



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica**

**Diseño, montaje e integración de Switchgear tipo metal  
Enclosed BT y centro de control de motores BT para  
mina Toquepala, región Tacna**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

**AUTOR**

Victor Luis HUACACHI ALMEYDA

**ASESOR**

Mg. Alfredo ROCHA JARA

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Huacachi, V. (2023). *Diseño, montaje e integración de Switchgear tipo metal Enclosed BT y centro de control de motores BT para mina Toquepala, región Tacna*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Victor Luis Huacachi Almeyda
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45536598
URL de ORCID	No Aplica
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Alfredo Rocha Jara
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08645523
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-0006-9684">https://orcid.org/0000-0003-0006-9684</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Hugo Avila Vargas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09295655
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Werner Wilmer Pacheco Lujan
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25615370
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Edy Alberto Román Ccorahua
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06767696
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	No Aplica
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	Proyecto: Mina Toquepala País: Perú Departamento: Tacna Provincia: Jorge Basadre Distrito: Ilabaya Coordenadas: 17°14'44"S 70°36'49"O
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Febrero 2016 – Julio 2016
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</a>



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA  
Teléfono 619-7000 Anexo 4226  
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 011/FIEE-CTGT/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 06 de septiembre del 2023, como Presidente de Jurado el **DR. HUGO AVILA VARGAS**, integrado por el Miembro de Jurado el **DR. WERNER WILMER PACHECO LUJAN**, el Miembro de Jurado **MG. EDY ALBERTO ROMÁN CCORAHUA** y Miembro Asesor el **MG. ALFREDO ROCHA JARA**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. VICTOR LUIS HUACACHI ALMEYDA** con código N° 07190095 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado “**DISEÑO, MONTAJE E INTEGRACIÓN DE SWITCHGEAR TIPO METAL ENCLOSED BT Y CENTRO DE CONTROL DE MOTORES BT PARA MINA TOQUEPALA, REGIÓN TACNA**”.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo quince (15).

Ciudad Universitaria, 06 de septiembre del 2023

**DR. HUGO AVILA VARGAS**

**Presidente de Jurado**

**DR. WERNER WILMER PACHECO LUJAN**

**Miembro Jurado**

**MG. EDY ROMÁN CCORAHUA**

**Miembro de Jurado**

**MG. ALFREDO ROCHA JARA**

**Miembro Asesor**



### CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo ROCHA JARA, ALFREDO en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de trabajo de Suficiencia Profesional N°011/FIEE-CTGT/2023 del trabajo de suficiencia profesional cuyo título es: "DISEÑO, FABRICACIÓN, INTEGRACIÓN DE SWITCHGEAR TIPO METAL ENCLOSED Y CENTRO DE CONTROL DE MOTORES BT PARA MINA TOQUEPALA, REGION TACNA", presentado por el bachiller Huacachi Almeyda, Victor Luis para optar al título profesional de Ingeniero Electricista. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 15% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**. Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor

DNI: 08645523

Nombres y apellidos del asesor:

**Mg. Rocha Jara, Alfredo**



**HUELLA**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, porque creyeron en mí y dedicaron su vida en sacarme adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y porque nunca terminaré de retribuir los innumerables esfuerzos realizados por mí.

A mi bella esposa, Viviana, por el gran esfuerzo que realiza día a día por mantenernos unidos con su gran amor. Y a mis hermosos hijos, Ivanna y Adrián, quienes nos demostraron que nuestras vidas estaban incompletas hasta su llegada y nos enamoran a diario con su ternura.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO, MONTAJE E INTEGRACIÓN DE SWITCHGEAR TIPO METAL  
ENCLOSED BT Y CENTRO DE CONTROL DE MOTORES BT PARA MINA  
TOQUEPALA, REGION TACNA**

**Autor:** Huacachi Almeyda, Victor Luis  
**Asesor:** Mg. Rocha Jara, Alfredo  
**Título:** Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista  
**Fecha:** Marzo del 2022

---

## **RESUMEN**

El Switchgear BT se caracteriza por ser un “ensamble de dispositivos de conmutación e interrupción, junto con equipos de control, medición, protección y regulación”, por lo que ofrece numerosas opciones notables juntas en un solo paquete.

El Centro de Control de Motores (CCM) permite concentrar los dispositivos de protección y control de motores en un solo tablero, facilitando las reparaciones o mantenimiento, brindando seguridad para el personal de operación o técnico.

El presente Informe Técnico tiene como fin sustentar el diseño, montaje e integración de un Switchgear BT y un CCM requeridos para el proyecto “NUEVOS TALLERES DE TRACTORES Y DE EQUIPOS MEDIANO Y LIVIANO, MINA TOQUEPALA”.

Dichos equipos atienden los requisitos establecidos por las normas ANSI, CNE, ASTM, mismas que se atienden para la implementación de las instalaciones eléctricas especiales en baja tensión, que requieren la máxima seguridad posible.

Los equipos Switchgear y MCC forman parte de una solución integral, la cual consiste en el diseño, suministro y puesta en marcha de una Sala Eléctrica prefabricada y equipamiento en baja tensión, a cargo de la empresa Dimatic SAC y cuya instalación se realizará en la mina Toquepala (Southern Perú Cooper) a una altura de operación de 3800msnm.

**MAJOR NATIONAL UNIVERSITY OF SAN MARCOS**  
**FACULTY OF ELECTRONIC AND ELECTRICAL ENGINEERING**  
**PROFESSIONAL SCHOOL OF ELECTRIC ENGINEERING**

**DESIGN, ASSEMBLY AND INTEGRATION OF METAL ENCLOSED LV  
SWITCHGEAR AND LV MOTOR CONTROL CENTER FOR TOQUEPALA MINE,  
TACNA REGION**

**Author:** Huacachi Almeyda, Victor Luis  
**Advisor:** Mg. Rocha Jara, Alfredo  
**Title:** Professional Sufficiency Work Report for opt for the Professional  
Title of Electrical Engineer  
**Date:** March, 2021

---

### **ABSTRACT**

Switchgear BT is characterized as an “assembly of switching and interrupting devices, together with control, metering, protection and regulation equipment”, thus offering numerous remarkable options together in one package.

Motor Control Center (MCC) allows concentrating motor protection and control devices in a single panel, facilitating repairs or maintenance, providing safety for operating or technical personnel.

The purpose of this Technical Report is to support the design, assembly and integration of a BT Switchgear and a MCC required for the project "NEW TRACTORS AND MEDIUM AND LIGHT EQUIPMENT WORKSHOPS, TOQUEPALA MINE".

This equipment meets the requirements established by the ANSI, CNE, ASTM standards, which are used for the implementation of special low-voltage electrical installations, which require the highest possible safety.

The Switchgear and MCC equipment are part of a comprehensive solution, which consists of the design, supply and commissioning of a prefabricated Electrical Room and low voltage equipment, the responsibility of the company Dimatic SAC and whose installation will be carried out in the Toquepala mine. (Southern Peru Cooper) at an operating altitude of 3,800 meters above sea level.

# TABLA DE CONTENIDO

## Contenido

AUTOR.....	1
DEDICATORIA .....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
TABLA DE CONTENIDO .....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
<b>CAPÍTULO I: TRAYECTORIA PROFESIONAL .....</b>	<b>8</b>
<i>PRESENTACIÓN PROFESIONAL.....</i>	<i>8</i>
<i>FORMACIÓN ACADÉMICA .....</i>	<i>8</i>
<b>CAPÍTULO II: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>10</b>
<i>2.1 Reseña de la empresa .....</i>	<i>10</i>
<i>2.2 Visión .....</i>	<i>10</i>
<i>2.3 Misión .....</i>	<i>10</i>
<i>2.4 Organización de la Empresa.....</i>	<i>11</i>
<i>2.5 Área, Cargo y Funciones Desempeñadas.....</i>	<i>11</i>
<b>CAPÍTULO III: ACTIVIDADES DESARROLLADAS .....</b>	<b>12</b>
<i>3.1 Situación del Problema .....</i>	<i>12</i>
<i>3.2 Solución .....</i>	<i>12</i>
<i>3.2.1 Objetivos .....</i>	<i>12</i>
<i>3.2.2 Alcance .....</i>	<i>12</i>

3.2.3	Análisis De Alternativa De Solución .....	13
3.2.4	Arquitectura de montaje .....	28
<b>CAPÍTULO IV: REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA.....</b>		<b>191</b>
<b>4.1</b>	<b><i>Implementación de la solución .....</i></b>	<b>191</b>
4.1.1	IMPLEMENTACIÓN DEL SWITCHGEAR BT .....	191
4.1.2	IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES .....	196
<b>4.2</b>	<b><i>RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....</i></b>	<b>200</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>203</b>
<b>5.1</b>	<b><i>Conclusiones.....</i></b>	<b>203</b>
<b>5.2</b>	<b><i>Fuentes de Información.....</i></b>	<b>204</b>

## INTRODUCCIÓN

A través del proceso de licitación realizado por la empresa DIMATIC SAC para el proyecto “NUEVOS TALLERES DE TRACTORES Y DE EQUIPOS MEDIANO Y LIVIANO, MINA TOQUEPALA” solicitado por el cliente Southern Perú Cooper Corporation, el cual consiste en el diseño, suministro y puesta en marcha de una Sala Eléctrica prefabricada y equipamiento en baja tensión, se otorgó la buena pro por un monto equivalente a US\$ 494,211.70.

Como parte del proceso de negociación entre proveedor y cliente, se realizaron revisiones y mejoras en precios en varias oportunidades, por lo que el margen de ganancia con el que se logró la adjudicación del proyecto finalizó con una cifra del 20%.

Sin embargo, al desgregar el monto total en sus partidas correspondientes, se observa que el menor margen obtenido en la propuesta final corresponde al suministro de los equipos Switchgear BT y CCM, los cuales representan la ruta crítica para los índices de costos del proyecto.

Es así que el presente informe tiene como planteamiento principal la optimización de costos de fabricación a través del rediseño de la ingeniería básica elaborada en la etapa comercial, cuyo margen de ganancia inicial correspondiente al 18%.

