

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ADAPTACIÓN SEMIAUTOMÁTICA DE UN PUENTE GRÚA DE 10 TON
PARA MEJORAR EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECATRONICO**

MILTON VÍCTOR CAJAHUANCA MADUEÑO

LIMA-PERÚ

2 012

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| PROLOGO..... | IV |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Generalidades | 1 |
| 1.2. Objetivo | 2 |
| 1.3. Justificación | 2 |
| 1.4. Alcance | 2 |
| 1.5. Limitaciones. | 3 |
| 2. LA EVALUACIÓN PROACTIVA | 4 |
| 2.1. Información histórica..... | 5 |
| 2.2. Acumulación estadística de fallas y costos..... | 6 |
| 2.3. Clasificación y selección de fallas | 8 |
| 2.4. Armar los equipos de análisis | 11 |
| 2.5. Presupuestar los costos de las alternativas..... | 13 |
| 2.6. Calcular el retorno de la inversión ROI. | 13 |
| 2.7. Propuesta proactiva..... | 15 |
| 3. PUENTE GRÚA DE 10 TON..... | 16 |
| 3.1. Sistemas del puente grúa. | 16 |
| 3.1.1. Sistema de movimiento longitudinal | 20 |
| 3.1.2. Sistema de movimiento transversal | 20 |
| 3.1.3. Sistema de movimiento vertical..... | 21 |
| 3.1.4. Sistema de suministro eléctrico | 23 |
| 3.1.5. Sistema de seguridad operacional | 25 |
| 3.2. Diagramas eléctricos del sistema antiguo..... | 26 |
| 4. PROBLEMAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO | 29 |
| 4.1. Demora de las labores de mantenimiento planificado | 29 |
| 4.2. Alta criticidad del puente grúa..... | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 5. MEJORA DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO..... | 31 |
| 5.1. Evaluación proactiva del mantenimiento planificado..... | 31 |
| 5.2. Adaptación semiautomática del nuevo puente grúa. | 44 |
| 5.2.1 Selección del circuito de arranque..... | 46 |
| 5.2.2. Dimensionamiento de los conductores | 48 |
| 5.2.3. Requerimientos del seccionador | 54 |
| 5.2.4. Dimensionamiento de equipos de protección | 56 |
| 5.2.5. Dimensionamiento de los equipos de conmutación..... | 59 |
| 5.2.6. Diagramas eléctricos..... | 60 |
| 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA | 71 |
| CONCLUSIONES. | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA | 78 |
| APENDICE | 79 |

PROLOGO

Un problema importante de la empresa papelera, es el relacionado con la pérdida de horas de producción debido a la realización de tareas de mantenimiento correctivo planificado o no planificado; por esta razón, se recomienda que el mantenimiento de los equipos se realice con un mayor análisis.

En el presente informe se plantea la adaptación semiautomática de un nuevo puente grúa para la empresa papelera, como solución viable a los problemas que presenta el programa de mantenimiento planificado de la empresa.

Al respecto se evalúa de forma proactiva la cantidad de horas asignadas a labores de mantenimiento planificado al mes (actualmente este factor es un indicador de mal desempeño del área de mantenimiento), dicha evaluación establece, que la adaptación semiautomática de un nuevo puente grúa, es una medida que impulsará la mejora de la eficiencia y la eficacia de las labores de mantenimiento planificado, que posteriormente se traducen en más horas de producción y menos horas para el mantenimiento planificado.

El presente informe se ha estructurado en seis (6) capítulos que a continuación se describen:

En el **capítulo I**, se establece los antecedentes, objetivos, justificaciones, alcances y limitaciones de la adaptación semiautomática del nuevo puente grúa, de la empresa papelería de Kraft Linner (papel obtenido del procesamiento de papel reciclado).

El **capítulo II**, explica cómo realizar una evaluación proactiva, también detalla las siete etapas de la evaluación y las herramientas de análisis que se emplean (Diagrama de Pareto y Diagrama de Causa Efecto). Con el objetivo de aclarar el procedimiento, se muestra como ejemplo la evaluación de un equipo de la empresa, el motor de la criba M002.

En el **capítulo III**, se detalla las características del puente grúa #1, que era el único con el que contaba la empresa en un inicio, de la grúa se describen los sistemas y diagramas eléctricos, debido a que la adaptación semiautomática de la nueva grúa implica la modificación de sus diagramas eléctricos.

El **capítulo IV**, describe los dos principales problemas del programa de mantenimiento planificado, la demora de las labores de mantenimiento planificado que se realizan una vez al mes (mediante el histórico de horas 2009-2010) y la criticidad del puente grúa.

El **capítulo V**, aborda la mejora del mantenimiento planificado (mediante la reducción de la cantidad de horas utilizada). El proyecto está conformado por dos etapas, la primera muestra la evaluación proactiva de la cantidad real de horas que se emplean para el mantenimiento planificado, es decir: Se muestra la clasificación de

fallas presentadas durante los días de parada de planta en función de los costos de hora de producción, la clasificación es sometida a un análisis causa-efecto, que permite direccionar el estudio de los grupos de trabajo, para posteriormente evaluar propuestas de solución. La segunda etapa es la adaptación semiautomática de la nueva grúa que comprende: La selección de los arrancadores para los tableros #1 y #2 (como referencia se usa los requerimientos para la nueva grúa), posteriormente se realiza el dimensionamiento de los circuitos (conductores, equipo de seccionamiento, componentes de protección y conmutación) y finalmente se muestran todos los diagramas eléctricos (planos de fuerza tablero #1 y #2, planos de control tablero #1 y #2, esquemas de configuración de variadores de velocidad, circuito de botonera y otros)

El capítulo VI, se evalúa económicamente la adaptación semiautomática del nuevo puente grúa, en este capítulo se muestra el cuadro de recursos, las actividades duraciones, la línea base, el cierre del proyecto y finalmente se muestra el análisis ROI en base a la cantidad de horas del periodo 2010-2011 y el costo real de la adaptación semiautomática.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La industria papelera que es considerada relativamente como una actividad nueva en nuestra economía, tiene el desafío de realizar sus actividades con eficiencia y competitividad, maximizando la cantidad de horas de producción, minimizando la incidencia de accidentes y controlando los impactos ambientales.

El enfoque del mantenimiento ha evolucionado debido a la gran cantidad de equipos en una planta papelera, como consecuencia de ello se viene desarrollando nuevas metodologías y estrategias que permiten evaluar y aplicar el mantenimiento de una manera eficiente.

Con la finalidad de reducir la cantidad de horas de mantenimiento planificado, la gerencia de producción conjuntamente con la gerencia de mantenimiento de la División Molino de la empresa decidieron evaluar la forma en que se lleva mensualmente las labores de mantenimiento planificado, debido a que, la cantidad real de horas que se emplean exceden en más del 50% la cantidad de horas que se programan para el término de las labores de mantenimiento planificado mensuales.

1.2 Objetivo

Adaptar de forma semiautomática un nuevo puente grúa para la empresa papelera, con la finalidad de mejorar el programa de mantenimiento planificado a través de la reducción en un 50% del exceso de horas en dar mantenimiento planificado durante el periodo 2009-2010.

1.3. Justificación

Como se podrá ver en la evaluación proactiva, el sistema eléctrico que tiene el puente grúa #1 (arrancadores tablero #1 y #2), sumado a que es el único equipo que puede levantar objetos con un peso mayor a 5 TON, influye bastante en la demora de las labores de montaje, alineamiento de motores y rodillos, debido a que se generen tiempos muertos por que la grúa se encuentra ocupada, también son bastantes los equipos de gran peso y la incapacidad de la grúa de realizar labores de alineamiento de motores (Desplazamientos en muy baja velocidad).

1.4. Alcance

El proyecto contempla evaluar solo los problemas del mantenimiento planificado, no se evaluará el resto de programas de mantenimiento (mantenimiento correctivo, preventivo o predictivo) y como parte de la adaptación semiautomática de la nueva grúa solamente se va a modificar el sistema eléctrico de la nueva grúa (arrancadores

tablero #1 y #2), no se realizaran modificaciones sobre la instrumentación y tampoco en la distribución eléctrica.

El trabajo se enfoca en cambiar los arrancadores Dahlander y Doble Estrella para motores asíncronos de dos velocidades o de bobinado partido por arrancadores directos con variadores de velocidad.

1.5. Limitaciones.

La gerencia no está dispuesta a realizar un gasto mayor a 50,000 soles en la mejora de las labores de mantenimiento planificado y esta inversión debe de reducir el exceso de horas utilizadas para completar las labores de mantenimiento planificado en un 50 % para el periodo 2010 – 2011, por lo cual la ejecución de la adaptación semiautomática debe completarse en un periodo menor a un mes.

CAPÍTULO II

LA EVALUACIÓN PROACTIVA

Las fallas en las máquinas, sistemas, instalaciones o procesos, tienen cada vez mayores consecuencias en la producción, siendo las de mayor incidencia las fallas de origen imprevisto, que al final producen severos estragos en la economía y / o seguridad de una empresa.

Ninguna de las técnicas avanzadas de mantenimiento preventivo que usa inspecciones o labores de sustitución de elementos, intentan determinar las causas raíz de las fallas en los procesos. Tampoco ninguna de las técnicas de mantenimiento predictivo (como análisis de vibraciones, espectrometría, niveles eléctricos y otros) consigue incrementar la certeza del momento en el que se pueden producir una falla, (no logran eliminar las causas raíz de las fallas).

Aun cuando el mantenimiento predictivo es aplicado correctamente y logra efectos espectaculares en la reducción de algunos costos, debemos reconocer que lo único que estamos haciendo es identificar las fallas hasta cierto nivel, pero no cuestionamos realmente por qué se están produciendo las fallas.

Cuestionarse las razones por las cuales falla un equipo es siempre sano y más en una organización, donde la acumulación de problemas olvidados y pendientes tiende a ser considerables, creando un clima de falta de rigor y desinterés por las cosas bien hechas. La evaluación proactiva se cuestiona el verdadero origen de las fallas mediante un procedimiento de siete etapas, las cuales se describen a continuación:

2.1. Información histórica

En esta etapa se utiliza la información histórica de una maquina o proceso, en el caso de máquinas lo común es usar las ordenes de trabajo del área de mantenimiento y en los procesos de producción se cuenta con la bitácora de incidentes o los registros de calidad, esta información es importante para poder clasificar las fallas más frecuentes que me permitan direccionar el estudio de la evaluación proactiva, el resumen de la información histórica del motor M002 se muestra en la **Tabla 2-1**.

| <i>Maquina / Equipo: M002 Motor Accionamiento de la Criba</i> | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|---------------|
| <i>Sistema</i> | <i>Problema</i> | <i>Frecuencia</i> | <i># Veces</i> | <i>Código</i> |
| <i>Anclaje</i> | <i>El anclaje no está alineado.</i> | <i>6M</i> | <i>2</i> | <i>F001</i> |
| <i>Alimentación</i> | <i>Fallo de fusibles ultrarrápidos de 250 A.</i> | <i>1M</i> | <i>12</i> | <i>F002</i> |
| | <i>Fallo del Arrancador de Estado Sólido.</i> | <i>15D</i> | <i>24</i> | <i>F003</i> |
| <i>Motriz</i> | <i>Sobrecalentamiento del motor.</i> | <i>3M</i> | <i>4</i> | <i>F004</i> |
| | <i>Falla en los rodamientos del motor.</i> | <i>1A</i> | <i>1</i> | <i>F005</i> |
| | <i>Calentamiento de la caja de caja de borneras.</i> | <i>6M</i> | <i>2</i> | <i>F006</i> |
| | <i>Insuficiente ventilación.</i> | <i>2M</i> | <i>6</i> | <i>F007</i> |
| <i>Transmisión</i> | <i>Rotura de chumacera de una de las poleas.</i> | <i>1A</i> | <i>1</i> | <i>F008</i> |
| | <i>Polea de la criba patina en la faja.</i> | <i>6M</i> | <i>2</i> | <i>F009</i> |
| | <i>Se rompe la faja.</i> | <i>4M</i> | <i>3</i> | <i>F010</i> |

Tabla 2-1: Información histórica del motor M002.

