:

AS-Interface es un sistema denominado "sistema Single-Máster". Es decir, para cada red AS-i, solo un único maestro controla el intercambio de datos. Active todos los esclavos AS-i uno por uno y espere su respuesta.

- ✓ Ajuste electrónico de direcciones

La dirección del esclavo AS-i es su identificador. Una sola vez en la interfaz AS. La instalación se puede realizar a través de una unidad

direccionable especial o del maestro AS-i. La dirección siempre se almacena sin cambios en el esclavo AS-i. En el momento de la entrega, la dirección del esclavo AS-i es siempre "0".

✓ Seguridad de funcionamiento y flexibilidad:

La alta seguridad operativa está garantizada por el modo de transmisión (modulación de corriente) utilizado. El maestro monitorea el voltaje del cable y los datos transmitidos. Detecta errores de transmisión y auxiliares y se comunica con el PLC. Los usuarios pueden responder a estos mensajes. La sustitución o adición de un esclavo AS-i durante el funcionamiento normal no afecta a la comunicación con otros esclavos AS-i.

4.2.5.4 Seguridad del sistema

Con "AS-Interface Safety at Works" los componentes de seguridad laboral, como los interruptores de parada de emergencia, los contactores de puerta y las cortinas de luz de seguridad, se conecta de manera directa a la red AS-Interface. En estos casos, el sistema principal seguirá funcionando sin daños. La señal del sensor de seguridad es analizada por el monitor de seguridad. La salida de conmutación se utiliza para mantener la máquina o el sistema seguro.

Concepto ASI- Safe

ASI-safe está acreditado por la agencia de inspección técnica TÜV SÜD Global Home. ASI-safe no solamente es una solución muy económica, sino que también es única en el mercado, ya que se puede desconectar de forma segura con un solo cable. En el área tecnológica y de seguridad, es posible también beneficiarse del importante potencial ahorrrativo que presta AS-Interface.

4.2.5.5 Fases operativas del Interface del AS-i

Las siguientes expresiones indican las distintas etapas de funcionamiento.

Modo de Inicialización

El proceso de inicialización (también conocido como fase fuera de línea) establece el estado fundamental del maestro. La inicialización ocurre después de que se enciende el voltaje de suministro o cuando se reinicia durante la operación. Durante la inicialización, todas las representaciones de datos auxiliares de entrada y salida desde una perspectiva de aplicación se establecen en el valor "0" (inactivo). Después de hacer

conexión con la tensión de alimentación, los parámetros configurados son copiados al campo Parámetros, por lo que la activación próxima se realiza con los parámetros predefinidos. Si el maestro AS-i se reinicia en el transcurso del funcionamiento, conserva los valores en el campo de los parámetros que pueda cambiar durante ese tiempo.

- Fase de arranque

- ✓ Fase de detección: Detectar esclavos AS-i en la fase de arranque

Al momento de arrancar o luego de un reinicio, el maestro AS-i pasa por la fase de calentamiento para detectar qué esclavos AS-i estén conectados al cable AS-i y qué esclavos están "rechazados". El "tipo" de esclavo es determinado por la configuración de datos que se almacenan de manera permanente durante la producción del esclavo AS-i y que el maestro puede consultar.

- ✓ Fase de activación: Activar esclavos AS-i

Cuando se descubren esclavos AS-i, se activan y el maestro les envía una llamada especial. Al activar esclavos individuales, se distinguen dos modos de funcionamiento del maestro AS-i.

Maestro en modo de configuración:

Se activan todos los esclavos detectados (excepto el esclavo con dirección "0"). En este modo, puede leer el valor real y guardarlo para ser configurados.

Maestro en modo protegido:

Solamente se activarán los esclavos que correspondan a la configuración nominal ("configurados") que se almacenan en el maestro AS-i. Si la configuración real observada en el cable AS-i es diferente a la configuración nominal, el maestro AS-i lo notificará.

Los esclavos AS-i que se activan son incluidos en la lista de esclavos (LAS) activada por el maestro.

- ✓ Servicio normal

Al ser finalizada la fase de calentamiento, el maestro AS-i estará en modo normal de funcionamiento.

Fase de intercambio de datos

Durante el normal funcionamiento, el maestro realiza el envío de datos periódicamente (datos de salida) a varios esclavos AS-i y recepción mensajes de confirmación (datos I o de entrada). Si hay un error detectado al momento de la transmisión, la unidad maestra realiza la repetición de la llamada correspondiente.

Fase de gestión

Durante esta fase, se realiza el procesamiento y el envío de todas las solicitudes de aplicaciones de control de nivel superior. solicitudes probables como:

Transmisión de parámetros:

Cuatro bits de parámetro (tres bits de parámetro para esclavos AS-i con un espacio de direccionamiento ampliado compatible con V2.11) se envían al accesorio y se pueden utilizar, por ejemplo, para establecer umbrales.

A través de los canales de datos preparados, los datos de medición y configuración se pueden intercambiar periódicamente, y los parámetros y los datos de diagnóstico se pueden intercambiar periódicamente

Fase de registro

Durante esta fase, se completa un nuevo esclavo AS-i en la lista de esclavos AS-i descubiertos. Si el maestro se encuentra en modo de configuración, estos esclavos de igual manera serán habilitados (excepto los esclavos con dirección "0"). Cuando el maestro se encuentra en modo de protección, sólo serán activados los esclavos correspondientes a la configuración nominal ("configurados") almacenada en el maestro AS-i. Este mecanismo también vuelve a registrar el esclavo temporal fallido.

4.2.6 Beneficios de un CCM en la automatización industrial

La implementación de un CCM de por sí, conlleva múltiples ventajas para la industria, entre las cuales [2] señala las siguientes como las más destacadas:

- Protege a los equipos del ambiente mediante el uso de carcasas de protección (encerramientos).

- Centraliza los arrancadores, a su vez, facilita y agiliza el mantenimiento de los equipos, además, todos sus componentes se encuentran en las silletas por lo que el mantenimiento requiere menor tiempo.
- Tiene la capacidad de expandirse según la necesidad que se tenga, se pueden agregar más columnas para obtener control sobre una mayor cantidad de cargas.
- Es un equipo robusto y durable, lo que incrementa la confiabilidad de su funcionamiento asegurando la operatividad en óptimas condiciones.

Respecto a la automatización industrial, la implementación de un CCM influye en su productividad, la automatización de los sistemas y el monitoreo y control desde un punto permite mantener una producción continua, reduciendo los tiempos de montaje e incrementando la productividad; el enfoque del CCM permite eliminar el error humano, mejorando no solo la Calidad del producto proporcionado a los clientes, sino también la homogeneidad de los mismos; reduce los costes a largo plazo, debido a que en el principio se requiere una inversión alta, pero al automatizar los procesos y mantener un control sobre estos se reducen las fallas o averías, conllevando en trabajar ininterrumpidamente aprovechando la maquinaria al máximo [15].

En la actualidad, los sistemas automatizados se han vuelto parte fundamental de una industria, la baja de uno de los motores eléctricos producto de una falla significaría tener que parar la producción de la empresa; es por ello, que darles un mantenimiento regular y continuo a los motores se ha convertido en un tema primordial para cualquier empresa [16].

De manera general, los CCM deben ser constantemente inspeccionados, producto del exceso y la acumulación del polvo, además también se pueden presentar ambientes que contengan elementos corrosivos, por lo que, mientras haya mayor probabilidad de sufrir una avería se debe incrementar la frecuencia de los mantenimientos [16].

Las actividades que se deben realizar para asegurar un correcto mantenimiento de los CCM según [16] son las siguientes:

- Quitar la acumulación de cualquier partícula empleando una aspiradora o de forma manual en los periodos de mantenimiento planificados.
- Las conexiones de las barras de conexión y distribución se deben examinar, teniendo especial cuidado con la presión de los empalmes, deben estar bien

apretados, además es crucial inspeccionar la tensión, esta va a depender del tipo y tamaño del CCM.

- La varianza brusca de la temperatura y la vibración pueden aflojar las conexiones empernadas, por lo que a la hora de hacer el mantenimiento se debe tener cuidado de ello.
- Los soportes aislantes se deben verificar para comprobar que no haya grietas o señal de algún corto circuito, antes de iniciar las evaluaciones en los interruptores se debe desconectar las fuentes de energía.
- Los contactores sufren un desgaste normal debido al uso, es por ello que se debe inspeccionar de forma periódica para verificar que estén funcionando bien.
- Los relevadores de sobrecarga de los motores realizan una función esencial por lo que se debe vigilar que no se sobrecargue para prevenir cortos circuitos y quemaduras del equipo.
- Se debe realizar una verificación de las alarmas y sistemas sensoriales del CCM.
- Finalmente, tener en cuenta los servicios de conservación y lubricación de las partes móviles, para prevenir desgastes en las piezas y fatigas.

4.2.7 Centro de control de motores

Un centro de control de motores (CCM) es un tablero que se encarga en proteger, controlar y alimentar a los circuitos que componen un sistema, cuyas cargas, en la gran mayoría de los casos, están representadas por motores [2].

La implementación de dichos equipos se observó posterior a la revolución industrial, debido a que se incrementaron los motores con los que se trabajan previamente, producto de la ampliación de las mismas plantas de producción. Al contar con gran cantidad de motores distribuidos por todas las áreas que componían la planta, surgió la necesidad de monitorear todos desde un solo punto de control para evitar la pérdida del tiempo en recorridos para inspeccionarlos individualmente, es así que, el primer CCM fue inventado en 1956 [2].

Es así, que con el pasar de los años, se adicionaron estos sistemas electrónicos a la mayor cantidad de procesos con los que se trabaje, la implementación de los Centros de Control de Motores tuvo un cambio cuando se instauró en ellos los relés electrónicos, cambiando los relés electromecánicos y mecánicos tradicionales. Los CCM como se mencionó anteriormente, ha revolucionado la manera en que se controla, supervisa y comunica los parámetros que fueron establecidos en su lógica, además se tienen distintas formas de construcción según la aplicación que se le quiera dar [5].

4.2.8 Características constructivas de un CCM

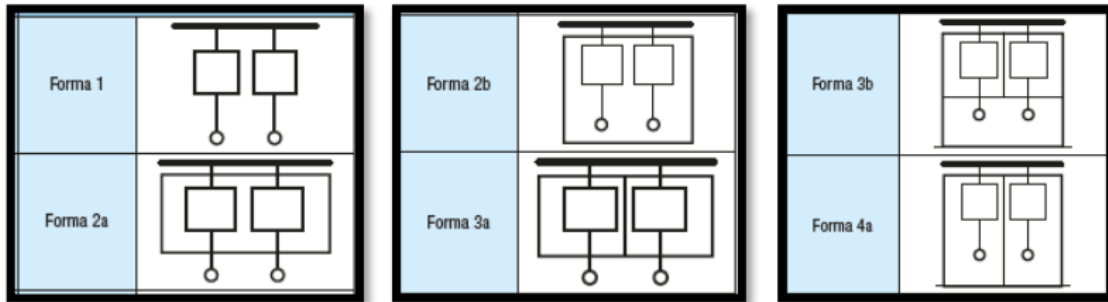
Según [5], los CCM se puede dividir de acuerdo con su construcción, las técnicas utilizadas para las interconexiones de los equipos eléctricos, el acceso para los operarios centrales, la disposición en el espacio del tablero y los tipos de cableado que lo conforman.

En los siguientes puntos se describe lo explicado anteriormente:

- De un frente: Consiste en disponer las gavetas en un solo frente, de allí deriva su nombre, de esta forma se accede a las partes activas del CCM desde el frente.
- De dos frentes: A diferencia de la construcción en un frente, en este CCM las gavetas se disponen en ambos frentes del tablero, facilitando de esta manera el acceso al centro control; sin embargo, para acceder a los cables y barras es necesario desmontar algunos paneles que protegen los contactos.
- Tipo de adaptación o acople: La adaptación es la forma de interconexión de los dispositivos y equipos que forman parte de la protección para el motor con el tablero; estas pueden ser fijas cuando las gavetas están fijadas al tablero, por lo que es necesario desconectarlas de forma manual; enchufables cuando el circuito de fuerza se desconecta de forma automática y los de carga se desconectan de forma manual; o extraíbles cuando las gavetas se desacoplan de manera total del tablero pero de manera automática.
- Clases de cableado: Los CCM también dependen del cableado que se emplee en su construcción; la clase I es exclusivo para cada gaveta y estas no se conectan con otros componentes del CCM, ni externo, ni interno; la clase II, es exclusivo para cada gaveta, pero estas pueden realizar interconexión con otros componentes del CCM, por ejemplo, para los sistemas de control externo o los enclavamientos mecánicos.
- Tipos de cableado: El cableado para la construcción de un CCM puede ser de 3 tipos: 1) Tipo A, el cual se caracteriza por carecer de borneras terminales para los circuitos de control y fuerza; 2) Tipo B, cableado que cuenta con borneras terminales dispuestos en los anexos o en los espacios disponibles entre las gavetas integradas; 3) Tipo C, cuenta con borneras individuales para los circuitos de fuerza y control especiales para cada gaveta integrada en un CCM.

Por lo tanto, la construcción de un CCM puede darse de diversas formas, teniendo como base el panorama de la distribución de las gavetas. Ver Figura 9.

Figura 9. Formas constructivas de un CCM [5]



4.2.8.1 Tablero Auto soportados IEC6143

Esta norma está basada las reglas generales y requerimiento para tableros eléctricos en baja tensión, con voltajes $\leq 1000\text{Vac}$ o 1500Vdc .

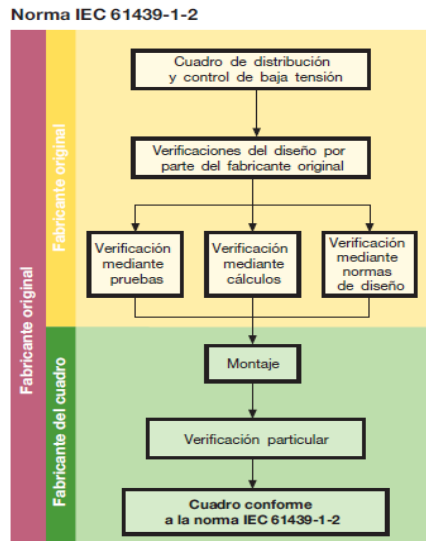
Los Test de pruebas se aplican a la envoltente + equipamiento montado. No únicamente a la envoltente.

4.2.8.2 Estructura de la norma IEC 61439

- IEC 61439-1: “Tableros de distribución y maniobra de BT –Parte 1: “Reglas Generales.
- IEC 61439-2: “Tableros de distribución de potencia y maniobra”
- IEC 61439-3: “Tableros de distribución”
- IEC 61439-4: “Tableros para obras”
- IEC 61439-5: “Tableros para distribución de potencia en redes públicas”
- IEC 61439-7: “Sistemas de canalización para embarrado”

Para nuestro proyecto y diseño de ingeniería para los tableros utilizaremos la norma IEC 61439-1/2 como podemos observar en la Figura 10.

Figura 10: Proceso de fabricación de los tableros
 Guía para la fabricación de un tablero eléctrico de BT conforme a las normas IEC 61439, Parte 1 y 2 [25]



4.2.8.3 Grado de Protección IP Según IEC 60529 para tableros auto soportados

La designación IEC consiste en las letras IP que serán seguidas de dos números. Indicando el primer número el grado de protección provisto para evitar que las personas toquen partes peligrosas y para evitar que entren objetos sólidos en el gabinete. Y siendo el segundo número el grado de protección frente al ingreso de agua. El índice de protección IP utilizado para los niveles de protección contra polvo y agua este se realiza mediante 2 cifras de referencia.

Tabla 2 Índice de protección contra contactos y cuerpos extraños – 1era cifra. [17]

Primera Cifra	Denominación	Descripción
1	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 50 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 50 mm de diámetro no debe penetrar por completo ¹⁾ .
2	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 12,5 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 12,5 mm de diámetro no debe penetrar por completo ¹⁾ . El elemento de ensayo articulado puede penetrar hasta 80 mm, aunque manteniendo una distancia suficiente.
3	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 2,5 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 2,5 mm de diámetro no debe penetrar lo más mínimo ¹⁾ .
4	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 1,0 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 1,0 mm de diámetro no debe penetrar lo más mínimo ¹⁾ .
5	Protección contra el polvo	La penetración de polvo no se impide completamente, pero éste no debería penetrar en cantidades que pudieran perjudicar el funcionamiento o la seguridad del aparato.
6	Estando al polvo	Ninguna penetración de polvo con una presión negativa de 20 mbar en la caja.

¹⁾ El diámetro total del objeto usado como sonda no debe penetrar por una apertura de la caja.

Tabla 3 Índice de protección contra agua– 2da cifra. [17]

Segundo Cifra	Denominación	Descripción
1	Protección contra goteo	El goteo vertical no debe tener efectos nocivos.
2	Protección contra goteo, con inclinación de la caja hasta 15°	El goteo vertical no debe tener efectos nocivos, cuando la caja se encuentra inclinada hasta 15° a ambos lados de la vertical.
3	Protección contra pulverización de agua	La pulverización de agua en un ángulo de hasta 60° a ambos lados de la vertical no debe tener efectos nocivos.
4	Protección contra salpicaduras de agua	La salpicadura de agua desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
5	Protección contra agua proyectada	El chorro de agua contra la caja desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
6	Protección contra proyecciones de agua intensas	El potente chorro de agua contra la caja desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
7	Protección contra los efectos causados por una inmersión limitada en agua	No debe penetrar una cantidad de agua que pueda ser perjudicial al sumergir la caja temporalmente en agua bajo condiciones de presión y tiempo estandarizadas.
8	Protección contra los efectos causados por una inmersión continuada en agua	No debe penetrar una cantidad de agua que pueda ser perjudicial al mantener la caja de forma permanente en agua, bajo condiciones acordadas entre el fabricante y el usuario. Las condiciones deben ser más severas que las establecidas para la cifra 7.
9	Agua en la limpieza a alta presión / con chorro de vapor	El potente chorro de agua contra la caja a una elevada presión desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.

4.2.8.4 Grado de protección IK de los envolventes para tableros auto soportados

El índice IK significa el nivel de protección proporcionada por la envolvente al equipo frente a daños ocasionados por algún impacto mecánico y es verificado a través métodos de pruebas de normalización.

El IK es la secuencia de códigos que se emplean en la indicación del grado de protección el cual brinda garantía frente al daño ocasionado por algún impacto mecánico de acuerdo a los requisitos de la norma IEC 62262.

El grado de protección de la envolvente frente a impactos se indica a través del código IK del modo siguiente

Tabla 4: Relación entre grado de protección y la energía de impacto [17]

Código IK	IK 00	IK 01	IK 02	IK 03	IK 04	IK 05	IK 06	IK 07	IK 08	IK 09	IK 10
Energía de impacto (en joules)	(*)	0,14	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

4.2.8.5 Diseño de un CCM

Los CCM cuentan con niveles y varios tamaños; sin embargo, [2] menciona que todos constan de los siguientes elementos:

- Bus horizontal de potencia, barras que cruzan de forma horizontal al CCM, elaboradas de cobre, su función es alimentar a las barras verticales, las cuales alimentan a las cargas alojadas.
- Bus vertical, barras verticales dispuestas dentro del CCM, su fuente de alimentación son las barras horizontales.
- Grupo de embarque, conjunto de columnas, puede tener un máximo de 3 juntas.
- Columnas, columnas dispuestas de forma vertical, que agrupan a una barra vertical, dentro de estas se encuentran las silletas, cuya cantidad depende del espacio con el que se cuente.
- Silletas, son las encargadas de alimentar las cargas, dentro de ellas se encuentran los equipos de control de estas.

Para diseñar un CCM se tiene estándares establecidos de diferentes organizaciones, las cuales están especializadas en la descripción de parámetros para la aplicación, construcción y diseño de estos; sin embargo, aquellas reconocidas a nivel global son [18]:

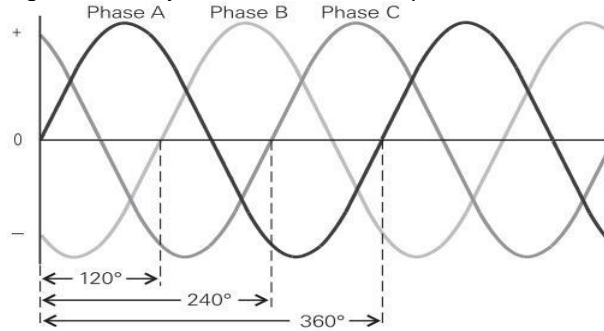
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), organización suiza que redacta normas para equipos electrónicos y eléctricos.
- National Fire Protection Association (NFPA), organización que describe prácticas seguras en material de electricidad.
- Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), organismo que desarrolla estándares en materia de equipos eléctricos.
- Underwriters Laboratories (UL), laboratorio que prueba productos eléctricos y electrónicos por seguridad.

4.2.9 Consideraciones de diseño de un CCM

4.2.9.1 Voltaje de Alimentación de los CCM

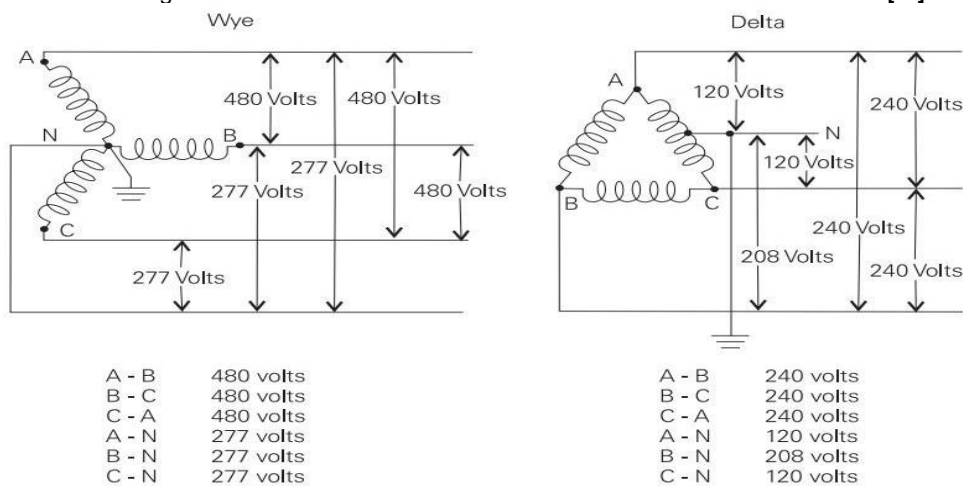
En gran parte las aplicaciones de motores comerciales e industriales grandes, se utiliza energía trifásica. En un sistema trifásico, el generador produce tres voltajes. Cada fase de voltaje sube y baja a la misma frecuencia 60 Hz aquí en Perú; sin embargo, las fases están desplazadas 120° entre sí como lo indica la Figura 11

Figura 11 Voltaje en Función del Tiempo en un Motor Trifásico [19]



Los CCM reciben esta energía mediante complejos sistemas de distribución que incluyen líneas de distribución de energía y equipos relacionados. Los transformadores que se usan con energía trifásica solicitan tres bobinas interconectadas tanto en el primario como en el secundario. Estos transformadores tienen una variabilidad de conexión las cuales se pueden conectar en estrella o en triángulo según su configuración vista en la figura 12. El tipo de transformador y el voltaje real dependen de los requisitos y la capacidad de la compañía eléctrica y las que el cliente necesite. La siguiente figura presenta ejemplos de los devanados secundarios de los transformadores en estrella y delta. Tenga en cuenta que estos son solo ejemplos y que son posibles otros voltajes secundarios del transformador.

Figura 12 Conexión de Bobinas dentro de un Transformador Eléctrico [19]



4.2.9.2 Selección de Cables de Energía

Los cables a seleccionados para nuestro CCM a estudiar tienen que cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

- Detalle técnico: RZ1 – K (AS) 0,6/1 kV
- Tensión nominal: 0,6/1 KV

- Temperatura Máxima de servicio:
En servicio permanente: 90°C
En cortocircuito: 250°C
- Comportamiento frente al Fuego.
No propagador de la llama: IEC 60332 1 y 2
No propagador de incendio: IEC 60332 3
Baja emisión de gases tóxicos. Libre de halógenos (L.H.): IEC 60754 – 1 y IEC 60684 – 2
Baja opacidad de humos: IEC 61034 – 2
Bajo índice de acidez de los gases de combustión: IEC 60754 – 2
- Descripción constructiva
Conductor de cobre electrolítico, recocido, flexible de clase 5 según IEC 60228
Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según IEC 60502 – 1
Cubierta exterior extruido de poliolefina cero halógenos tipo Z1. Poliolefina tipo DMZ – E.
- Radio mínimo de curvatura:
Durante su instalación, se respetará un radio de curvatura mínimo.