## CAPÍTULO I: TRAYECTORIA PROFESIONAL

### PRESENTACIÓN PROFESIONAL

Soy profesional Bachiller de la EAP Ingeniería Eléctrica egresado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Cuento con 10 años de experiencia y actualmente me encuentro desempeñando el cargo de Supervisor Eléctrico e Instrumentación en la empresa FLUOR para el Proyecto Quellaveco.

### FORMACIÓN ACADÉMICA

EDUCACIÓN SUPERIOR - GRADOS ACADÉMICOS	
Bachiller en Ingeniería Eléctrica	Julio 2012

### ESPECIALIZACIONES

CURSOS Y CAPACITACIONES	
Diplomado en Gestión de Proyectos	2014

### IDIOMAS

Inglés Básico – Centro de Idiomas La Católica	<b>2021</b>
---	-------------

### EXPERIENCIA PROFESIONAL

<b>Luz del Sur S.A.A.</b> Cargo : Practicante: Planeamiento y Operaciones	Febrero 2011 – Febrero 2012
<b>Edelnor S.A.A.</b> Cargo : Practicante: Obras Distribución	Febrero 2012 – Febrero 2013
<b>Eathisa Peru S.A.</b> Proyecto : Terminal de Embarque de Concentrado de Minerales - Callao Cargo : Procurement Engineer	Marzo 2013 – Febrero 2014

<b>Eathisa Peru S.A.</b> Proyecto : Modernización e Integración Unidad Logística PERUBAR - Callao Cargo : Procurement Engineer	Marzo 2014 – Febrero 2015
<b>Eathisa Peru S.A.</b> Proyecto : Las Tunas de Huachipa Cargo : Project Manager	Enero 2015 – Diciembre 2015
<b>DIMATIC S.A.C.</b> Proyecto : Diseño, Fabricación y equipamiento de Sala Eléctrica Prefabricada – Southern Perú Cooper Cargo : Ingeniero de Aplicaciones	Febrero 2016 – Julio 2016
<b>DIMATIC S.A.C.</b> Proyecto : Diseño, Procura y Fabricación de Panelboards - Southern Perú Cooper Cargo : Ingeniero de Aplicaciones	Julio 2016 – Agosto 2016
<b>DIMATIC S.A.C.</b> Proyecto : Diseño, Fabricación y Equipamiento de Subestación Tipo SKID – Minera Yanacocha Cargo : Ingeniero de Aplicaciones	Agosto 2016 – Diciembre 2016
<b>DIMATIC S.A.C.</b> Proyecto : Diseño, Fabricación y Equipamiento de Sala Eléctrica Prefabricada – SM Cerro Verde Cargo : Ingeniero de Aplicaciones	Diciembre 2016 – Febrero 2017
<b>IVAL TECHNOLOGY</b> Cargo : Gerente de Proyectos	Julio 2017 – Abril 2018
<b>G&amp;S GROUP</b> Cargo : Jefe de Proyecto	Abril 2018 – Agosto 2018
<b>G&amp;S GROUP</b> Proyecto : Iluminación Deportiva en Villa Deportiva Nacional – VIDENA “Juegos Panamericanos y Parapanamericanos” Cargo : Gerente de Proyecto	Agosto 2018 – Abril 2019
<b>FLUOR CORPORATION</b> Proyecto : MINA QUELLAVECO Cargo : Supervisión Eléctrica/Instrumentación	Setiembre 2019 – Actualmente

## **CAPÍTULO II: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA**

### **2.1 Reseña de la empresa**

DIMATIC S.A.C., es una empresa peruana que tiene más de 23 años de trayectoria en el diseño y fabricación de salas eléctricas, sub estaciones, así como en la selección y suministro de motores, transformadores de potencia, gabinetes eléctricos, centro de control de motores, bandejas portaconductores, etc. Gracias al gran crecimiento de la minería y la fuerte demanda ha ido incrementando la capacidad de su producción.

Desde enero de 2012, DIMATIC cuenta con la certificación ISO 9001, en el siguiente alcance: “DISEÑO FABRICACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE SALAS ELÉCTRICAS Y SUBESTACIONES MÓVILES”; de esta forma garantiza la calidad en servicio y producto, así como el compromiso con la mejora continua de los procesos y procedimientos.

### **2.2 Visión**

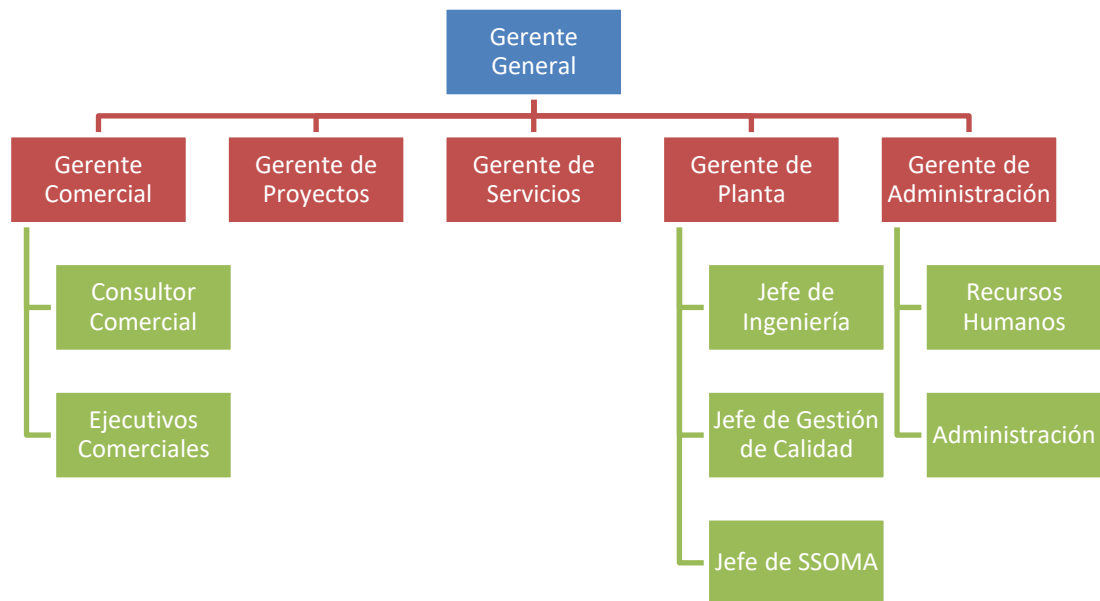
Abastecer a todo el mercado nacional y ser uno de los mayores exportadores y competidores en la fabricación de Salas Eléctricas y Subestaciones Móviles en América Latina. Ser reconocidos a nivel nacional e internacional para que de esta manera las empresas nacionales y de países vecinos reconozcan su nombre y ser así su primera alternativa de trabajo.

### **2.3 Misión**

Brindar soluciones integrales para la fabricación, ensamble e integración de equipos eléctricos de potencia en baja, media y alta tensión, a través de la fabricación de Salas Eléctricas y Subestaciones Móviles, que cumplan con los estándares de la calidad según normas internacionales.



## 2.4 Organización de la Empresa



## 2.5 Área, Cargo y Funciones Desempeñadas

Área: Ingeniería

Cargo: Ingeniero de Aplicaciones

Funciones: Liderar el desarrollo y ejecución de los siguientes proyectos:

- Diseño, Fabricación y equipamiento de Sala Eléctrica Prefabricada – Southern Perú Cooper
- Diseño, Procura y Fabricación de Panelboards - Southern Perú Cooper
- Diseño, Fabricación y Equipamiento de Subestación Tipo SKID – Minera Yanacocha

## **CAPÍTULO III: ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

### **3.1 Situación del Problema**

A través del proceso de licitación realizado por la empresa DIMATIC SAC para el proyecto “NUEVOS TALLERES DE TRACTORES Y DE EQUIPOS MEDIANO Y LIVIANO, MINA TOQUEPALA” solicitado por el cliente Southern Perú Cooper Corporation, el cual consiste en el diseño, suministro y puesta en marcha de una Sala Eléctrica prefabricada y equipamiento en baja tensión, se otorgó la buena por un monto equivalente a US\$ 494,211.70.

Como parte del proceso de negociación entre proveedor y cliente, se realizaron revisiones y mejoras en precios en varias oportunidades, por lo que el margen de ganancia con el que se logró la adjudicación del proyecto finalizó con una cifra del 20%.

Sin embargo, al disgregar el monto total en sus partidas correspondientes, se observa que el menor margen obtenido en la propuesta final corresponde al suministro de los equipos Switchgear BT y CCM, los cuales representan la ruta crítica para los índices de costos del proyecto.

### **3.2 Solución**

#### **3.2.1 Objetivos**

##### **Objetivos General**

Suministrar un Switchgear Metal Enclosed BT y Centro de Control de Motores rediseñando la ingeniería básica a fin de lograr la optimización de costos y rentabilidad del proyecto.

##### **Objetivos Específicos**

Optimizar los costos de fabricación a través del rediseño de la ingeniería básica elaborada en la etapa comercial, cuyo margen de ganancia inicial correspondiente al 18%.

#### **3.2.2 Alcance**

El presente informe consiste en la elaboración de la Ingeniería para montaje e integración de las unidades Switchgear BT y Centro de Control de Motores

para el Proyecto “NUEVOS TALLERES DE TRACTORES Y DE EQUIPOS MEDIANO Y LIVIANO, MINA TOQUEPALA”.

### 3.2.3 Análisis De Alternativa De Solución

#### 3.2.3.1. DISEÑO ELÉCTRICO DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

Para el diseño eléctrico del Centro de Control de Motores se deben especificar dos aspectos principales: el sistema de fuerza y el sistema de control.

##### 3.2.3.1.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA

Para el diseño del sistema de fuerza se tomó en cuenta el cuadro de cargas del cliente en donde se muestran los datos de placas de motores e información de las futuras cargas a instalar.

##### 3.2.3.1.1.1. CUADRO DE CARGAS

El cuadro de cargas del proyecto se presenta en la Tabla N° 3.1.