2.2. Acumulación estadística de fallas y costos

Cada falla que se analizara, tiene un impacto en la producción, en el mantenimiento y en el medio ambiente, en esta etapa se evaluará el costo de cada falla para su posterior clasificación.

- ❖ *El impacto en la producción*, es el tiempo necesario para ajustar la producción, el tiempo perdido por fallas de operación del proceso y el tiempo perdido en reprocesar productos que tiene un grado de calidad no aceptable.
- ❖ *El impacto en el mantenimiento*, son las horas necesarias para efectuar labores de mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y planificado, que pueden producir un paro en la producción.
- ❖ *El impacto en el medio ambiente*, es el costo que asume el proceso con el fin de conservar el medio ambiente alrededor de la zona de operación.

No todas las fallas provocan un impacto en el mantenimiento, en la producción y en el medio ambiente, la mayoría de fallas presentan uno o dos impactos. La forma de gestionar los procesos años anteriores desestimaba el impacto en el medio ambiente, la legislación obliga a que las empresas consideren los impactos en el medio ambiente provocados por el desarrollo de sus actividades. En la **Tabla 2-2** se muestra los impactos que generan cada una de las fallas del motor M002.

| Código | Fallas y Ocurrencias | Impacto Producción | Impacto Mantenimiento | Costo Total | Valor Porcentual |
|---------------|--|---------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|
| F001 | <i>El anclaje no está alineado.</i> | \$4,726.000 | \$218.939 | \$4,944.94 | 2.65% |
| F002 | <i>Fallo de fusibles ultrarrápidos de 250 A.</i> | \$28,356.000 | \$9,090.909 | \$37,446.91 | 20.07% |
| F003 | <i>Fallo del Arrancador de Estado Sólido.</i> | \$56,712.000 | \$181.818 | \$56,893.82 | 30.49% |
| F004 | <i>Sobrecalentamiento del motor.</i> | \$18,904.000 | \$60.606 | \$18,964.61 | 10.16% |
| F005 | <i>Falla en los rodamientos del motor.</i> | \$18,904.000 | \$15,306.061 | \$34,210.06 | 18.33% |
| F006 | <i>Calentamiento de la caja de caja de borneras.</i> | \$4,726.000 | \$115.152 | \$4,841.15 | 2.59% |
| F007 | <i>Insuficiente ventilación.</i> | \$14,178.000 | \$639.773 | \$14,817.77 | 7.94% |
| F008 | <i>Rotura de chumacera de una de las poleas.</i> | \$2,363.000 | \$31.629 | \$2,394.63 | 1.28% |
| F009 | <i>Polea de la criba patina en la faja.</i> | \$4,726.000 | \$13.258 | \$4,739.26 | 2.54% |
| F010 | <i>Se rompe la faja.</i> | \$7,089.000 | \$253.409 | \$7,342.41 | 3.93% |
| | | | | \$186,595.55 | 100.00% |

Tabla 2-2: Acumulación estadística de fallas y costos por cada uno de los impactos económicos.

2.3. Clasificación y selección de fallas

En esta etapa se aplica el “**Diagrama de Pareto**” ⁽¹⁾ a la *Tabla 2-3* de acumulación estadística de fallas y costos. El diagrama de Pareto se muestra en la *Figura 2-4*.

| Código | Costo Total | Costo Acumulado | Porcentaje | Acumulado |
|--------|-------------|-----------------|------------|-----------|
| F003 | \$56,893.82 | \$56,893.82 | 30.49% | 30.49% |
| F002 | \$37,446.91 | \$94,340.73 | 20.07% | 50.56% |
| F005 | \$34,210.06 | \$128,550.79 | 18.33% | 68.89% |
| F004 | \$18,964.61 | \$147,515.39 | 10.16% | 79.06% |
| F007 | \$14,817.77 | \$162,333.17 | 7.94% | 87.00% |
| F010 | \$7,342.41 | \$169,675.58 | 3.93% | 90.93% |
| F001 | \$4,944.94 | \$174,620.52 | 2.65% | 93.58% |
| F006 | \$4,841.15 | \$179,461.67 | 2.59% | 96.18% |
| F009 | \$4,739.26 | \$184,200.92 | 2.54% | 98.72% |
| F008 | \$2,394.63 | \$186,595.55 | 1.28% | 100.00% |

Tabla 2-3: Acumulación estadística de fallas y costos.

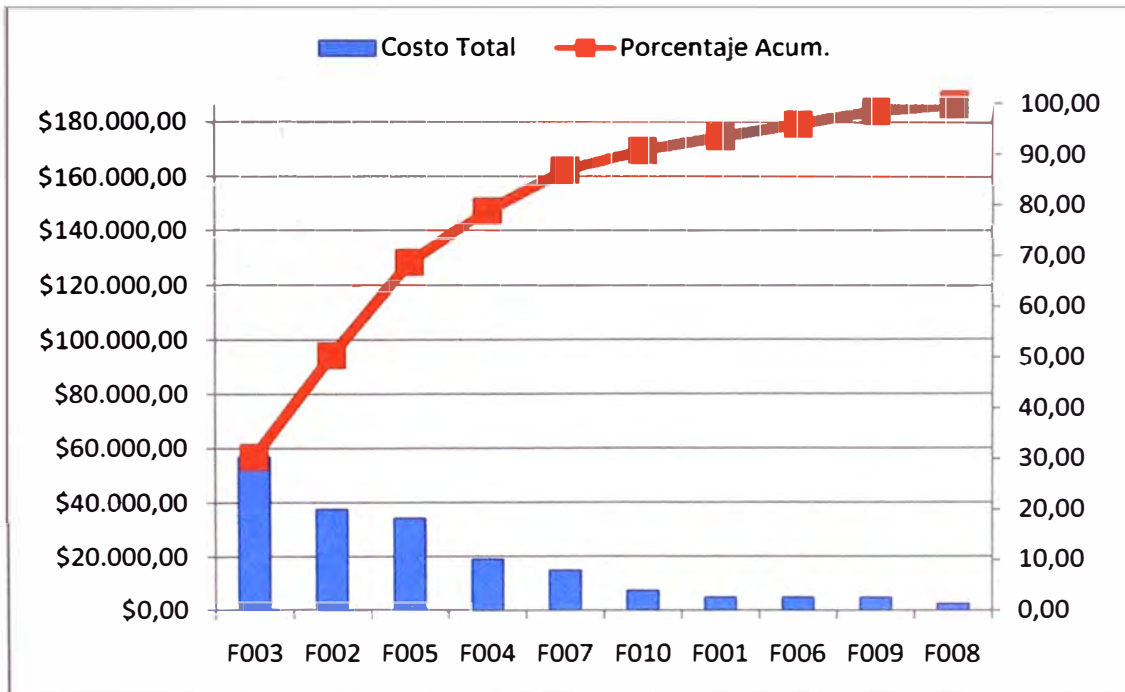


Figura 2-4: Diagrama de Pareto de las fallas del motor M002.

(1) El Diagrama de Pareto recibe su nombre del Dr. Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio según el cual, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

Del “**Diagrama de Pareto**” se selecciona las falla F003, F002, F005 y F004, como se puede ver en la **Tabla 2-5**, las fallas son de clase A (fallas de alta incidencia en los costos), se considera a F003 como la falla principal, debido a que representa el costo más elevado, F003 va a ser sujeto de un “**Análisis Causa Efecto**”⁽²⁾, para dilucidar la relación que tiene con el resto de fallas seleccionadas.

En la **Figura 2-6**, se puede observar el **Diagrama Causa Efecto** de F003, las fallas F002, F005 y F004 son fallas que forman parte de la falla F003, por lo cual resolver F003 me permitirá contrarrestar el resto de fallas que son importantes.

| <i>Código</i> | <i>Fallas y Ocurrencias</i> | <i>Porcentaje</i> | <i>Acumulado</i> |
|---------------|--|-------------------|------------------|
| <i>F003</i> | <i>Fallo del Arrancador de Estado Sólido.</i> | <i>30.49%</i> | <i>30.49%</i> |
| <i>F002</i> | <i>Fallo de fusibles ultrarrápidos de 250 A.</i> | <i>20.07%</i> | <i>50.56%</i> |
| <i>F005</i> | <i>Falla en los rodamientos del motor.</i> | <i>18.33%</i> | <i>68.89%</i> |
| <i>F004</i> | <i>Sobrecalentamiento del Motor.</i> | <i>10.16%</i> | <i>79.06%</i> |
| <i>F007</i> | <i>Insuficiente ventilación.</i> | <i>7.94%</i> | <i>87.00%</i> |
| <i>F010</i> | <i>Se rompe la Faja.</i> | <i>3.93%</i> | <i>90.93%</i> |
| <i>F001</i> | <i>El anclaje no está alineado.</i> | <i>2.65%</i> | <i>93.58%</i> |
| <i>F006</i> | <i>Calentamiento de la caja de Borneras.</i> | <i>2.59%</i> | <i>96.18%</i> |
| <i>F009</i> | <i>Polea de la Criba patina en la Faja.</i> | <i>2.54%</i> | <i>98.72%</i> |
| <i>F008</i> | <i>Rotura de chumacera de una de las poleas.</i> | <i>1.28%</i> | <i>100.00%</i> |

Tabla 2-5: Selección de fallas clase “A” o más significativas del motor M002.

(2) El diagrama de causa efectos es una forma de organizar y representar las diferentes teorías sobre las causas de un problema. Se le conoce también como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943), o diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de causas.

DIAGRAMA CAUSA – EFECTO DE F003

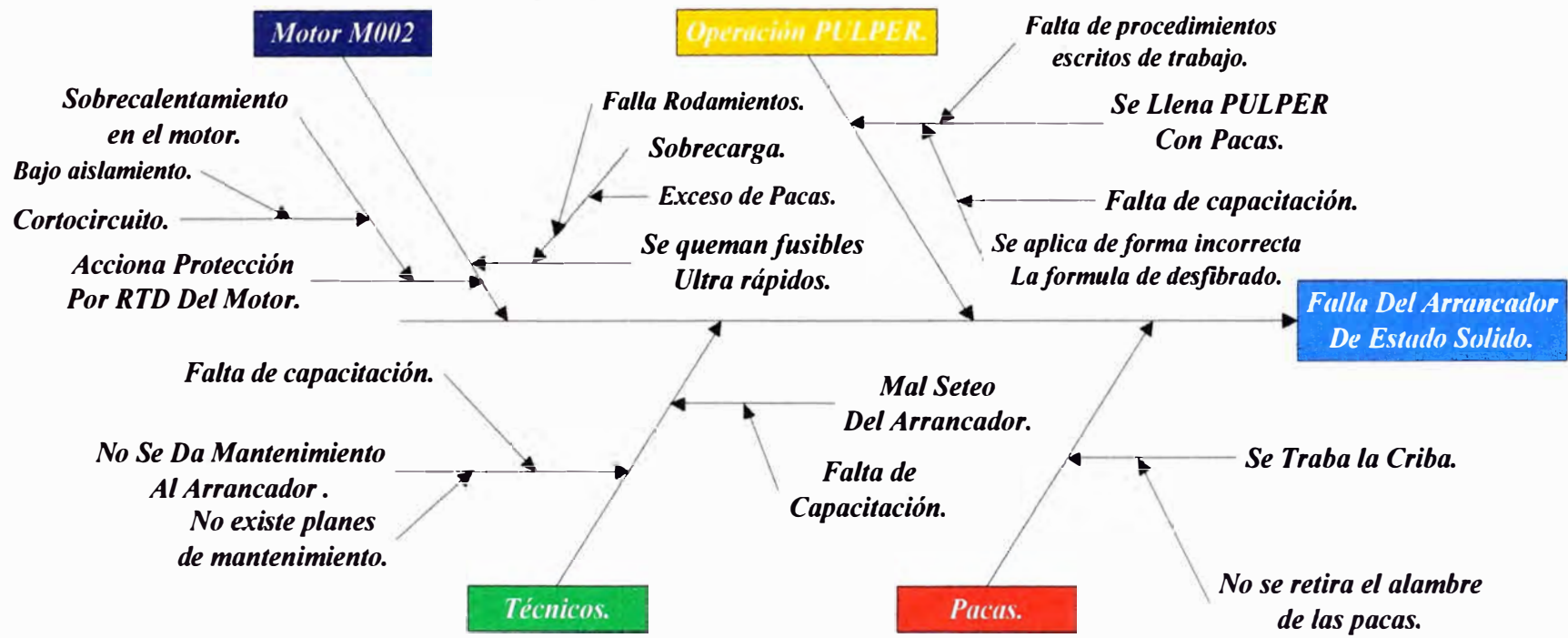


Figura 2-6: Diagrama Causa Efecto de la falla F003.