Tabla 5 fuentes especificaciones técnicas de cables [18]

AFIRENAS X RZ1-K(AS) 0,6/1 kV	
D	RADIO DE CURVATURA MÍNIMO
D < 25	4 D
25 ≤ D ≤ 50	5 D
D > 50	6 D

D= Diámetro exterior de los cables (mm)

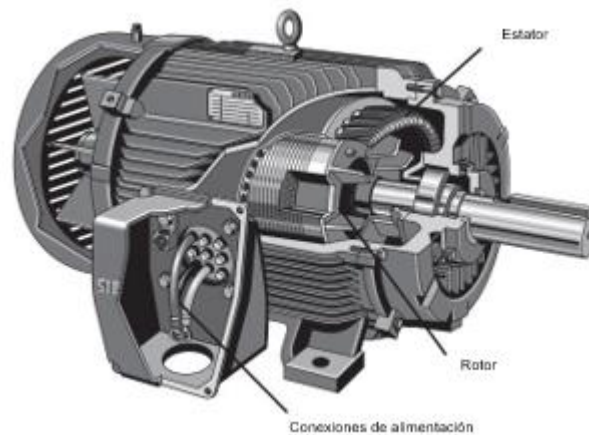
La normativa en Perú para instalar conductores no propagadores de llama, no hay propagadores de incendio con una baja emisión de humo tóxico y corrosivo, de baja opacidad lo cual es obligatorio al instalar en túneles y locales con afluencia al público referidos en la subregla 010 – 010(4) del “Código Nacional de Electricidad” según resolución ministerial N° 175 – 2008 – MEN/DM que modifica “Código Nacional de Electricidad del Perú”.

4.2.9.3 Rotación de Motores

La utilidad del voltaje trifásico en instalaciones comerciales e industriales se utiliza para

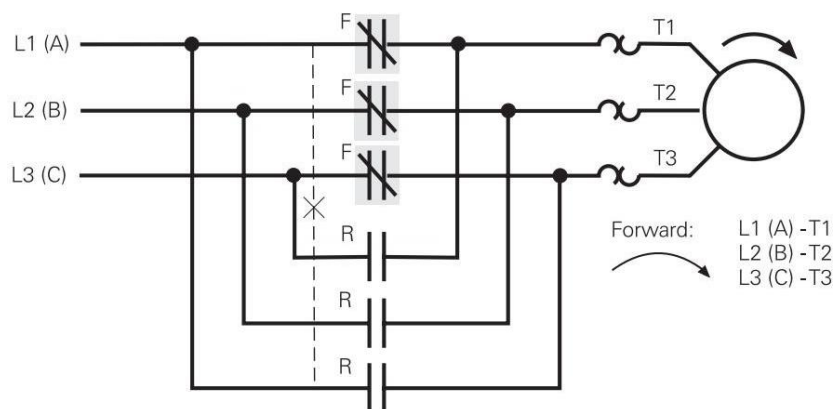
el funcionamiento de motores de C.A. Un motor de C.A. se compone de un miembro estacionario, llamado estator, y un miembro giratorio, llamado rotor. La alimentación de CA trifásica es aplicada al estator por medio de conexiones de alimentación.

Figura 13 Vista Mecánica de un Motor Trifásico [19]



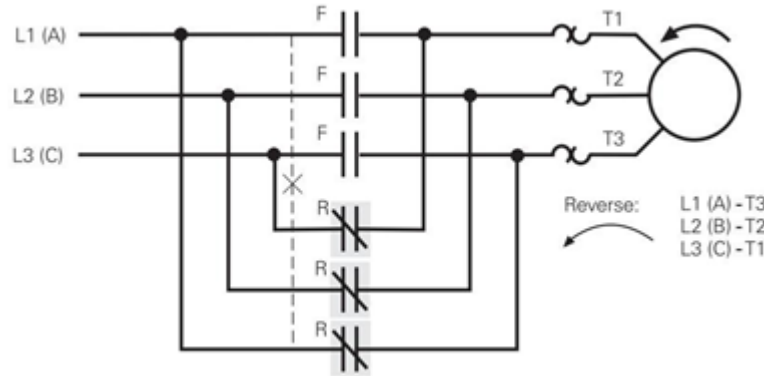
La dirección en que gira el rotor de un motor de CA trifásico es dependiente de la secuencia de fase de la fuente de alimentación entrante. En el siguiente ejemplo, L1 (A) está conectado al cable T1 del motor, L2 (B) está conectado al cable T2 del motor y L3 (C) está conectado al cable T3 del motor. Cuando se aplica energía a través de los contactos "F", el motor gira en el sentido de las agujas del reloj (hacia adelante).

Figura 14 Esquemas de conexión de giro Directo de un Motor Trifásico [19]



No obstante, se modificación la posición de dos cables de entre los tres que están conectados a la alimentación, por consiguiente, el motor gira en la dirección opuesta. En la figura 15, los contactos F se abren y los R se cierran, la línea L1 (A) está conectada al conductor T3 del motor, L2 (B) está conectado al cable T2 de la maquina y L3 (C) esta enlazada al conductor T1 del motor. (L1 y L3 se han invertido entre ellos). Como resultado la maquina funciona en sentido inverso a las agujas de un reloj en Figura 15.

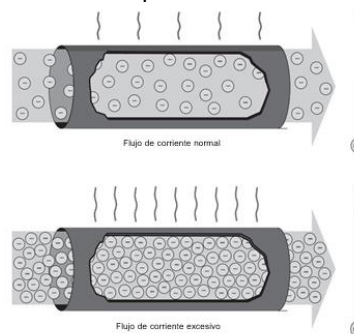
Figura 15 Esquema de Conexión de giro Inverso de un Motor Trifásico [19]



4.2.9.4 Corriente y temperatura

Algunos componentes están diseñados para proteger circuitos y/o motores de sobre corriente. Para comprender estos componentes, es importante comprender qué es la sobre corriente y por qué es necesaria la protección contra la sobre corriente. Al arrancar, la corriente siempre generará calor, y la cantidad de calor liberado es proporcional a la cantidad de corriente que fluye, así como a la resistencia de la ruta. Tenga en cuenta que las roscas pueden dañarse con el calor excesivo. Por esta razón, cada conductor estará clasificado para corriente continua, también conocida como capacitancia. El exceso de corriente se llama sobre corriente. Esto puede ser el resultado de un cortocircuito, sobrecarga o falla a tierra. Los primeros dos tipos de condiciones de sobre corriente son apropiados para esta discusión. Figura 16

Figura 16 Perdidas por efecto Joule en un Conductor [20]



4.2.9.5 Sobrecargas

Una sobrecarga ocurre cuando se usan múltiples dispositivos en un circuito o cuando el equipo eléctrico está operando más allá de su capacidad nominal. En la foto a continuación, un paquete está pegado al autobús, lo que hace que el motor trabaje más y consuma más corriente. Cuando el motor consume más corriente, se sobrecalienta. causar daño a corto plazo al motor, si la falla no se corrige o el circuito no es apagado por el dispositivo de protección contra sobre corriente, esto explica el estándar.

4.2.9.6 Aislamiento de conductores

Los motores no son los únicos dispositivos que requieren protección de circuito de sobrecarga. Cada circuito necesita alguna forma de protección contra sobre corriente. El calor es una de las principales causas de fallas en el aislamiento de cualquier componente eléctrico. Los altos niveles de calor en los cables aislados pueden hacer que el aislamiento se agriete, pele o derrita, dejando expuestos los conductores.

La Ley de Ohm manifiesta la relación de corriente, voltaje, y resistencia, Por ejemplo, un motor de 240 VAC con 24 mΩ de resistencia consumiría de manera normal 10A de corriente.

$$I = \frac{E}{R}$$

$$I = \frac{240}{24}$$

$$I = 10 A$$

Cuando se desarrolla un cortocircuito, la resistencia cae. si la resistencia cae a 24 mΩ, la corriente será de 10 KA.

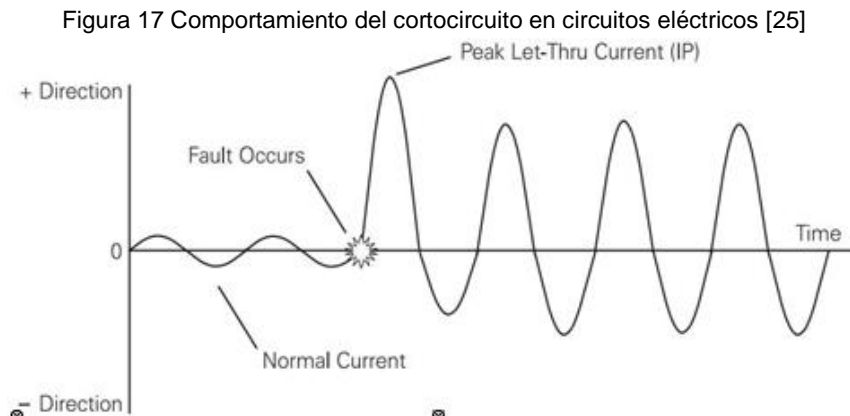
$$I = \frac{240}{0.024}$$

$$I = 10,000 A$$

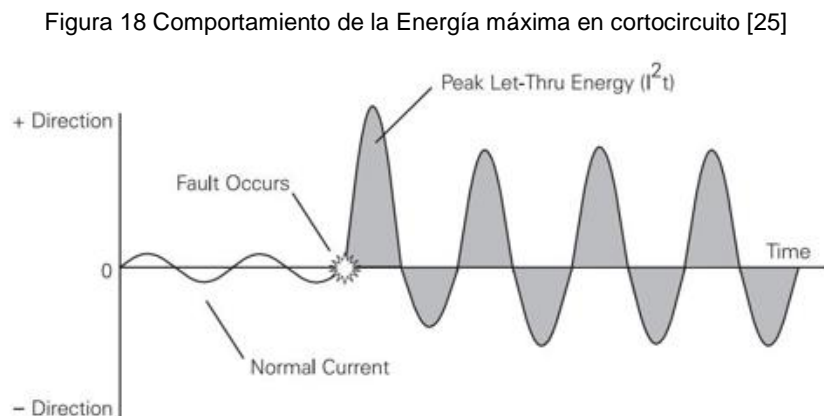
La norma IEC 60865 – 1 [25] proporciona un conocimiento más profundo de las corrientes de cortocircuito - Cálculo de efectos - Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo aplicados a los efectos mecánicos y térmicos de las corrientes eléctricas. Incluye todos los procedimientos para calcular los efectos térmicos para determinar la corriente de cortocircuito más alta posible. El tiempo de cortocircuito utilizado en la norma depende del concepto de protección y debe tenerse en cuenta en este sentido. Cabe señalar que estos procedimientos estándar corresponden a los requisitos reales y contienen una simplificación juiciosa. Por lo tanto, muestra qué pruebas usar y métodos o cálculos más detallados, o ambos.

4.2.9.7 Corriente de cortocircuito eléctrico sin protección circuitos

Según la norma [25], nos dice que cuando ocurre un cortocircuito, la corriente continúa fluyendo en un circuito desprotegido. La corriente de cortocircuito del primer ciclo es la más alta y se denomina corriente pico (IP). La magnitud de esta corriente puede dañar los cables y los componentes del circuito.



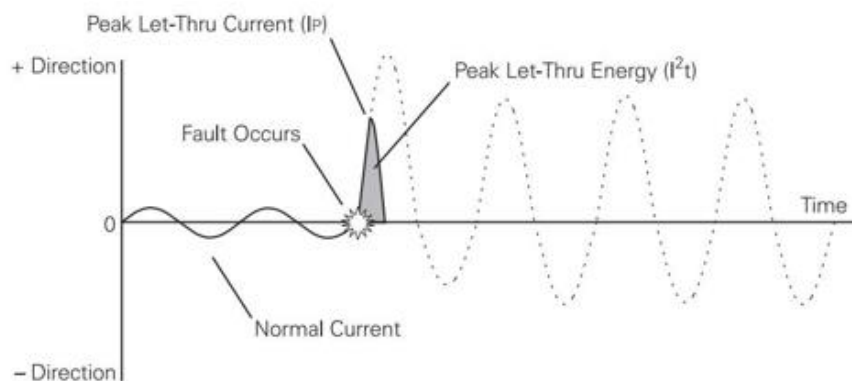
El pico por corriente está relacionado con el pico por potencia $I^2 \times t$. Para un circuito sin protección, esta energía a menudo tiene el potencial de destruir significativamente el equipo y es un problema de seguridad grave.



4.2.9.8 Corriente de cortocircuito en activación

Las operaciones de su estándar [25] se simplifican de modo que cuando el circuito tiene un dispositivo correctamente sobrecargado, el dispositivo abre rápidamente el circuito cuando ocurre un cortocircuito, limitando la corriente a través de él. Máxima (IP) y potencia $I^2 \times t$.

Figura 19 Corriente de cortocircuito [25]



4.2.9.9 Clasificación de voltajes del CCM

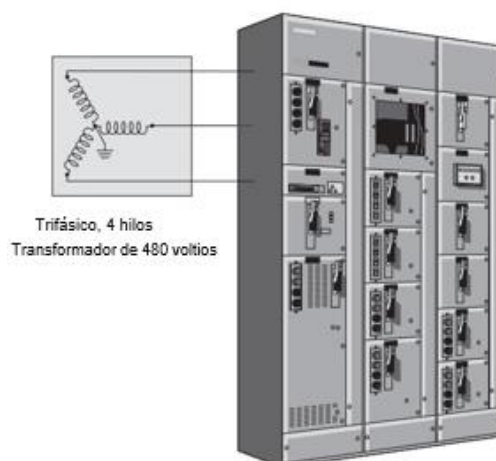
Al igual que los fusibles, cada disyuntor tiene amperaje, voltaje y clasificaciones de interrupción. La clasificación de amperios es la máxima corriente continua que puede transportar un interruptor automático. En general, el amperaje nominal del disyuntor no debe exceder el del conductor clasificación de amperios. Por ejemplo, si el conductor está clasificado para 20 amperios, la clasificación del disyuntor no debe exceder los 20 amperios.

Los disyuntores de Siemens esta sobre la base del uso de 60° C o 75° C conductores. Esto significa que incluso si un conductor con una mayor temperatura nominal, la ampacidad del conductor debe calcularse en su clasificación de 60° C o 75° C.

a. Voltaje Nominal de un CCM

La tensión nominal del CCM debe ser al menos igual a la tensión de alimentación (480 v). La clasificación de tensión de un disyuntor puede ser superior a la tensión de alimentación, pero nunca inferior.

Figura 20 Centro de control de Motores



b. Voltaje de válvulas

La tensión nominal de operación de las válvulas es 110 VAC alimentado por arranques del CCM.

c. Voltaje de Maestro AS-i

Esta fuente de alimentación del dispositivo es configurable, ya que permite ajustar el voltaje y la capacidad de corriente según sea necesario. Pueden ser estabilizados, lineales, conmutados y en red, ya que parte de su característica es que se utilizan para tener un voltaje estable. También tienen baja disipación de calor. Es importante el incorporar una fuente de alimentación PLC para proteger frente a las interferencias electromagnéticas y variaciones de voltajes AC.

d. Voltaje de alumbrado 220 VAC

Para los servicios generales de alumbrado, tomacorrientes y reserva esta configurados para disponer de una tensión 220 VAC.

e. Voltaje de Motores eléctricas BT

La tensión de operación de los motores eléctricos está en el orden de BT cuyos motores operan en 440 VAC.

4.2.10 Máxima Demanda

La siguiente fórmula se utiliza para el cálculo:

Potencia instalada: Es la potencia consumida por cada tablero o equipo.

$$P_{intstlada} = P \times N \quad (1)$$

Donde:

P: Potencia Nominal de la carga

N: Numero de cargas iguales

Máxima Demanda: Esta es la potencia requerida para el terminal común o placa de control de la placa de salida. Esto se considera como el factor de expansión que proporciona energía de respaldo para futuras alturas de carga de acuerdo con la fórmula 2.

$$MD = F_s \sum_{i=1}^n P_i \times F_d \quad (2)$$

Donde:

MD: Máxima Demanda

F_s: Factor de Simultaneidad

F_d: Factor de demanda

P_i: Potencia instalada

4.2.11 Cálculo de Sección de conductores para cargas Eléctricas

a) Corriente nominal monofásica

$$I_n = \frac{P_t}{V_n \times \text{Cos}\phi \times n_{ef}} \quad (3)$$

b) Corriente nominal trifásica

$$I_{n(3\phi)} = \frac{P_t}{V_n \times \text{Cos}\phi \times n_{ef} \times \sqrt{3}} \quad (4)$$

c) Corriente de diseño (amp):

$$I_d = 1.25 \times I_{nom} \quad (5)$$

Según el método de instalación utilizado, se aplica el método especificado en *IEC 60364 – 5 – 52 Versión 2009* para obtener la capacitancia admisible del conductor.

Donde:

P_t: Potencia Total de línea en Watts (W)

I_{nom}: Intensidad Nominal de la Línea en Amperios (A)

*Cos*ϕ: Factor de Potencia

V_n: Tension de la Línea en voltios (V)

N_{ef}: Rendimiento del equipo

4.2.12 Caída de Tensión

Cuando se conozca la caída de tensión debida a la longitud y sección del cable seleccionado, se aplicará el criterio más estricto utilizado hasta la fecha. En caso de que la caída de tensión especificada, expresada como % de la tensión de alimentación, no supere el 4% (según Normas Eléctricas Nacionales del Perú), se aplicará el criterio de caída de tensión y se aumentará la sección del conductor. cuando sea necesario.

a) Caída de Tensión en Circuito Monofásico

$$V_{ct} = \frac{2x P x L x (R\cos\phi + X\sin\phi)}{V x \cos\phi} \quad (6)$$

b) Caída de Tensión en Circuito Trifásico

$$V_{ct} = \frac{\sqrt{3}x P x L x (R\cos\phi + X\sin\phi)}{V x \cos\phi} \quad (7)$$

Donde:

V : valor de voltaje de caída de tensión (V)

I : Corriente de Carga (A)

L : Longitud Total de cable alimentador de la carga (m)

R : Resistencia por unidad de Longitud del Cable (Ohm/Km)

X : Reactancia por unidad de longitud del Cable (Ohm /Km)

ϕ : Angulo de desfase entre Voltaje y Corriente en la carga

N : Numero de Ternas

P : Potencia activa de la carga (kW)

V : Voltaje de operación de la carga (V)

El valor de la resistencia será corregido para la temperatura de operación del conductor de 90°C, según la expresión tomada de la nota de la tabla 8 del capítulo 9 de la norma NFPA 70 (NEC), tenemos:

La Resistencia " R_L " se puede calcular según la expresión siguiente:

$$R_L = R_{75^\circ C} [1 + \alpha(T_2 - T_1)] \quad (8)$$

Donde:

$R_{75^\circ C}$ = Resistencia del conductor a su temperatura de Operación

α = Coeficiente de corrección por temperatura : 3.23 m para el cobre

T_1 = Temperatura de operación del conductor a 75°C

T_2 = Temperatura de operación del conductor a corregir

4.2.1 Cálculo de la Intensidad de Cortocircuito

De acuerdo con la recomendación 5.6.2 de la norma ANSI/IEEE std-141, el área mínima del conductor se calcula para poder soportar la tensión térmica que se produce en condiciones de cortocircuito.

Se obtienen las siguientes ecuaciones:

Se despeja A:

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 \times T = K \times \log\left(\frac{T_2 + 228}{T_1 + 228}\right) \quad (9)$$

$$A = \frac{I}{\sqrt{\frac{K}{T} \times \log\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)}} \quad (10)$$

A = Sección transversal del Conductor (mm²)

I = Corriente de Cortocircuito que demanda el sistema (kA)

K = Constante del Material Conductor para cobre $K = 0.0297$ (A C°)

T = tiempo de cortocircuito (seg)

T_1 = temperatura inicial del conductor, 90°C

T_2 =temperatura final del conductor, 250°C

Aplicando el factor de conversión recomendado en el "Standard for use of the International System of Units, The Modern Metric System, IEEE/ASTM SI 10-1997, se obtiene la sección requerida en mm², siendo el factor igual a:

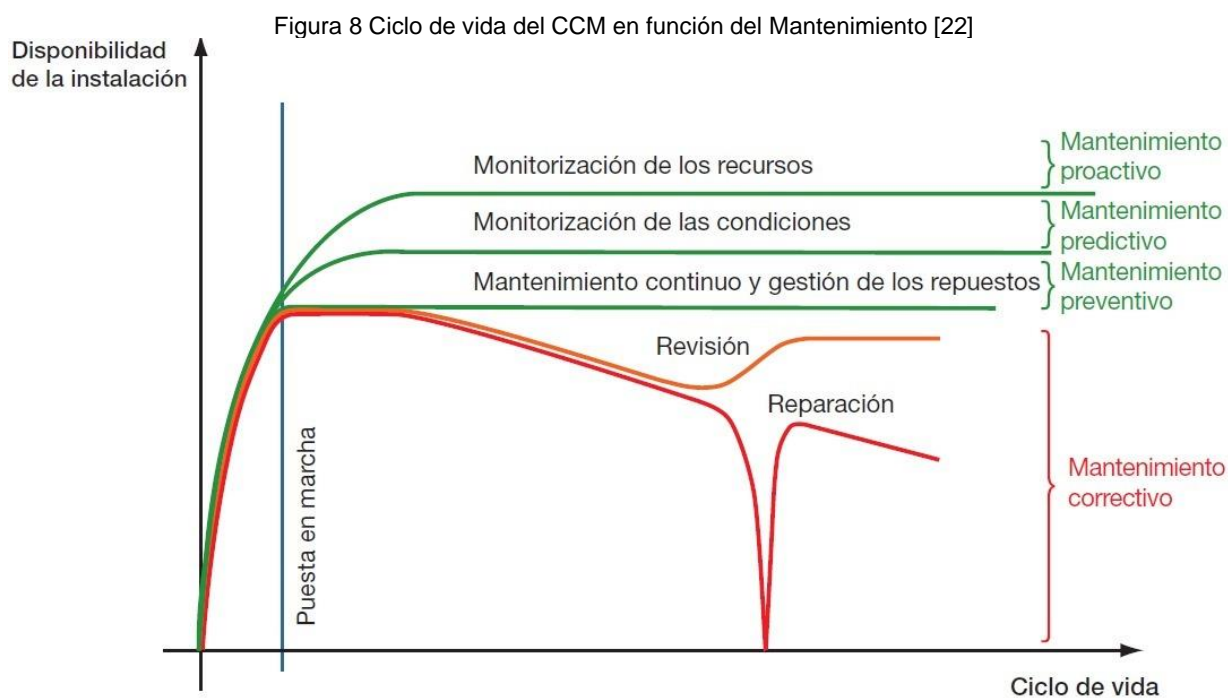
$$F = \frac{1}{1973.5} = 0.00005067 \quad (11)$$

4.2.2 Mantenimiento de un CCM

La implementación del programa de mantenimiento para el CCM BT – CRIBADO tiene muchos beneficios para la industria cementera, ya que evita accidentes laborales y paros de plantas inesperados, y optimiza el rendimiento de los equipos lo que se traduce en un uso eficiente de la energía y en un ahorro significativo de la energía, en tal sentido el diseño y construcción de nuestro CCM BT – CRIBADO va más allá de la relación o recuperación de fallas, ya que también busca prevenir su ocurrencia.

El tiempo de inactividad de la planta se puede reducir mediante procedimientos de mantenimiento apropiados, destacando lo siguiente:

- El mantenimiento correctivo es costoso, tanto en términos de interrupciones planificadas del servicio.
- El mantenimiento preventivo se realiza principalmente anualmente durante el tiempo de inactividad planificado de la instalación.
- Nuestro dispositivo CCM "inteligente" puede detectar problemas al iniciar y activar la cámara.



4.3 Códigos y Normas

4.3.1 Normas Internacionales

Los equipos y materiales se diseñan, fabrican y prueban de acuerdo con las últimas revisiones de las siguientes normas y reglamentos:

- *ANSI*. American National Standards Institute.
- *ASTM*. American Society for Testing Materials.
- *ICEA*. Insulated Cable Engineers Association.
- *IEEE*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- *IEC*. International electrotechnical commission.
- *NEC*. National Electrical Code.
- *NESC*. National Electrical Safety Code.
- *NEMA*. National Electrical Manufacturer's Association.
- *NFPA*. National Fire Protection Association.
- *NFPA 7*. National Electrical Code – Edición 2005
- *OSHA*. Occupational Safety and Health Administration.
- *NFPA 70e*. Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo

4.3.2 Códigos y Normas Peruanas

- *RM – 111 – 2013 – MEM / DM* Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad.
- *RM – 308 – 2001 – EM / VME* Norma Técnica de uso de Electricidad en Minas.
- *RM – 214 – 2011 MEN / DM*. Código Nacional de Electricidad Suministro.
- *RM – 037 – 2006 EM / DGE*. Código Nacional de Electricidad Utilización.
- *DS – 055 – 2010 – EM*. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería.
- *DS – 040 – 2011 – EM*. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

5. Trabajo realizado

El enfoque y dirección que se le da al proyecto de modernización de la sala eléctrica de la etapa de proceso de cribado que pertenece al grupo de proceso de chancado Secundaria a la planta Atocongo de la empresa cementera ubicada dentro de Lima Metropolitana, debido al tiempo de operación de 30 años de trabajo continuo lo que ocasionaba paradas de plantas en serie a causa de los problemas en los arranques de motores.