Tabla N° 3.1. Cuadro de cargas del Proyecto

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN EQUIPO	POTENCIA
1	3930-RS-T-01	CALEFACTORDE ACEITE	10 kW (14 Hp)
2	3930-RS-T-02	CALEFACTORDE ACEITE	10 kW (14 Hp)
3	3930-RS-T-03	CALEFACTORDE ACEITE	10 kW (14 Hp)
4	3930-RS-T-04	CALEFACTORDE ACEITE	10 kW (14 Hp)
5	RESERVA	CARGA FUTURA	22kW (30 Hp)
6	RESERVA	CARGA FUTURA	22kW (30 Hp)
7	2200-GR-T-01	PUENTE GRUA CAMIONES 35	75 kW
8	2300-BB-T-16M	BOMBA DE LAVADO	5.6 kW (7.5 Hp)
9	2300-BB-T-17M	BOMBA DE LAVADO	5.6 kW (7.5 Hp)
10	RESERVA	CARGA FUTURA	11.2kW (15 Hp)
11	RESERVA	CARGA FUTURA	11.2kW (15 Hp)
12	2200-ES-T-08M	EXTRACTOR AXIAL	0.75 kW (1 Hp)
13	2200-ES-T-09M	EXTRACTOR AXIAL	0.75 kW (1 Hp)
14	2200-BB-T-12M	BOMBA DE SUMIDERO	18.6 kW (25 Hp)
15	2200-ES-T-01M	EXTRACTOR AXIAL	2.2 kW (3 Hp)
16	2200-ES-T-02M	EXTRACTOR AXIAL	2.2 kW (3 Hp)
17	2200-ES-T-03M	EXTRACTOR AXIAL	2.2 kW (3 Hp)
18	2200-ES-T-04M	EXTRACTOR AXIAL	2.2 kW (3 Hp)
19	RESERVA	CARGA FUTURA	2.2 kW (3 Hp)

20	RESERVA	CARGA FUTURA	2.2 kW (3 Hp)
21	2300-BB-T-19M	BOMBA DE SUMIDERO	7.5 kW (10 Hp)
22	2300-BB-T-20M	BOMBA DE SUMIDERO	11.2 kW (15 Hp)
23	2300-BB-T-21M	BOMBA DE SUMIDERO	11.2 kW (15 Hp)
24	2300-ES-T-01M	EXTRACTOR AXIAL	0.2 kW (0.3 Hp)
25	2300-ES-T-02M	EXTRACTOR AXIAL	0.2 kW (0.3 Hp)
26	2300-ES-T-03M	EXTRACTOR AXIAL	0.2 kW (0.3 Hp)
27	2300-ES-T-04M	EXTRACTOR AXIAL	0.2 kW (0.3 Hp)
28	3100-BB-T-11M	BOMBA SUMERGIBLE	11 kW (15 Hp)
29	3100-BB-T-12M	BOMBA SUMERGIBLE	7.5kW (10 Hp)
30	3930-BB-T-11M	BOMBA DE DRENAJE	11.2 kW (15 Hp)
31	RESERVA	CARGA FUTURA	7.5kW (10 Hp)
32	RESERVA	CARGA FUTURA	7.5kW (10 Hp)
33	2200-DX-T-01	TRANSFORMADOR ALUMBRADO (ALMACEN)	30 KVA
34	2200-DX-T-02	TRANSFORMADOR FUERZA (ALMACEN)	30 KVA
35	2300-DX-T-01	TRANSFORMADOR ALUMBRADO (OFICINAS)	30 KVA
36	2300-DX-T-01A	TRANSFORMADOR ALUMBRADO (TALLER)	30 KVA
37	2300-DX-T-02A	TRANSFORMADOR FUERZA (TALLER)	30 KVA
38	2200-P7-T-01	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	8.5 kW
39	2200-P7-T-02	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	8.5 kW
40	2200-P7-T-03	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	8.5 kW
41	2200-P7-T-04	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	8.5 kW
42	2200-P7-T-07	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	1.5 kW
43	2200-P7-T-08	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	1.5 kW
44	2200-P7-T-10	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	1.5 kW
45	2300-GA-T-01	ELEVADOR ELECTRO HIDRAULICO	2 kW
46	2300-GA-T-02	ELEVADOR ELECTRO HIDRAULICO	2 kW
47	2300-P7-T-01	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	1.5 kW
48	2300-P7-T-03	PORTON ELECTRICO LEVANTE VERTICAL	1.5 kW
49	RESERVA	CARGA FUTURA	--
50	3920-FEST-T-01	AIRE ACONDICIONADO 5TN - HVAC 1	5TON
51	3920-BC-T-01	AIRE ACONDICIONADO 5TN -	5TON

		HVAC 2	
52	2200-GR-T-03	GRUA PESCANTE 5t	7.6 kW
53	2200-GR-T-04	GRUA PESCANTE 5t	7.6 kW
54	2300-GR-T-01	PUENTE GRUA 2t	5 kW
55	2300-GR-T-02	GRUA PESCANTE 1.5t	5.5 kW
56	2300-GR-T-04	GRUA PESCANTE 1t	5.5 kW
57	2300-GR-T-05	GRUA PESCANTE 2t	5.5 kW
58	3920-WR-01	TOMACORRIENTES PARA SOLDADURA	30kW
59	3930-WR-01/02	TOMACORRIENTES PARA SOLDADURA	30kW/30kW
60	2200-WR-01/02	TOMACORRIENTES PARA SOLDADURA	30kW/30kW
61	2200-WR-03/04	TOMACORRIENTES PARA SOLDADURA	30kW/30kW
62	2200-WR-05/06	TOMACORRIENTES PARA SOLDADURA	30kW/30kW
63	2200-WR-07/08	TOMACORRIENTES PARA SOLDADURA	30kW/30kW
64	2200-WR-09/10	TOMACORRIENTES PARA SOLDADURA	30kW/30kW
65	RESERVA	CARGA FUTURA	--
66	RESERVA	CARGA FUTURA	--
67	RESERVA	CARGA FUTURA	--
68	3930-FI-T-02M	TABLERO AREA 3920	10 KVA (11.7 kW)
69	3930-FI-T-03M	CARG DE BAT - S/EAREA 3920	15 Kw
70	3930-FI-T-04M	UPS - OFICINASAREA 2300	10 KVA (11.7 kW)
71	3930-FI-T-05M	UPS - OFICINASAREA 2200	10 KVA (11.7 kW)
72	3920-DX-T-01	TRANSFORMADORALUMB (CEP)	30 KVA
73	3920-DX-T-02	TRANSFORMADORFUERZA (CEP)	30 KVA
74	2200-TDA-T-01	TABLERO DE ALUMB MANT DE TRACTORES	480V AC, 3F
75	2200-DX-T-01A	TRANSFORMADORALUMB (TALLER)	45 KVA
76	2200-DX-T-02A	TRANSFORMADORFUERZA (TALLER)	45 KVA
77	2300-DX-T-02	TRANSFORMADORFUERZA (OFICINAS)	45 KVA
78	3930-SC-T-01M	SECADOR DE AIRE	4.5 kW
79	3930-SC-T-02M	SECADOR DE AIRE	4.5 kW
81	3930-CP-T-01	COMPRESOR DE AIRE	90 kW
82	RESERVA	CARGA FUTURA	--
83	RESERVA	CARGA FUTURA	--
85	3930-CP-T-02	COMPRESOR DE AIRE	90 kW

88	2200-TDF-T-01	TABLERO CALEFACTORES RADIANTES	--
89	2300-TDF-T-01	TABLERO DISTRIBUCIÓN FUERZA (TALLER)	--
90	2300-FEST-T-01	Sist/Mc-FILTRADO ACEITE MOT - 15W40	34 kW
91	2200-FEST-T-01	Sist/Mc-FILTRADO ACEITE HID - HD30	34 kW
92	3920-HVAC-T-01	Sist/Mc-FILTRADO ACEITE HID - HD50	47 kW
93	3920-HVAC-T-02	Sist/Mc-FILTRADO ACEITE HID - HD10	34 kW
94	RESERVA	CARGA FUTURA	--

### 3.2.3.1.1.2. SELECCIÓN DE PROTECCIÓN

Con estos datos se procede al cálculo de las características para la protección de cada motor según la siguiente guía de selección EATON (Ver Tabla N° 3.2):

Tabla N° 3.2. Guía de selección para la protección en CCM

Motor Rating SIZE	KW	HP	E (V)	PF	Three Phase Ampere Motor	Approx F.L.A. (2)	HMCP Continuous Ampere Rating
	0.19	0.25	460 (1)	0.84	0.28	1.1	003
	0.25	0.33			0.37	1.2	003
	0.37	0.5			0.55	1.4	003 007
	0.55	0.75			0.82	1.7	003 007
	0.75	1			1.12	2.1	003 007
	1.1	1.5			1.65	2.7	007
	1.5	2			2.24	3.4	007 015
	2.2	3			3.29	4.8	015
	3.7	5			5.54	7.4	015
	4.5	6			6.73	8.8	015 030
	5.5	7.5			8.23	10.8	030
<b>NEMA 1</b>	7.5	10			11.22	14.1	030
	7.5	10	11.22	14.1	030 050		

<b>NEMA 2</b>	11	15		16.46	<b>20.7</b>	050 070
	15	20		22.44	<b>27.2</b>	050 070
	18.5	25		27.68	<b>33.7</b>	050 070
<b>NEMA 3</b>	18.5	25		27.68	<b>33.7</b>	070 100
	22	30		32.91	<b>40.1</b>	100
	30	40		44.88	<b>52.7</b>	100
	37	50		55.35	<b>65.0</b>	100 150
<b>NEMA 4</b>	37	50		55.35	<b>65.0</b>	150
	45	60		67.32	<b>77.2</b>	150
	55	75		82.28	<b>95.1</b>	150
	75	100		112.20	<b>124.1</b>	150
<b>NEMA 5</b>	90	125		134.64	<b>152.3</b>	250
	110	150		164.55	<b>180.1</b>	250 400
	150	200		224.39	<b>235.4</b>	400

Con los valores indicados en la Tabla N° 3.1, determinamos el valor del FLA (Corriente a plena carga) para cada carga, así como su valor de disparo (Trip).