2.4. Armar los equipos de análisis

Esta etapa se forman los equipos de análisis **Tabla 2-7**, cada equipo tiene la responsabilidad de analizar las fallas F003 desde el enfoque de las 5Ps, las áreas de estudio de cada equipo se describen a continuación:

- ❖ **Partes.-** Equipo o componente que fallo. Rodamientos, tuberías, sellos, instrumentos, cables, motores, bombas, herramientas, etc.
- ❖ **Posiciones.-** Ubicación física del equipo o componente en falla. Posición física de las máquinas o de los equipos, de los instrumentos, nivel de presión, personal en la hora de la ocurrencia, información ambiental, etc.
- ❖ **Personal.-** Entrevistas al personal involucrado en la falla. Entrevistas al personal de mantenimiento, operaciones, administración y calidad.
- ❖ **Papel.-** Todos los reportes escritos relacionados con la falla, reportes de personal del área de mantenimiento, políticas, planos, procedimientos, especificaciones, entrenamientos, documentación de fabricante, etc.
- ❖ **Paradigmas.-** Frases comunes que el personal de operaciones usa para evitar investigaciones o desarrollar alguna actividad de mejora. “No tenemos tiempo para analizar la falla”, “Hemos tratado de resolverlo desde hace muchos años”, “Es un equipo viejo y por supuesto falla”, “Siempre ha funcionado así”, “Esto es imposible de resolver”, etc.

| <i>F003</i> | <i>Fallo del Arrancador de Estado Sólido.</i> | | |
|--------------------|---|--|--|
| <i>5 Ps</i> | <i>Estrategias.</i> | <i>Responsable</i> | <i>Puesto</i> |
| <i>Piezas</i> | <i>Analizar las protecciones propias del Arrancador.</i> | <i>Milton Cajahuanca Madueño</i> | <i>Jefe de Instrumentación y Control</i> |
| | <i>Analizar las protecciones del motor.</i> | | |
| | <i>Analizar los rodamientos en el motor M002.</i> | | |
| <i>Posición</i> | <i>Implementar un proceso que retire el alambre.</i> | <i>Luis Barriga Gonzales</i> | <i>Jefe de Producción Molino.</i> |
| <i>Personas</i> | <i>Capacitación a los operadores de PULPER.</i> | <i>Luis Carlos Solano.</i> | <i>Supervisor de Producción Molino.</i> |
| <i>Paradigmas.</i> | <i>Implementar mantenimiento autónomo.</i> | <i>Marcelo Balarezo García</i> | <i>Supervisor de Producción Molino.</i> |
| | <i>Seguir procedimientos escritos de trabajo.</i> | | |
| <i>Papel.</i> | <i>Desarrollar registros de corriente, temperatura y vibración.</i> | <i>Mario Morales Apaza.</i> | <i>Jefe General Mantenimiento Eléctrico.</i> |
| | <i>Establecer un plan de inspección.</i> | | |
| | <i>Establecer planes de mantenimiento predictivo para motor.</i> | | |
| | <i>Plan de Mantenimiento predictivo arrancador.</i> | | |

Tabla 2-7: Equipos de análisis responsables de las 5Ps

2.5. Presupuestar los costos de las alternativas

En la **Tabla 2-10** se realiza la evaluación cualitativa de las alternativa de solución mediante un sistema de calificación donde (1 = muy poco), (2 = poco), (3 = normal), (4 = bastante) y (5 = demasiado). La evaluación cualitativa muestra la viabilidad de las soluciones, posteriormente en la **Tabla 2-11** se presupuesta los costos de las soluciones.

2.6. Calcular el retorno de la inversión ROI.

Se considera que implementando las alternativas propuestas se logra eliminar las fallas F003, F002 y F004, por lo tanto los costos quedan como se muestra en la **Tabla 2-8** con el costo total se calcula el ROI mediante la **Fórmula 2-9**.

| <i>Código</i> | <i>Fallas y Ocurrencias</i> | <i>Costo Total</i> |
|---------------|--|--------------------|
| <i>F005</i> | <i>Falla en los Rodamientos del Motor.</i> | <i>\$34,210.06</i> |
| <i>F007</i> | <i>Insuficiente ventilación.</i> | <i>\$14,817.77</i> |
| <i>F010</i> | <i>Se rompe la Faja.</i> | <i>\$7,342.41</i> |
| <i>F001</i> | <i>Des alineamiento del Anclaje.</i> | <i>\$4,944.94</i> |
| <i>F006</i> | <i>Calentamiento de la caja de Borneras.</i> | <i>\$4,841.15</i> |
| <i>F009</i> | <i>Polea de la Criba patina en la Faja.</i> | <i>\$4,739.26</i> |
| <i>F008</i> | <i>Rotura de chumacera de una de las poleas.</i> | <i>\$2,394.63</i> |
| | <i>Costo total de fallas que se mantienen</i> | <i>\$73,290.22</i> |

Tabla 2-8: Evaluación Económica de las fallas para aplicar el ROI.

$$\begin{aligned}
 \text{ROI} &= \text{Perdidas (Antes)} - \text{Perdidas (Después)} - \text{Costo Alternativas} \\
 &= \$186,595.55 - \$73,290.22 - \$20,246.43 = \$93,058.90
 \end{aligned}$$

Fórmula 2-9: Retorno de la Inversión ROI.

| <i>F003</i> | <i>Fallo del Arrancador de Estado Solido.</i> | <i>CRITERIOS</i> | | | | |
|-------------------|--|------------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| <i>5Ps</i> | <i>Alternativas.</i> | <i>C1(Costo)</i> | <i>C2(Rapidez)</i> | <i>C3(Sencillez)</i> | <i>C4(Efectividad)</i> | <i>Total</i> |
| | | -3 | 2 | 1 | 3 | |
| <i>Piezas</i> | <i>Cambiar protección fusibles por llaves termoeléctrica.</i> | 3 | 5 | 4 | 4 | 17 |
| | <i>Cambio de rodamientos del motor una vez al año.</i> | 5 | 3 | 2 | 5 | 8 |
| | <i>Comprar un motor de mayor capacidad.</i> | 5 | 1 | 1 | 5 | 3 |
| <i>Posición</i> | <i>Contratar una persona que retire el alambre de las pacas.</i> | 2 | 5 | 5 | 5 | 24 |
| <i>Personas</i> | <i>Programa de capacitación operadores.</i> | 2 | 4 | 4 | 4 | 18 |
| <i>Paradigmas</i> | <i>Implementar TPM solo PULPER.</i> | 3 | 1 | 4 | 3 | 6 |
| | <i>Formular procedimientos escritos de trabajo.</i> | 2 | 3 | 4 | 3 | 13 |
| <i>Papel.</i> | <i>Inspección corriente, temperatura y vibración motor.</i> | 2 | 4 | 3 | 4 | 17 |
| | <i>Inspección termo gráfica arrancador.</i> | 3 | 4 | 3 | 4 | 14 |

Tabla 2-10: Valoración cualitativa de las alternativas de solución de la falla F003.

| <i>F003</i> | <i>Fallo del Arrancador de Estado Solido.</i> | <i>Costo Mantenimiento</i> | <i>Costo Producción</i> | <i>Costo Total</i> |
|-----------------|--|----------------------------|--|--------------------|
| <i>Piezas</i> | <i>Cambiar protección fusibles por llaves termoeléctrica.</i> | \$12,003.79 | \$1,181.50 | \$13,185.29 |
| <i>Posición</i> | <i>Contratar una persona que retire el alambre de las pacas.</i> | \$5,236.32 | \$0.00 | \$5,236.32 |
| <i>Personas</i> | <i>Programa de capacitación de operadores</i> | \$527.27 | \$0.00 | \$527.27 |
| <i>Papel</i> | <i>Inspección corriente, temperatura y vibración motor.</i> | \$1,297.55 | \$0.00 | \$1,297.55 |
| | | | <i>Costo Total de Todas Las Soluciones</i> | \$20,246.43 |

Tabla 2-11: Valoración económica de las soluciones más viables.

2.7. Propuesta proactiva.

La última etapa consiste en emitir una propuesta proactiva que muestre los planes de acción. La propuesta proactiva para nuestro ejemplo se muestra en la **Tabla 2-12**.

| <i>PLANES DE ACCIÓN</i> | | | | | |
|---------------------------|--|--|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| <i>EQUIPO: MOTOR M002</i> | | <i>INFORME DE AVERIAS: ARRANCADOR DE ESTADO SOLIDO</i> | | <i>FECHA:</i> | |
| <i>CODIGO</i> | <i>ACCIÓN</i> | <i>RESPONSABLE</i> | <i>OBJETIVO</i> | <i>REVISIÓN</i> | <i>AVANCE</i> |
| <i>S001</i> | <i>Cambiar protección fusibles por llaves termoeléctrica.</i> | <i>Walter Velita Rojas.</i> | <i>Ya no quemar fusibles.</i> | <i>24/09/2011</i> | <i>24/06/2011</i> |
| <i>S002</i> | <i>Contratar una persona que retire el alambre de las pacas.</i> | <i>Luis Barriga Gonzales</i> | <i>Pacas sin alambre.</i> | <i>25/07/2011</i> | <i>25/06/2011</i> |
| <i>S003</i> | <i>Programa de capacitación operadores.</i> | <i>Luis Carlos Solano.</i> | <i>No cambiar la formula.</i> | <i>23/07/2011</i> | <i>26/06/2011</i> |
| <i>S004</i> | <i>Inspección corriente, temperatura y vibración motor.</i> | <i>Mario Morales Apaza.</i> | <i>Predecir fallas.</i> | <i>25/09/2011</i> | <i>27/06/2011</i> |

Tabla 2-12: Propuesta proactiva para el motor M002.

CAPÍTULO III

PUENTE GRÚA DE 10 TON

El puente grúa #1 cuenta con sistemas de control de potencia bastante antiguos, los cinco motores del puente son motores asíncronos de doble bobinado tipo jaula de ardilla, cuatro motores tienen bobinado Dahlander y solo el motor M3 que forma parte del **sistema de movimiento vertical** tiene bobinado de devanados independientes. Todos los motores deben de trabajar con frenos de disco magnético normalmente aplicados.

3.1. Sistemas del puente grúa.

El puente grúa tiene en total 10 sistemas, de los cuales cinco son sistemas eléctricos y de instrumentación y la otra mitad son sistemas mecánicos, en este capítulo solo se describen los sistemas eléctricos y de instrumentación, debido a que el alcance de la adaptación semiautomática de la nueva grúa, solo comprende la modificación de sus sistemas eléctricos:

Para describir la funcionalidad de los sistemas eléctricos es necesario tener puntos de referencia de la planta, para este trabajo se utiliza la **zona de carga** de bobinas a los camiones, **la subestación**, el **lado de transmisión** de la planta (Zona de motores) y el **lado de servicio** de la planta (Zona de paneles de control), estos puntos de referencia se muestran en la **Figura 3-1**.