Figura 21 Centro de Control de Motores [CAROB Energy Perú]



Tabla 6. Matriz de consistencia

TITULO :	Modernización del centro de control de motores inteligentes en planta Cementera.		
AUTOR:	NELSON ANGELO AGUILAR LUYO		
PROBLEMA DE INVESTIGACION	OBJETIVOS	HIPOTESIS	DIMENSIONES
¿ Como influye la Modernización del centro de control de motores inteligentes en el crecimiento de la industria ?	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la Modernización del centro de control de motores inteligentes para la integración en su sistema de control y adquisición de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La Modernización del centro de control de motores inteligentes influye positivamente en la proyección de evaluación futura de ahorro energético y en la optimización de mantenimiento preventivo/correctivo/predictivo. 	<p>Definición de sistema de control</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de sistemas de control (manual-automático)
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	
¿ En que medida influye la Modernización del centro de control de motores inteligentes en el sistema de gestión de Ingeniería ?	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la seguridad de operación utilizando nuevas tendencias de selección de equipos de maniobra y accionamientos de arranques de motores eléctricos de baja tensión. • Diseñar a medida que el nuevo centro de control de motores pueda ocupar menos espacio que el anterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • La Modernización del centro de control de motores inteligentes influye en buscar el mejoramiento de la producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Características de los sistemas de control automático Sistemas de control inteligente. • Diseño del CCM • Características constructivas. • Partes del gabinete y componentes.
¿ En que medida influye la Modernización del centro de control de motores inteligentes en el mantenimiento?	<ul style="list-style-type: none"> • Optimizar las actividades de mantenimiento de los accionamientos de motores de cribado a través de una mejor disposición de equipos centralizados ubicados dentro de los tableros auto soportados del centro de control de motores. • Aumentar la seguridad de operación utilizando nuevas tendencias de selección de equipos de maniobra y accionamientos de arranques de motores eléctricos de baja tensión. 	<ul style="list-style-type: none"> • La Modernización del centro de control de motores inteligentes agiliza y mejora el sistema de gestión de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cableado de CCM. • Diseño para la mejora del CCM. • Sistema de control (hablar de la topología de control) • Impacto que produce un CCM para un control de automatización industrial.

5.1 Proceso de fabricación de un Centro de Control de Motores

El proceso de fabricación de un CCM está asociado a un conjunto de etapas tal como se ilustra en la figura 20 desde la solicitud de cotización por parte de los clientes, la elaboración y aprobación de los planos de fabricación, la construcción del tablero finalizando con los ensayos o pruebas del área de control de calidad.

Figura 22: Proceso de un CCM



Toda planificación para la fabricación de un CCM inicia a partir de una solicitud de cotización por parte de un cliente (empresas de diversos rubros como: cementeras, mineras, construcción, etc.) de acuerdo con sus requerimientos para lo cual CAROB Energy Perú elabora un cronograma GANTT de actividades para toda la etapa del proyecto [Anexo 6].

La aprobación de dicho presupuesto es el punto de inicio para el rediseño y construcción de un Centro control de Motores. En primera instancia, de acuerdo con los requerimientos del cliente (diagramas unifilares, memorias descriptivas, especificaciones técnicas) el área de ingeniería elabora los planos eléctricos y mecánicos del tablero eléctrico para aprobación.

El área de producción de la empresa CAROB Energy Perú ensambla el tablero eléctrico de fuerza y control para el CCM [10] según la información detallada en los planos enviados por el área de ingeniería utilizando o empleando para ello personal (mano de obra directa) quienes realizan diversas tareas tales como pintado de gabinete, soldadura de estructuras, conexión de equipos eléctricos, debido a que los tableros de control son de fabricación nacional.

Una vez que el Centro de control de motores es ensamblado, el departamento de control de calidad asegura de verificar que cumpla con lo detallado en los planos eléctricos y mecánicos además de realizar ensayos mecánicos y eléctricos al mismo con lo cual se da por finalizado el proceso de fabricación.

En la planta cementera, ha experimentado un crecimiento sostenido del proceso productivo (100 Tm/día a 130 Tm/día), como se ilustra en la Tabla 7 y esto generaba altos costos operativos en el funcionamiento de los artefactos eléctricos y el uso de energía eléctrica, uno de los rubros más representativos en el costo de la producción. El incremento de producción con lleva a la implementación de un CCM para disponer de la producción de la línea 1 de chancado de la planta cementera.

Tabla 7: Producción de la cementera a través de los Años. [21]

PRODUCCION DE CEMENTO millones de toneladas				
PRODUCCION anual	2018	2019	2020	2021
molienda de cemento	4	5	5.5	6
clínker	4.3	4.6	4.8	5.1

5.1.1 Etapa de presupuesto de materiales

Los costos de construcción e instalación se de tallaran en 3 partes las cuales son:

- Costos de desarrollo de Ingeniería Electromecánica.
- Costos de Compra de Equipamiento eléctrico (se ve después de la etapa de ingeniería).
- Costos de Construcción de CCM BT
- Costos de Instalación y puesta en Marcha de CCM

5.1.1.1 Costos de desarrollo de Ingeniería Electromecánica.

Tabla 8 Costos del desarrollo de ingeniería [CAROB Energy Perú]

ITEM	DISCIPLINAS	PARCIAL
1	INGENIERIA DE DETALLE ELECTROMECHANICA (MECANICA DE TABLEROS Y ELECTRICA)	S/30,000.00

5.1.1.2 Costos de compra de equipamiento electromecánico

La compra de equipamiento se basa en la similitud de equipos de planta para una mejor integración del sistema [Tabla 31-32].

Tabla 9 Costos de equipamiento [CAROB Energy Perú]

ITEM	DISCIPLINAS	PARCIAL
1	TABLERO 1	S/45,250.88
2	TABLERO 2	S/41,250.88
3	TABLERO 3	S/30,250.88
4	TABLERO 4	S/31,250.88
5	TABLERO 5	S/29,250.88
6	TABLERO 6	S/40,250.88
7	TABLERO 7	S/36,250.88
8	TABLERO 8	S/36,250.88
	TOTAL	S/290,007.00

Los equipos específicos de cada tablero se desglosan y muestran en la Tabla 31 -32 (Costos de los equipos de fuerza y control del CCM).

5.1.1.3 Costos de Construcción de CCM BT

Tabla 9 Costos de fabricación de CCM BT

ITM	DISCIPLINAS	PARCIAL S/.
1	CONSTRUCCIÓN DE CCM BT - CRIBADO Incluye: <ul style="list-style-type: none">• Suministro interno de cables de energía.• Terminales para conexión.• Rotulación de tablero con placas de acero inoxidable anodizadas.• Pruebas FAT y SAT	110,000.00

5.1.1.4 Costos de montaje y puesta en marcha de CCM BT – Sala eléctrica de Cribado

Tabla 10 Costos de implementación de CCM

ITM	DISCIPLINAS	PARCIAL S/.
1	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE CCM BT – SALA ELECTRICA CRIBADO	150,000.00

5.1.1.5 Total de Inversión para CCM BT – Cribado

Tabla 11 Costos total del proyecto

ITM	DISCIPLINAS	PARCIAL (S/.)
1	Desarrollo de Ingeniería Electromecánica	S/ 30,000.00
2	Compra de Equipamiento electromecánico	S/ 290,007.00
3	CONSTRUCCIÓN DE CCM BT - CRIBADO	S/ 110,000.00
4	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE CCM BT – SALA ELECTRICA CRIBADO	S/ 150,000.00
	COSTO PARCIAL	S/ 580,007.00

5.1.2 Etapas de Ingeniería

En esta parte del proyecto se encarga de la elaboración de los planos eléctricos, mecánicos y de la arquitectura de control del CCM. Con la elaboración de estos se realizarán las memorias descriptivas (Se describió y desarrollo el proyecto estableciendo sus alcances, objetivos y posicionamiento), una visión general de cómo debería ser; instalar y operar el CCM.

5.1.2.1 Cuadro de Cargas

El cuadro de cargas representa la máxima demanda en el área de Cribado de la Planta Cementera, se utilizó esta información para realizar cálculos de corriente, sección transversal del conductor, caída de tensión y cortocircuito. Esta se encuentra en los Anexo 9. (plano unifilar)

5.1.2.2 Disposiciones de los equipos mecánicos

Como se reveló, el CMM tendrá espacio para ocho paneles y adoptará una configuración de doble tira con una gama del siguiente diseño [Anexo 9] (planos mecánicos).

- Tablero 1: Interruptor PROFIBUS
- Tablero 2: Interruptores eléctrica (banco de condensadores, CCM Cribado y PH)
- Tablero 3: Arranque con SEMICODE PRO-C, entre otros
- Tablero 4: STABILIZED POWER SUPPLY, SIMATIC NET
- Tablero 5: Arranque con Modulo AS-I
- Tablero 6: Arranque con Modulo AS-I
- Tablero 7: Arranque con Modulo AS-I
- Tablero 8: Alumbrado, Reserva y Válvulas

Tabla 12: Consideraciones del tablero de CM

Características	Tipo
Diseño	Gabinete y puerta, pintada con pintura epóxica con acabado texturizado
Color:	RAL-7035
Grado de protección	IP-55
Resistencia del impacto	IK10
Interior	Puerta lisa con cerradura Placa de montaje
Socket	Panel negro liso de 100mm de altura
Porta Barras	Lisa de 200mm de altura
Gabinete	Lisa de 200mm de altura
Ancho x Alto x Profundidad	800x2300x600
Espesor de la plancha	2.0

Figura 26: Tableros Auto soportados del CCM [CAROB Energy Perú]



5.1.2.3 Disposición de los Embarrados

El Centro de control del motor (CCM) tendrá una configuración de transmisión dual junto con la capacidad actual de ocho posiciones de la unidad de control. La configuración se basará en dos tipos de carriles: el embarrado semiflexible con empalmes ordenados destinado a la conexión central, y el embarrado transformador que alimentará los aparatos de control [Anexo 1].

5.1.2.4 Características de los equipos de Potencia

En este apartado se describen la conexión de los dispositivos, indicando las características principales de acuerdo con el cuadro de cargas y su funcionalidad en el agrupamiento de la instalación. De acuerdo con las características de los dispositivos a conectar. De acuerdo con la tabla N° 29

- **Diseño de Ingeniería Eléctrica Constructiva**

Los equipos de maniobras eléctricas principales son:

- ✓ Interruptores termomagnéticos tipo riel din.
- ✓ Interruptores termomagnéticos tipo caja moldeada.
- ✓ Interruptores de potencia de bastidor abierto.
- ✓ Guardamotores de protección contra sobre corriente y corto circuito.
- ✓ Contactores de fuerza.

✓ Relés térmicos.

Tabla 13: Características Constructivas [8]

Características	Tipos
NIVEL DE TENSIÓN	440 VAC, 3F+T, 60HZ
NIVEL DE TENSIÓN CONTROL	110/220 VAC, 1F+T, 60HZ
NIVEL DE TENSIÓN AS-i	24 VDC
TIPO DE CONTROL	Red de Comunicación AS-i
MEDICIÓN DE ENERGÍA	Medidores de Energía SENTRON
INTERRUPTOR PRINCIPAL	Interruptor de potencia 3WL – SIEMENS
NORMA CONSTRUCTIVA	IEC 61439 1/2
BUSS DE DISTRIBUCIÓN TENSIÓN	Barras de cobre. Cu-2//50x10mm
NORMATIVA DE BARRAS	DIN40500 tensión nominal de asilamiento de 1000V
CAPACIDAD DE RUPTURA	55KA
BARRA DE TIERRA	Barras de cobre Cu-1// 40x10mm
MONTAJE DE ARRANQUES	Placa de montaje completa dividido en niveles

Figura 27: Disposición de los Equipos en los tableros del CCM [CAROB Energy Perú]



5.1.3 Etapa de Montaje

Siguiendo Plano de Arquitectura de Red Control de CCM BT – Cribado [ANEXO 5] (plano mecánico estructural de montaje), se desarrolló la instalación de los dispositivos que forman parte interna del CCM.

5.1.3.1 Tablero 1

Tabla 14: Montaje del Tablero 1

Tablero 1		
Equipo	cantidad	Denominacion
PROFIBUS - SENTRON PAC3200	1	QG1
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 3000/5A	1	M703XX
TRANSFORMADOR DE TENSIÓN 50VA	1	TRF-50A_440/220
INTERRUPTOR DE MONTAJE FIJO 3 POLOS	1	3WL1225-2CB32-1AA2
INTERRUPTOR AUTOMATICOS	1	QC1, QC2, QC3, QC4, QC5

- DISPOSITIVOS DE PROFIBUS

El equipo con Código de identificación -QG1 ubicado en el tablero 1 de capacidad 3X2500A modelo 3WL1225-2CB32-1AA2 es el Interruptor principal del centro de control de motores, este equipo tiene como características de protección. Interruptor automático de montaje fijo 3 polos, tamaño II, $I_n = 2500 A$ a 690 VAC, AC50/60Hz $I_{cu} = 66 kA$ a 500 VAC conexión posterior horizontal Disparador de sobreintensidad ETU 25 Protección LSI ajustable 10-25 mm Con accionamiento manual con almacenamiento con demanda mecánica sin el primer disparador auxiliar sin el segundo disparador auxiliar 2NA+2NC se puede visualizar en a la figura N°28.

Figura 28: Interruptor de potencia 3WL – SIEMENS [20]



5.1.3.2 Tablero 2

Tabla 15: Montaje del Tablero 2

Tablero 2		
Equipo	cantidad	Denominacion
INT. AUTOMATICO TRIF. 500-1250A	3	3VL7712-2SB36-0AA0
Transformador de corriente 1500/5A	1	M70383
TRANSFORMADOR DE TENSION 50VA	1	TRF-50A_440/220
INTERRUPTOR AUTOMATICOS	6	5SY6202-7

- INTRRUPTORES TRIFASICOS

Se disponen de 3 interruptores automáticos de Potencia para contrarrestar los posibles fallos, ya que las maquinas trabajan las 24 horas y ante una contingencia del servicio se amerite salvaguardar la vida útil de estos dispositivos. Todos están conectados mediante el barraje principal de Cu- 2 (100x10mm espesor) que genera la alimentación de los 3 dispositivos principales: Interruptor alimentador del banco de condensadores, Interruptor principal del CCM en la etapa de Cribado, Interruptor de Alimentación CCM PH.

Figura 29 Interruptor de Caja Moldeada



5.1.3.3 Tablero 3

Tabla 16: Montaje del Tablero 3

Tablero 3		
Equipo	cantidad	Denominacion
Guardamotor SIRIUS 3RV. S2	2	3RV1031-4HA10
Contactador Trifasico 185A/AC3	2	3RT1056-6AF36
INT. AUTOMATICO TRIF. 320-400A	2	3VL4740-2DC36-0AA0
MOD. MEDICION DE CORRIENTE 10-100A	2	3UF7102-1AA00-0
SIMOCODE PRO C INTERFAZ PROFIBUS DP	4	3UF7000-1AU00-0

- Analizador de Redes

El equipo con código de identificación -1P1 ubicado en el tablero 3 es un analizador de redes modelo 7KM2112-0BA00-3AA0 SENTRON, dispositivo de medición, 7KM PAC3200, LCD, LL: 690V, LN: 400V, 5A, trifásico, Modbus TCP, opcional Modbus RTU/PROFINET/PROFIBUS, energía aparente/activa/reactiva, clase 0,5 AC. a IEC61557-12 o clase 0.5s AC. a IEC62053-22, fuente de alimentación de amplio rango. unidad AC/DC.

Figura 30: Analizador de Redes SENTRON PAC3200-SIEMENS [22]



5.1.3.4 Tablero 4

Tabla 17: Montaje del Tablero 4

Tablero 4		
Equipo	cantidad	Denominacion
STABILIZED POWER SUPPLY	1	6EP13332BA20
AS-I POWER 8	2	3RX9503-0BA00
RELE TERMICO	2	3RU1126-1GB0,3RU1126-1EB0
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	3	5SY6202-7, 5SY6206-7,3VL1705-2DD33-0AA0
GUARDAMOTOR	1	3RV1021-1EA10
SIMATIC NET	1	6GK1415-2BA20

- AS-I POWER
Dispositivo de alimentación de los esclavos AS-I con una capacidad de conexión para 32 dispositivos, además de la alimentación para el Maestro AS-I
- SIMATIC NET DP/AS-interface
Dispositivo Maestro AS-I principal que controla todos los Módulos AS-I esclavos, tal dispositivo cuenta con un software de programación que determina el control de los motores conectados en la etapa de Cribado de la planta cementera

Figura 31 Maestro AS-i [20]



5.1.3.5 Tablero 5

Tabla 18: Montaje del Tablero 5

Tablero 5		
Equipo	cantidad	Denominacion
Guardamotor	4	3RV1031-4KA10, 3RV1021-1GA10
DISTRIBUIDOR MODULAR	1	37400
RELE TERMICO	4	3RU1126:4BB0-1GB0
Contactador Trifasico	1	3RT1036-1AG20
Modulo AS-I	1	0

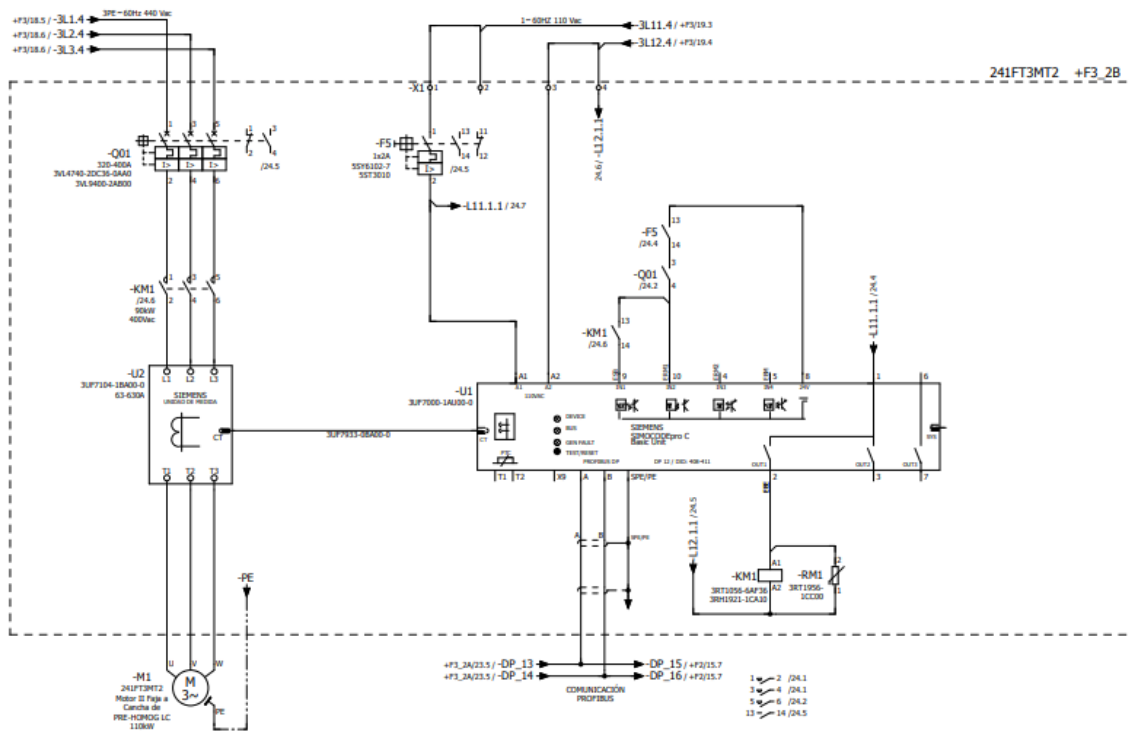
- Arranque con Simocode pro-C

El guardamotor (Q01), el contactor (KM1) y el Transformador de corriente (U2) se conectan en paralelo para poder conectarse al motor de la Faja Transportadora Zarandas este tiene una conexión de control al SIMOCODE a través de un cableado como analizador de corriente de dicho Motor, el circuito de control consta de la conexión del dispositivo a través de la red proficuas. La alimentación (señal de salida) viene dada por el transformador de corriente sujeta a los interruptores monofásicos (F5), el sistema de control (señal de entradas), viene por un enseriado de los dispositivos de arranque que manda la señal de disponibilidad (ESB), además de la señal de confirmación (ERM) del contactor para mandar un accionar al Motor.

Figura 32 Simocode Pro- C-Arranque. [CAROB Energy Perú]



Figura 33 Arranque Directo con Simocode



5.1.3.6 Tablero 6

Tabla 19: Montaje del Tablero 6

Tablero 6		
Equipo	cantidad	Denominacion
Interrupto Monofasico	10	5SY6210-7
Guardamotor	10	3RV1021-4AA10-1AA10
RELE TERMICO	10	3RU1116-1AB0
Contactador Trifasico	10	3RT1015-1AF01
Modulo AS-I	1	0

- Control de Arranque directo de AS-i

El guardamotor (Q01), el contactor (KM1) y el relé térmico (F1) se conectan en paralelo para finalmente poder conectarse al motor Muestreador Terciario (440 v/3F 0.37kW), esto forma parte del dispositivo de arranque y de los otros. El dispositivo de control de estos arrancadores esta monitoreado por los esclavos AS-I (U1). La alimentación de este dispositivo viene dada por el AS-I Powers, a través de los distribuidores (24 VDC) todos los dispositivos de control reciben la tensión por medio de sus contactos auxiliares hasta llegar a los bornes de entrada del controlador U1 (IN1- IN2- IN3- IN4). Dicho Modulo dispone de entradas y salidas de

señales que recibe el equipo; ESB (disponibilidad), ERM (confirmación), EBE (comando de activación), EBM (bimetal) son los tipos de señales en el cual predisponen para un accionamiento ante cualquier tipo de señal, este tipo de enseriado entre el (F1) y (Q01), muestra la disponibilidad de tensión en el que el módulo pueda activar dicho Motor. La señal de confirmación del contactor esta enviado tensión al Motor y finalmente el relé térmico manda señal a través del bimetal ante una posible falla. La alimentación de la bobina del contactor (KM1) es la encargada de realizar el accionamiento de prendido o apagado de dicho motor.

Figura 34 Arranque Directo con Modulo AS-I. [CAROB Energy Perú]

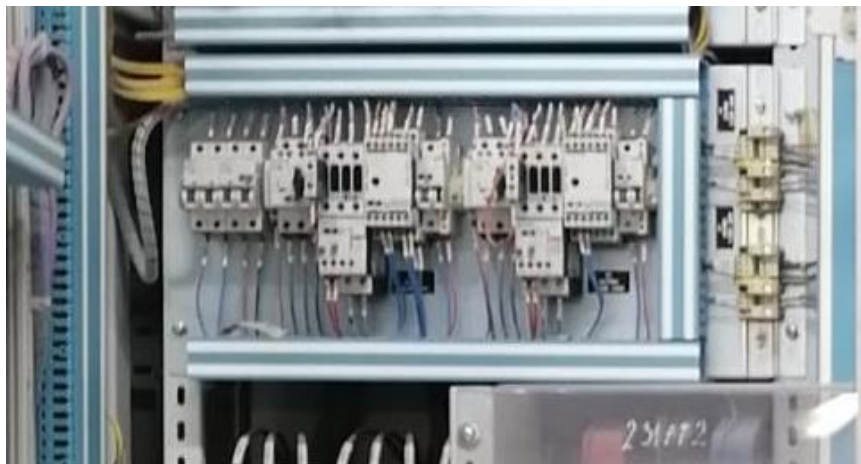
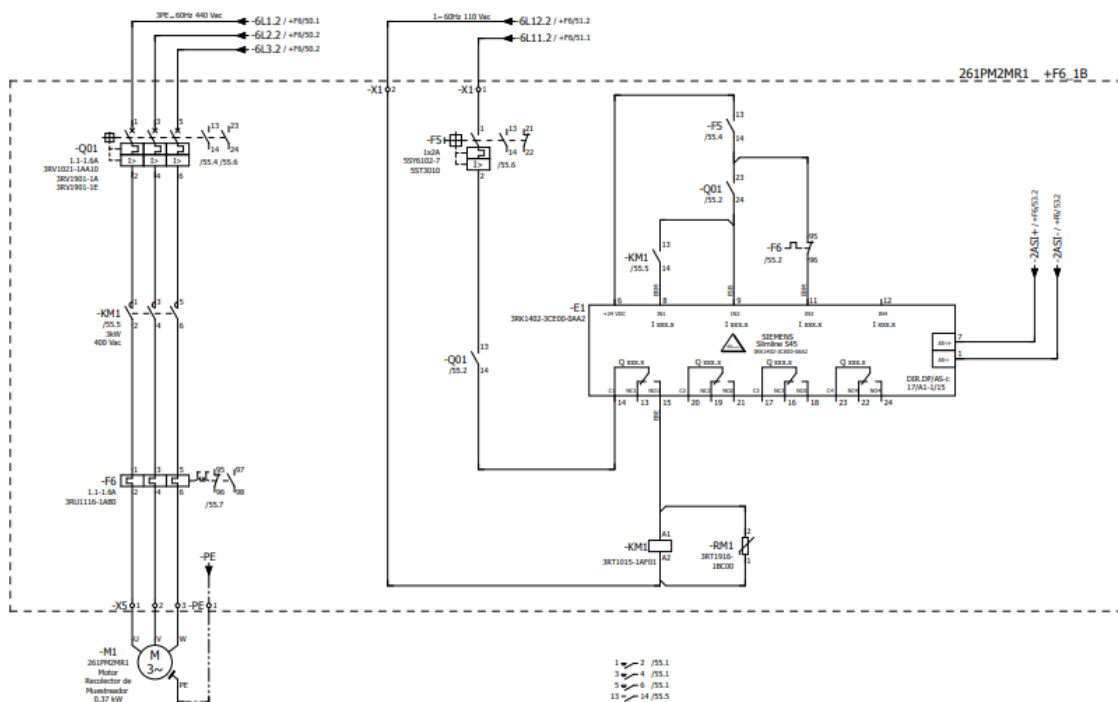


Figura 35 Plano desarrollado de arranque Directo con Modulo AS-I.