Ejemplo:

Para el ítem N° 1 del cuadro de cargas, tenemos:

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN EQUIPO	POTENCIA
1	3930-RS-T-01	CALEFACTORDE ACEITE	10 kW (14 Hp)

Para este caso, la potencia del motor es de 14HP.

Procedemos a ubicar dicho valor en la Tabla N° 3.2 y tenemos:

Motor Rating SIZE					Three Phase Ampere Motor	Approx F.L.A. <sup>(2)</sup>	HMCP Continuous Ampere Rating
	KW	HP	E (V)	PF			
<b>NEMA 2</b>	11	15			16.46	<b>20.7</b>	050 070

Se logra identificar que el valor de la corriente nominal del motor es de 16.46A, mientras que el valor del FLA es de 20.7A y la protección del arrancador corresponde a una capacidad de 50A.

Realizamos el mismo procedimiento para todo el cuadro de cargas y efectuamos el cruce de información con la guía de selección de la Tabla N° 3.2, a fin de obtener las capacidades de los equipos de protección.

Finalmente, los valores arrojados se muestran en la tabla N° 3.3.

Tabla N° 3.3. Protección de equipos en CCM

ITEM	TAG	Description	FLA	TRIP
1	3930-RS-T-01	HFD Bkr (50A trip)	21	50.00
2	3930-RS-T-02	HFD Bkr (50A trip)	21	50.00
3	3930-RS-T-03	HFD Bkr (50A trip)	21	50.00
4	3930-RS-T-04	HFD Bkr (50A trip)	21	50.00
5	RESERVA	FVNR Starter Size 3 [HMCP]	40.1	100.00
6	RESERVA	FVNR Starter Size 3 [HMCP]	40.1	100.00
7	2200-GR-T-01	HFD Bkr (200A trip)	90.21	200.00
8	2300-BB-T-16M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	10.8	30.00
9	2300-BB-T-17M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	10.8	30.00
10	RESERVA	FVNR Starter Size 2 [HMCP]	20.7	50.00
11	RESERVA	FVNR Starter Size 2 [HMCP]	20.7	50.00
12	2200-ES-T-08M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	2.1	7.00
13	2200-ES-T-09M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	2.1	7.00
14	2200-BB-T-12M	FVNR Starter Size 2 [HMCP]	34	70.00
15	2200-ES-T-01M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	4.8	15.00
16	2200-ES-T-02M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	4.8	15.00
17	2200-ES-T-03M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	4.8	15.00
18	2200-ES-T-04M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	4.8	15.00
19	RESERVA	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	4.8	15.00
20	RESERVA	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	4.8	15.00
21	2300-BB-T-19M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	14	30.00
22	2300-BB-T-20M	FVNR Starter Size 2 [HMCP]	21	50.00
23	2300-BB-T-21M	FVNR Starter Size 2 [HMCP]	21	50.00



24	2300-ES-T-01M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	1.2	3.00
25	2300-ES-T-02M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	1.2	3.00
26	2300-ES-T-03M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	1.2	3.00
27	2300-ES-T-04M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	1.2	3.00
28	3100-BB-T-11M	FVNR Starter Size 2 [HMCP]	21	50.00
29	3100-BB-T-12M	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	14.1	30.00
30	3930-BB-T-11M	FVNR Starter Size 2 [HMCP]	21	50.00
31	RESERVA	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	14.1	30.00
32	RESERVA	FVNR Starter Size 1 [HMCP]	14.1	30.00
33	2200-DX-T-01	HFD Bkr (50A trip)		50.00
34	2200-DX-T-02	HFD Bkr (50A trip)		50.00
35	2300-DX-T-01	HFD Bkr (50A trip)		50.00
36	2300-DX-T-01A	HFD Bkr (50A trip)		50.00
37	2300-DX-T-02A	HFD Bkr (50A trip)		50.00
38	2200-P7-T-01	E125HCompact Bkr (25A trip)	10.22	25.00
39	2200-P7-T-02	E125HCompact Bkr (25A trip)	10.22	25.00
40	2200-P7-T-03	E125HCompact Bkr (25A trip)	10.22	25.00
41	2200-P7-T-04	E125HCompact Bkr (25A trip)	10.22	25.00
42	2200-P7-T-07	E125HCompact Bkr (20A trip)	2.41	20.00
43	2200-P7-T-08	E125HCompact Bkr (20A trip)	2.41	20.00
44	2200-P7-T-10	E125HCompact Bkr (20A trip)	2.41	20.00
45	2300-GA-T-01	E125HCompact Bkr (20A trip)	4.81	20.00
46	2300-GA-T-02	E125HCompact Bkr (20A trip)	4.81	20.00
47	2300-P7-T-01	E125HCompact Bkr (20A trip)	1.80	20.00
48	2300-P7-T-03	E125HCompact Bkr (20A trip)	1.80	20.00
49	RESERVA	E125HCompact Bkr (20A trip)		20.00
50	3920-FEST-T-01	HFDTwin Bkr (30A /30A trip)		20.00
51	3920-BC-T-01	HFDTwin Bkr (30A /30A trip)		20.00
52	2200-GR-T-03	HFDTwin Bkr (25A /25A trip)	9.14	25.00
53	2200-GR-T-04	HFDTwin Bkr (25A /25A trip)	9.14	25.00

		trip)		
54	2300-GR-T-01	HFDTwin Bkr (25A /25A trip)	6.01	25.00
55	2300-GR-T-02	HFDTwin Bkr (25A /25A trip)	6.62	25.00
56	2300-GR-T-04	HFDTwin Bkr (25A /25A trip)	6.62	25.00
57	2300-GR-T-05	HFDTwin Bkr (25A /25A trip)	6.62	25.00
58	3920-WR-01	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
59	3930-WR-01/02	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
60	2200-WR-01/02	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
61	2200-WR-03/04	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
62	2200-WR-05/06	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
63	2200-WR-07/08	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
64	2200-WR-09/10	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
65	RESERVA	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
66	RESERVA	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
67	RESERVA	J250HCompact Bkr (125A trip)		125.00
68	3930-FI-T-02M	HFD Bkr (100A trip)		30.00
69	3930-FI-T-03M	HFD Bkr (100A trip)		30.00
70	3930-FI-T-04M	HFD Bkr (150A trip)		30.00
71	3930-FI-T-05M	HFD Bkr (100A trip)		30.00
72	3920-DX-T-01	HFD Bkr (50A trip)		50.00
73	3920-DX-T-02	HFD Bkr (50A trip)		50.00
74	2200-TDA-T-01	HFD Bkr (60A trip)		60.00
75	2200-DX-T-01A	HFD Bkr (80A trip)		80.00
76	2200-DX-T-02A	HFD Bkr (80A trip)		80.00
77	2300-DX-T-02	HFD Bkr (80A trip)		80.00
78	3930-SC-T-01M	HFD Bkr (20A trip)	5.41	15.00
79	3930-SC-T-02M	HFD Bkr (20A trip)	5.41	15.00
81	3930-CP-T-01	HKD Bkr (300A trip)	108.26	300.00
82	RESERVA	HFD Bkr (30A trip)		30.00
83	RESERVA	HFD Bkr (20A trip)		20.00
85	3930-CP-T-02	HKD Bkr (300A trip)	108.26	300.00
88	2200-TDF-T-01	HFD Bkr (225A trip)		200.00
89	2300-TDF-T-01	HJD Bkr (250A trip)		250.00
90	2300-FEST-T-01	HFD Bkr (30A trip)	40.90	100.00
91	2200-FEST-T-01	HFD Bkr (30A trip)	40.90	100.00
92	3920-HVAC-T-01	HFD Bkr (20A trip)	56.53	150.00
93	3920-HVAC-T-02	HFD Bkr (20A trip)	40.90	100.00
94	RESERVA	HFD Bkr (25A trip)		25.00

### 3.2.3.1.1.3. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS POR CUBICULOS EN CCM

Para la distribución de las cargas en los cubículos del CCM se presentan 02 alternativas:

#### 3.2.3.1.1.3.1. Distribución a un sólo frente

Tal como se indicó en el planteamiento del problema, en el proceso de licitación del Proyecto se elaboró una ingeniería base, la cual arrojaba una distribución de cargas en un total de 19 columnas a través de un diseño de CCM lineal o de un sólo frente.