3.1.1. Sistema de movimiento longitudinal

Este sistema eléctrico, contribuye al desplazamiento del puente grúa de la subestación a la zona de carga, el sistema está compuesto por dos motores con devanado Dahlander, que normalmente operan con frenos de disco magnético, uno de los motores se encuentra ubicado en el lado transmisión (motor M1) y el otro en el lado servicio (motor M2), el sistema también comprende un tablero eléctrico (tablero #1), el cual contiene el circuito de arranque delta-doble estrella para los dos motores, todos los equipos que forman este sistema se encuentran montados en otro sistema mecánico denominado Carro Movimiento Longitudinal como se puede apreciar en la **Figura 3-2**.

El tablero eléctrico #1, suministra energía trifásica que alimenta a los motores y a sus respectivos rectificadores monofásicos (alimentadores de los frenos de disco magnético) ubicados también en las cajas de bornes de cada motor, en la **Figura 3-3** se muestra la distribución eléctrica de los motores y de los frenos.

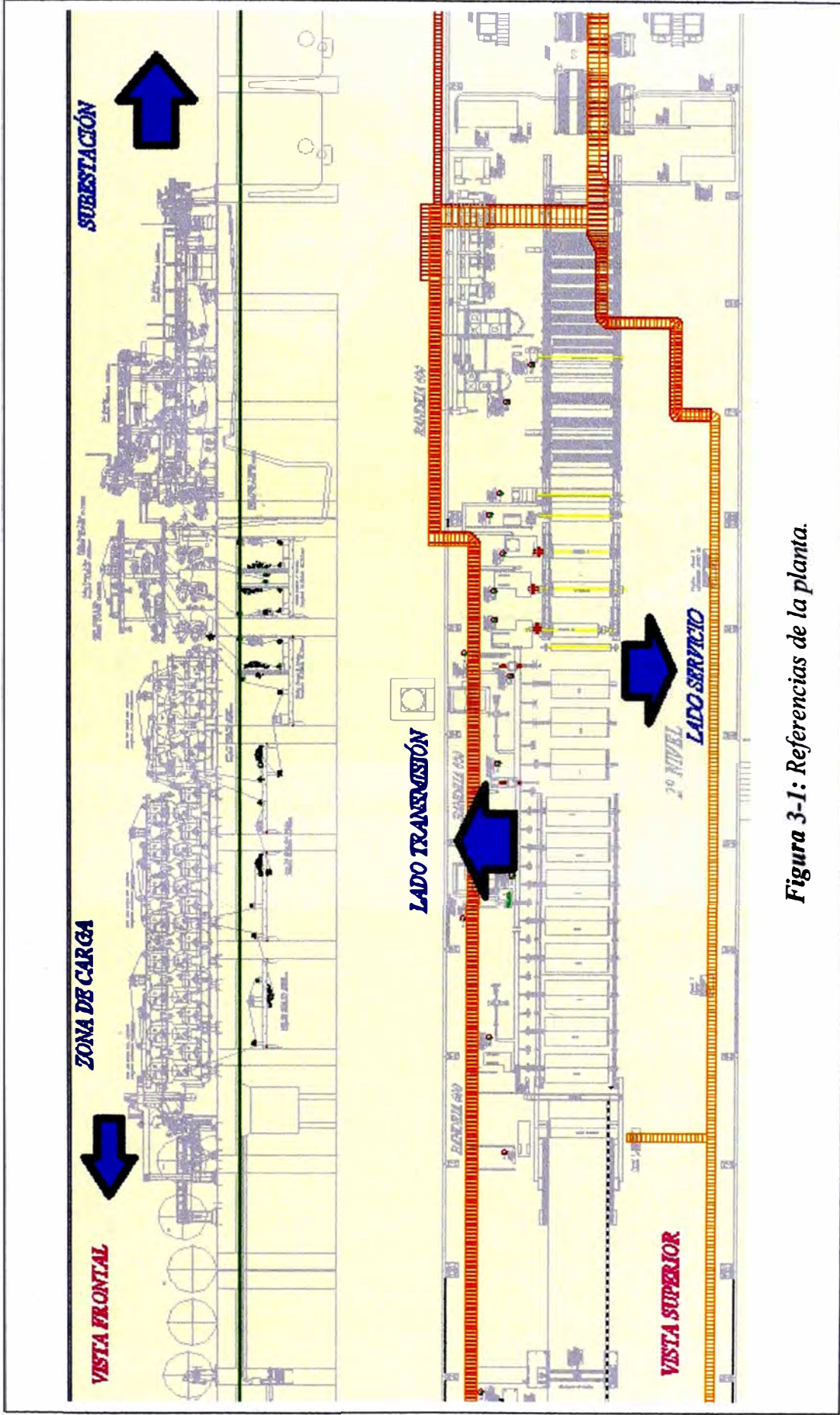


Figura 3-1: Referencias de la planta.

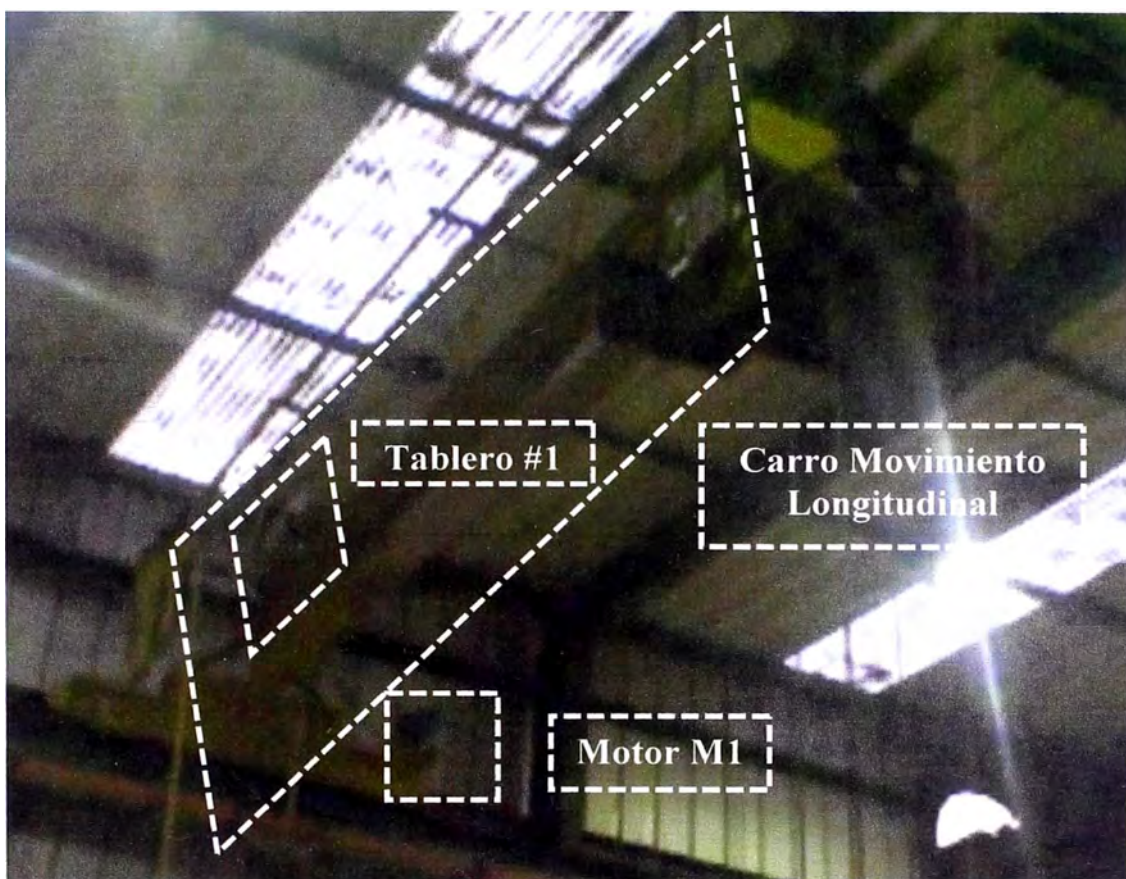


Figura 3-2: Sistema de movimiento longitudinal.

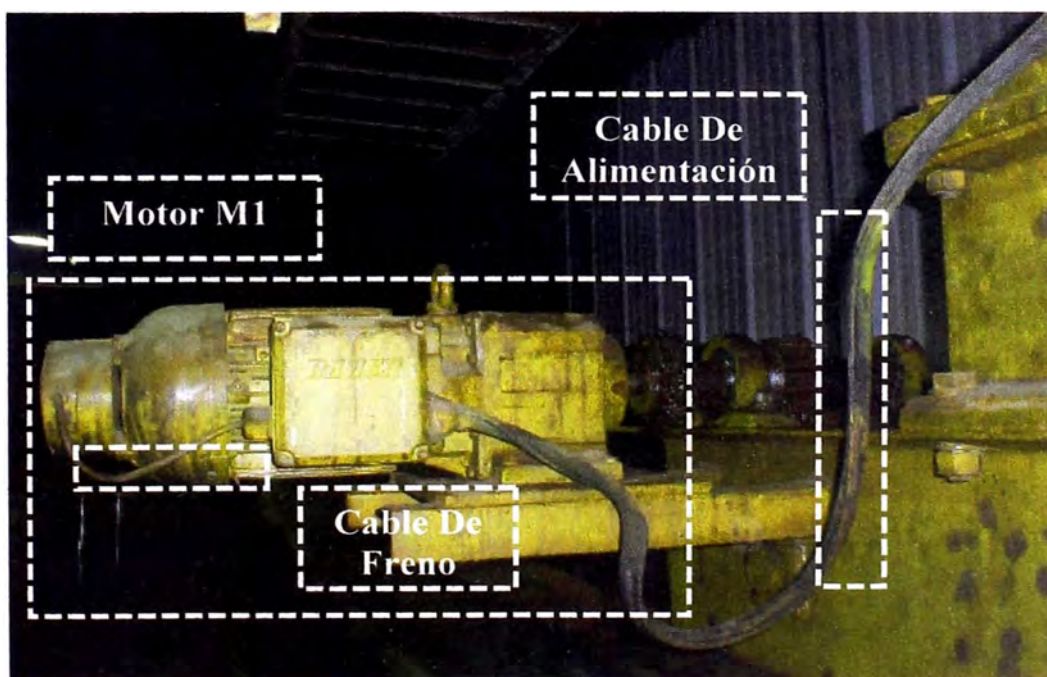


Figura 3-3: Distribución de las líneas eléctricas del motor y del freno.

3.1.2. Sistema de movimiento transversal

Es el sistema que contribuye al desplazamiento del puente grúa del lado servicio al lado transmisión, este sistema está compuesto por dos motores con devanado Dahlander que normalmente operan con frenos de disco magnético, uno ubicado de forma frontal a la subestación (motor M4) y el otro frontal a la zona de carga (motor M5), el sistema también comprende un tablero eléctrico (tablero #2), en el cual se encuentra el circuito de arranque delta-doble estrella para los dos motores, todos los equipos que forman este sistema se encuentran montados en otro sistema mecánico denominado **Carro Movimiento Transversal** como se observa en la **Figura 3-4**.