5.1.3.7 Tablero 7

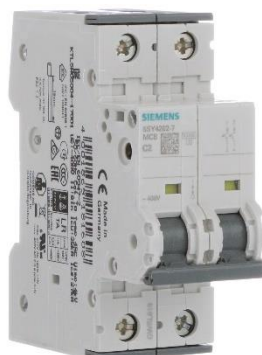
Tabla 20: Montaje del Tablero 7

Tablero 7		
Equipo	cantidad	Denominacion
Guardamotor	3	3RV1021-4AA10-1AA10
Rele Termico	3	3RU1116-1AB0
Contactador Trifasico	3	3RT1015-1AF01
Interruptor Bifasico	26	241EX3MT1
Transformador de Tension 50KVA	2	TRF-50A_440/220

- **Interruptores de Medición**

El equipo con código de identificación -1QC4 ubicado en la hoja 12 trata de un interruptores miniatura modelo 5SY4202-7 de tensión de operación 400V, con una capacidad de ruptura de 10kA, 2 polos, Corriente 4^a

Figura 36: Interruptor miniatura 5SY4202-7 [22]



5.1.3.8 Tablero 8

Tabla 21: Montaje del Tablero 8

Tablero 8		
Equipo	cantidad	Denominacion
Guardamotores	4	T1,T2
Interruptores Termomagneticos de control	9	241CL1TC1,241FT3VS2,241FT3VS1
LOGO 230RCE,LOGIC MODULE	1	U1
Reles Termicos	2	241EX3MT1
Modulo AS-I	4	E1-E2-E3-E4

- Interruptores termomagnéticos para Iluminación, reserva, entre otros

Los interruptores termomagnéticos de caja moldeada son aquellos que alimentan Sub-Tableros para alumbrado y tomacorriente pertenecientes a la etapa de Chancado Secundario Cribado; además, de una posible reserva para trabajos de mantenimiento

- Control de Arranque directo de válvulas

El guardamotor (Q01), el contactor (KM1) y el relé térmico (F1) se conectan en paralelo la parte eléctrica estos arranques se ubican en el tablero para el accionamiento de válvulas las cuales pueden operar como compuertas o válvulas de flujo hidráulico, siendo el controlador de este arranque un módulo de esclavo AS-i el cual se alimenta con 24 VDC que vienen de la fuente AS- i

Figura 37: Arranque de Válvula CCM- Cribado

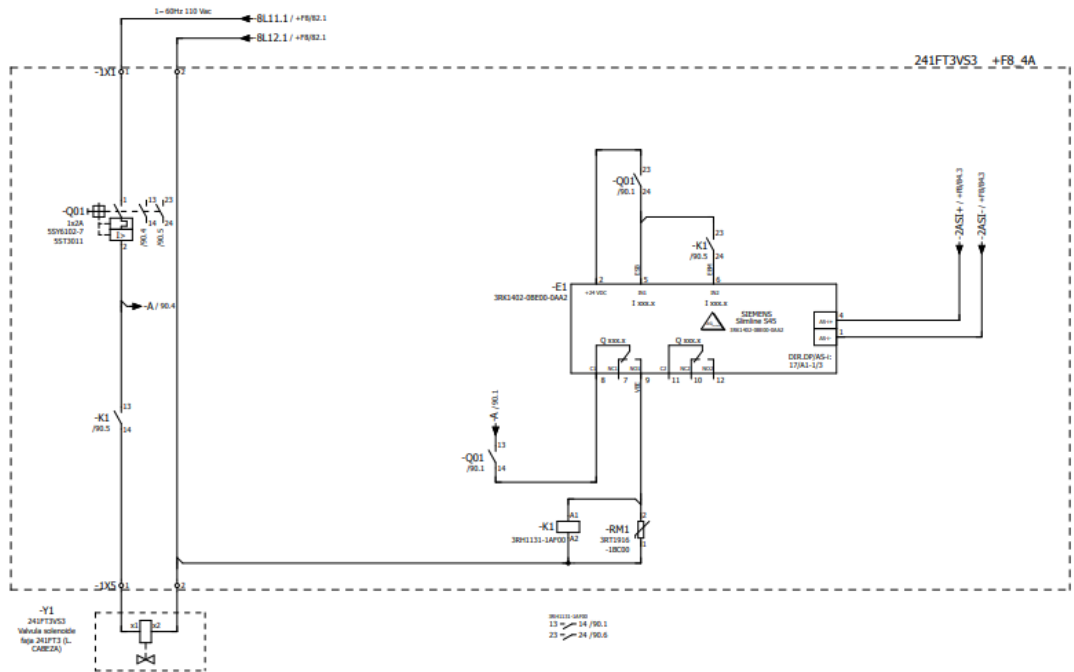
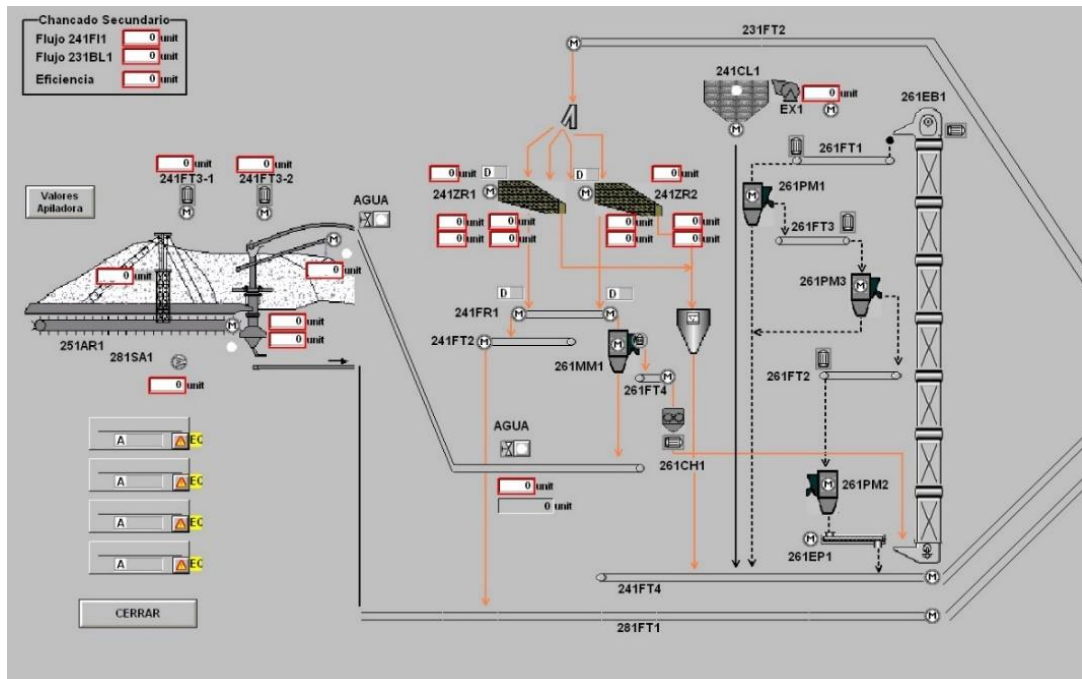


Figura 38: Vista Frontal de CCM- Cribado [CAROB Energy Perú]



Figura 39: Vista de Flujo de Proceso CCM- Cribado [CAROB Energy Perú]



6. Resultados

6.1 Cálculo de Máxima Demanda

6.1.1 Consideraciones de Diseño

Existen las siguientes consideraciones para los cálculos:

6.1.1.1 Concentración de Cargas

Las cargas son impulsadas por la celda del interruptor secundario ya su vez por un transformador trifásico (3 ϕ)1600 KVA 6.6/0.44 KV Dy5. Este cálculo tiene en cuenta la distribución de la carga para determinar la demanda máxima de toda la instalación.

6.1.1.2 Factores de Cálculo

Factor de Demanda:

- 1 : Para compresores, bombas, ventiladores de escape, detectores de metales, rociadores HVAC, sopladores.
- 1 : Para agitador, vaso de precipitados y lámpara.
- 0.6 : Para ventiladores, válvulas, destructores y generadores de ozono.
- 0.5 : Para enchufe
- 0.5 : Para una reserva

Factor de Potencia

- 0.85 : Para motores, bombas.
- 0.90 : Para luminarias

6.1.2 Normas de Referencia

- Código Nacional de Electricidad Suministro 2011.
- NFPA-70 Código Nacional de Electricidad 2014
- *IEEE Std 141 – 1993* : Práctica recomendada para la distribución de energía eléctrica para plantas industriales.
- *IEEE Std 399 – 1997* : Práctica recomendada para el análisis de sistemas de potencia industriales y comerciales.
- *IEC 60439 – 1* : Conjuntos de dispositivos de conmutación y control de baja 23 tensión - Parte 1. Edición 4.1 2004.
- *NTCSE 1997 – 10 – 09. – D.S.Nº 020 – 97 – EM*: Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

- *DGE 2002 – 02 – 11. –R.M.Nº091 – 2002 – EM/VME*: Terminología en electricidad
En caso exista algún conflicto entre las normas citadas, el criterio más exigente prevalecerá.

A continuación, siguiendo con la metodología para determinar el cálculo de selección de conductores hacemos referencia a la norma UNE 20460-5-523, para seguir el procedimiento de a la modificación de la intensidad de diseño I_d , dado los factores de corrección por arranque, por tipo de local, temperatura, etc. Estos valores serán Aplicados al cuadro de Máxima Demanda.

Tabla 22 Factores de reducción por agrupamientos de varios circuitos o de varios cables multi conductores a utilizar con los valores de intensidades admisibles de la tabla

Punto	Disposición	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Empotrados o embutidos	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

Dado el Anexo 5 de la disposición del CCM (centro de control de motores) este estará rodeado de factores que influyen para el dimensionamiento del conductor. Dicho esto, la buena operación de las maquinas eléctricas vienen dadas por diversos factores de corrección que se tiene que considerar en el diagrama de máxima demanda.

Intensidad de diseño corregida será dado los factores de corrección (unidad seleccionada)

- Factor de corrección para conductores empotrados máximo 3 conductores **(0.7)**
- Factores de corrección para conductores en bandejas máximo 3 conductores **(0.8)**
- Factores de corrección para conductores por Intensidad Armónicas **(1.25)**
- Factores de corrección para bandejas perforadas horizontales **(0.8)**

6.2 Cálculo de Sección de conductores para cargas Eléctricas

A partir de la resistencia especificada, es necesario encontrar una longitud de cable tal que la resistencia permitida sea mayor que la resistencia especificada multiplicada por el factor de corrección, según las condiciones de uso y el tipo de instalación.

El factor de corrección utilizado se debe al grupo de cables en una misma envolvente, la temperatura ambiente, el tipo de habitación y los efectos de los armónicos.

Cabe recordar que las dimensiones de las líneas de alimentación del motor deben calcularse para la potencia nominal del motor multiplicada por 1,25 y las líneas de alimentación de los puntos de iluminación con lámparas o lámparas de descarga serán 1,8 veces la capacidad nominal. del motor indica luces.

La capacidad de conducción de corriente de la parte seleccionada siempre debe ser mayor que la corriente nominal del dispositivo de protección anterior.

6.2.1 Consideraciones de Diseño

Al calcular se tomaron en cuenta las consideraciones siguientes:

- a. Tensión de distribución en baja tensión:
 - 460V, 60Hz, trifásica más tierra, para circuitos de potencia, tomas industriales y fuentes de alimentación.
 - 230 V, 60 Hz, trifásico más tierra, para cargas en bombas, TDU, iluminación y tomacorrientes.
- b. La caída de voltaje máxima considerada para el gabinete de suministro principal no debe exceder el 4% del voltaje nominal de conmutación de bajo voltaje.
- c. La caída de tensión máxima teniendo en cuenta el circuito de alimentación del motor y del equipo no deberá superar el 2,5% de la tensión nominal de la distribución de baja tensión.
- d. La caída de voltaje máxima tomada a través de los circuitos de iluminación y enchufes (hasta el punto de uso más lejano) no debe exceder el 4 % del voltaje nominal de distribución de bajo voltaje.
- e. Al calcular la corriente nominal, se tiene en cuenta un factor de seguridad del 25 % de la corriente nominal.
- f. Los cables tendrán conductores de cobre trenzado con cubierta exterior de polietileno reticulado.
- g. Material de aislamiento PVC. 31

- h. Temperatura ambiente 20°C.
- i. Tipo de instalación: - Por bandejas.

6.2.2 Normas y Referencias

Las últimas versiones de los Códigos, Directrices de Diseño y/o Estándares establecidos en la Lista de Reglas y Regulaciones a continuación son aplicables al diseño y especificación de los objetos diseñados. La clasificación queda así:

- *CNE*: Código Nacional de Electricidad – Suministro, Ed. 2011.
- *IEC 60228* : Calibres nominales y composición de conductores de 30 cables aislados.
- *IEC 60364 – 5 – 52* : Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems, Ed. 2009.
- *IEC 60949* : Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects.
- *NTP 370.251* : Norma Técnica Peruana – conducción eléctrica, Ed. 2011.

6.2.3 Pasos a seguir

Los siguientes datos de carga se utilizarán para desarrollar los cálculos:

- a. Capacidad de carga (kW). Es la tasa por unidad de tiempo, o la tasa a la que fluye la energía a través de un circuito eléctrico.
- b. Tipo de sistema ($3\phi, 1\phi$). La conexión de este sistema es monofásica o trifásica.
- c. Voltaje de trabajo (voltios). Es el valor de tensión que realmente existe en cualquier punto de la instalación en un momento dado.
- d. Factor de fuerza Factor de potencia f.d.p. El segmento del circuito de CA se define como la relación entre la potencia activa P y la potencia aparente S. Proporciona una medida de la capacidad de una carga para absorber potencia activa.
- e. Longitud del cable (m). Cuanto mayor sea el diámetro del conductor, menor será la resistencia y mayor el amperaje. El flujo de electrones también depende de la longitud del conductor; para dos cables del mismo material, el cable más largo tendrá mayor conductividad.

6.2.4 Cálculo

Tabla 23 Cuadro de Corrientes Nominales del CCM

ITEM	ITEM	DESCRIPCION	Máx. Dem. Rev. (W)	Máx. Dem. Diseño (kW)	Tensión (V)	Fase	COS Ø	In (A)	Seccion 2 (mm ²)
1	261CH1	Motor de Chancadora	9.47	9.47	0.44	1.73	0.8	15.55	2.5
2	271SA1MT1	Extractor de Tunel de PH	25.00	25.00	0.44	1.73	0.8	25.00	6
3	261PM1	Motor Pre Muestreador I	2.20	2.20	0.44	1.73	0.8	2.20	2.5
4	261MM1	Motor de compuerta tipo Guillotina	2.60	2.60	0.44	1.73	0.8	2.60	2.5
5	261EB1	Motor Elevador de baldes	2.40	2.40	0.44	1.73	0.8	2.40	2.5
6	241ZR2MT1	Motor de Zaranda L.P	48	48	0.44	1.73	0.8	48.00	10
7	241ZR1MT1	Motor de Zaranda L.C	48	48	0.44	1.73	0.8	48.00	10
8	261FT2	Motor de Muestreador Secundario	0.25	0.25	0.44	1.73	0.8	0.25	2.5
9	261PM2	Motor Recolector de Muestreador	0.37	0.37	0.44	1.73	0.8	0.37	2.5
10	261DR1	Motor Muestreador Terciario	0.37	0.37	0.44	1.73	0.8	0.37	2.5
11	261EP1	Motor de Espiral Para Transportar Exceso de Muestra	3	3	0.44	1.73	0.8	3.00	2.5
12	241FT3MT2	Motor II Faja a Cancha de PRE-HOMOG LC	110	110	0.44	1.73	0.8	110.00	70
13	241FT3MT1	Motor I Faja a Cancha de PRE-HOMOG LP	110	110	0.44	1.73	0.8	110.00	70
14	231FT2MT1	Motor Faja Transportadora a Zarandas (HISCHMANN A ZARANDA)	184	184	0.44	1.73	0.8	184.00	150
15	241EP1MR1	Motor de Espiral del Colector Principal - CRIBADO	4.5	4.5	0.44	1.73	0.8	4.50	2.5
16	261FT4MT1	Motor de Faja Transp. entre Muestreador Aut. Y Ch. de Quijada	5.5	5.5	0.44	1.73	0.8	5.50	10
17	241FR1MT1	Motor de Faja Transportadora Descarga de Zarandas	26.15	26.15	0.44	1.73	0.8	26.15	6
18	241FT2MT1	Motor de Faja Transportadora Receptora de la 241FR1	8.9	8.9	0.44	1.73	0.8	8.90	2.5
19	261PM3	Motor de Pre Muestreador III	1.1	1.1	0.44	1.73	0.8	1.10	2.5
20	241EX3MT1	Motor de Exhaustor de Sub Estacion	3	3	0.44	1.73	0.8	3.00	2.5
21	261FT3MR1	Motor de Faja Transportadora III Alimenta a Pre-Muestreador III	0.38	0.38	0.44	1.73	0.8	0.38	10
22	241EX1MT1	Motor de Exhaustor de Colector de Cribado	30	30	0.44	1.73	0.8	30.00	2.5
23	241FT3FE1	Motor Freno I del Sistema de Accionamiento L.P	0.63	0.63	0.44	1.73	0.8	0.63	2.5
24	241FT3FE2	Motor Freno II del Sistema de Accionamiento L.C	0.63	0.63	0.44	1.73	0.8	0.63	2.5
25	261FT1	Faja Transportadora I Alimenta a PRE-MUESTREADOR I	1.8	1.8	0.44	1.73	0.8	1.80	2.5
26	Transformador	Alimentación Transformador monofasico interno 440 - 220 V	5	5	0.44	1.73	0.8	5.00	10
27	Transformador	Alimentación Transformador monofasico interno 440 - 110 V	5	5	0.44	1.73	0.8	5.00	6

(I) Cálculo de Alimentador

Se calculo la Corriente total que es la suma de las corrientes de los circuitos en que su valor es aproximadamente 1250 A

(II) Cálculo de Motores

Se calculo aproximadamente la corriente total de motores que es la suma de las corrientes de los circuitos en que su valor es aproximadamente 650 A

(III) Cálculo de iluminación y otros

Se calculo aproximadamente la corriente total de motores que es la suma de las corrientes de los circuitos en que su valor es aproximadamente 600 A

6.3 Cálculo de Selección del Conductor por Caída Tensión

6.3.1 Pasos a seguir

a) Caída de Tensión Alimentador

Corrigiendo el valor de resistencia para una temperatura de operación del conductor de 90°C, según la expresión tomada de la NFPA 70 (NEC) Tabla 8.- propiedades de los conductores, (ver tabla 8 del anexo 1 de este documento), reemplazando en la ecua. (8) tenemos:

$$R_L = 0.2077[1 + 0.00323(90 - 75)]$$

$$R_2 = 0.2177 (\Omega/kM)$$

Luego se procederá a calcular la caída de tensión con los siguientes datos:

$$\%V = \frac{\sqrt{3} \times 1250 \times 0.8 \times (0.2177 \times 0.86 + 0.1306 \times \text{sen}(30.68^\circ))}{440} \times 100\%$$

$$\%V = 1.83\%$$

Dado que la caída de voltaje es menor que la especificación para equipos eléctricos, los conductores 2/0 AWG con 600 V por fase cumplen con estos requisitos.

b) Caída de Tensión para Circuitos de Fuerza

Tabla 23 Cuadro del Nivel de Tensión de dispositivos

ITEM	ITEM	DESCRIPCION	In (A)	Tensión (V)	Fase	COS Ø	dv (V)	dv (%)
1	261CH1	Motor de Chancadora	15.5511035	0.44	1.73	0.8	9.33066211	2.12
2	271SA1MT1	Extractor de Tunel de PH	25	0.44	1.73	0.8	6.25	1.42
3	261PM1	Motor Pre Muestreador I	2.2	0.44	1.73	0.8	2.508	0.57
4	261MM1	Motor de compuerta tipo Guillotina	2.6	0.44	1.73	0.8	4.68	1.06
5	261EB1	Motor Elevador de baldes	2.4	0.44	1.73	0.8	5.76	1.31
6	241ZR2MT1	Motor de Zaranda L.P	48	0.44	1.73	0.8	14.4	3.27
7	241ZR1MT1	Motor de Zaranda L.C	48	0.44	1.73	0.8	20	2.27
8	261FT2	Motor de Muestreador Secundario	0.25	0.44	1.73	0.8	2.25	0.51
9	261PM2	Motor Recolector de Muestreador	0.37	0.44	1.73	0.8	3.33	0.76
10	261DR1	Motor Muestreador Terciario	0.37	0.44	1.73	0.8	3.33	0.76
11	261EP1	Motor de Espiral Para Transportar Exceso de Muestra	3	0.44	1.73	0.8	5.4	1.23
12	241FT3MT2	Motor II Faja a Cancha de PRE-HOMOG LC	110	0.44	1.73	0.8	7.07142857	1.61
13	241FT3MT1	Motor I Faja a Cancha de PRE-HOMOG LP	110	0.44	1.73	0.8	7.07142857	1.61
14	231FT2MT1	Motor Faja Transportadora a Zarandas (HISCHMANN A ZARANDA)	184	0.44	1.73	0.8	5.52	1.25
15	241EP1MR1	Motor de Espiral del Colector Principal - CRIBADO	4.5	0.44	1.73	0.8	5.4	1.23
16	261FT4MT1	Motor de Faja Transp. entre Muestreador Aut. Y Ch. de Quijada	5.5	0.44	1.73	0.8	12.375	2.81
17	241FR1MT1	Motor de Faja Transportadora Descarga de Zarandas	26.15	0.44	1.73	0.8	10.46	2.38
18	241FT2MT1	Motor de Faja Transportadora Receptora de la 241FR1	8.9	0.44	1.73	0.8	12.816	2.91
19	261PM3	Motor de Pre Muestreador III	1.1	0.44	1.73	0.8	9.9	2.25
20	241EX3MT1	Motor de Exhaustor de Sub Estacion	3	0.44	1.73	0.8	5.4	1.23
21	261FT3MR1	Motor de Faja Transportadora III Alimenta a Pre-Muestreador III	0.38	0.44	1.73	0.8	0.855	0.19
22	241EX1MT1	Motor de Exhaustor de Colector de Cribado	30	0.44	1.73	0.8	7.2	1.64
23	241FT3FE1	Motor Freno I del Sistema de Accionamiento L.P	0.63	0.44	1.73	0.8	5.67	1.29
24	241FT3FE2	Motor Freno II del Sistema de Accionamiento L.C	0.63	0.44	1.73	0.8	5.67	1.29
25	261FT1	Faja Transportadora I Alimenta a PRE-MUESTREADOR I	1.8	0.44	1.73	0.8	16.2	3.68
26	Transformad	Alimentación Transformador monofasico interno 440 - 220 V	5	0.44	1.73	0.8	11.25	2.56
27	Transformad	Alimentación Transformador monofasico interno 440 - 110 V	5	0.44	1.73	0.8	6.25	1.42

6.4 Cálculo de la intensidad de cortocircuito

a) Corriente Cortocircuito en el Alimentador

Para escoger la sección nominal del cable alimentador se verifica la corriente en el cuadro de cargas de centro de motores según TABLA N°4

La corriente nominal 1250 A, la corriente de por fase será:

$$I_f = \frac{1250}{3\sqrt{3}}$$

$$I_f = 240.5 \text{ A}$$

Con factor de seguridad 1.45, la corriente de fase obtenida es $I_f = 350 \text{ A}$

Tabla N° 24: Selección de conductores de la marca INDECO [31]

TABLA DE DATOS TECNICOS TW - 80 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
ALAMBRES								
1.5	1	1.36	1.36	0.7	2.8	20	18	14
2.5	1	1.74	1.74	0.8	3.4	31	30	24
4	1	2.21	2.21	0.8	3.9	45	35	31
6	1	2.70	2.70	0.8	4.3	64	50	39
10	1	3.51	3.51	1	5.6	107	74	51
CABLES								
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	21	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	48	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	68	50	39
10	7	1.33	3.99	1	6.0	114	74	51
16	7	1.69	4.67	1	6.7	172	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	269	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	364	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	490	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	690	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	959	303	198
120	37	2.02	13	1.6	16.2	1192	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1476	413	264
185	37	2.51	16.16	2	20.2	1837	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2392	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	3002	633	391