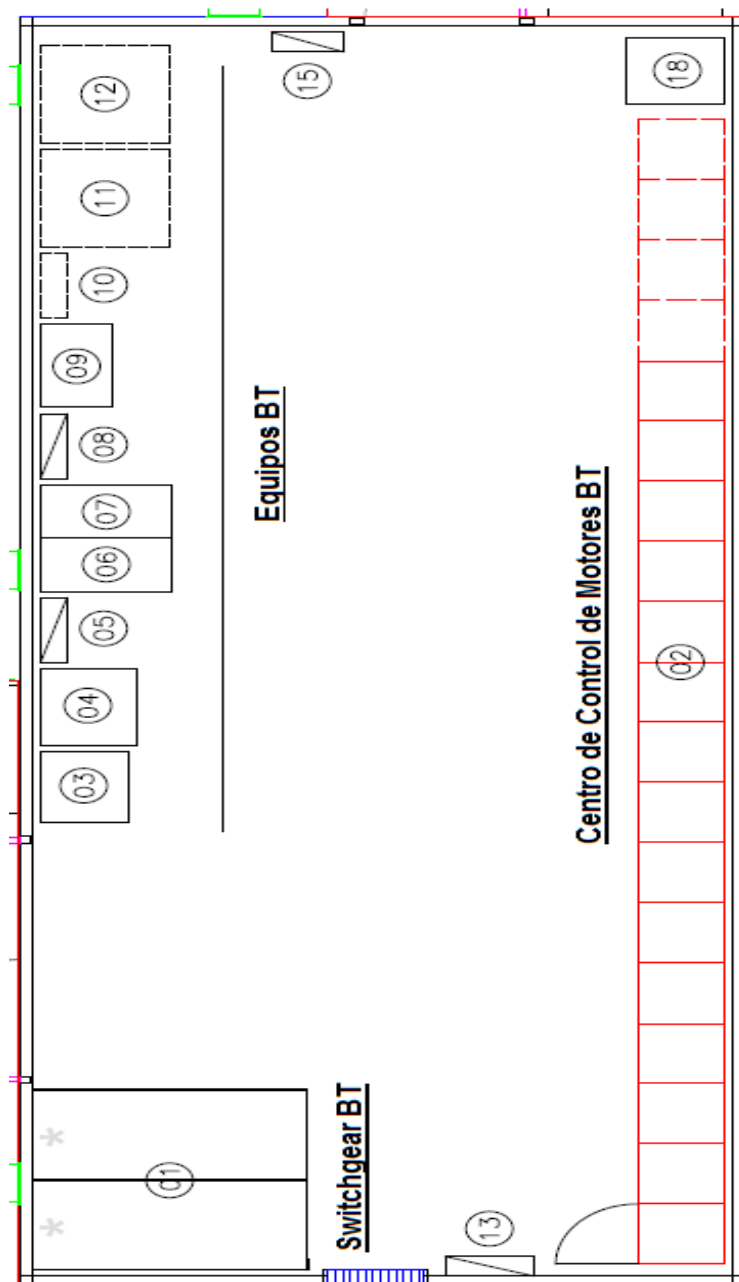


Figura N° 3.1  
Disposición de Equipos en  
Sala Eléctrica

En la figura N° 3.2 se muestra la distribución de las cargas en los cubículos en las 19 columnas del CCM.

	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F
		FVNR S3	FVNR S3	FVNR S2	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1	HFD3125	HFD3125	HFD3125
		FVNR S3	FVNR S3	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1	HFD3125	HFD3125	HFD3020
		FVNR S3	FVNR S3	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1	HFD3125	HFD3125	HFD3020
		FVNR S3	FVNR S2	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1	HFD3125	HFD3125	HFD3020
		FVNR S3	FVNR S2	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1		HFD3125	HFD3125	HFD3020
		FVNR S3	FVNR S2	FVNR S1	FVNR S1	FVNR S1		HFD3125	HFD3125	HJD3200
	11F	12F	13F	14F	15F	16F	17F	18F	19F	
	HFD3020	HFD3020	HFD3025	HFD3025	HFD3030	HFD3150				
	HFD3020	HFD3020	HFD3025	HFD3025	HFD3030	HFD3125	HKD3300	HKD3400		
	HFD3020	HFD3025	HFD3025	HFD3030	HFD3030	HFD3125	HJD3200	HJD3200		
	HFD3020	HFD3025	HFD3025	HFD3030	HFD3050	HFD3125				
	HFD3020	HFD3025	HFD3025	HFD3030	HFD3080					
	HFD3020	HFD3025	HFD3025	HFD3030	HFD3100	HKD3300				

Figura N° 3.2  
Distribución de cubículos en CCM

### 3.2.3.1.1.3.2. Distribución a dos frentes (Back to back)

La finalidad del presente informe está orientada a la optimización de costos de fabricación, por lo que se plantea la siguiente solución para el suministro del Centro de Control de Motores.

La distribución “Back to Back” ofrece entre otras ventajas, la reducción de espacio físico en la Sala Eléctrica y la utilización de 02 recorridos de barras de menor capacidad en lugar de una sola barra totalizadora.

En la Figura N° 3.3 y Figura N° 3.4 se muestra la distribución de las cargas en los cubículos del CCM para la vista frontal y posterior respectivamente.

FRONT VIEWS

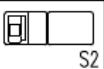
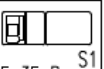
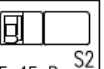
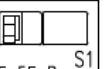
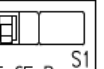
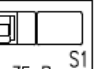
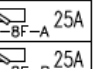

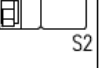
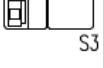
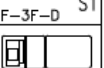
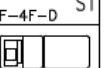
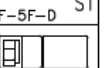
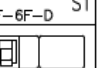

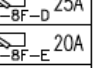

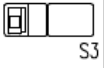
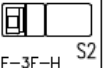
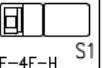
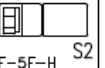
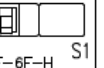
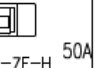
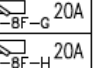
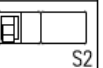

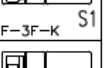
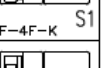
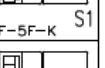
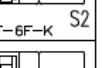
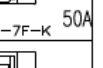
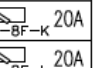
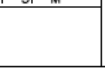
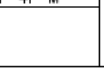
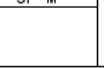
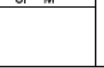
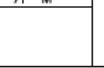
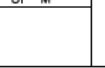
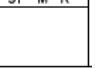

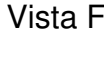
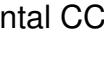




1E	2E	3E	4E	5E	6E	7E	8E	9E
	 S2	 S1	 S2	 S1	 S1	 S1	 S1	 S1
F-1F-C	F-2F-C	F-3F-B	F-4F-B	F-5F-B	F-6F-B	F-7F-B	F-8F-A 25A	F-9F-C-L
 S2	 S3	 S1	 S1	 S1	 S1	 50A	 25A	F-9F-C-R
F-1F-F	F-2F-F	F-3F-D	F-4F-D	F-5F-D	F-6F-D	F-7F-D	F-8F-B 25A	F-9F-F-L
 S2	 S3	 S2	 S1	 S2	 S2	 50A	 20A	F-9F-F-R
F-1F-J	F-2F-J	F-3F-F	F-4F-F	F-5F-F	F-6F-F	F-7F-F	F-8F-C 25A	
 S2	 200A	 S1	 S1	 S1	 S2	 50A	 20A	F-9F-J-L
F-1F-M	F-2F-M	F-3F-H	F-4F-H	F-5F-H	F-6F-H	F-7F-H	F-8F-D 25A	F-9F-J-R
		 S1	 S1	 S1	 S1	 50A	 20A	 25A
		F-3F-K	F-4F-K	F-5F-K	F-6F-K	F-7F-K	F-8F-E 20A	F-9F-M-L
		 S1	 S1	 S1	 S1	 50A	 20A	F-9F-M-R
		F-3F-M	F-4F-M	F-5F-M	F-6F-M	F-7F-M	F-8F-F 20A	
							 20A	

Figura N° 3.3  
Vista Frontal CCM

REAR VIEWS

9R	8R	7R	6R	5R	4R	3R	2R	1R
R-9F-B 30A	R-8F-B	R-7F-B 30A	R-6F-B 20A	R-5F-B 50A	100A			
R-9F-D 30A	R-8F-D	R-7F-D 20A	R-6F-D 20A	R-5F-D 50A	R-4F-C	R-3F-C	R-2F-C	R-1F-C
R-9F-F 20A	225A			R-5F-F 60A	100A	R-3F-F	R-2F-F	R-1F-F
R-9F-H 20A	R-8F-H	R-7F-G	R-6F-G	R-5F-H 80A	R-4F-F		R-2F-F	R-1F-F
R-9F-K 25A	250A	300A	300A	R-5F-K 80A	R-4F-J	R-3F-J	R-2F-J	R-1F-J
R-9F-M	R-8F-M	R-7F-M	R-6F-M	R-5F-M 80A	100A		R-2F-M	R-1F-M
					R-4F-M	R-3F-M		

Figura N° 3.4  
Vista Posterior CCM

Para el desarrollo de este proyecto se ha optado por la fabricación del CCM según el diseño “Back to Back”.

### 3.2.3.1.1.4. CÁLCULO DE CONDUCTORES

Para cada motor se utiliza el conductor de cobre tipo THHN, es cual es apto para instalaciones en zonas abrasivas y ambientes con altas temperaturas, su calibre depende de la potencia, así como de la distancia a la que se encuentra.

#### 3.2.3.1.1.4.1. Capacidad de Corriente:

Para la selección del conductor procedemos a determinar la corriente que consume cada motor con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{k * U * \text{Cos}\phi * \eta}$$

Donde:

- I : Corriente nominal del motor (A)
- P : Potencia nominal del motor (W)
- U : Tensión de alimentación (V)
- Cos $\phi$  : Factor de potencia del motor
- $\eta$  : Eficiencia del motor
- k :  $\sqrt{3}$  para circuitos trifásicos

#### 3.2.3.1.1.4.2. Caída de tensión:

Asimismo, para la selección de los conductores alimentadores de los motores, consideramos la siguiente fórmula para la caída de tensión, la cual debe ser menor al 5% de la de alimentación.

$$\Delta U = \frac{Kv * L * Id * Cos\theta}{S}$$

Donde:

- S : Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)
- L : Distancia hasta la carga (m)
- Id : Corriente de diseño del motor (A)
- Cos $\theta$  : Factor de potencia del motor
- %  $\Delta U$  : Caída de tensión
- U : Tensión de alimentación
- Kv : 0,0309 para circuitos trifásicos

#### 3.2.3.1.1.5. ESQUEMAS UNIFILARES SISTEMA DE FUERZA

Una vez realizado el cálculo de los parámetros eléctricos para el diseño y selección de los componentes del sistema de fuerza de cada cubículo, según la potencia de las cargas, se procede a la elaboración de los esquemas unifilares (Anexo N° 2).

#### 3.2.3.1.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

El Sistema de Control del CCM se diseña en función a las Especificaciones Técnicas del cliente (Anexo N° 1), en donde se señala los requisitos mínimos de diseño.