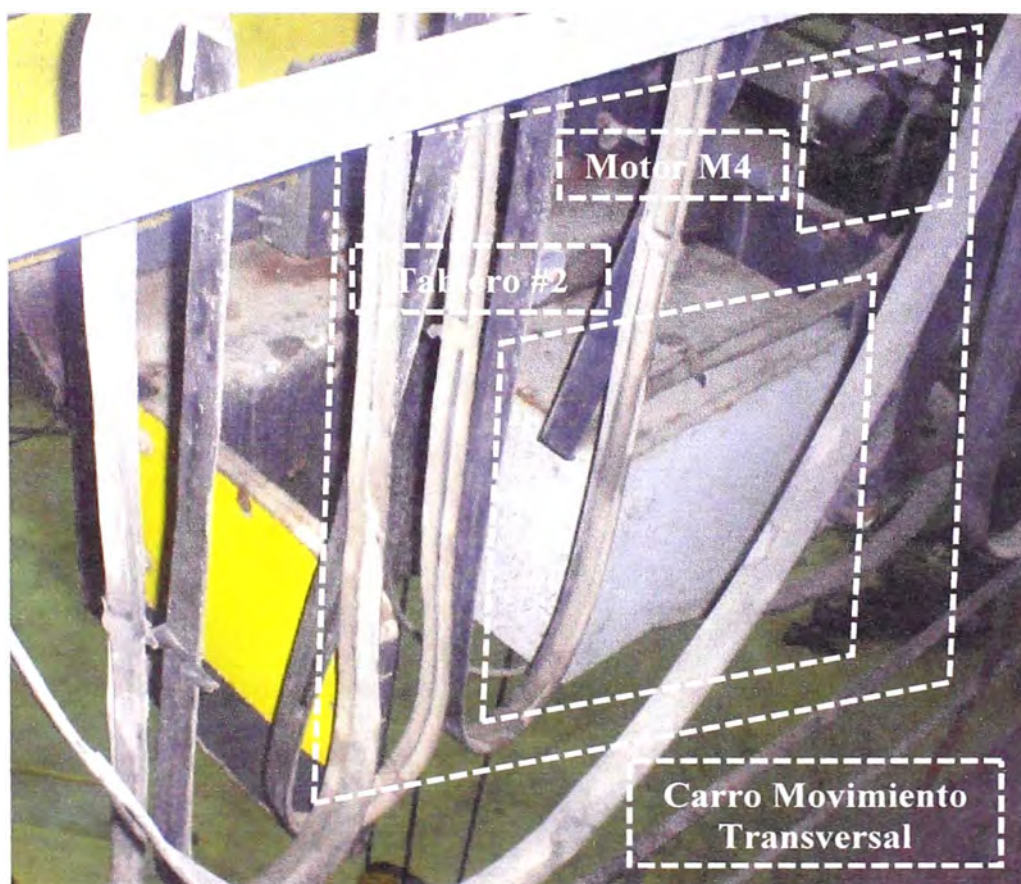


Figura 3-4: Sistema de movimiento transversal.

En la **figura 3-5** se muestra la posición de uno de los mores laterales, también se muestra la distribución del cables de suministro eléctrico al motor y al freno de disco magnético.

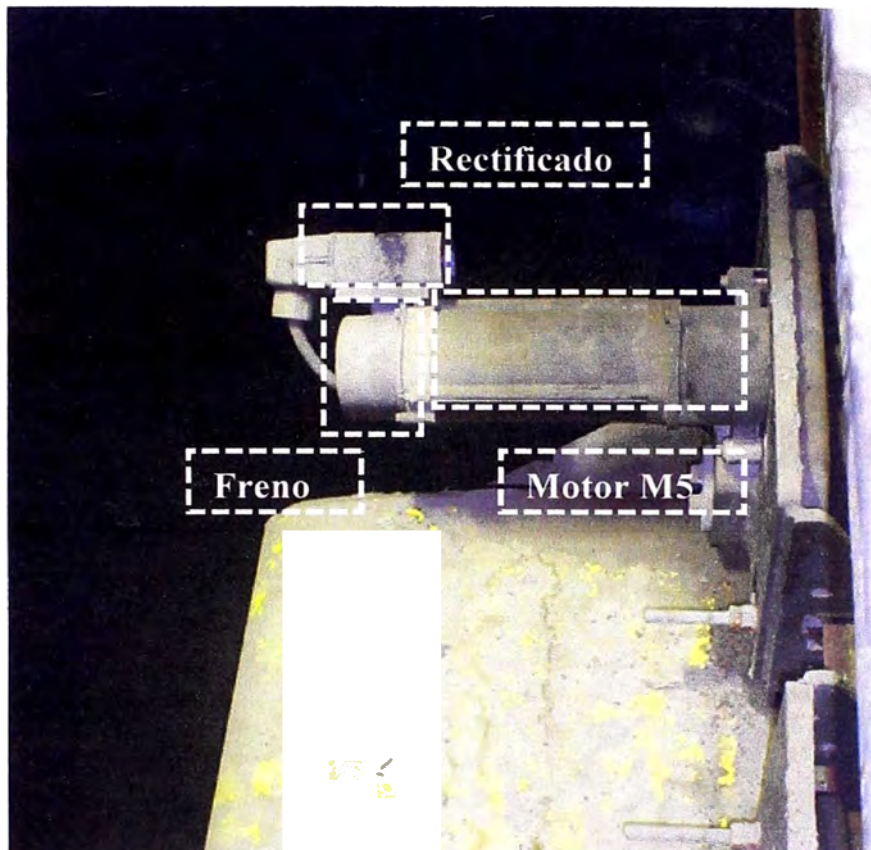


Figura 3-5: Distribución de las líneas eléctricas del motor lateral M4

3.1.3. Sistema de movimiento vertical

Es el sistema que realiza el levantamiento de cargas se muestra en la **Figura 3-6**, este sistema está compuesto por un motor de doble devanado independiente (motor M3), que normalmente operan con un freno de disco magnético, este motor transmite el torque al tambor, mediante un sistema de poleas, en el tambor reposa el cable de

izaje, el sistema también comprende un tablero eléctrico (Tablero #2) en el cual se haya el circuito de arranque directo para motor que tiene una conexión doble estrella para sus bobinas, todos los equipos que forman este sistema se encuentran montados en otro sistema mecánico denominado **Carro Movimiento Transversal**.

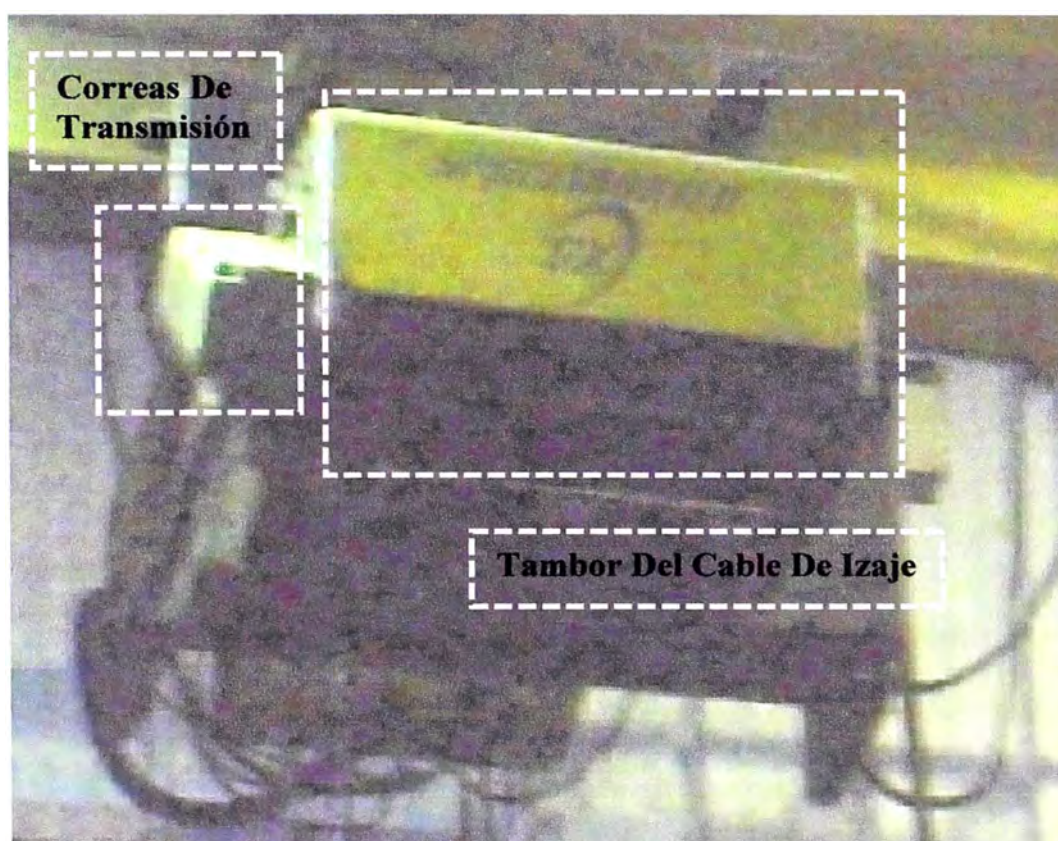


Figura 3-6: Sistema de movimiento vertical (SMV).

En la **Figura 3-7** se observa el motor M3 pero desde el lado del ventilador y en la **Figura 3-8** se muestra la caja de poleas que conectan el eje del motor con el eje del tambor del cable de izaje.