El conductor adecuado para ese nivel de corriente según la tabla N°9 es el calibre 240 mm², realizamos los cálculos de la corriente de corto circuito usando este calibre.

$$\left(\sqrt{\frac{0.02971 * \log\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)}{T}} \right) = I_{cc}$$

$$240 \left(\sqrt{\frac{0.02971 * \log\left(\frac{250 + 234}{90 + 234}\right)}{0.1}} \right) = I_{cc}$$

$$55 \text{ kA} = I_{cc}$$

b) Corriente Cortocircuito en el Circuitos de Fuerza

Para escoger la sección nominal del cable alimentador se verifica la corriente en el cuadro de cargas de centro de motores según TABLA N°4

La corriente nominal 820 A, la corriente de por fase será:

$$I_f = \frac{820}{3\sqrt{3}}$$

$$I_f = 157 \text{ A}$$

Con factor de seguridad 1.45, la corriente de fase obtenida es $I_f = 227 \text{ A}$

Tabla 25: selección de conductores de la marca INDECO [31]

TABLA DE DATOS TECNICOS TW - 80 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
		mm	mm	mm	mm		Kg/Km	AIRE
mm ²							A	A
ALAMBRES								
1.5	1	1.36	1.36	0.7	2.8	20	18	14
2.5	1	1.74	1.74	0.8	3.4	31	30	24
4	1	2.21	2.21	0.8	3.9	45	35	31
6	1	2.70	2.70	0.8	4.3	64	50	39
10	1	3.51	3.51	1	5.6	107	74	51
CABLES								
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	21	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	48	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	68	50	39
10	7	1.33	3.99	1	6.0	114	74	51
16	7	1.69	4.67	1	6.7	172	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	269	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	364	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	490	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	690	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	959	303	198
120	37	2.02	13	1.6	16.2	1192	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1476	413	264
185	37	2.51	16.16	2	20.2	1837	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2392	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	3002	633	391

El conductor adecuado para ese nivel de corriente según la tabla N°9 es el calibre 120 mm², realizamos los cálculos de la corriente de corto circuito usando este calibre.

$$A \left(\frac{\sqrt{0.02971 * \log \left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right)}}{T} \right) = I_{cc}$$

$$120 \left(\frac{\sqrt{0.02971 * \log \left(\frac{250 + 234}{90 + 234} \right)}}{0.1} \right) = I_{cc}$$

$$28 \text{ kA} = I_{cc}$$

c) Corriente Cortocircuito en el Circuitos de Alumbrado y Tomacorrientes

Para escoger la sección nominal del cable alimentador se verifica la corriente en el cuadro de cargas de centro de motores según TABLA N°4

La corriente nominal 110 A, la corriente de por fase será:

$$I_f = \frac{110}{3\sqrt{3}}$$

$$I_f = 21 \text{ A}$$

Con factor de seguridad 1.45, la corriente de fase obtenida es $I_f = 30 \text{ A}$

Tabla N° 26: selección de conductores de la marca INDECO [31]

TABLA DE DATOS TECNICOS TW - 80 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR mm ²	N° HILOS	DIAMETRO HILO mm	DIAMETRO CONDUCTOR mm	ESPESOR AISLAMIENTO mm	DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO Kg/Km	AMPERAJE (*)	
							AIRE A	DUCTO A
ALAMBRES								
1.5	1	1.36	1.36	0.7	2.8	20	18	14
2.5	1	1.74	1.74	0.8	3.4	31	30	24
4	1	2.21	2.21	0.8	3.9	45	35	31
6	1	2.70	2.70	0.8	4.3	64	50	39
10	1	3.51	3.51	1	5.6	107	74	51
CABLES								
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	21	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	48	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	68	50	39
10	7	1.33	3.99	1	6.0	114	74	51
16	7	1.69	4.67	1	6.7	172	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	269	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	364	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	490	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	690	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	959	303	198
120	37	2.02	13	1.6	16.2	1192	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1476	413	264
185	37	2.51	16.16	2	20.2	1837	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2392	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	3002	633	391

El conductor adecuado para ese nivel de corriente según la tabla N°26 es el calibre 4 mm², realizamos los cálculos de la corriente de corto circuito usando este calibre.

$$A \left(\frac{\sqrt{0.02971 * \log \left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right)}}{T} \right) = I_{cc}$$

$$4 \left(\frac{\sqrt{0.02971 * \log \left(\frac{250 + 234}{90 + 234} \right)}}{0.1} \right) = I_{cc}$$

$$1 \text{ kA} = I_{cc}$$

7. Conclusiones

- Se obtuvo la integración del CCM inteligente al sistema de control de la planta cementera; además de la adquisición de datos debido a la utilización del bus campo AS-i y Proficuas DP para sincronizar los arranques de motores, válvulas distribuidores y medidores de energía.
- Se elaboró con éxito el desarrollo de ingeniería conceptual, básica y de detalle del CCM de acuerdo con la normativa IEC 61439 1-2 estableciendo las condiciones de operación de la planta cementera siguiente las pruebas FAT (Factory Acceptance Test) y SAT (Site Acceptance Test) para su etapa de control de calidad.
- Se elaboraron los cuadros de costos de implementación, diseño, selección y lista de materiales para modernizar el centro de control de motores e integrarlo al sistema de supervisión y a la adquisición de datos en tiempo real de la planta cementera, quien considera de gran importancia para su crecimiento, tanto en la producción como en la gestión del mantenimiento futuro, ya que la facilidad de dominar y controlar el proceso se encuentra directamente a manos de los ingenieros de procesos del área de control y producción, comunicando inmediatamente cualquier problema suscitado en las líneas de proceso al área de mantenimiento mecánico/eléctrico para darle solución de forma inmediata, el impacto causado en los costos de muy significativo hecho por el cual esta informe de suficiencia profesional no se centra en los cálculos de rentabilidad de producción.
- Los cálculos realizados para el dimensionamiento del centro de control de motores están basados en procedimientos técnicos que desarrollan la metodología dentro de la base teórica de dimensionamientos de equipos, caídas de tensión y cálculos de cortocircuitos.
- Se integró el sistema que permite continuar con los procesos de mantenimiento preventivo/predictivo igualados en la información captada del CCM pueda aportar a una alta eficiencia de mantenimiento del todo el CCM, una alta seguridad para el personal, debido a su único diseño y bajo costo en el periodo de vida gracias a un sistema altamente escalable.

8. **Bibliografía**

- [1] R. Manrique y C. Sanz, «Estudio de instalaciones eléctricas en Mt/Bt para alimentación de fuerza a través de centro de control de motores y compensación de energía reactiva para nueva fábrica de alimento de mascotas - "Molitalia" Huachipa - Lima,» Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, 2018.
- [2] J. Alvarez, «Cálculo y selección del centro de control de motores en baja tensión para sistema de tratamiento de efluentes por contaminantes orgánicos y bioquímicos para Petroperú - Lima,» Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú, 2020.
- [3] J. Vásquez, «Caracterización de la automatización de los accionamientos en la fábrica de cementos de Cienfuegos,» Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba, 2017.
- [4] L. Hincapié y E. Garavito, «Caracterización de un centro de control de motores "CCM" para arranque con relé inteligente UMC (Universal Motor Controller) considerando niveles de seguridad SIL para el sector Oil and Gas,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia, 2019.
- [5] E. G. Ramos Ore, «Diseño del centro de control de motores en BT y MT de la ampliación de planta de chancado secundario Sociedad Minera El Brocal,» UNCP - Institucional, Huancayo, 2021.
- [6] J. C. Espinoza Quispe, «Implementación de un sistema de control de campo para arranque de un motor síncrono de 4000 hp,» UNCP - Institucional, Huancayo, 2021.
- a. J. Huaynate Sanchez, «Estudio de arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140000 tn/día ubicado a 4200 msnm, para la implementación de medidas de seguridad del personal y equipos,» Universidad Continental, Arequipa, 2020.
- [7] J. A. Pinto Ríos, «Desarrollo de plan de mantenimiento en motores eléctricos,» CONTINENTAL-Institucional, Arequipa, 2019.
- [8] X. Álvarez, Sistemas de control, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2004.
- [9] Tecnología de control, «Sistemas de control manual y automático,» sites.google.com, [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/control-manual>.
- [10] Tecnología de control, «Sistemas de control manual y automático,» sites.google.com, [En línea]. Available:

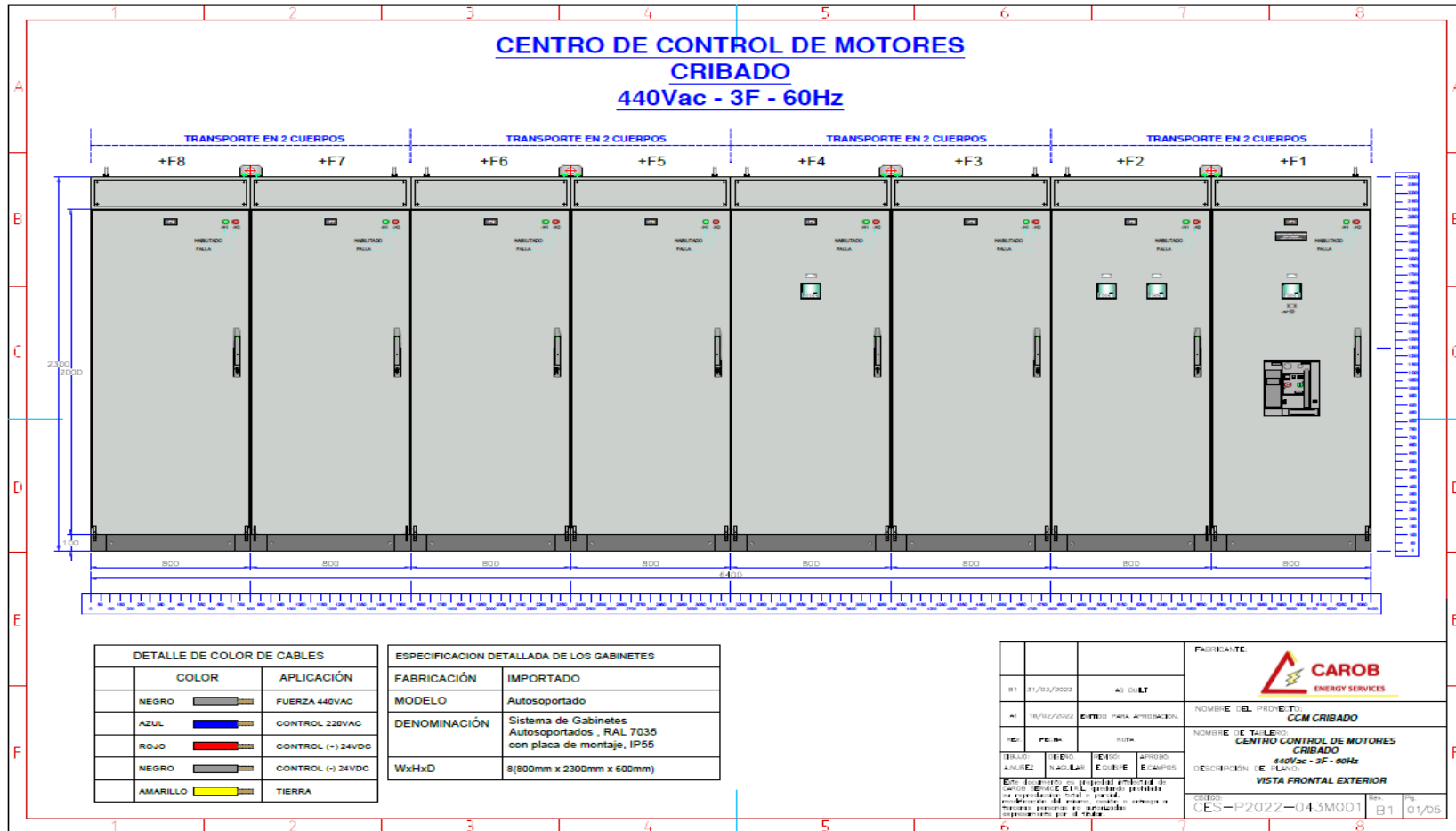
<https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/control-manual>.

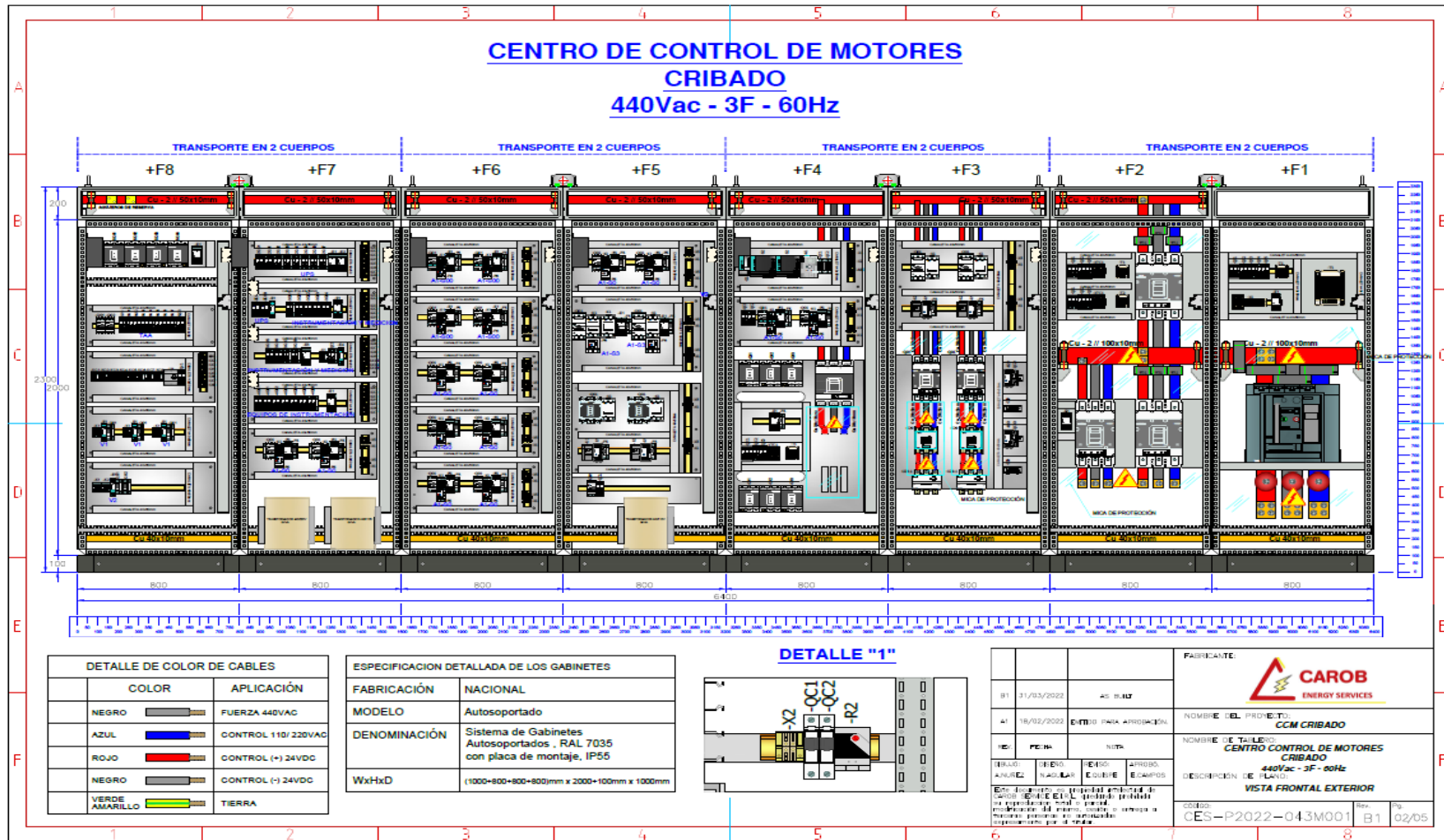
- [11] Tecno Informatic, «Sistemas de control: Características, tipo y más,» [En línea]. Available: <https://vidabytes.com/sistemas-de-control/>. [Último acceso: 30 Marzo 2022].
- [12] Instituto Tecnológico Metropolitano, «Sistemas de control automático,» 25 Julio 2011. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/posadaco/sistemas-decontrolautomatico>. [Último acceso: 1 Abril 2022].
- [13] Tecnología de control, «Sistemas de control manual y automático,» [sites.google.com](https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/control-manual), [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/control-manual>. [Último acceso: 1 abril 2022].
- [14] W. Díaz, Sistemas de control y características, Instituto Universitario de Tecnología Antonio José de Sucre, 2015.
- [15] R. Galán, A. Jiménez, R. Sanz y F. Matía, «Control inteligente. Inteligencia artificial,» Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, vol. 4, nº 10, pp. 43-48, 2000.
- [16] Risoul, «¿Qué es un Centro de Control de Motores (CCM) y por qué deberías adquirir uno?,» risoul.com, 25 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.risoul.com.mx/blog/que-es-un-ccm-y-por-que-deberias-de-adquirir-uno#:~:text=Un%20CCM%20es%20un%20tablero,cargas%2C%20generalmente%2C%20son%20motores..> [Ultimo acceso: 1 Abril 2022].
- [17] electricaplicada.com, «Principios básicos de diseño para centro de control de motores,» [En línea]. Available: <https://www.electricaplicada.com/principios-diseno-centro-control-motores/#estandares-de-diseno-para-los-centros-de-control-de-motores>.
- [18] L. Fuertes, «Diagrama de bloques,» Universidad Nacional de la Plata, Barcelona, España, 2004.
- [19] «Integración de un centro de control inteligente de motores mediante una red determinística al sistema de control y monitoreo existente para la Central Hidroeléctrica Guangopolo,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2013.
- [20] Siemens, «SIMUCODE PRO,» IEEE, vol. V, nº 5-23, p. 237, 2015.
- [21] Siemens, «Simatic Net,» AS-interface, vol. IV, nº 1, p. 14, 2006.
- [22] G. Mora, Mantenimiento, Planeacion, Ejecución y Control, México: Alfaomega, 2009.
- [23] Nexusintegra, «10 beneficios de contar con un sistema de automatización

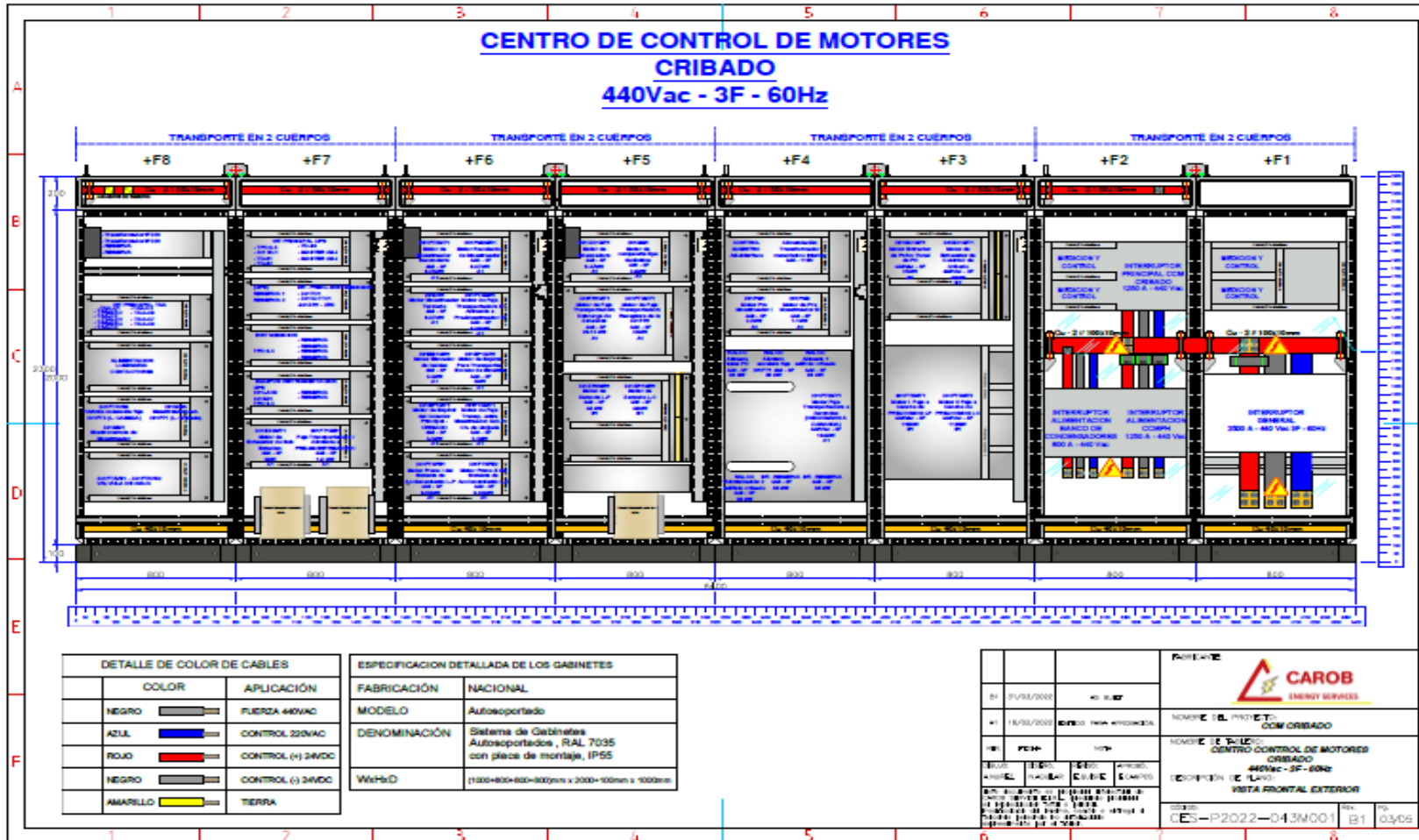
- industrial,» nexusintegra.io, [En línea]. Available: <https://nexusintegra.io/es/10-beneficios-de-contar-con-un-sistema-de-automatizacion-industrial/>. [Último acceso: 1 Abril 2022].
- [24] M. Quiroz y G. Valerio, «Mantenimiento a centros de control de motores,» Revista Impulso Tecnológico, vol. 18, 1998.
- [25] IEC 61439-1/2, «Guía para la construcción de un cuadro eléctrico de baja tensión,» IEEE, vol. VI, nº 1, p. 7, 2008.
- [26] Rittal Disprel, «Rittal,» 15 enero 2022. [En línea]. Available: https://www.rittal.com/es-es/content/es/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/ip/ip_1.jsp. [Último acceso: 18 marzo 2022].
- [27] K. & U. Fitzgerald, Máquinas eléctricas, Madrid: McGraw Hill Interamericana, 2004.
- [28] W. H. H. - J. E. K. - S. M. Durbin, Análisis de circuitos en ingeniería, España: McGraw-Hill, 2007.
- [29] W. H. Hayt, Análisis de Circuitos en Ingeniería, España: McGraw-Hill, 2007.
- [30] G. Negrete, «Diseño e implementación de un centro de control de motores para las corbetas clase "esmeraldas",» Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2015.
- [31] INDECO, Nexans: Conductores Indeco, Quarterly Review of Doublespeak, vol. 2, no. 1, pp. 9-10, 2003.