En resumen, los aspectos más importantes a considerar en el desarrollo de los planos de control de cada cubículo (carga) son los siguientes:

Tabla 3.4

Parámetro	Descripción
Tensión de Alimentación	120VAC
Protección de Motor	Relé inteligente C441
Comunicación del Sistema	Devicenet
Elementos de control y señalización	Luces pilotos y selector M/A

#### 3.2.3.1.2.1. ESQUEMA TRIFILAR DEL SISTEMA DE CONTROL

Para el diseño del esquema trifilar del sistema de control de cada cubículo (carga) es necesario validar toda la información técnica de los equipos que conforman dicho sistema, a fin de determinar los parámetros eléctricos, contactos de entradas y salidas, secuencia de funcionamiento, etc.

Lo dicho anteriormente, se puede visualizar en los esquemas típicos de arrancadores del CCM (Anexo N° 3).

### **3.2.3.2. DISEÑO ELÉCTRICO DEL SWITCHGEAR**

Para el diseño eléctrico del Switchgear de BT se deben especificar dos aspectos principales: el sistema de fuerza y el sistema de control.

#### **3.2.3.2.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA**

Para el diseño del sistema de fuerza del Switchgear, se debe considerar que según las Especificaciones Técnicas del cliente (Anexo N° 1) se solicitó que el Switchgear conste de un Interruptor Principal que alimente a 02 Interruptores alimentadores cuyas cargas son el Centro de Control de Motores BT y Reserva Futura respectivamente.

##### **3.2.3.2.1.1. COMPONENTES DEL SWITCHGEAR BT**

Es por esa razón, que el Switchgear consta de 03 cubículos para alojar a los equipos principales, los cuales vienen a ser el Interruptor Principal (52-P) con una capacidad de 3200A, el Interruptor Alimentador (52-1) del CCM de 1600A y el Interruptor Reserva (52-2) cuya capacidad es de 1600A, según lo solicitado por el cliente.

###### **3.2.3.2.1.1.1. INTERRUPTOR PRINCIPAL (52-P)**

Para el primer módulo del Switchgear, correspondiente al Interruptor Principal, se seleccionó el equipo Magnum 3200AF/2500AT, marca Eaton (Cat # MDS6323WEA).

###### **3.2.3.2.1.1.2. INTERRUPTOR ALIMENTADOR (52-1)**

Para el segundo módulo (cubículo superior) del Switchgear, correspondiente al Interruptor Alimentador del CCM, se seleccionó el equipo Magnum 1600AF/1600AT, marca Eaton (Cat # MDN6163LEA).

###### **3.2.3.2.1.1.3. INTERRUPTOR RESERVA (52-2)**

Para el segundo módulo (cubículo inferior) del Switchgear, correspondiente al Interruptor Reserva Futura, se seleccionó el equipo Magnum 1600AF/800AT, marca Eaton (Cat # MDN6163LEA).

##### **3.2.3.2.1.2. ESQUEMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE FUERZA**

El diseño del sistema de fuerza se puede visualizar en el plano unifilar (Anexo N° 4).

#### **3.2.3.2.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL**

El Sistema de Control del Switchgear se diseña en función a las Especificaciones Técnicas del cliente (Anexo N° 1), en donde se señala los requisitos mínimos de diseño.



En resumen, los aspectos más importantes a considerar en el desarrollo de los planos de control del Switchgear son los siguientes:

Tabla 3.4.

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Tensión de Alimentación	120VAC
Medidor Multifunción	Medidor ION 8650
Panel de Alarmas	SEL2533
Comunicación del Sistema	Devicenet
Elementos de control y señalización	Luces pilotos

### **3.2.3.2.2.1. ESQUEMA TRIFILAR DEL SISTEMA DE CONTROL**

Para el diseño del esquema trifilar del sistema de control de cada cubículo (carga) es necesario validar toda la información técnica de los equipos que conforman dicho sistema, a fin de determinar información tal como los parámetros eléctricos, contactos de entradas y salidas, secuencia de funcionamiento, etc.

Lo dicho anteriormente, se puede visualizar en los esquemas de control del Switchgear (Anexo N° 5).

### 3.2.4 Arquitectura de montaje

Siguiendo con nuestra finalidad de reducción de costos de fabricación, planteamos nuevamente el rediseño de la ingeniería básica. Esta vez, al equipo Switchgear, el cual según se muestra en la Figura N° 3.1 se encuentra ubicado lejos del CCM, por lo que considera implementar un recorrido de ducto barra para el interconexión de ambos equipos.

La solución alternativa consiste en realizar el acople del equipo Switchgear y CCM (Anexo 6) a través de un recorrido de barras (doble para el sistema back to back), tal cual se muestra en la Figura N° 3.5, N° 3.6 y N° 3.7.

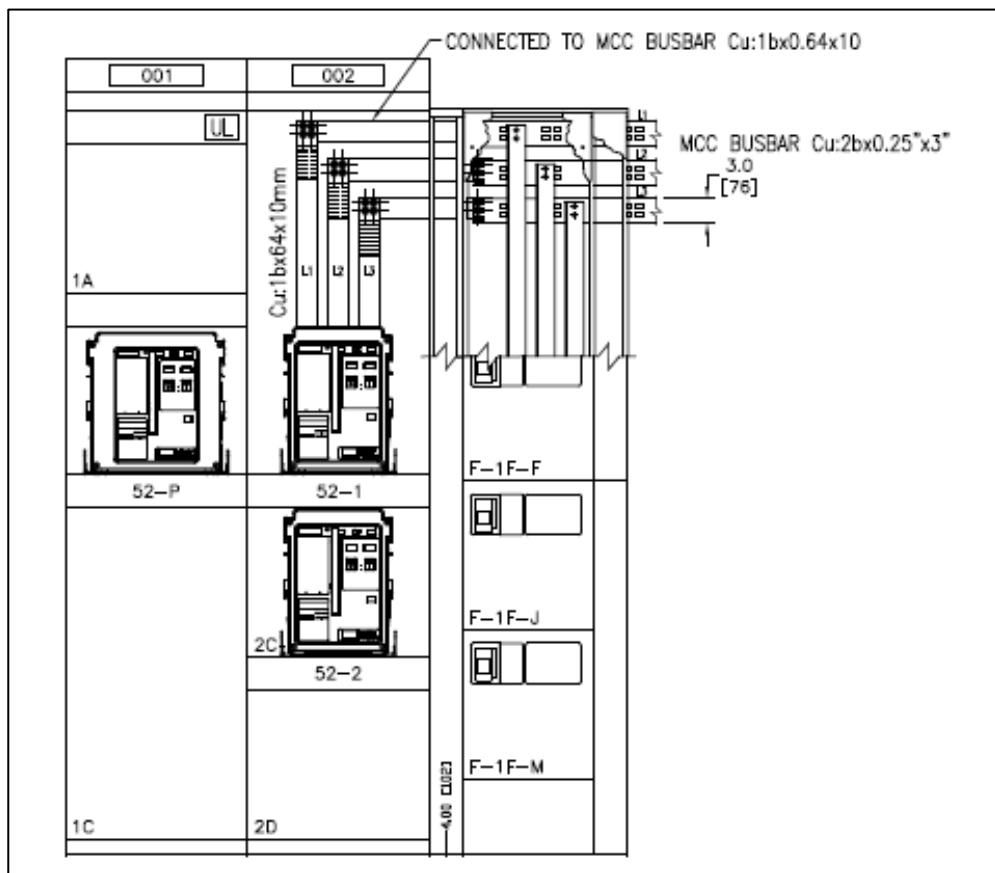


Figura N° 3.5  
Acople de Switchgear y CCM por medio de barras  
(Vista frontal)

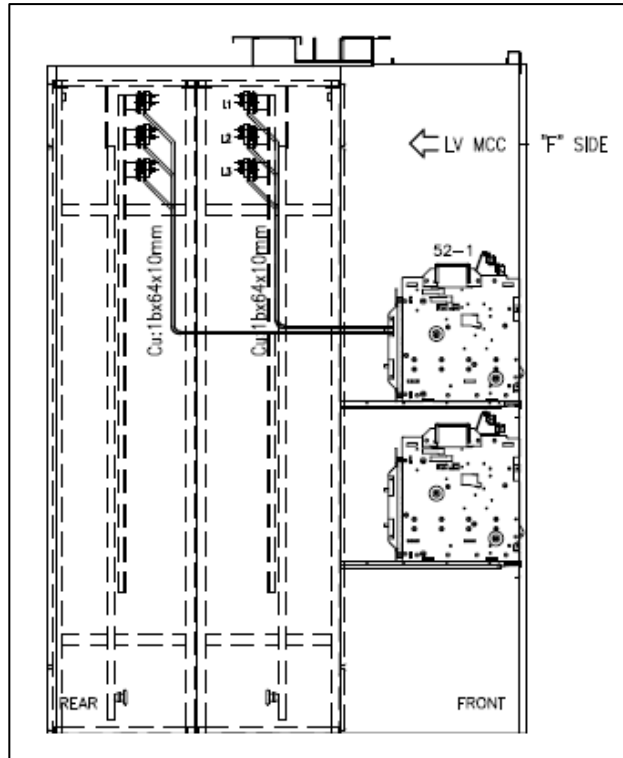


Figura N° 3.6  
Acople de Switchgear y CCM por medio de barras  
(Vista lateral)

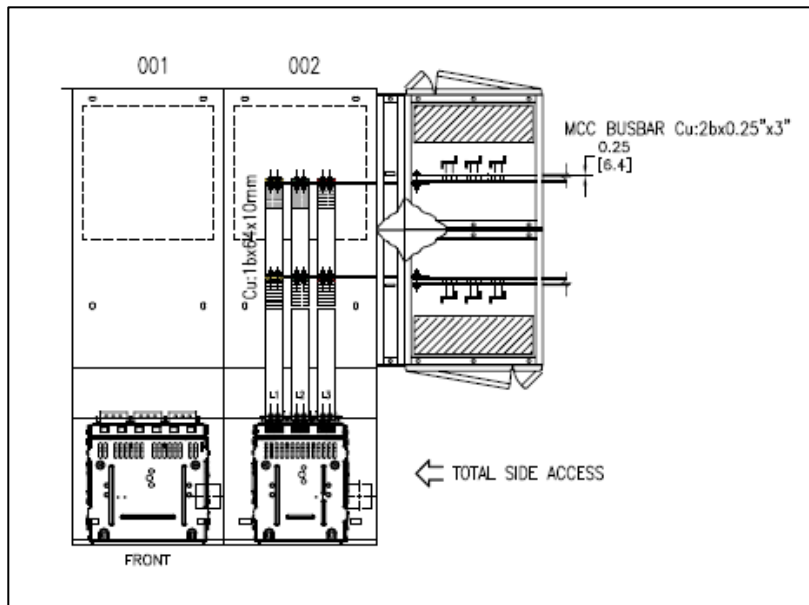


Figura N° 3.7  
Acople de Switchgear y CCM por medio de barras  
(Vista superior)

## CAPÍTULO IV: REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA

### 4.1 Implementación de la solución

En este capítulo se describe el desarrollo y la implementación de todo el sistema de control del Switchgear BT y CCM BT, así como el montaje del sistema de fuerza.