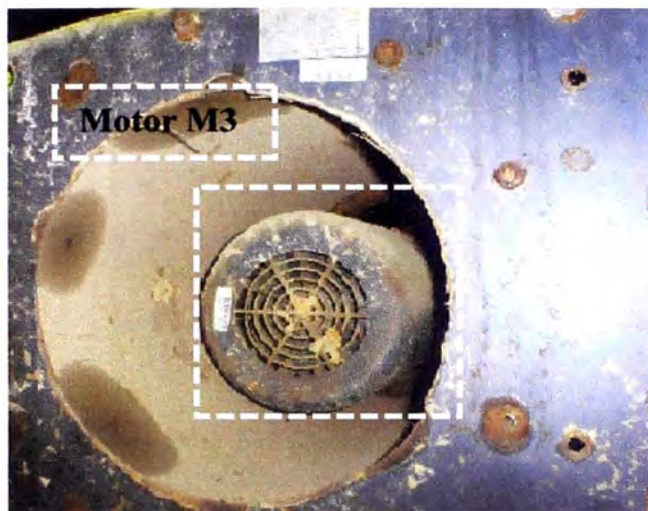


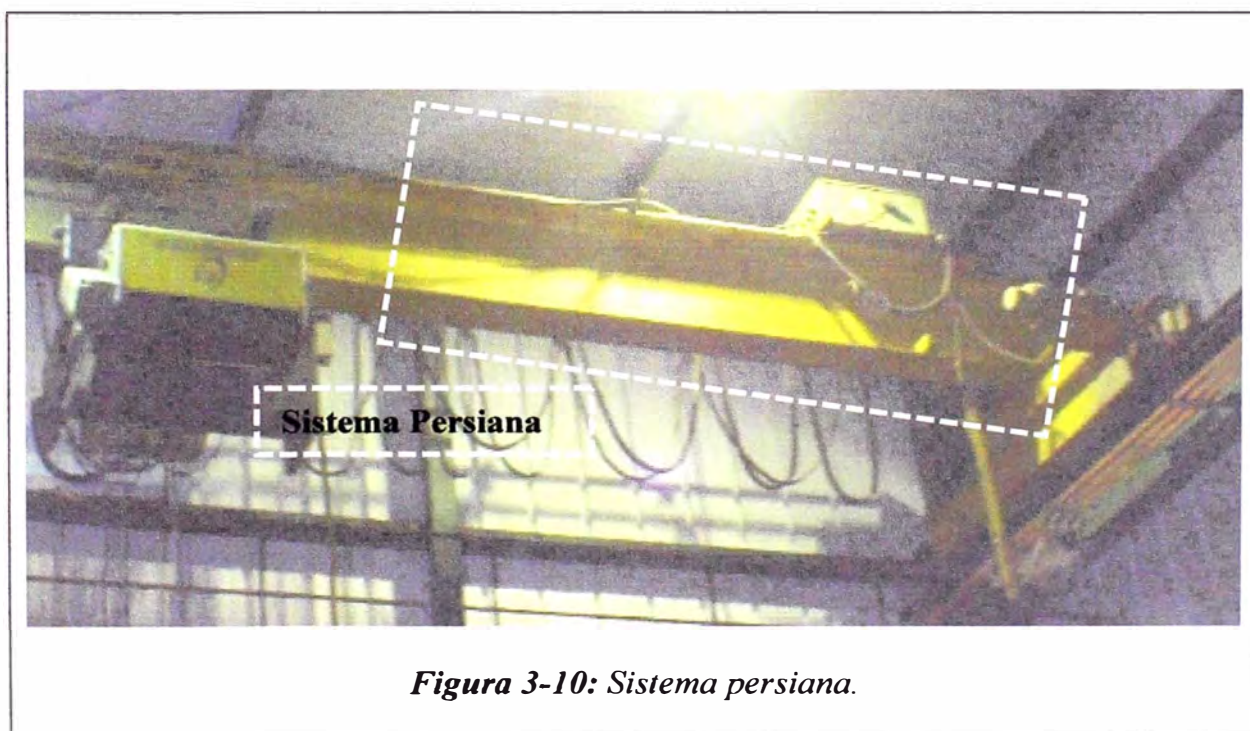
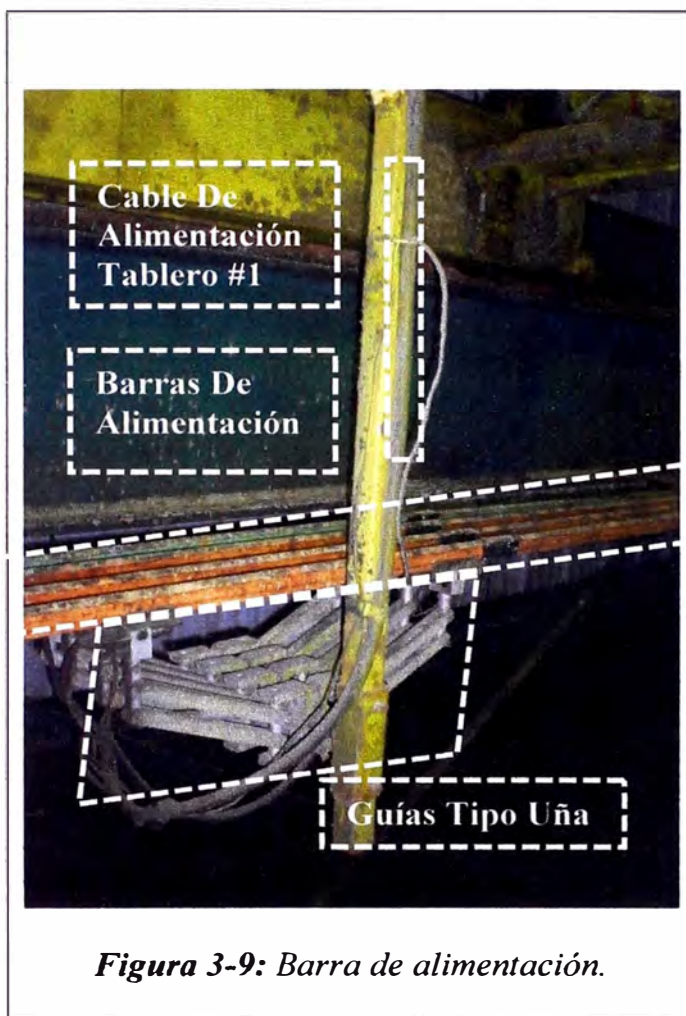
Figura 3-7: Motor M3.



Figura 3-8: Poleas y correas.

3.1.4. Sistema de suministro eléctrico

Es el sistema que contribuye a la alimentación eléctrica de los dos tableros se puede observar en la **Figura 3-9**, este sistema está compuesto por las **barras de alimentación** que se encuentran ubicadas en el lado servicio y que van desde la subestación hasta la zona de carga, las guías tipo uña, el cable que alimenta al tablero #1, el cable de comando de la botonera que va al tablero #1, el cable de comando de la botonera que va del tablero #1 al tablero #2 y el cable de alimentación que va del tablero #1 al tablero #2, los tres últimos cables se sostiene por un sistema mecánico denominado **Sistema Persiana**, el cual se observa en la **Figura 3-10**.



3.1.5. Sistema de seguridad operacional

Es el sistema que contribuye a la seguridad de los equipos en el puente grúa, este sistema está compuesto por, un interruptor de posición **Figura 3-11**, que se encuentra ubicado en forma frontal a la subestación y que está montado en el sistema mecánico denominado **Carro Movimiento Longitudinal**, un sensor infrarrojo de proximidad normalmente cerrado **Figura 3-12**, ubicado en el lado frontal a la zona de carga y que esta adherido al tablero #1, dos interruptores de posición tipo mariposa **Figura 3-13**, que se encuentran montados en el sistema mecánico **Carro Movimiento Transversal** y finalmente para el tambor de la cuerda de izaje dos finales de carrera de accionado tipo rodillo uno abiertoy otro cerrado normalmente para detener el motor cuando no existe más cable o ya se recuperó todo el cable.



Figura 3-13: Interruptor de posición.



Figura 3-11: Interruptor de posición.



Figura 3-12: Sensor infrarrojo.

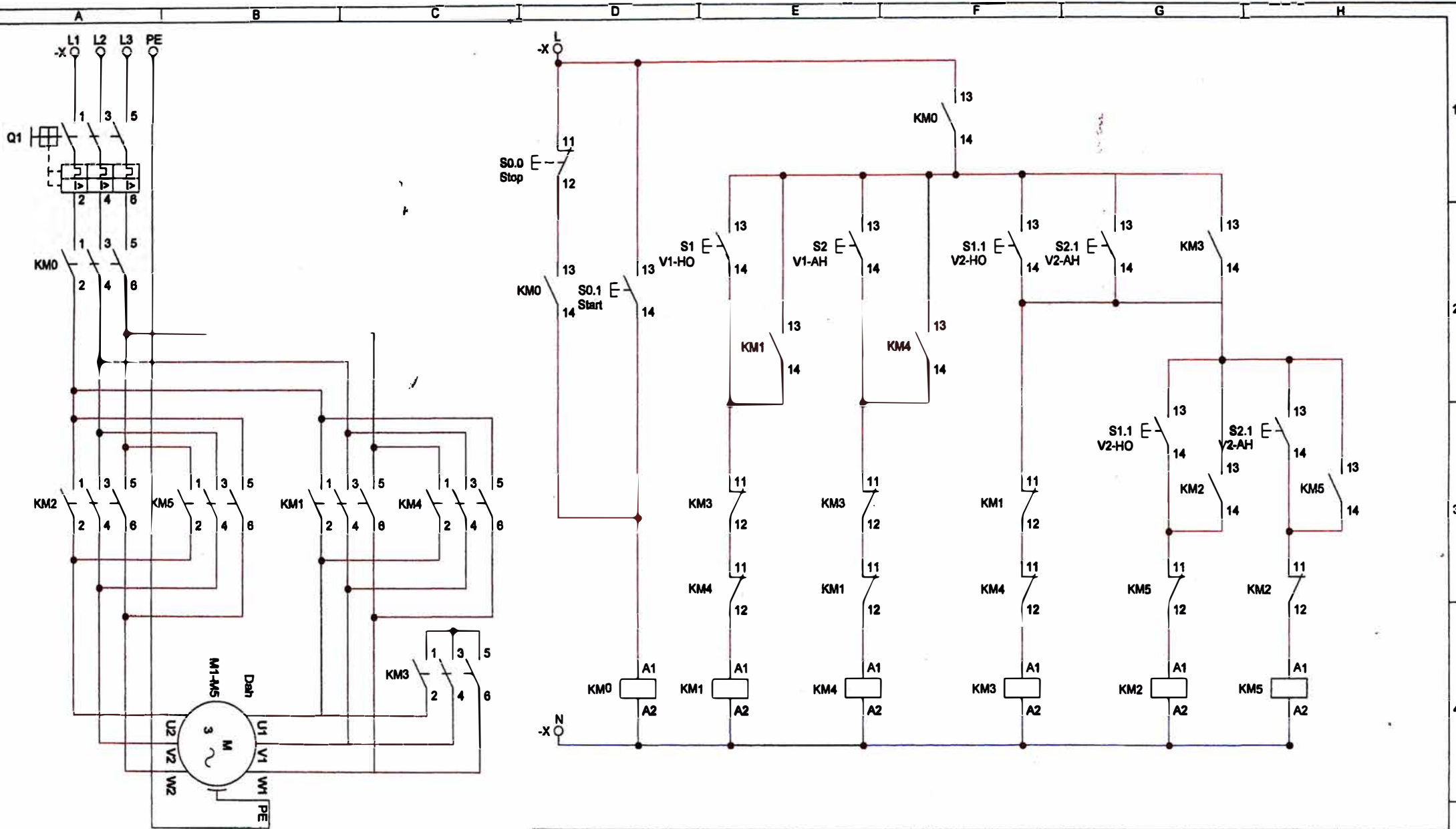
3.2. Diagramas eléctricos del sistema antiguo.

El puente grúa #1 cuenta con dos tableros eléctricos, el tablero eléctrico #1 contiene el circuito de arranque de los motores Dahlander “M1 y M2”, el tablero eléctrico #2 contiene el circuito de los motores Dahlander “M4 y M5”, y el circuito de arranque del motor “M3”. La siguiente tabla muestra las características de los cinco motores y las características de los frenos de disco magnético para cada motor.

| Motor | Características | | | | |
|-------|-------------------------------|----------------|----------------------------|--|---------------|
| | In (A) | Arrancador | Tensión (V) | Potencia (KW) | Hz |
| M1 | 6 | Dahlander | 440 | 2.6 | 60 |
| M2 | 6 | | 440 | 2.6 | 60 |
| M3 | 25 | Doble Estrella | 440 | 11 | 60 |
| | 4 | | | 1.6 | |
| M4 | 3.3 | Dahlander | 440 | 1.4 | 60 |
| M5 | 3.3 | | 440 | 1.4 | 60 |
| Freno | Características De Los Frenos | | Rectificadores Monofásicos | Características De Los Rectificadores Monofásicos. | |
| | Torque (N-m) | | | Tensión (VDC) | I consumo (A) |
| B1 | 10 | | R1 | 210 | 0.14 |
| B2 | 10 | | R2 | 210 | 0.14 |
| B3 | 23 | | R3 | 210 | 0.43 |
| B4 | 15 | | R4 | 210 | 0.2 |
| B5 | 15 | | R5 | 210 | 0.2 |

Tabla 3-14: Datos técnicos de los motores y frenos.

Los circuitos de control y fuerza de los motores **M1**, **M2**, **M4** y **M5** son arrancadores **Dahlander**, un arrancador de este tipo se muestran en la **Figura 3-15**, el circuito de fuerza y control del motor **M3** es un arrancador de doble bobinado independiente, el cual se muestra en la **Figura 3-16**.



| | | | |
|------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| | Fecha | Nombre Firmas | Entidad |
| Dibujado | | | Motores M1, M2, M4 y M5. |
| Comprobado | | | |
| Fecha: | Título | | Núm: |
| | Figura 3-15: Dahlander | | Archivo: Pagina 27 |

CAPÍTULO IV

PROBLEMAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO

El programa de mantenimiento tiene dos problemas fundamentales, el primero es la demora de las labores de mantenimiento planificado y el segundo es la criticidad de la grúa, al no existir otro equipo que pueda desplazar cargas mayores a las 5 TON, este equipo se hace imprescindible para múltiples labores.

4.1. Demora de las labores de mantenimiento planificado

La empresa papelera cuenta con el TPM como estrategia global, en el programa de mantenimiento planificado se considera tener 12 horas de parada programada al mes, las labores de mantenimiento en el periodo 2009 – 2010 concluían después de 18 horas de trabajo, inclusive las labores de mantenimiento se prolongaban hasta 24 horas de trabajo, como se puede verificar en la **Tabla 4-1**, con lo cual la producción realmente iniciaba después de 36 horas, esto significaba que al mes se perdía un día de producción.