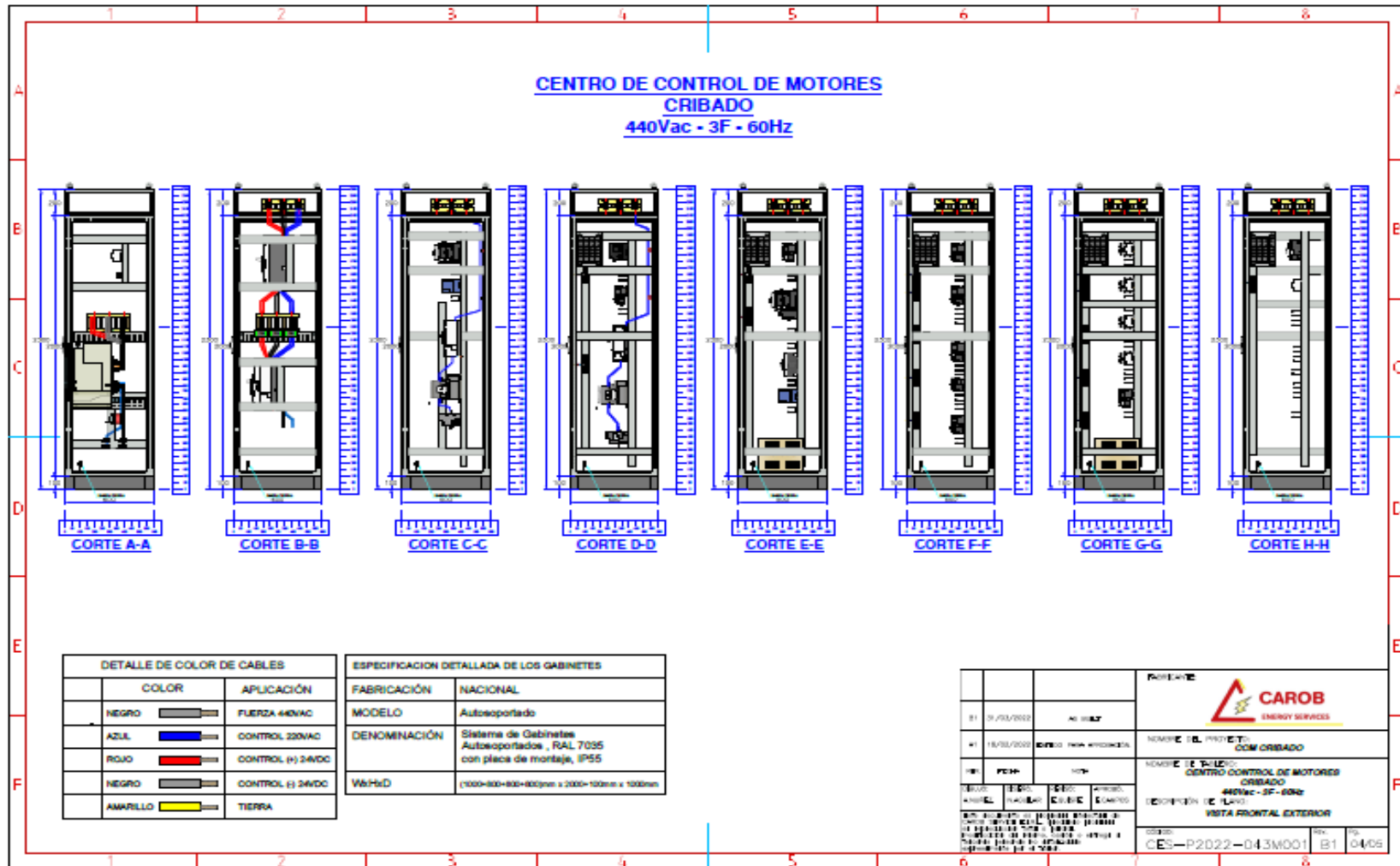
9. Anexos

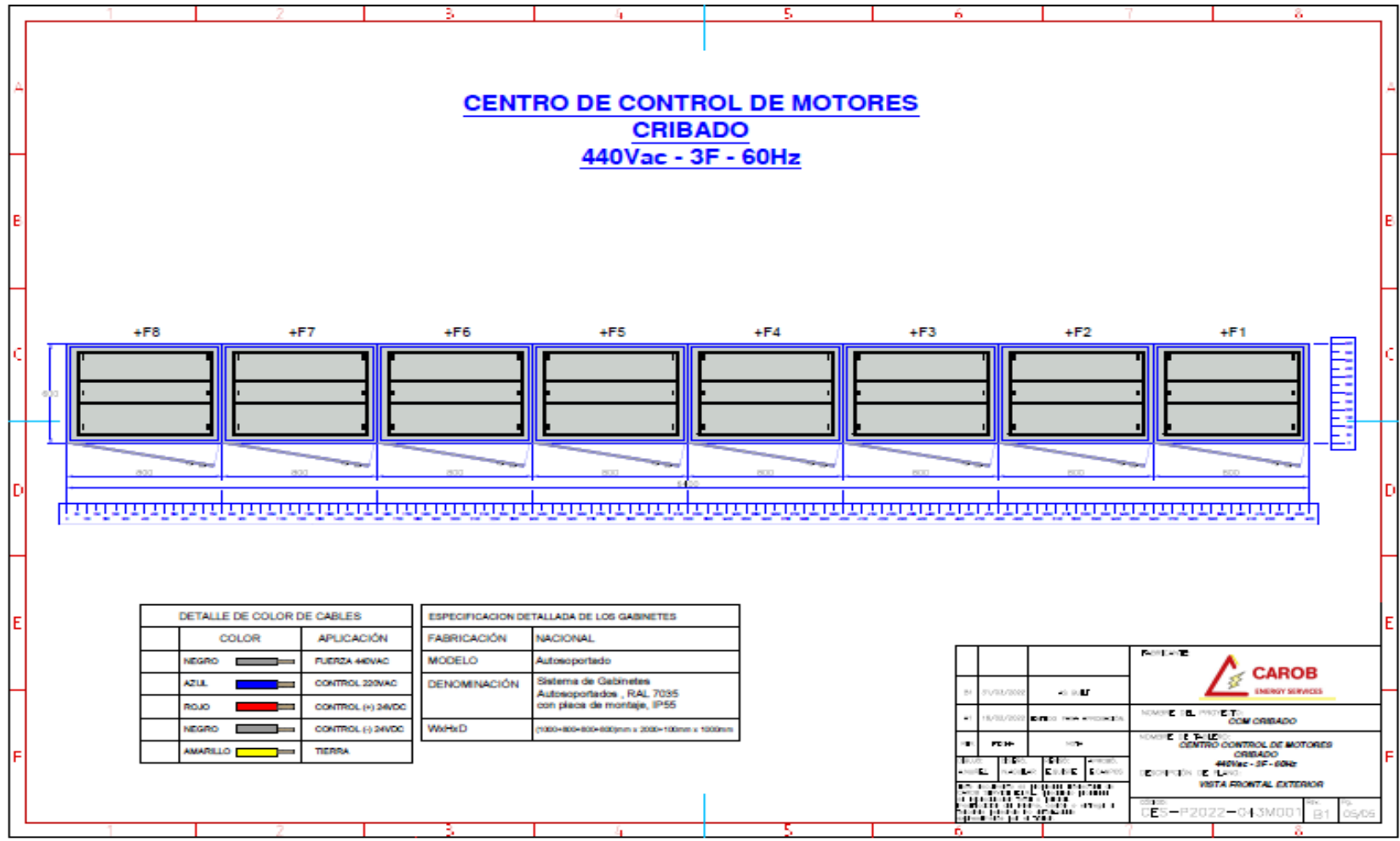
ANEXO 1: PLANOS DE DETALLE DE INGENIERIA MECANICA DE TABLEROS AUTOSOPORTADOS



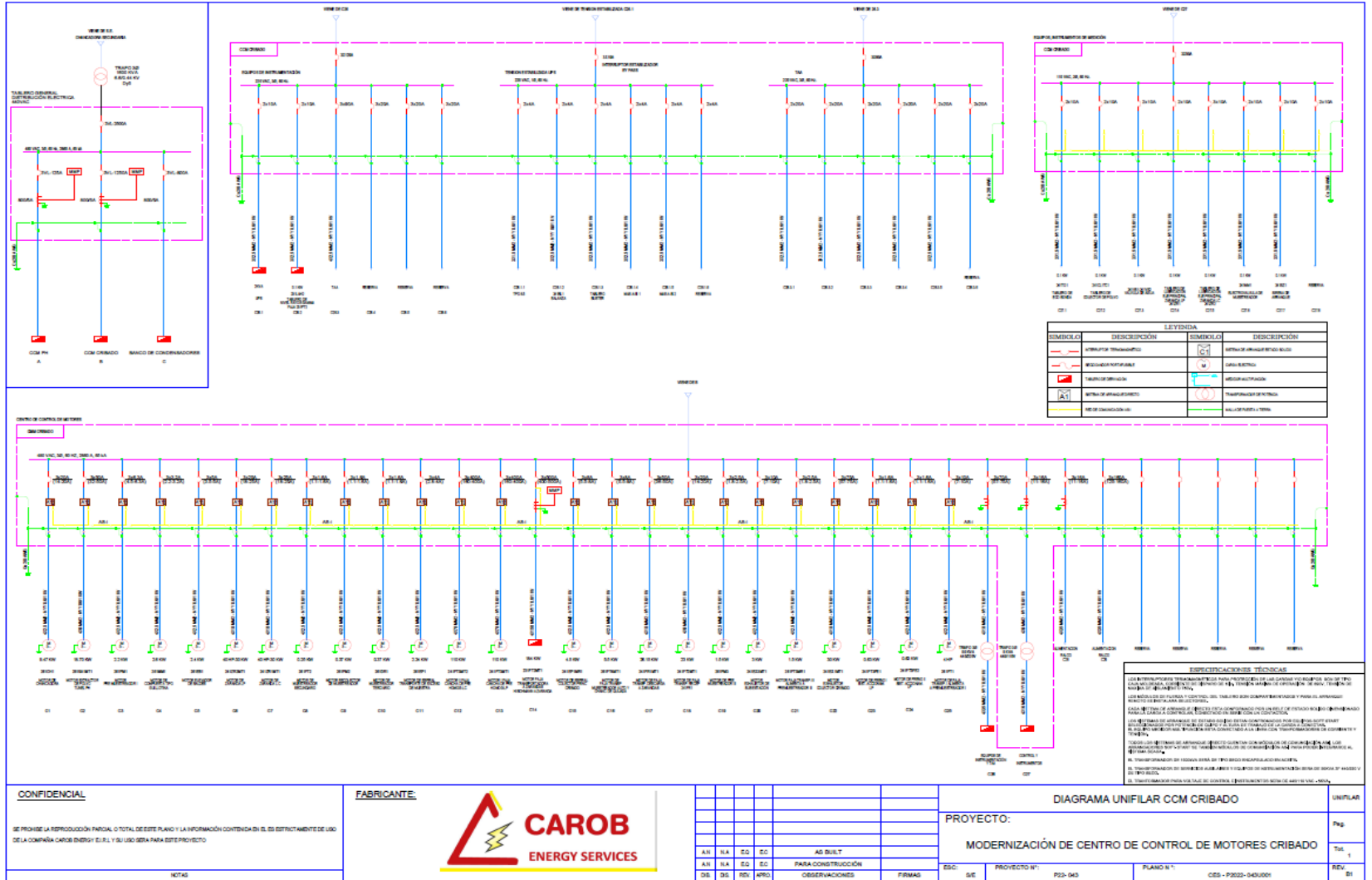




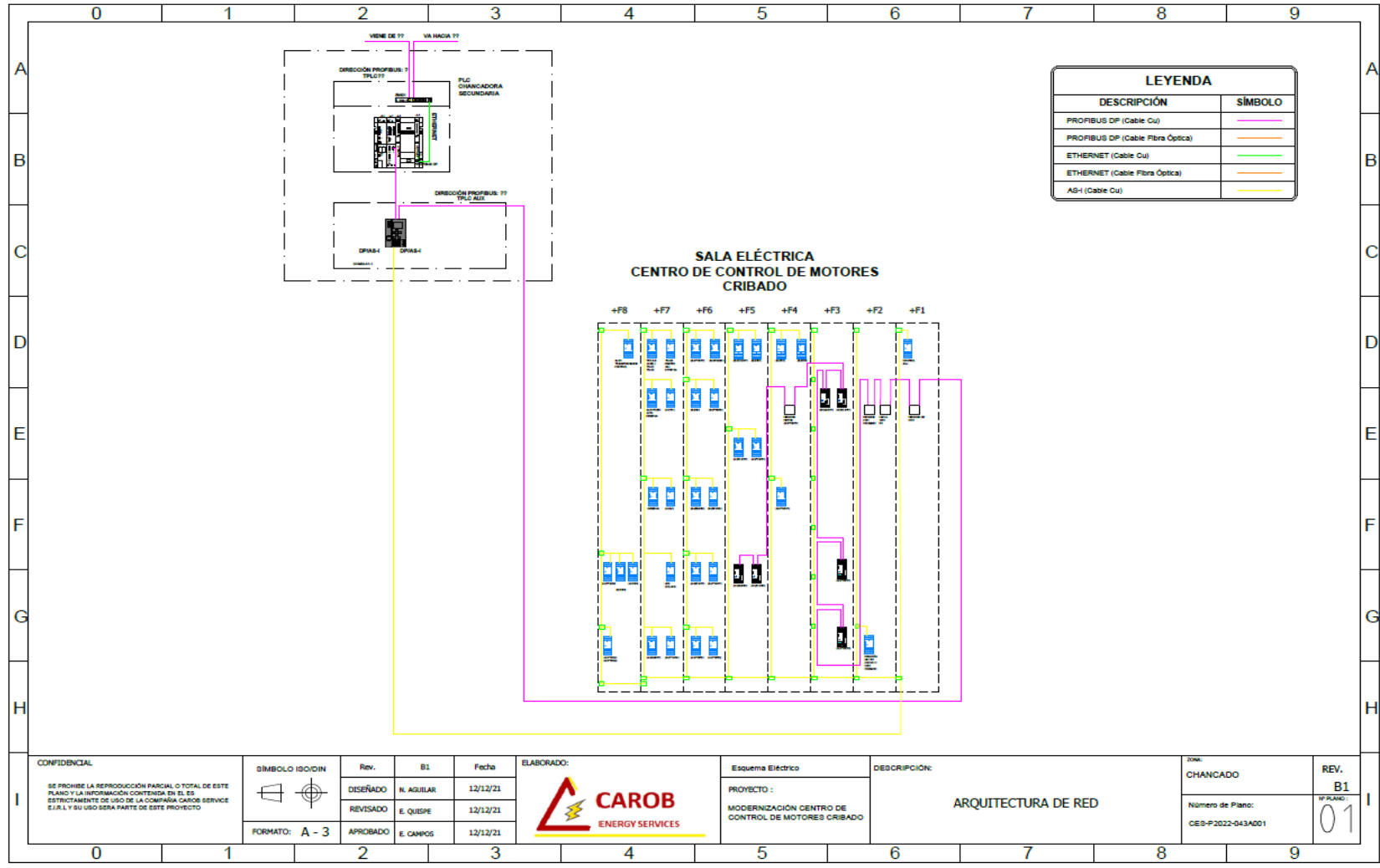




ANEXO 2: PLANOS DE DETALLE DE INGENIERIA ELECTRICA



ANEXO 3: PLANOS DE DETALLE DE ARQUITECTURA DE CONTROL

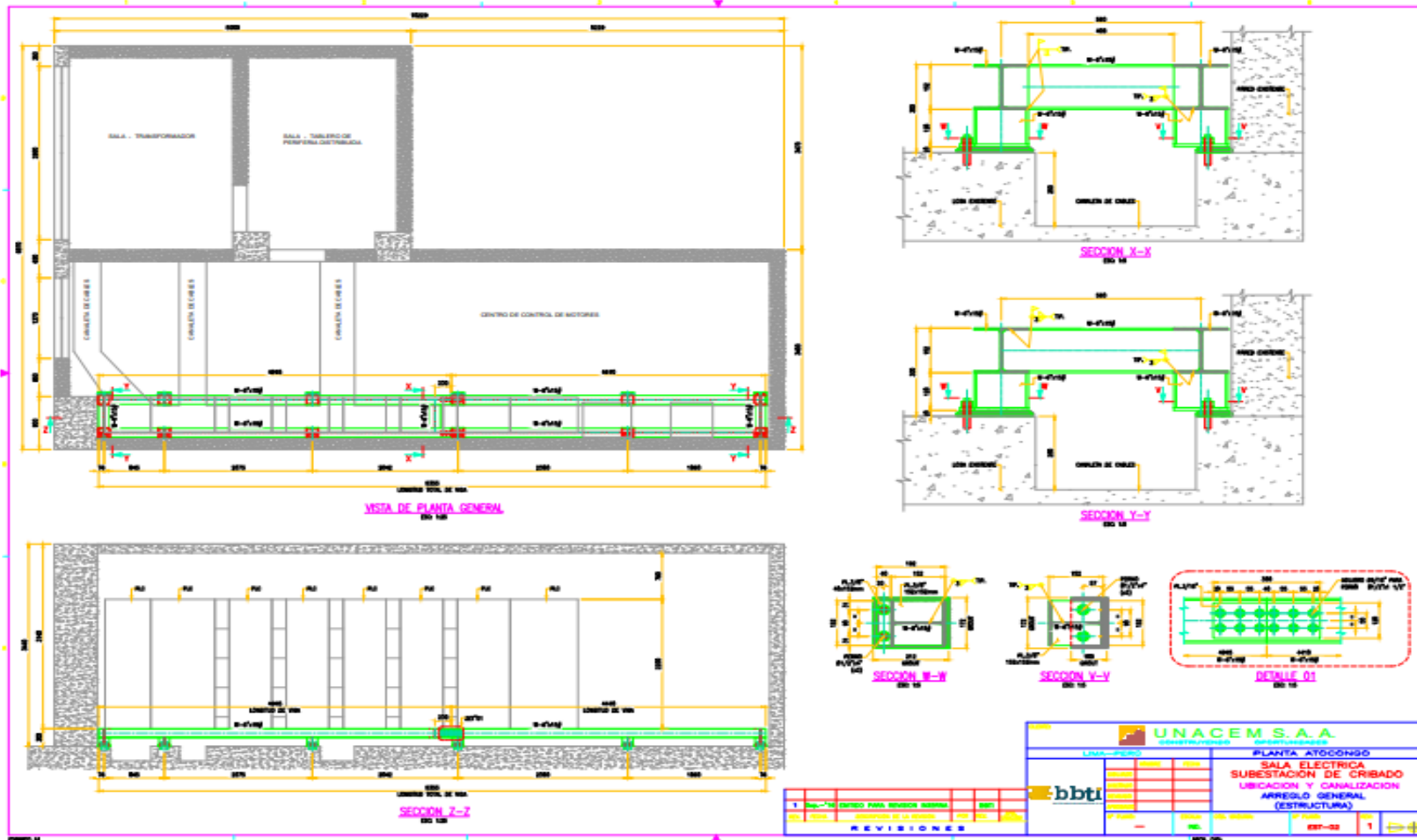


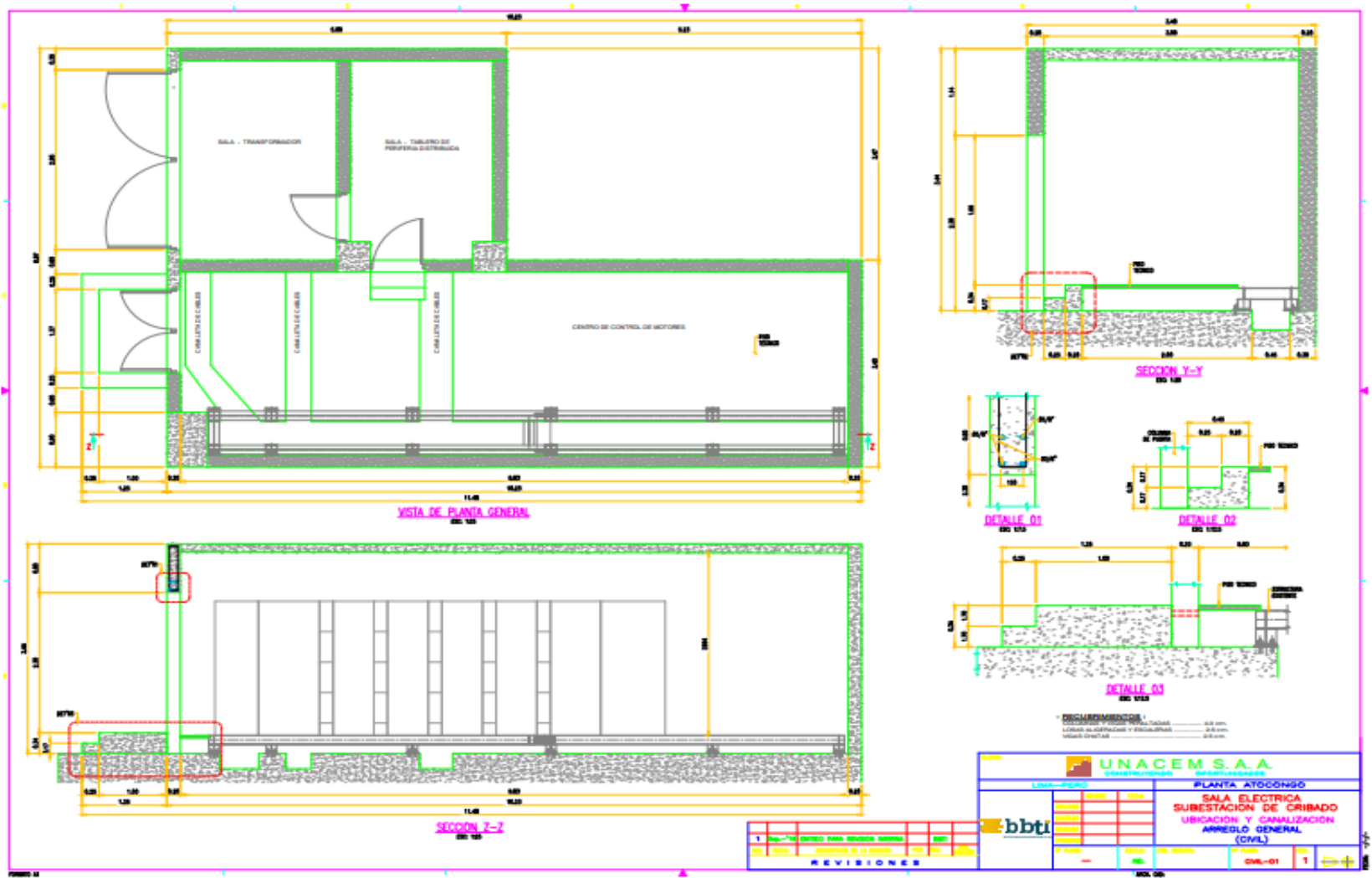
CONFIDENCIAL SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL, ES ESTRUCTIVAMENTE DE USO DE LA COMPAÑÍA CAROB SERVICE E.I.R.L. Y SU USO SERÁ PARTE DE ESTE PROYECTO	SIMBOLO ISO/IEC FORMATO: A - 3	Rev. B1 12/12/21	ELABORADO: Esquema Eléctrico	DESCRIPCIÓN: ARQUITECTURA DE RED	ZONA: CHANCADO	REV. B1
		Diseñado: N. AGUILAR 12/12/21				
		Revisado: E. QUISE 12/12/21				
		Aprobado: E. CAMPOS 12/12/21				
PROYECTO: MODERNIZACIÓN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CRIBADO			Número de Plano: CE0-P2022-043A001		REV. PLANO: 01	

ANEXO 4: CUADROS DE CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DE CABLES DE ENERGÍA PARA CABLEADO INTERIOR DE TABLERO AUTOSOPORTADOS

Sección nominal	Espesor aislamiento	Ø exterior	Peso	Resistencia eléctrica máxima a 20°C en C.C	Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C	Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C	Intensidad máx. adm. enterrado directamente 20°C	Intensidad máx. admisible al aire 30°C	Intensidad máx. admisible bajo tubo empotrado en pared 30°C	Caida de tensión a 90°C cos φ 0,8	Caida de tensión a 90°C cos φ 1	Radio curvatura
mm²	mm	mm	kg/km	Ω / km	*1 A	*2 A	*3 A	*4 A	*5 A	V / A km	V / A km	mm
1 x 1,5	0,7	5,7	48	13,3	22	25	-	24	20	24,3	30,0	23
1 x 2,5	0,7	6,2	57	7,98	29	33	-	33	28	14,7	18,0	25
1 x 4	0,7	6,7	72	4,95	37	43	-	45	37	9,26	11,25	27
1 x 6	0,7	7,4	96	3,3	46	54	74	58	48	6,24	7,50	30
1 x 10	0,7	8,2	140	1,91	61	72	99	80	66	3,81	4,50	33
1 x 16	0,7	9,7	200	1,21	79	93	130	107	88	2,12	2,44	39
1 x 25	0,9	11	286	0,78	101	119	166	135	117	1,41	1,56	44
1 x 35	0,9	12,1	380	0,554	122	143	197	169	144	1,050	1,113	49
1 x 50	1	13,7	520	0,386	148	174	239	207	175	0,776	0,779	55
1 x 70	1,1	15,7	700	0,272	178	210	291	268	222	0,590	0,557	63
1 x 95	1,1	17,9	940	0,206	211	248	348	328	269	0,468	0,410	72
1 x 120	1,2	19,6	1170	0,161	240	282	395	383	312	0,399	0,325	79
1 x 150	1,4	21,7	1470	0,129	271	319	442	444	358	0,348	0,260	87
1 x 185	1,6	23,7	1763	0,106	304	358	499	510	408	0,310	0,211	95
1 x 240	1,7	27	2315	0,080	351	413	572	607	481	0,267	0,162	135
1 x 300	1,8	31,4	2880	0,064	396	467	644	703	553	0,239	0,130	157
1 x 400	2	34,8	3631	0,049	464	547	733	823	661	0,236	0,097	174
1 x 500	2,2	42,2	5007	0,038	525	618	821	946	760	0,213	0,078	211

ANEXO 5: PLANOS DE SOPORTES DE DESCANSO DE TABLEROS AUTOSOPORTADOS DE CCM





- REQUERIMIENTOS
- CONCRETO PARA FUNDACIONES 200 mm
 - LOZOS ALUMINADOS Y ENCOFRADO 20 mm
 - ACERO 304/316 20 mm

		UNACEM S.A.A. INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES	
		PLANTA ATOCONGO	
LIMA - PERU		SALA ELECTRICA SUBSTACION DE CRIBADO UBICACION Y CANALIZACION ANEJO GENERAL (CIVIL)	
	Fecha:	Escala:	Hoja:
	Autor:	Revisado:	Proyecto:
REVISIONES		Codigo:	01