#### 4.1.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SWITCHGEAR BT

##### 4.1.1.1. SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL DEL SWITCHGEAR

El suministro del Switchgear BT está a cargo de la empresa Eaton USA. El alcance por dicho suministro corresponde a lo siguiente (Figura N° 4.1):

1. Estructura NEMA 1 (Uso Interior)
  - A. Transformador de corriente (2500:5)
  - B. Interruptor Principal Magnum MDS-632, 3200AF, Digitrip 1150, LSIG
  - C. Instrumentos de medición
2. Estructura NEMA 1 (Uso Interior)
  - A. Cubículo disponible (vacío)
  - B. Interruptor Alimentador Magnum MDS-616, 1600AF, Digitrip 1150, LSIG
  - C. Interruptor Alimentador Magnum MDS-616, 1600AF, Digitrip 1150, LSIG

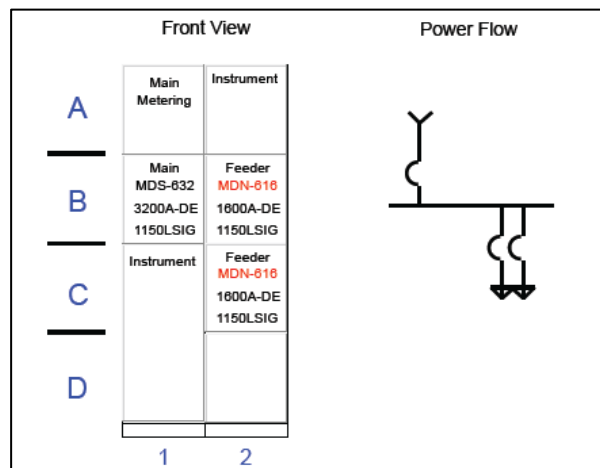


Figura N° 4.1  
Estructura de Switchgear



Figura N° 4.2  
Vista Frontal y Posterior del Switchgear

#### 4.1.1.2. MONTAJE DE EQUIPOS AUXILIARES EN SWITCHGEAR

Para la implementación del sistema de control del Switchgear, se procede a la adecuación del gabinete para el montaje de los equipos de medición y control.



Figura N° 4.3  
Instalación de Panel de Alarmas SEL2533



Figura N° 4.4  
Instalación de Medidores Multifunción ION8650



Figura N° 4.5  
Cableado y conexionado del circuito de Control



Figura N° 4.6  
Montaje de Interruptores Magnum (Eaton)



Figura N° 4.7  
Cubículo para montaje de Interruptores Magnum (Eaton)



Figura N° 4.8  
Instalación de Interruptor Principal - Magnum DS



## 4.1.2 IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

### 4.1.2.1. SISTEMA DE FUERZA DEL CCM

El suministro del CCM BT está a cargo de la empresa Eaton USA. El alcance por dicho suministro corresponde a lo siguiente (Figura N° 4.9):