4.2. Alta criticidad del puente grúa.

La papelera de Kraft Linner produce un promedio de 20 bobinas de papel por día, el final de la línea de producción se halla en un segundo nivel, las bobinas de 5 Ton deben de ser cargadas en camiones para su transporte. Para el descenso de las bobinas se usa una grúa de 10 TON, por el momento el puente grúa se considera como un equipo crítico, adicionalmente el mantenimiento de los equipos del puente grúa resulta complicado, por la ubicación de los motores y tableros eléctricos, por la alta humedad en el nivel superior de la planta que podría ocasionar problemas de corto circuito, por el tipo de motores que se emplean y por el gran tamaño de los circuitos de control que no permiten detectar fallas de manera rápida.

| <i>Horas Mensuales De Mantenimiento Planificado</i> | | | |
|---|---------------|--------------------|---------------|
| <i>2009-2010</i> | <i>Real</i> | <i>Programado</i> | <i>Exceso</i> |
| <i>Setiembre</i> | <i>18</i> | <i>12</i> | <i>6</i> |
| <i>Octubre</i> | <i>19</i> | <i>12</i> | <i>7</i> |
| <i>Noviembre</i> | <i>24</i> | <i>12</i> | <i>12</i> |
| <i>Diciembre</i> | <i>21</i> | <i>12</i> | <i>9</i> |
| <i>Enero</i> | <i>18</i> | <i>12</i> | <i>6</i> |
| <i>Febrero</i> | <i>19</i> | <i>12</i> | <i>7</i> |
| <i>Marzo</i> | <i>27</i> | <i>12</i> | <i>15</i> |
| <i>Abril</i> | <i>31</i> | <i>12</i> | <i>19</i> |
| <i>Mayo</i> | <i>20</i> | <i>12</i> | <i>8</i> |
| <i>Junio</i> | <i>18</i> | <i>12</i> | <i>6</i> |
| <i>Julio</i> | <i>18</i> | <i>12</i> | <i>6</i> |
| <i>Agosto</i> | <i>96</i> | <i>72</i> | <i>24</i> |
| <i>Total</i> | <i>329</i> | <i>204</i> | <i>125</i> |
| <i>%Exceso</i> | <i>61.27%</i> | <i>Exceso Pro.</i> | <i>10.42</i> |

Tabla 4-1: Horas de mantenimiento planificado al mes.

CAPÍTULO V

MEJORA DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO

La mejora del mantenimiento planificado implica dos etapas, en la primera etapa se debe de realizar una evaluación proactiva de los problemas que provocan el exceso de horas en las labores de mantenimiento planificado, descrito en el capítulo II. De la evaluación se obtendrá las soluciones más viables, la segunda etapa consiste en el desarrollo de la solución más viable de la propuesta proactiva que es la adaptación semiautomática del nuevo puente grúa de 10 TON.

5.1. Evaluación proactiva del mantenimiento planificado

Para obtener la información histórica, primero se tuvo que identificar los errores principales que se presentan en la labores de mantenimiento planificado, para posteriormente evaluar la incidencia que tienen estos errores en los retrasos que se generaron en cada una de las paradas mensuales del periodo 2009-2010. Para identificar los errores más comunes se necesitó del apoyo del personal técnico de mantenimiento, que elaboró el primer diagrama Causa Efecto del exceso de horas durante las labores de mantenimiento planificado, diagrama que se muestra en la **Figura 5-1**.

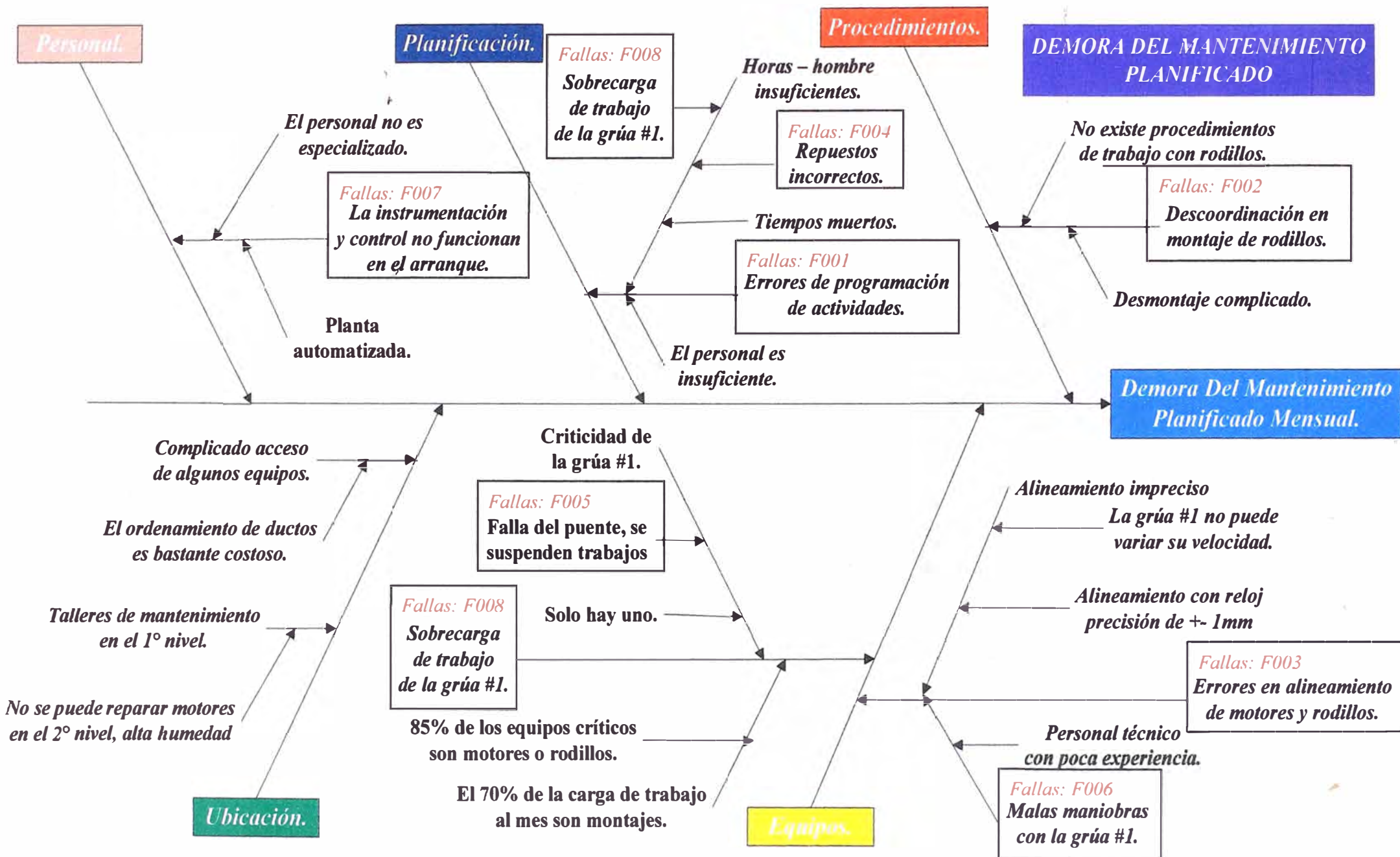


Figura 5-1: Diagrama Causa – Efecto de la demora del mantenimiento planificado mensual.

El personal técnico también contribuyó a estimar cuantas veces una falla se presentó en el periodo 2009-210 y cuantas fueron las horas de retraso que se generaron durante las paradas de planta programadas, este cuadro de estimaciones se muestra en la **Tabla 5-2**.

Del cuadro de estimaciones puedo observar que el tiempo en retraso que se generó para la falla F004 es una incógnita, debido a que cada vez que se presenta un problema con los repuestos de un equipo durante un parada de planta, se opta por cancelar esa tarea y reprogramarla para el siguiente mes, por lo cual las horas de una labor que no se realizó se suman a las horas programadas para la siguiente parada.

| <i>Código</i> | <i>Descripción</i> | <i># Veces</i> | <i># Horas</i> |
|---------------|--|----------------|----------------|
| F001 | <i>Errores de programación de actividades.</i> | 3 | 2 |
| F002 | <i>Descoordinación en montajes de rodillos.</i> | 2 | 5 |
| F003 | <i>Error en alineamiento de motores y rodillos.</i> | 12 | 3 |
| F004 | <i>Los repuestos no son los correctos.</i> | 2 | +x |
| F005 | <i>Falla el puente grúa #1, se suspenden trabajos de desmontaje.</i> | 3 | 2 |
| F006 | <i>Mala maniobra del puente grúa</i> | 1 | 8 |
| F007 | <i>La instrumentación y control no funciona al momento del arranque.</i> | 12 | 1 |
| F008 | <i>El puente grúa esta sobrecargado de trabajo.</i> | 12 | 2 |

Tabla 5-2: *Estimación de retrasos por falla.*

Posteriormente se caracteriza cada parada mensual en función de los errores que generaron mayor retraso en el cronograma de actividades, la caracterización de cada parada mensual en función de los errores se muestra en la **Tabla 5-3**, esta tabla me permite evaluar el impacto que tuvo cada falla o error en el retraso general de cada una de las paradas de planta en el periodo 2009-2010.

| <i>Meses / Fallas</i> | <i>F001</i> | <i>F002</i> | <i>F003</i> | <i>F004</i> | <i>F005</i> | <i>F006</i> | <i>F007</i> | <i>F008</i> | <i>Horas Mensuales</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|
| <i>Setiembre</i> | - | - | 3 | - | - | - | 1 | 2 | 6 |
| <i>Octubre</i> | - | - | 3 | - | - | - | 1 | 3 | 7 |
| <i>Noviembre</i> | - | - | 3 | - | - | 6 | 1 | 2 | 12 |
| <i>Diciembre</i> | - | - | 6 | - | - | - | 1 | 2 | 9 |
| <i>Enero</i> | - | - | 3 | 0 | - | - | 1 | 2 | 6 |
| <i>Febrero</i> | - | - | 3 | - | - | - | 1 | 3 | 7 |
| <i>Marzo</i> | 2 | - | 3 | 4 | 2 | - | 2 | 2 | 15 |
| <i>Abril</i> | 2 | 5 | 3 | 4 | 2 | - | 1 | 2 | 19 |
| <i>Mayo</i> | - | - | 3 | - | 2 | - | 1 | 2 | 8 |
| <i>Junio</i> | - | - | 3 | - | - | - | 1 | 2 | 6 |
| <i>Julio</i> | - | - | 3 | 0 | - | - | 1 | 2 | 6 |
| <i>Agosto</i> | 2 | 5 | 3 | 3 | - | 8 | 1 | 2 | 24 |
| <i>Horas Por Falla</i> | 6 | 10 | 39 | 11 | 6 | 14 | 13 | 26 | 125 |
| <i>%Horas Por Falla</i> | 4.8% | 8% | 31.2% | 8.8% | 4.8% | 11.2% | 10.4% | 20.8% | 100% |

Tabla 5-3: Caracterización de las paradas en función de las fallas presentadas.

Para la evaluación estadística de las fallas en función a los costos que generan, se necesita conocer el costo de la hora de producción del proceso, en la **Tabla 5-4** se muestra la información sobre las Ton Papel que se producen por mes, también se tienen la información de los consumibles principales (Gas, Energía Eléctrica y Materia Prima), esta tabla se obtiene de los “**Registros de Producción y Consumo de Cada Día**” ⁽³⁾.

Lo que gana en producción mensualmente la empresa traducido a dinero se obtiene de restar el costo mensual en dólares de las Ton de papel menos el costo mensual de los insumos para su fabricación, la cantidad que se obtiene se divide entre veintidós días y se obtiene el costo de la hora de producción.

| | <i>TON Papel</i> | <i>Consumo de Gas (gal)</i> | <i>KW-H</i> | <i>Total de Materia Prima TON</i> |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------------|
| <i>Totales.</i> | 2326.32 | 108871.89 | 1330024.50 | 2686.15 |
| <i>Costo \$/Unidad.</i> | 847.94 | 2.39 | 0.16 | 71.00 |
| <i>Costo Mensuales En Dólares</i> | \$1,972,576.99 | \$260,345.82 | \$216,851.82 | \$190,716.65 |
| <i>Costo Mensual</i> | \$1,304,662.69 | | | |
| <i>Costo de Hora de Producción</i> | \$2,363.52 | | | |

Tabla 5-4: Costo de la hora de producción.