ANEXO 6: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES GANTT

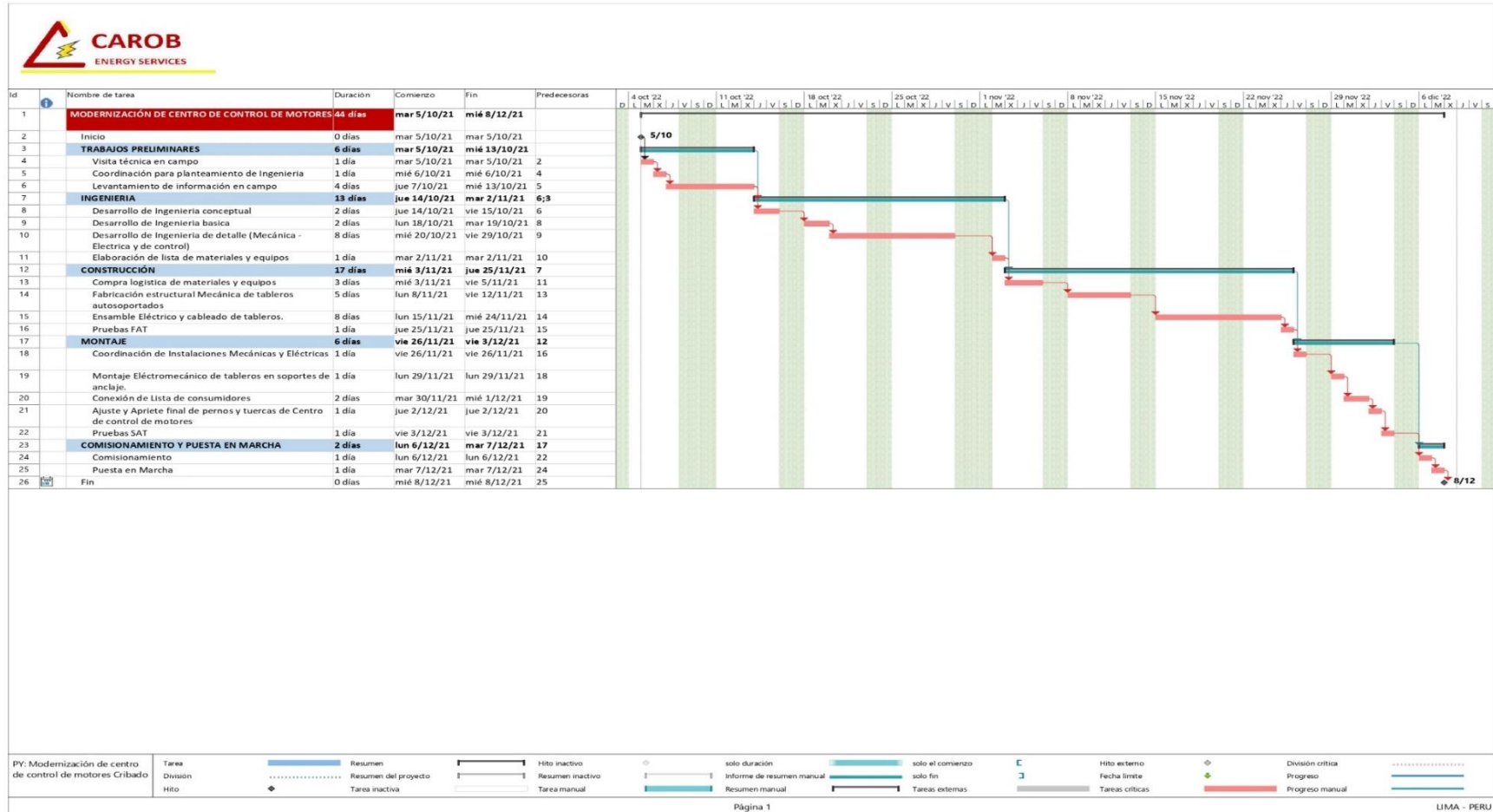


Tabla 27 Cuadro de cargas del Centro de Control de Motores

ITEM	NAME	TAG	FASES	DATOS NOMINALES						CONTROL
				POTENCIA kW	TENSIÓN (VAC)	FACTOR DEMANDA	CORRIENTE In	MAXIMA DEMANDA kW	MAXIMA DEMANDA KVA	
1	EQUIPOS - INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	241TO1	1F	0.20	120	0.80	2.08	0.20	0.24	AS-i
2		241CL1TC1	1F	0.20	120	0.80	2.08	0.20	0.24	AS-i
3		241ZR1 - ZR2	1F	0.20	120	0.80	2.08	0.20	0.24	AS-i
4		241FT3VS3	1F	0.20	120	0.80	2.08	0.20	0.24	AS-i
5		241FT3VS1 - 241FT3VS2	1F	0.20	120	0.80	2.08	0.20	0.24	AS-i
6		281MM1	1F	0.20	120	0.80	2.08	0.20	0.24	AS-i
7		241MM1	1F	0.20	120	0.80	2.08	0.20	0.24	AS-i
8		TPD 6.5	1F	0.20	120	0.80	2.08	0.20	0.24	AS-i
9	EQUIPOS DE INSTRUM	UPS	2F	1.60	230	0.80	4.35	1.60	1.88	AS-i
10		231LAH2	2F	0.20	230	1	0.43	0.20	0.24	AS-i
11		241SZ1	2F	0.20	230	1	0.43	0.20	0.24	AS-i
12		TPD 6.5	2F	0.20	230	1.00	0.43	0.20	0.24	AS-i
13	TENSION UPS	TPD 6.5	2F	0.80	230	0.80	2.17	0.80	0.94	AS-i
14		241 BL1	2F	0.50	230	0.80	1.36	0.50	0.59	AS-i
15		TD-01	2F	0.50	230	0.80	1.36	0.50	0.59	AS-i
16		TD-02	2F	0.50	230	0.80	1.36	0.50	0.59	AS-i
17		TD-03	2F	0.50	230	0.80	1.36	0.50	0.59	AS-i
18		MASTER AS-i	2F	0.50	230	0.80	1.36	0.50	0.59	AS-i
19		MASTER AS-i	2F	0.50	230	0.80	1.36	0.50	0.59	AS-i
20	TAA	TAA-C1	2F	2.00	230	1.00	4.35	2.00	2.35	-
21		TAA-C2	2F	2.00	230	1.00	4.35	2.00	2.35	-
22		TAA-C3	2F	2.00	230	1.00	4.35	2.00	2.35	-
23		TAA-C4	2F	2.00	230	1.00	4.35	2.00	2.35	-
24		TAA-C5	2F	2.00	230	1.00	4.35	2.00	2.35	-
25		TAA-C6	2F	2.00	230	1.00	4.35	2.00	2.35	-
26		TAA-C7	2F	2.00	230	1.00	4.35	2.00	2.35	-
27		TAA-C8	2F	2.00	230	1.00	4.35	2.00	2.35	-
28	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	261CH1	3F	9.47	440	1.00	12.44	9.47	11.14	AS-i
29		271SA1MT1	3F	25.00	440	1.00	32.84	25.00	29.41	SIMOCODE
30		261PM1	3F	2.20	440	1.00	2.89	2.20	2.59	AS-i
31		261MM1	3F	2.60	440	1.00	3.42	2.60	3.06	AS-i
32		261EB1	3F	2.40	440	1.00	3.15	2.40	2.82	AS-i
33		241ZR2MT1	3F	48.00	440	1.00	63.06	48.00	56.47	SIMOCODE
34		241ZR1MT1	3F	48.00	440	1.00	63.06	48.00	56.47	SIMOCODE
35		261FT2	3F	0.25	440	1.00	0.33	0.25	0.29	AS-i
36		261PM2	3F	0.37	440	1.00	0.49	0.37	0.44	AS-i
37		261DR1	3F	0.37	440	1.00	0.49	0.37	0.44	AS-i
38		261EP1	3F	3.00	440	1.00	3.94	3.00	3.53	AS-i
39		241FT3MT2	3F	110.00	440	1.00	144.51	110.00	129.41	SIMOCODE
40		241FT3MT1	3F	110.00	440	1.00	144.51	110.00	129.41	SIMOCODE
41		231FT2MT1	3F	184.00	440	1.00	241.72	184.00	216.47	AS-i
42		241EP1MR1	3F	4.50	440	1.00	5.91	4.50	5.29	AS-i
43		261FT4MT1	3F	5.50	440	1.00	7.23	5.50	6.47	AS-i
44		241FR1MT1	3F	26.15	440	1.00	34.35	26.15	30.76	AS-i
45		241FT2MT1	3F	8.90	440	1.00	11.69	8.90	10.47	AS-i
46		261PM3	3F	1.10	440	1.00	1.45	1.10	1.29	AS-i
47		241EX3MT1	3F	3.00	440	1.00	3.94	3.00	3.53	AS-i
48		261FT3MR1	3F	0.38	440	1.00	0.50	0.38	0.45	AS-i
49		241EX1MT1	3F	30.00	440	1.00	39.41	30.00	35.29	SIMOCODE
50		241FT3FE1	3F	0.63	440	1.00	0.83	0.63	0.74	AS-i
51		241FT3FE2	3F	0.63	440	1.00	0.83	0.63	0.74	AS-i
52		261FT1	3F	1.80	440	1.00	2.36	1.80	2.12	AS-i
53		Transformador	3F	5.00	440	1.00	6.57	5.00	5.88	AS-i
54		Transformador	3F	5.00	440	1.00	6.57	5.00	5.88	AS-i
55	Transformador	3F	30.00	440	1.00	39.41	30.00	35.29	AS-i	
56	RALCO Ph	3F	30.00	440	1.00	39.41	30.00	35.29	-	
57	RALCO escalera	3F	30.00	440	1.00	39.41	30.00	35.29	-	
58	RALCO 1	3F	30.00	440	1.00	39.41	30.00	35.29	-	
59	RALCO 2	3F	30.00	440	1.00	39.41	30.00	35.29	-	

Tabla 28 Hoja de Datos Designación: CCM BT- CAROB ENERGY PERU

N°	DATOS DEL CCM BT	CARACTERISTICAS DE CCM BT
1	TIPO DE ALIMENTACIÓN CCM	Acometida y conexión a Interruptor de Potencia de Baja Tensión
2	DATOS DEL SISTEMA	* 460 VAC, 60 HZ, 3F+T. (fuerzo) * 230 VAC, 60 HZ, 3F+T. (Para red Tomas industriales y tablero de fuerza para iluminación)
3	Tensión Teorica de Diseño	* 690 VAC
4	Tensión de Operación	* 460 VAC * 220 VAC * 110 VAC * 24 VAC
5	Interruptor Principal	Interruptor de Potencia Tipo Electromagnetico interruptor automático de montaje fijo 3 polos, tamaño II, IEC In=2500A a 690V, AC50/60Hz Icu=66kA a 500V conexión posterior horizontal Disparador de sobreintensidad ETU 25 Protección LSI ajustable 10-25 mm Con accionamiento manual con almacenamiento con demanda mecánica sin 1° disparador auxiliar sin 2° disparador auxiliar 2NA+2NC
6	Clase de CCM y Alambrado	* Clase I Tipo B
7	Gabinete	Denominación: Sistema de Gabinetes Autosoportado RAL 7035 con placa de montaje, IP 55 Fabricación: Nacional Modelo : Autosoportado HxAxL : 2000 X 1000 X 1000 mm
8	NORMATIVA CONSTRUCTIVA	IEC 61439 1/2
9	Cables de consumidores	Salida de Cables para Inferior
10	Corriente Nominal de Alimentación	* 3000A
11	Corriente Nominal de barras de Bus de distribución	* 300A, 2500A, 1000A
12	Detalles de Colores de Cables	* Negro -> Fuerza 440 VAC * Azul -> Control 110 / 220 VAC * Rojo -> Control (+) 24 VAC * Negro -> Control (-) 24 VAC * Verde/Amarillo -> Tierra
13	Corto Circuito	* CCM 440 VAC - 20000 A * CCM 230 VAC - 15000 A

Listado de Equipos Electromecánicos

Tabla 29 Lista de Materiales para fabricación del CCM parte I

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DATOS TECNICOS	FABRICANTE	CODIGO
1	1A.1...1A.5	28	28 DISTRIBUIDOR COMPACTO AS-INTERFACE	SIEMENS	3RK1901-1NN10
2	E1;E2	29	29 AS-INTERFACE MODULO SLIM LINE AS-I S45 - 4DI / 4DO RELAY	SIEMENS	3RK1402-3CE00-0AA2
3	H1	8	LAMINA DE SEÑALIZACIÓN 22MM, REDONDO, METAL, VERDE, LENTE, ANILLOS CONCENTRICOS, CON SOPORTE, PORTALAMPARAS, CON LED INTEGRADO 110V AC, BORNES DE TORNILLO	SIEMENS	3SB3648-6BA40
4	H2	8	LAMPARA DE SENALIZACION 22MM, REDONDO, METAL, ROJO, LENTE, ANILLOS CONCENTRICOS, CON SOPORTE, PORTALAMPARAS, CON LED INTEGRADO 110V AC, BORNES DE TORNILLO	SIEMENS	3SB3648-6BA20
5	KP	1	BLOQUE DE CONTACTO SIGNUM METALLIC 1NA	SIEMENS	3SB3400-0B
6	1P1;1P2;P1	4	MEDIDOR MULTIFUNCION SENTRON PAC3200 96x96,95-240VAC,50/60Hz,X/1A oX/5A,I SIEMENS 7KM2112-0BA00-3AA0	SIEMENS	7KM2112-0BA00-3AA0
7	1P1;1P2;P1	4	MOD. DE AMPLIACION SENTRON PAC PROFIBUS DP V0, P/PAC3200, VEL. 9.6Kbit/s SIEMENS 7KM9300-0AB00-0AA0	SIEMENS	7KM9300-0AB00-0AA0
8	QC1	8	INTERRUPTOR AUTOMATICO 1P 4A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6104-7
9	1QC1;2QC1;QC1	4	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO 400V 6KA, 3-POLE, C, 2A, D=70MM	SIEMENS	5SY6302-7
10	1QC2;1QC3;2QC2;2QC3;QC2;QC3	8	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO 400V 6KA, 2-POLE, C, 2A, D=70MM	SIEMENS	5SY6202-7
11	1QC5;2Q02...2Q09;4Q02...4Q04;4Q06;QC1	14	INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P 4A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6204-7
12	QG1	1	INTERRUPTOR DE MONTAJE FIJO 3 POLOS, TAMAÑO II, IEC IN=2500A HASTA 690V, AC50/60HZ ICU=66KA CON 500V CONEX. POSTERIOR HORIZONTAL DISPARADOR SOBREINT. ETU 25 MARGEN REG. PROT. LSI 0,4-1 IN CON ACCTO. MANUAL Y ACUMUL. CON LIBERACION MECANICA SIN 1ER DISPARADOR AUX. SIN 2 DISPARADOR AUX. 2NA + 2NC	SIEMENS	3WL1225-2CB32-1AA2
13	1T1;2T1	4	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN 50VA, VOLT. ENTRADA 440VAC, VOLT, SALIDA 220VAC, 60HZ.	ENERGY PRO	TRF-50A_440/220
14	1TC1...1TC3;TC1	4	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 3000/5A	CIRCUTOR	M703XX
15	TOPES	8	Escuadra final termoplasto 10mm	SIEMENS	8WA1808
16	X1	17	BORNA DE PASO TERMOPLASTICO INDIVIDUAL, 6,5MM TAMAÑO 4	SIEMENS	8WA1011-1DG11
17	X1	2	Escuadra final termoplasto 10mm	SIEMENS	8WA1808
18	1X1;1X5;2X1...2X9;3X1...3X3;3X8...3X12;4X1...4X4;4X7;6X1...6X8;X1;X2;X5;X220; X-ASI	150	BORNA DE PASO TERMOPLASTICO INDIVIDUAL, 6,5MM TAMAÑO 4	SIEMENS	8WA1011-1DG11
19	1X1;1X5;2X1...2X9;3X1...3X3;3X8...3X12;4X1...4X4;4X7;6X1...6X8;X1;X2;X5;X220	148	Escuadra final termoplasto 10mm	SIEMENS	8WA1808
20	1XC1;1XC2;2XC1;XC1	30	BORNA DE PASO TERMOPLASTICO CONEXION POR TORNILLO EN AMBOS LADOS CON CASQUILLO DE PRUEBA, 8MM, TAMAÑO 6	SIEMENS	8WA1011-1MH15
21	Q01...Q03	3	INT. AUTOMATICO TRIF. 500-1250A 100KA/240V 70KA/380V 50KA/440V	SIEMENS	3VL7712-2SB36-0AA0
22	1TC1...1TC3;2TC1...2TC3	9	Transformador de corriente 1500/5A - TC12	CIRCUTOR	M70383
23	A1...A5	11	Repartidores modulares 380VAC 3F 60Hz 125 A	LEGRAND	4888
24	F5;Q01;Q02	30	INTERRUPTOR AUTOMATICO 1P 2A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6102-7
25	F5	25	CONTACTO AUXILIAR Y SEÑALIZACION DE FALLAS PARA 5SY/5SL 1NA+1NC	SIEMENS	5ST3010
26	KM1	1	Contactador Trifasico 50A/AC3 55A/AC1 110V 50/60CL S	SIEMENS	3RT1036-1AG20
27	KM1;KM2	19	BLOQUE DE CONTACTO AUXILIAR 1NA S0-S12 FRONTAL	SIEMENS	3RH1921-1CA10
28	PE	6	BORNA PEN TERMOPLASTICO PA6.6 CONEXION POR TORNILLO S EN AMBOS LADOS VERDE-AMARILLO, 12MM, TAMAÑO 16	SIEMENS	8WA1011-1PK00
29	Q01	1	Guardamotor SIRIUS 3RV. S2 40-50A	SIEMENS	3RV1031-4HA10
30	Q01	18	Lateral interruptor auxiliar con 2 contactos	SIEMENS	3RV1901-1A
31	Q01	18	BLOQUE DE CONTACTOS AUX. FRONTAL 1NA+1NC S00-S3	SIEMENS	3RV1901-1E
32	RM1	17	VARISTOR AC 48-127, DC 70-150V P. TAM S0-S3	SIEMENS	3RT1926-1BC00
33	U1	6	UNIDAD BASE 1 SIMOCODE PRO C INTERFAZ PROFIBUS DP, 4E/3S PARAMETRIZABLES, US: UC 110 -240V	SIEMENS	3UF7000-1AU00-0
34	U1	6	CABLE 30CM CONEXIÓN MODULOS DE EXPANSION	SIEMENS	3UF7935-0AA00-0
35	U1	6	TERMINAL DE CONEXIÓN PARA BUS PROFIBUS	SIEMENS	3UF7960-0AA00-0
36	U2	4	MOD. MEDICION DE CORRIENTE 10-100A	SIEMENS	3UF7102-1AA00-0
37	X1	62	Borne de paso 6 mm, tamaño 2,5	SIEMENS	8WA1011-1DF11

Tabla 30 Lista de Materiales para fabricación del CCM parte II

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DATOS TECNICOS	FABRICANTE	CODIGO
38	X5	12	BORNA DE PASO TERMOPLÁSTICO CONEXIÓN TIPO TORNILLO 16 mm2 76A 800V BEIGE SIEMENS	SIEMENS	8WA1204
39	KM1;KM2	4	Contacto Trifásico 65A/AC3 100A/AC1 110V 50/60CL	SIEMENS	3RT1044-1AG20
40	Q01	2	Guardamotor SIRIUS 3RV. S3 57-75A	SIEMENS	3RV1041-4KA10
41	KM1	2	Contacto Trifásico 185A/AC3 215A/AC1 110-127VAC40-	SIEMENS	3RT1056-6AF36
42	Q01	2	INT. AUTOMATICO TRIF. 320-400A 100KA/240V 70KA/380V 50KA/440V	SIEMENS	3VL4740-2DC36-0AA0
43	1Q01...1Q06;5Q01...5Q04; Q01	14	CONTACTO AUX. 1NA+1NC P. INTERR. 3VL17(VL160X) AL	SIEMENS	3VL9400-2AB00
44	RM1	3	SURGE SUPPRESSOR RC/ELEMENT FOR CONTACTOR MOD. S6/S10 FOR US	SIEMENS	3RT1956-1CC00
45	U2	2	MOD. MEDICION DE CORRIENTE 63-630A	LEGRAND	3UF7104-1BA00-0
46	A1	5	DISTRIBUIDOR MODULAR 250A	SIEMENS	37400
47	A1	1	SIMATIC NET, DP/AS-INTERFACE LINK ADVANCED; PASARELA PROFIBUS DP/AS-INTERFACE CON MASTERPROFILE #3, #4 SEGUN ESPECIFICACION AS-1 AMPLIADA V3.0 PARA LA INTEGRACION EN PROFIBUS DP; MAESTRO DOBLE CON DISPLAY; CLASE DE PROT. IP20.	SIEMENS	6GK1415-2BA20
48	G1	1	SITOP PSU100S 24 V/5 A STABILIZED POWER SUPPLY INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: 24 V/5 A DC	SIEMENS	6EP13332BA20
49	G2;G3	2	AS-1 POWER 8A 120V/230-500V AC IP20, FUENTE DE ALIM. AS-INTERFACE, IN:120V/230V-500V AC, OUT: AS-1, 8A (30V DC), IP20, CON DETEC.DE DEFEC.A TIERRA INTEG., DETECTOR DE SOBRECARGA INTEG., CON DESACOPLAM. DE DATOS AS-1	SIEMENS	3RX9503-0BA00
50	PE	4	BORNA PE VERDE-AMARILLO 4MM2, 6,5MM, 32A	SIEMENS	8WA2011-1PG20
51	QC1;QC2	2	2 INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P, 10A 15KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6210-7
52	XPE	3	3 BORNERA TIERRA ANCHO 7.2mm, TAMAÑO 4	SIEMENS	8WA1011-1PG00
53	F6	2	RELE TERMICO 4.5-6.3A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-1G80
54	KM1	9	CONTACTOR TRIFASICO 12A/AC3 40A/AC1 110V 50/60CL S	SIEMENS	3RT1024-1AG20
55	PE	15	BORNERA TIERRA ANCHO 7.2mm, TAMAÑO 4	SIEMENS	8WA1011-1PG00
56	Q01	3	GUARDAMOTOR DE S2 0 - 6.3A	SIEMENS	3RV1021-1GA10
57	1QC1	1	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO 400V 6KA, 2-POLE, C, 2A, D=70MM	SIEMENS	5SY6202-7
58	1QC2	1	INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P 6A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6206-7
59	F6	1	RELE TERMICO 2.8-4A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-1EB0
60	Q01	1	GUARDAMOTOR DE S2 0 - 4A	SIEMENS	3RV1021-1EA10
61	1Q01...1Q06	6	INT. AUTOMATICO TRIF. 40-50A 100KA/240V 70KA/380V 42KA/440V	SIEMENS	3VL1705-2DD33-0AA0
62	KM1	1	CONTACTOR TRIFASICO 300A/AC3 330A/AC1 110-127VAC40-	SIEMENS	3RT1066-6AF36
63	Q01	1	INT. AUTOMATICO TRIF. 400-500A 100KA/240V 70KA/380 V 50KA/440V	SIEMENS	3VL5750-2DC36-0AA0
64	Q01	1	CONTACTO AUX. 2NA+2NC P. INTERR. 3VL57(VL630) AL 3	SIEMENS	3VL9800-2AC00
65	F6	1	RELE TERMICO 14-20A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-4B80
66	KM1	1	Contacto Trifásico 25A/AC3 40A/AC1 110V 50/60CL	SIEMENS	3RT1026-1AG20
67	Q01	1	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 14-20A	SIEMENS	3RV1021-4BA10
68	F6	1	RELE TERMICO 57-75A TAM S3	SIEMENS	3RU1146-4K80
69	F6	1	RELE TERMICO 28-40A TAM S2	SIEMENS	3RU1136-4F80
70	Q01	1	1 Guardamotor SIRIUS 3RV. S3 28-40A	SIEMENS	3RV1041-4FA10
71	KM1	2	2 Contactor Trifásico 95A/AC3 120A/AC1 110V 50/60CL	SIEMENS	3RT1046-1AG20
72	Q01	2	INT. AUTOMATICO TRIF. 80-100A 100KA/240V 70KA/380V 42KA/440V	SIEMENS	3VL1710-2DD33-0AA0
73	X5	6	BORNE DE CONEXION 35mm 125A 800V 10-1AWG BEIGE SIEMENS 8WA1205	SIEMENS	8WA1205
74	Q01;Q02	4	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 11-16A	SIEMENS	3RV1021-4AA10
75	Q02	1	INT. AUTOMATICO 2X50A 20KA 220VAC/6KA 440VAC CURVA TIPO C	SIEMENS	5SY6250-7
76	F6	4	RELE TERMICO 1.1-1.6A TAM S00	SIEMENS	3RU1116-1A80
77	KM1	6	Contacto Trifásico 7A/AC3 18A/AC1 110V 50/60CL 1NA	SIEMENS	3RT1015-1AF01
78	Q01	4	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 1.1-1.6A	SIEMENS	3RV1021-1AA10
79	RM1;RM2	12	VARISTOR AC 48-127, DC 70-150V P. TAM S00	SIEMENS	3RT1916-1BC00
80	F6	2	RELE TERMICO 3.5-5A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-1FB0
81	Q01	1	1 Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 3.5-5A	SIEMENS	3RV1021-1FA10
82	F6	3	RELE TERMICO 5.5-8A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-1H80
83	Q01	2	2 Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 5.5-8A	SIEMENS	3RV1021-1HA10
84	Q01	1	1 Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 9-12.5A	SIEMENS	3RV1021-1KA10
85	F6	1	RELE TERMICO 11-16A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-4A80
86	PE	1	BORNA PE 2 CONEXIONES POR TORNILLOS VERDE-AMARILLO, 8MM, TAMAÑO 6	SIEMENS	8WA1011-1PH00
87	X5	3	BORNA DE PASO TERMOPLASTICO 8MM TAMAÑO 6	SIEMENS	8WA1011-1DH11
88	F6	2	RELE TERMICO 1,4-2.0A TAM S00	SIEMENS	3RU1116-1B80
89	Q01	2	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 1.4-2A	SIEMENS	3RV1021-1BA10
90	2Q01;4Q01;4Q05	3	3 INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P 6A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6206-7
91	2Q01...2Q09;2Q01;3Q01...3Q08;3Q01;4 27 Q01...4Q06;4Q01;Q03	27	CONTACTO AUXILIAR Y SEÑALIZACION DE FALLAS PARA 5SY/SSL 1NA+1NC	SIEMENS	5ST3010
92	2QG1;3Q01...3Q08	9	INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P, 10A 15KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6210-7
93	3QG1;4QG1;Q03	3	INT. AUTOMATICO 2X50A 20KA 220VAC/6KA 440VAC CURVA TIPO C	SIEMENS	5SY6250-7
94	E1;E2	4	AS-INTERFACE MODULO SLIM LINE AS-1 S45 - 2DI / 2DO RELAY	SIEMENS	3RK1402-0BE00-0AA2
95	K1;K2;KM7	6	CONTACTOR AUXILIAR, 3NA+1NC, AC 110 V, 50 HZ, CONEXION POR TORNILLO	SIEMENS	3RH1131-1AF00
96	4Q07;6Q01...6Q08	9	INT. AUTOMATICO 2X04A 20KA 220VAC/6KA 440VAC CURVA TIPO C	SIEMENS	5SY6220-7
97	Q01	2	CONTACTO AUXILIAR TRANSVERSAL DE CONEXION POR TORNILLO, 2 NA, PARA INTERRUPTOR AUTOMATICO, TAM. S00...S3	SIEMENS	3RV1901-1F
98	5Q01	1	INT. AUTOMATICO TRIF. 64-80A 100KA/240V 70KA/380V 42KA/440V	SIEMENS	3VL1708-2DD33-0AA0
99	5Q02	1	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P 50-63A 65KA/240V 40KA/380VAC	SIEMENS	3VL1706-2DD33-0AA0
100	5Q03	1	INT. AUTOMATICO TRIF. 128-160A 100KA/240V 70KA/380V 42KA/440V	SIEMENS	3VL1716-2DD33-0AA0
101	5Q04	1	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P 16-20A 65KA/240V 40KA/380VAC	SIEMENS	3VL1702-2DD33-0AA0
102	KC1...KC8	8	Contacto Trifásico 7A/AC3 18A/AC1 110V 50/60CL 1NA	SIEMENS	3RT1015-1AF01
103	U1	1	LOGO!23ORCE, LOGIC MODULE, DISPL. PU/I/O: 115V/230V/RELAY, 8 DI (4AI)/4 DO; MEM 400 BLOCKS	SIEMENS	6ED1052-1FB00-0BA8
104	Q01;Q02	5	INTERR. AUXILIAR CORRIENTE 2A, P. INTERR.PROT. T=70MM	SIEMENS	5ST3011