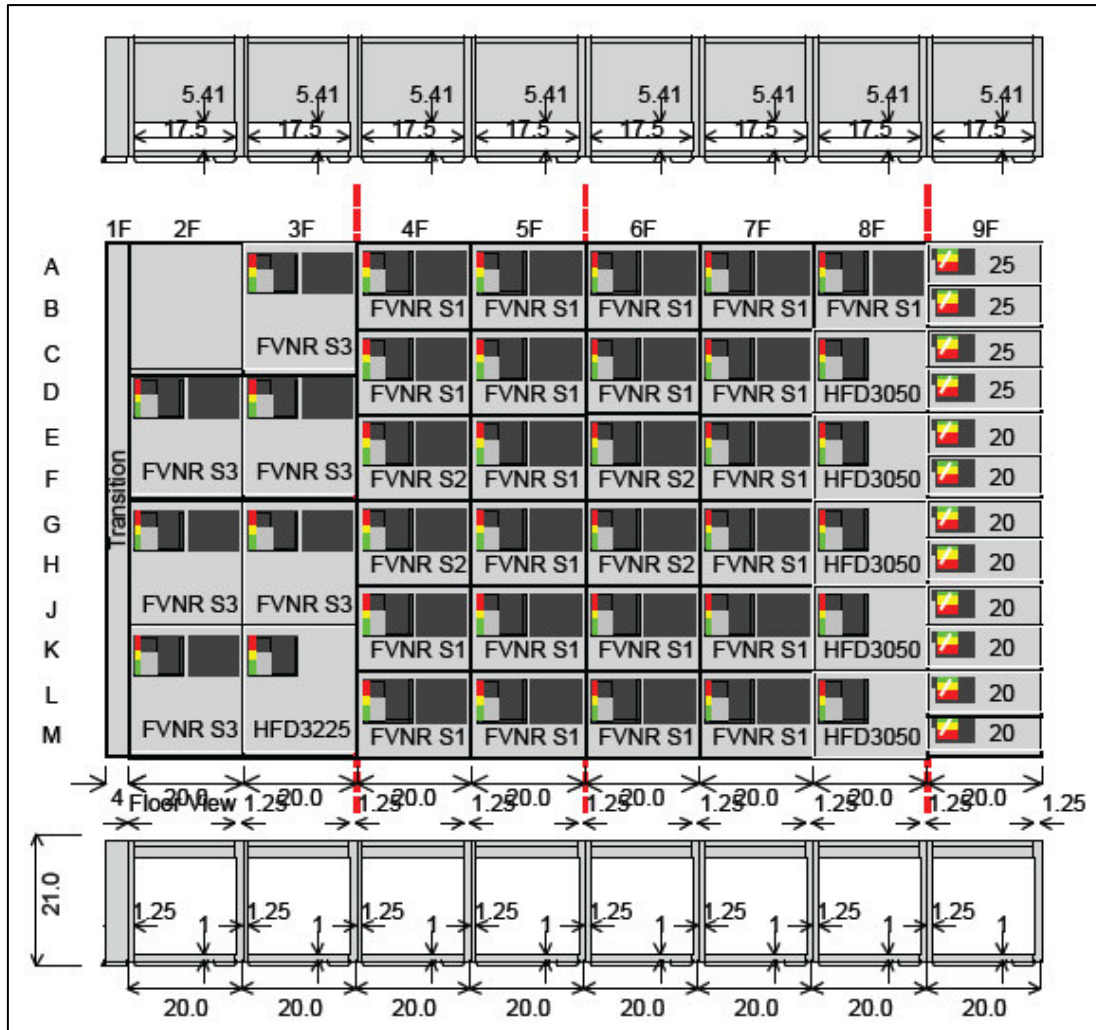


Figura N° 4.9  
Estructura del CCM – Vista Frontal

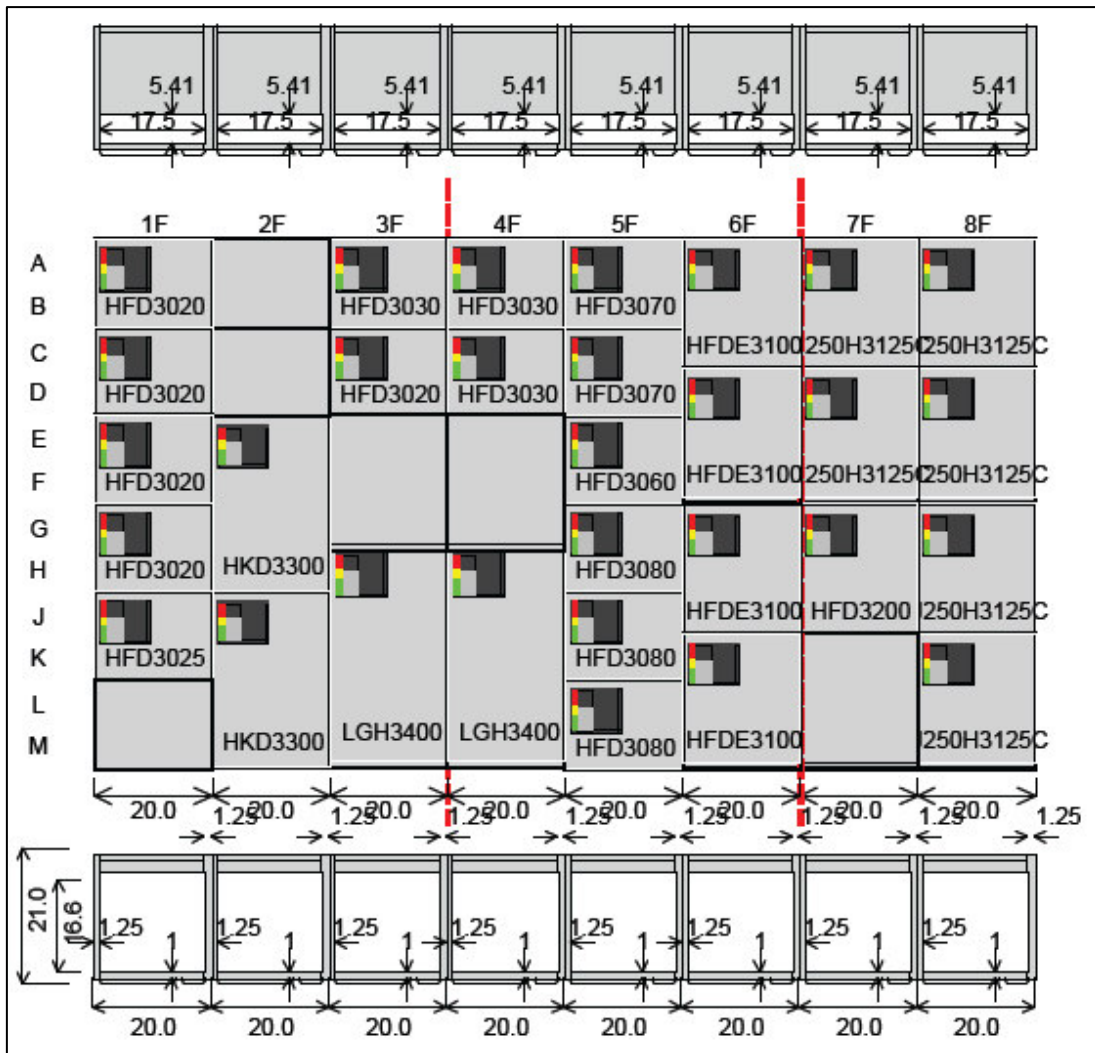


Figura N° 4.9  
Estructura del CCM – Vista Frontal

#### 4.1.2.2. TOPOLOGIA DE COMUNICACIÓN

Según lo solicitado en las Especificaciones Técnicas del cliente (Anexo N° 1), el CCM tiene comunicación DEVICENET, por tanto, la topología diseñada para este sistema es el siguiente:

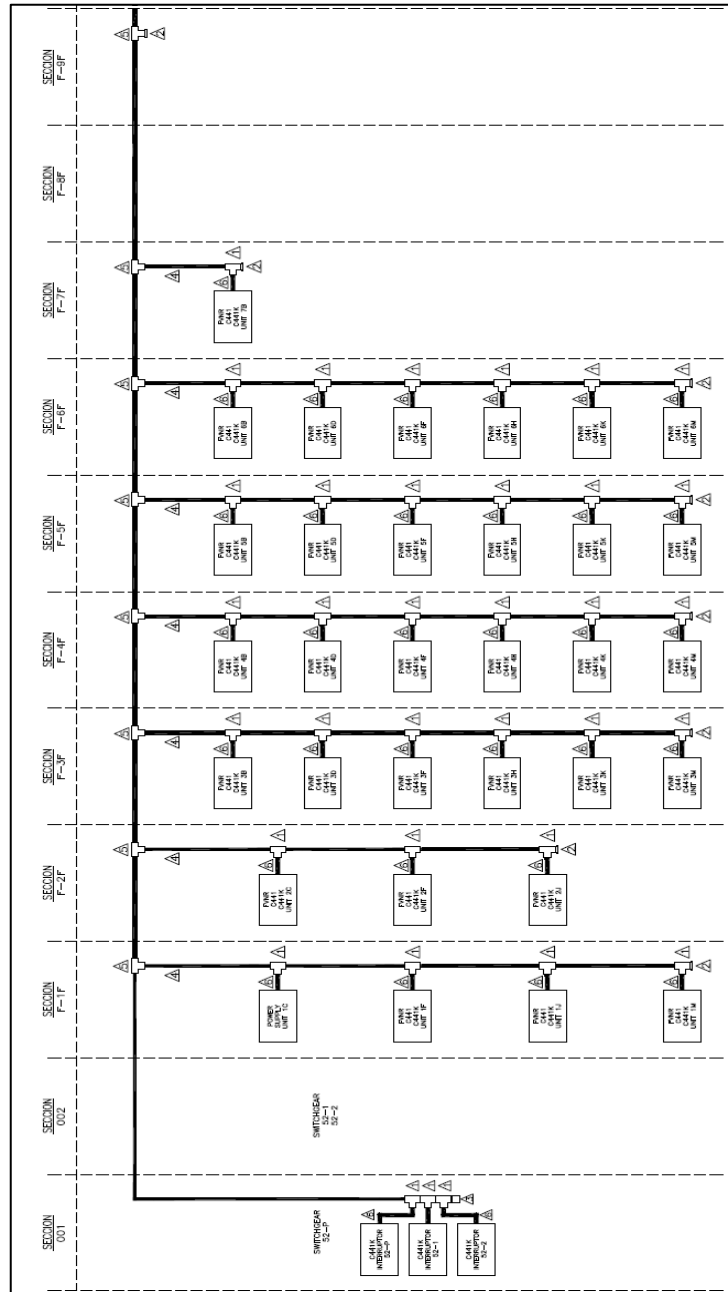


Figura N° 4.10  
Topología de Comunicación Devicenet - CCM

### 4.1.2.3. MONTAJE DE CUBICULOS EN CCM

Para la implementación del sistema de fuerza y control del Centro de Control de Motores, se procede al montaje de los cubículos de fuerza y sus correspondientes equipos de control.



Figura N° 4.11  
Disposición de CCM – Sistema de Barras

#### 4.1.2.3.1. CIRCUITOS DE CONTROL – CUBÍCULOS MCC

El diseño de los cubículos del CCM consta de los siguientes componentes:

- Arrancadores:

El CCM cuenta con un total de 31 arrancadores

- Feeders:

El CCM cuenta con un total de 59 arrancadores

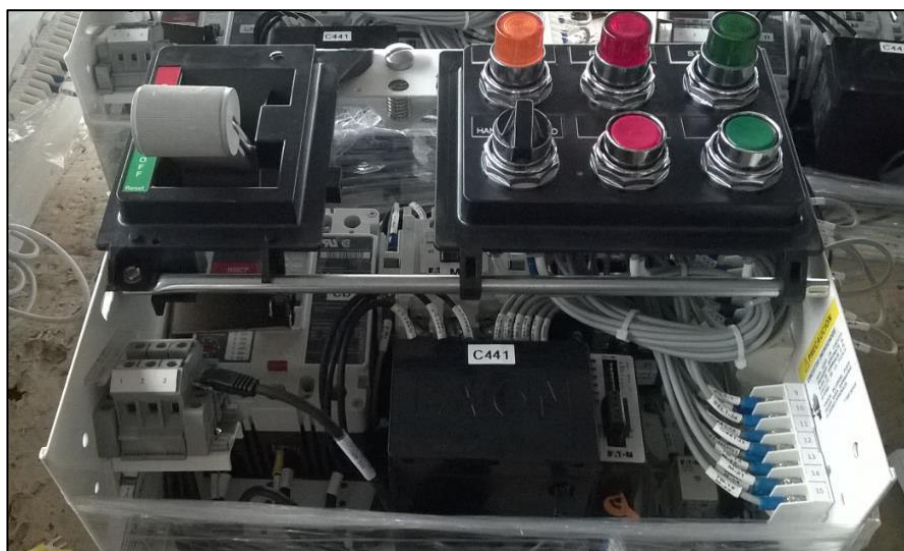


Figura N° 4.12  
Alambrado de Control – Cubículo CCM - Arrancador de Motor

## 4.2 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Al finalizar la etapa de montaje e instalación de ambos suministros, Switchgear BT y Centro de Control de Motores, el resultado final se ilustra en las siguientes imágenes.



Figura N° 4.13  
Switchgear Metal Enclosed BT Integrado





Figura N° 4.14  
Centro de Control de Motores BT – Vista Frontal



Figura N° 4.15  
Centro de Control de Motores BT – Vista Posterior

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

El “business core” de la empresa Dimatic SAC es el suministro de Salas Eléctricas y la integración de equipos de potencia. Para lo cual, los márgenes de utilidad con mayor rentabilidad están enfocados en la Procura de equipos importados e integrados en planta, en su mayoría de casos el sistema de fuerza es proveído de importación y el sistema de control implementado localmente.

Al culminar la etapa de Puesta en Marcha de la Sala Eléctrica, se realizó la evaluación económica final del proyecto, el cual arrojó una utilidad final de 27.98%, en donde el valor correspondiente al suministro de Switchgear BT y CCM BT se incrementó de 18% a 25.42%.

Las Pruebas realizadas a los equipos en planta demostraron el correcto funcionamiento de las lógicas de control diseñadas para el Centro de Control de Motores correspondientes a los cubículos de los arrancadores y alimentadores (pulsadores, protección y comunicación). Asimismo, para el equipo Switchgear BT se verificó tanto las señales de los equipos interconectados como los valores de medición del equipo ION8650, arrojando resultados conforme a lo previsto. Esto fue validado por el cliente SPCC.

El planteamiento de rediseñar la ingeniería elaborada en la etapa comercial, permitió, entre otras consideraciones, disminuir los costos de fabricación de los equipos Switchgear BT y CCM BT, reducir el monto de fabricación del reticulado de la Sala Eléctrica el cual se trabajó en el diseño del cálculo estructural. Asimismo, permitió otorgar mayor espacio físico en el interior de la Sala Eléctrica.



## 5.2 Fuentes de Información

- [1] PNT-CO-300000-07-TS-004\_0 – Especificación Técnica Centro de Distribución de Carga de Baja Tensión – SPCC
- [2] PNT-CO-300000-07-TS-005\_0 - Especificación Técnica Centro de Control de Motores de Baja Tensión – SPCC
- [3] Magnum DS Low Voltage Power Circuit Breakers (ANSI) Renewal Parts and Accessories (EATON)
- [4] Magnum DS, SB, and IEC low voltage power circuit breakers (ANSI and IEC) renewal parts and accessories (EATON)
- [5] Power Distribution and Control Assemblies - EATON (Volume 3)
- [6] Customized Solutions - Customized Service – EATON
- [7] Eaton low voltage motor control centers with adjustable frequency drives – EATON
- [8] Código Nacional de Electricidad Suministro (CNE)
- [9] Norma Técnica “Uso de la Electricidad en Minas” (Ministerio de Energía y Minas, Perú), (Regulación Peruana) R.M N° 308-2001-EM/VME.