Tabla 31 Costos de los equipos de fuerza y control del CCM

ITM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN DATOS TECNICOS	MARCA	CODIGO	COSTO UNITARIO S/.	COSTO GLOBAL S/.
1	28	UND.	28 DISTRIBUIDOR COMPACTO AS-INTERFACE	SIEMENS	3RK1901-1NN10	S/ 89.45	S/ 2,504.60
2	29	UND.	29 AS-INTERFACE MODULO SLIM LINE AS-I S45 - 4DI / 4DO RELAY	SIEMENS	3RK1402-3CE00-0AA2	S/ 715.75	S/ 20,756.75
3	8	UND.	LAMINA DE SEÑALIZACIÓN 22MM, REDONDO, METAL, VERDE, LENTE, ANILLOS CONCENTRICOS, CON SOPORTE, PORTALAMPARAS, CON LED INTEGRADO 110V AC, BORNES DE TORNILLO	SIEMENS	3SB3648-6BA40	S/ 25.00	S/ 200.00
4	8	UND.	LAMPARA DE SENALIZACION 22MM, REDONDO, METAL, ROJO, LENTE, ANILLOS CONCENTRICOS, CON SOPORTE, PORTALAMPARAS, CON LED INTEGRADO 110V AC, BORNES DE TORNILLO	SIEMENS	3SB3648-6BA20	S/ 120.26	S/ 962.08
5	1	UND.	BLOQUE DE CONTACTO SIGNUM METALLIC 1NA	SIEMENS	3SB3400-0B	S/ 70.25	S/ 70.25
6	4	UND.	MEDIDOR MULTIFUNCION SENTRON PAC3200 96x96, 95-240VAC, 50/60Hz, X/1A oX/5A, I SIEMENS 7KM2112-0BA00-3AA0	SIEMENS	7KM2112-0BA00-3AA0	S/ 4,500.00	S/ 18,000.00
7	4	UND.	MOD. DE AMPLIACION SENTRON PAC PROFIBUS DP V0, P/PAC3200, VEL. 9.6Kbit/s SIEMENS 7KM9300-0AB00-0AA0	SIEMENS	7KM9300-0AB00-0AA0	S/ 850.00	S/ 3,400.00
8	8	UND.	INTERRUPTOR AUTOMATICO 1P 4A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6104-7	S/ 60.00	S/ 480.00
9	4	UND.	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO 400V 6KA, 3-POLE, C, 2A, D=70MM	SIEMENS	5SY6302-7	S/ 143.20	S/ 572.80
10	8	UND.	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO 400V 6KA, 2-POLE, C, 2A, D=70MM	SIEMENS	5SY6202-7	S/ 70.50	S/ 564.00
11	14	UND.	INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P 4A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6204-7	S/ 89.52	S/ 1,253.28
12	1	UND.	INTERRUPTOR DE MONTAJE FIJO 3 POLOS, TAMAÑO II, IEC IN=2500A HASTA 690V, AC50/60HZ ICU=66KA CON 500V CONEX. POSTERIOR HORIZONTAL. DISPARADOR SOBREINT. ETU 25 MARGEN REG. PROT. LSI 0.4-1 IN CON ACCTO. MANUAL Y ACUMUL. CON LIBERACION MECANICA SIN 1ER DISPARADOR AUX. SIN 2 DISPARADOR AUX. 2NA + 2NC	SIEMENS	3WL1225-2CB32-1AA2	S/ 35,000.00	S/ 35,000.00
13	4	UND.	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN 50VA, VOLT. ENTRADA 440VAC, VOLT, SALIDA 220VAC, 60HZ.	ENERGY PRO	TRF-50A_440/220	S/ 590.12	S/ 2,360.48
14	4	UND.	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 3000/5A	CIRCUTOR	M703XX	S/ 600.95	S/ 2,403.80
15	8	UND.	Escuadra final termoplasto 10mm	SIEMENS	8WA1808	S/ 12.56	S/ 100.48
16	17	UND.	BORNA DE PASO TERMOPLASTICO INDIVIDUAL, 6,5MM TAMAÑO 4	SIEMENS	8WA1011-IDG11	S/ 20.00	S/ 340.00
17	2	UND.	Escuadra final termoplasto 10mm	SIEMENS	8WA1808	S/ 12.56	S/ 25.12
18	150	UND.	BORNA DE PASO TERMOPLASTICO INDIVIDUAL, 6,5MM TAMAÑO 4	SIEMENS	8WA1011-IDG11	S/ 20.00	S/ 3,000.00
19	148	UND.	Escuadra final termoplasto 10mm	SIEMENS	8WA1808	S/ 12.56	S/ 1,858.88
20	30	UND.	BORNA DE PASO TERMOPLASTICO CONEXION POR TORNILLO EN AMBOS LADOS CON CASQUILLO DE PRUEBA, 8MM, TAMAÑO 6	SIEMENS	8WA1011-1MH15	S/ 50.50	S/ 1,515.00
21	3	UND.	INT. AUTOMATICO TRIF. 500-1250A 100KA/240V 70KA/380V 50KA/440V	SIEMENS	3VL7712-2SB36-0AA0	S/ 1,760.85	S/ 5,282.55
22	9	UND.	Transformador de corriente 1500/5A - TC12	CIRCUTOR	M70383		S/ -
23	11	UND.	Repartidores modulares 380VAC 3F 60Hz 125 A	LEGRAND	4888	S/ 160.95	S/ 1,770.45
24	30	UND.	INTERRUPTOR AUTOMATICO 1P 2A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6102-7	S/ 50.00	S/ 1,500.00
25	25	UND.	CONTACTO AUXILIAR Y SEÑALIZACION DE FALLAS PARA 5SY/5SL 1NA+1NC	SIEMENS	5ST3010	S/ 75.00	S/ 1,875.00
26	1	UND.	Contactador Trifasico 50A/AC3 55A/AC1 110V 50/60CL S	SIEMENS	3RT1036-1AG20	S/ 1,023.78	S/ 1,023.78
27	19	UND.	BLOQUE DE CONTACTO AUXILIAR 1NA S0-S12 FRONTAL	SIEMENS	3RH1921-1CA10	S/ 160.96	S/ 3,058.24
28	6	UND.	BORNA PEN TERMOPLASTICO PA6.6 CONEXION POR TORNILLO S EN AMBOS LADOS VERDE-AMARILLO, 12MM, TAMAÑO 16	SIEMENS	8WA1011-1PK00	S/ 79.90	S/ 479.40
29	1	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S2 40-50A	SIEMENS	3RV1031-4HA10	S/ 1,150.00	S/ 1,150.00
30	18	UND.	Lateral interruptor auxiliar con 2 contactos	SIEMENS	3RV1901-1A	S/ 70.23	S/ 1,264.14
31	18	UND.	BLOQUE DE CONTACTOS AUX. FRONTAL 1NA+1NC S00-S3	SIEMENS	3RV1901-1E	S/ 150.85	S/ 2,715.30
32	17	UND.	VARISTOR AC 48-127, DC 70-150V P. TAM S0-S3	SIEMENS	3RT1926-1BC00	S/ 46.00	S/ 782.00
33	6	UND.	UNIDAD BASE I SIMOCODE PRO C INTERFAZ PROFIBUS DP, 4E/3S PARAMETRIZABLES, US: UC 110 -240V	SIEMENS	3UF7000-1AU00-0	S/ 800.00	S/ 4,800.00
34	6	UND.	CABLE 30CM CONEXIÓN MODULOS DE EXPANSION	SIEMENS	3UF7935-0AA00-0	S/ 105.30	S/ 631.80
35	6	UND.	TERMINAL DE CONEXIÓN PARA BUS PROFIBUS	SIEMENS	3UF7960-0AA00-0	S/ 150.96	S/ 905.76
36	4	UND.	MOD. MEDICION DE CORRIENTE 10-100A	SIEMENS	3UF7102-1AA00-0	S/ 760.85	S/ 3,043.40
37	62	UND.	Borne de paso 6 mm, tamaño 2,5	SIEMENS	8WA1011-1DF11	S/ 15.00	S/ 930.00
38	12	UND.	BORNA DE PASO TERMOPLÁSTICO CONEXIÓN TIPO TORNILLO 16 mm2 76A 800V BEIGE SIEMENS	SIEMENS	8WA1204	S/ 48.00	S/ 576.00
39	4	UND.	Contactador Trifasico 65A/AC3 100A/AC1 110V 50/60CL	SIEMENS	3RT1044-1AG20	S/ 1,503.25	S/ 6,013.00
40	2	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S3 57-75A	SIEMENS	3RV1041-4KA10	S/ 1,560.45	S/ 3,120.90
41	2	UND.	Contactador Trifasico 185A/AC3 215A/AC1 110-127VAC40-	SIEMENS	3RT1056-6AF36	S/ 1,963.21	S/ 3,926.42
42	2	UND.	INT. AUTOMATICO TRIF. 320-400A 100KA/240V 70KA/380V 50KA/440V	SIEMENS	3VL4740-2DC36-0AA0	S/ 460.85	S/ 921.70
43	14	UND.	CONTACTO AUX. 1NA+1NC P. INTERR. 3VL17(VL160X) AL	SIEMENS	3VL9400-2AB00	S/ 90.00	S/ 1,260.00
44	3	UND.	SURGE SUPPRESSOR RC/ELEMENT FOR CONTACTOR MOD. S6/S10 FOR US	SIEMENS	3RT1956-1CC00	S/ 110.50	S/ 331.50

Tabla 32 Costos de los equipos de fuerza y control del CCM

ITM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN DATOS TECNICOS	MARCA	CODIGO	COSTO UNITARIO \$/.	COSTO GLOBAL \$/.
45	2	UND.	MOD. MEDICION DE CORRIENTE 63-630A	LEGRAND	3UF7104-1BA00-0	690.45	1,380.90
46	5	UND.	DISTRIBUIDOR MODULAR 250A	SIEMENS	37400	560.26	2,801.30
47	1	UND.	SIMATIC NET, DP/AS-INTERFACE LINK ADVANCED; PASARELA PROFIBUS DP/AS-INTERFACE CON MASTERPROFILE M3, M4 SEGUN ESPECIFICACION AS-1 AMPLIADA V3.0 PARA LA INTEGRACION EN PROFIBUS DP; MAESTRO DOBLE CON DISPLAY; CLASE DE PROT. IP20.	SIEMENS	6GK1415-2BA20	13,000.00	13,000.00
48	1	UND.	SITOP PSU100S 24 V/5 A STABILIZED POWER SUPPLY INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: 24 V/5 A DC	SIEMENS	6EP13332BA20	8,000.00	8,000.00
49	2	UND.	AS-1 POWER 8A 120V/230-500V AC IP20, FUENTE DE ALIM. AS-INTERFACE, IN:120V/230V-500V AC, OUT: AS-1, 8A (30V DC), IP20, CON DETEC.DE DEFECA TIERRA INTEG., DETECTOR DE SOBRECARGA INTEG., CON DESACOPLAM. DE DATOS AS-1	SIEMENS	3RX9503-0BA00	7,000.00	14,000.00
50	4	UND.	BORNA PE VERDE-AMARILLO 4MM2, 6,5MM, 32A	SIEMENS	8WA2011-1PG20	30.50	122.00
51	2	UND.	INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P, 10A 15KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6210-7	85.60	171.20
52	3	UND.	BORNERA TIERRA ANCHO 7.2mm, TAMAÑO 4	SIEMENS	8WA1011-1PG00	40.00	120.00
53	2	UND.	RELE TERMICO 4.5-6.3A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-1GB0	580.30	1,160.60
54	9	UND.	CONTACTOR TRIFASICO 12A/AC3 40A/AC1 110V 50/60CL S	SIEMENS	3RT1024-1AG20	420.45	3,784.05
55	15	UND.	BORNERA TIERRA ANCHO 7.2mm, TAMAÑO 4	SIEMENS	8WA1011-1PG00	30.00	450.00
56	3	UND.	GUARDAMOTOR DE SZ 0 - 6.3A	SIEMENS	3RV1021-1GA10	650.90	1,952.70
57	1	UND.	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO 400V 6KA, 2-POLE, C, 2A, D=70MM	SIEMENS	5SY6202-7	80.00	80.00
58	1	UND.	INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P 6A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6206-7	85.65	85.65
59	1	UND.	RELE TERMICO 2.8-4A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-1EB0	500.00	500.00
60	1	UND.	GUARDAMOTOR DE SZ 0 - 4A	SIEMENS	3RV1021-1FA10	580.65	580.65
61	6	UND.	INT. AUTOMATICO TRIF. 40-50A 100KA/240V 70KA/380V 42KA/440V	SIEMENS	3VL1705-2DD33-0AA0	200.00	1,200.00
62	1	UND.	CONTACTOR TRIFASICO 300A/AC3 330A/AC1 110-127VAC40-	SIEMENS	3RT1066-6AF36	2,560.48	2,560.48
63	1	UND.	INT. AUTOMATICO TRIF. 400-500A 100KA/240V 70KA/380 V 50KA/440V	SIEMENS	3VL5750-2DC36-0AA0	823.90	823.90
64	1	UND.	CONTACTO AUX. 2NA+2NC P. INTERR. 3VL57(VL630) AL 3	SIEMENS	3VL9800-2AC00	90.00	90.00
65	1	UND.	RELE TERMICO 14-20A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-4BB0	890.45	890.45
66	1	UND.	Contacto Trifasico 25A/AC3 40A/AC1 110V 50/60CL	SIEMENS	3RT1026-1AG20	490.45	490.45
67	1	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 14-20A	SIEMENS	3RV1021-4BA10	980.14	980.14
68	1	UND.	RELE TERMICO 57-75A TAM S3	SIEMENS	3RU1146-4KB0	1,200.65	1,200.65
69	1	UND.	RELE TERMICO 28-40A TAM S2	SIEMENS	3RU1136-4FB0	990.00	990.00
70	1	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S3 28-40A	SIEMENS	3RV1041-4FA10	1,050.30	1,050.30
71	2	UND.	Contacto Trifasico 95A/AC3 120A/AC1 110V 50/60CL	SIEMENS	3RT1046-1AG20	936.14	1,872.28
72	2	UND.	INT. AUTOMATICO TRIF. 80-100A 100KA/240V 70KA/380V 42KA/440V	SIEMENS	3VL1710-2DD33-0AA0	300.00	600.00
73	6	UND.	BORNE DE CONEXION 35mm 125A 800V 10-1AWG BEIGE SIEMENS 8WA1205	SIEMENS	8WA1205	60.80	364.80
74	4	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 11-16A	SIEMENS	3RV1021-4AA10	890.12	3,560.48
75	1	UND.	INT. AUTOMATICO 2X50A 20KA 220VAC/6KA 440VAC CURVA TIPO C	SIEMENS	5SY6250-7	110.95	110.95
76	4	UND.	RELE TERMICO 1.1-1.6A TAM S00	SIEMENS	3RU1116-1AB0	365.96	1,463.84
77	6	UND.	Contacto Trifasico 7A/AC3 18A/AC1 110V 50/60CL 1NA	SIEMENS	3RT1015-1AF01	423.14	2,538.84
78	4	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 1.1-1.6A	SIEMENS	3RV1021-1AA10	450.95	1,803.80
79	12	UND.	VARISTOR AC 48-127, DC 70-150V P. TAM S00	SIEMENS	3RT1916-1BC00	36.00	432.00
80	2	UND.	RELE TERMICO 3.5-5A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-1FB0	550.20	1,100.40
81	1	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 3.5-5A	SIEMENS	3RV1021-1FA10	620.50	620.50
82	3	UND.	RELE TERMICO 5.5-8A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-1HB0	630.00	1,890.00
83	2	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 5.5-8A	SIEMENS	3RV1021-1HA10	800.00	1,600.00
84	1	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 9-12.5A	SIEMENS	3RV1021-1KA10	850.65	850.65
85	1	UND.	RELE TERMICO 11-16A TAM S0	SIEMENS	3RU1126-4AB0	780.00	780.00
86	1	UND.	BORNA PE 2 CONEXIONES POR TORNILLOS VERDE-AMARILLO, 8MM, TAMAÑO 6	SIEMENS	8WA1011-1PH00	45.00	45.00
87	3	UND.	BORNA DE PASO TERMOPLASTICO 8MM TAMAÑO 6	SIEMENS	8WA1011-1DH11	40.00	120.00
88	2	UND.	RELE TERMICO 1,4-2.0A TAM S00	SIEMENS	3RU1116-1BB0	426.85	853.70
89	2	UND.	Guardamotor SIRIUS 3RV. S0 1.4-2A	SIEMENS	3RV1021-1BA10	510.00	1,020.00
90	3	UND.	INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P 6A 30KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6206-7	90.65	271.95
91	27	UND.	CONTACTO AUXILIAR Y SEÑALIZACION DE FALLAS PARA 5SY/5SL 1NA+1NC	SIEMENS	5ST3010	75.00	2,025.00
92	9	UND.	INTERRUPTOR AUTOMATICO 2P, 10A 15KA 220/440V "C"	SIEMENS	5SY6210-7	85.60	770.40
93	3	UND.	INT. AUTOMATICO 2X50A 20KA 220VAC/6KA 440VAC CURVA TIPO C	SIEMENS	5SY6250-7	110.95	332.85
94	4	UND.	AS-INTERFACE MODULO SLIM LINE AS-1 S45 - 2DI / 2DO RELAY	SIEMENS	3RK1402-0BE00-0AA2	560.74	2,242.96
95	6	UND.	CONTACTOR AUXILIAR, 3NA+1NC, AC 110 V, 50 HZ, CONEXION POR TORNILLO	SIEMENS	3RH1131-1AF00	490.85	2,945.10
96	9	UND.	INT. AUTOMATICO 2X04A 20KA 220VAC/6KA 440VAC CURVA TIPO C	SIEMENS	5SY6220-7	90.50	814.50
97	2	UND.	CONTACTO AUXILIAR TRANSVERSAL DE CONEXION POR TORNILLO, 2 NA, PARA INTERRUPTOR AUTOMATICO, TAM. S00...S3	SIEMENS	3RV1901-1F	170.95	341.90
98	1	UND.	INT. AUTOMATICO TRIF. 64-80A 100KA/240V 70KA/380V 42KA/440V	SIEMENS	3VL1708-2DD33-0AA0	275.20	275.20
99	1	UND.	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P 50-63A 65KA/240V 40KA/380VAC	SIEMENS	3VL1706-2DD33-0AA0	220.00	220.00
100	1	UND.	INT. AUTOMATICO TRIF. 128-160A 100KA/240V 70KA/380V 42KA/440V	SIEMENS	3VL1716-2DD33-0AA0	450.65	450.65
101	1	UND.	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P 16-20A 65KA/240V 40KA/380VAC	SIEMENS	3VL1702-2DD33-0AA0	150.50	150.50
102	8	UND.	Contacto Trifasico 7A/AC3 18A/AC1 110V 50/60CL 1NA	SIEMENS	3RT1015-1AF01	423.14	3,385.12
103	1	UND.	LOGO123ORCE.LOGIC MODULE,DISPL. PU/I/O: 115V/230V/RELAY, 8 DI (4AI)/4 DO; MEM 400 BLOCKS	SIEMENS	6ED1052-1FB00-0BA8	960.00	960.00
104	5	UND.	INTERR. AUXILIAR CORRIENTE 2A, P. INTERR.PROT. T=70MM	SIEMENS	5ST3011	79.00	395.00
105	8	UND.	TABLEROS AUTOSOPORTADOS FABRICACIÓN NACIONAL 2000 X 1000 X 1000 mm	CAROB ENRGY	TAUTSOP053	5,535.00	44,280.00
106	1	GLB.	BARRAS DE COBRE 2//50X10MM	NACIONAL	BR-CU	6,850.00	6,850.00
106	1	GLB.	BARRAS DE COBRE 1/40X10MM	NACIONAL	BR-CU	1,236.00	1,236.00

Tabla 33 Selección de controladores AS-i - Simocode

N°	CONSUMIDORES	GIRO	ARRANQUE
-	Maestro AS-i	-	-
-	Sentron PAC (Alim PH)	-	-
-	Sentron PAC (Alim Cribado)	-	-
-	Sentron PAC (Cor 231FT2)	-	-
1	231FT2MT1	1D	AS-i
2	241EX3MT1	1D	AS-i
3	241EX1MT1	1D	SIMOCODE
4	241EP1MT1	1D	AS-i
5	241FT3FE1	1D	AS-i
6	241FT3FE2	1D	AS-i
7	241FR1MT1	2D	AS-i
8	241FT2MT1	1D	AS-i
9	241FT3MT1	1D	SIMOCODE
10	241FT3MT2	1D	SIMOCODE
11	261FT4MT1	1D	AS-i
12	241ZR1MR1	1D	SIMOCODE
13	241ZR2MR1	1D	SIMOCODE
14	281SA1MT1	1D	SIMOCODE
15	261MM1MR1	1D	AS-i
16	261EB1MR1	1D	AS-i
17	261FT1MR1	1D	AS-i
18	261PM1MR1	1D	AS-i
19	261CH1MT1	1D	AS-i
20	261FT2MR1	1D	AS-i
21	261PM2MR1	1D	AS-i
22	261EP1MR1	1D	AS-i
23	261PM3MR1	1D	AS-i
24	261FT3MR1	1D	AS-i
25	241MM1	1D	AS-i
26	241VS1-VS2	1V-1V	AS-i