(3) *Tabla A-1: Producción diaria TON de papel Kraft Linner, consumo de energía, consumo de combustible y consumo de materia prima en TON de papel reciclado.*

Con el costo de hora de producción se puede evaluar cuál es el costo en dólares de cada falla durante el periodo 2009-2010, la evaluación se muestra en la **Tabla 5-5**.

| <i>Falla</i> | <i>Horas Perdidas Por Año</i> | <i>Costo De Falla Por Año</i> | <i>Horas Acumuladas</i> | <i>% Acumulado</i> |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
| <i>F003</i> | <i>39</i> | <i>\$ 92,177.28</i> | <i>39</i> | <i>31.20%</i> |
| <i>F008</i> | <i>26</i> | <i>\$ 61,451.52</i> | <i>65</i> | <i>52.00%</i> |
| <i>F006</i> | <i>14</i> | <i>\$ 33,089.28</i> | <i>79</i> | <i>63.20%</i> |
| <i>F007</i> | <i>13</i> | <i>\$ 30,725.76</i> | <i>92</i> | <i>73.60%</i> |
| <i>F004</i> | <i>11</i> | <i>\$ 25,998.72</i> | <i>103</i> | <i>82.40%</i> |
| <i>F002</i> | <i>10</i> | <i>\$ 23,635.20</i> | <i>113</i> | <i>90.40%</i> |
| <i>F005</i> | <i>6</i> | <i>\$ 14,181.12</i> | <i>119</i> | <i>95.20%</i> |
| <i>F001</i> | <i>6</i> | <i>\$ 14,181.12</i> | <i>125</i> | <i>100.00%</i> |
| <i>Total</i> | <i>125</i> | <i>\$ 295,440.00</i> | | |

Tabla 5-5: *Acumulación estadística de fallas y costos.*

La clasificación de fallas se lleva a cabo mediante el “**Diagrama de Pareto**”, uno de los objetivos del presente informe es la mejora del mantenimiento planificado a través de la reducción del exceso de la cantidad de horas en un 50% para el siguiente periodo 2010-2011. Como área se planteó una meta aun mayor que es la reducción del 67% de la cantidad de horas.

Del Diagrama de Pareto **Figura 5-6** se infiere que para lograr una reducción del 67% en la cantidad de horas se debe de eliminar las fallas F003, F008 y F006, que son las fallas de clase “A”, estas fallas se resaltan en la **Tabla 5-7**.

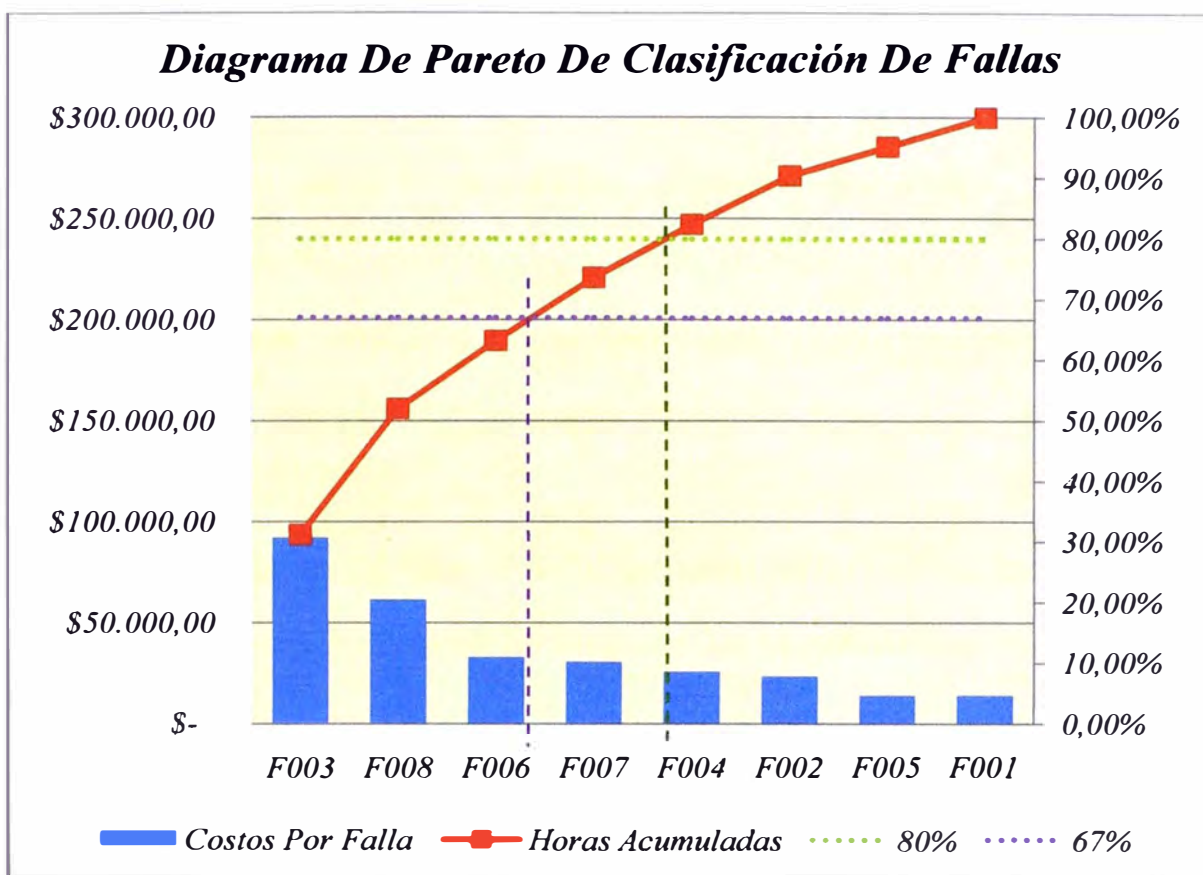


Figura 5-6: Diagrama de Pareto de clasificación de fallas al 67%.

| Código | Descripción | # Veces | # Horas |
|--------|---|---------|---------|
| F001 | Errores de programación de actividades. | 3 | 2 |
| F002 | Descoordinación en montajes de rodillos. | 2 | 5 |
| F003 | Error en alineamiento de motores. | 12 | 3 |
| F004 | Los repuestos no son los correctos. | 2 | +x |
| F005 | Falla el puente grúa #1, se suspenden trabajos de desmontaje. | 3 | 2 |
| F006 | Mala maniobra del puente grúa. | 1 | 8 |
| F007 | La instrumentación y control no funciona al momento del arranque. | 12 | 1 |
| F008 | El puente grúa esta sobrecargado de trabajo. | 12 | 2 |

Tabla 5-7: Selección de fallas más significativas.

Cuando se conoce que las fallas F003 (Error en alineamiento de motores), F006 (Mala maniobra del puente grúa) y F008 (El puente grúa se encuentra sobrecargado de trabajo) son las que se tienen que eliminar para lograr el objetivo de este trabajo, se desarrollan dos diagramas de Causa Efecto adicionales al que se realizó en un inicio, con el fin de verificar si se está direccionando correctamente el estudio para que la solución que se elija elimine completamente las fallas.

El primer Diagrama de Causa Efecto **Figura 5-1** fue aplicado al problema que se está queriendo resolver (Demora del Programa De Mantenimiento Planificado), afín de ubicar cada una de las fallas más frecuentes de las paradas de planta.

Los dos Diagramas Causa Efecto adicionales son para las fallas F003 **Figura 5-8** y F008 **Figura 5-9**, tienen los objetivos, de descartar que una de las fallas se una causa de la otra y también determinar posibles soluciones conjuntas que logren eliminar las causas de las Fallas F003 y F008. No se va a realiza un Diagrama Causa Efecto de la falla F006 ya que se desea solucionar esta falla mediante un programa de capacitación que implica un costo que no es significativo.

F003: Demora Alineamiento De Motores

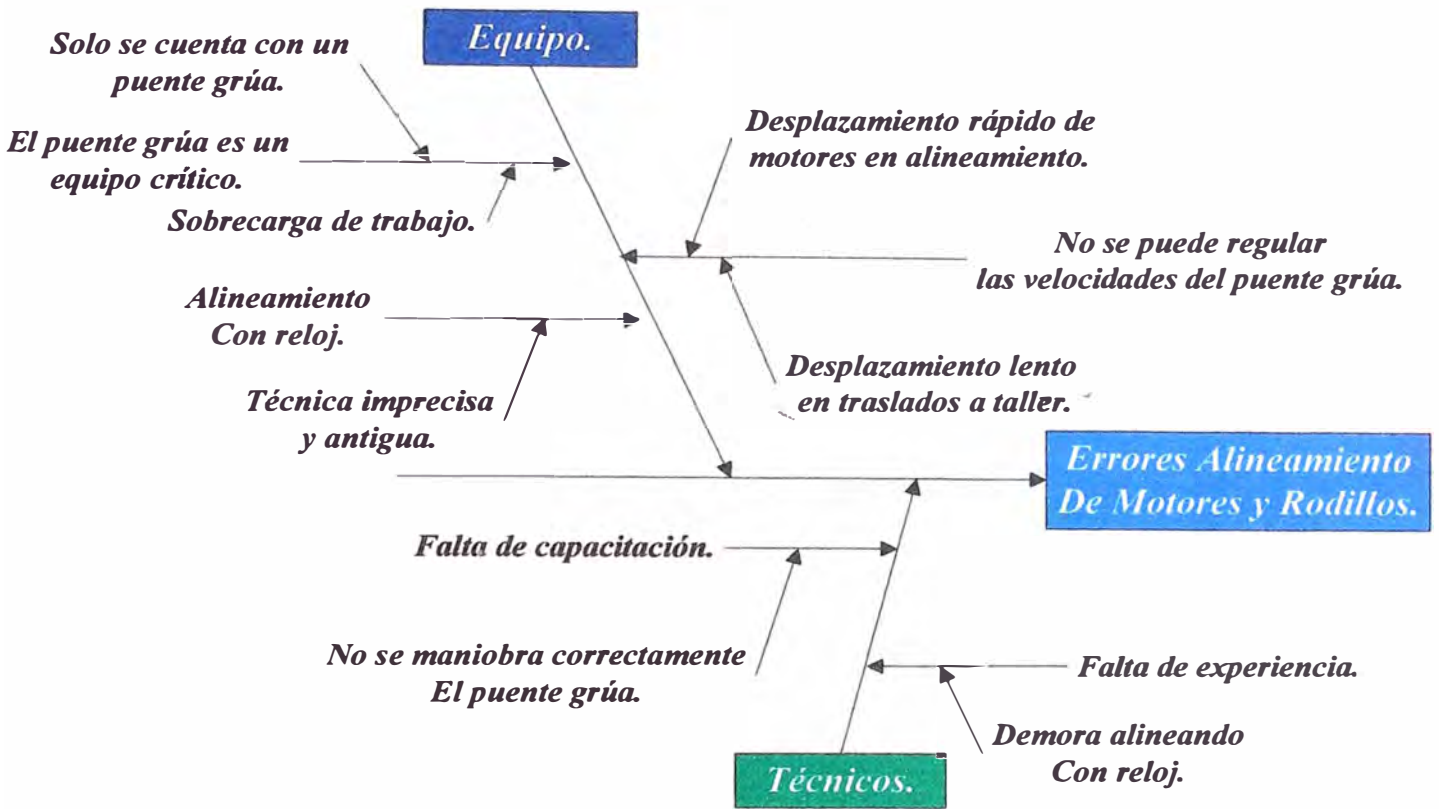


Figura 5-8: Diagrama Causa – Efecto de la falla F003.

F008: El Punte Grúa #1 Está Sobrecargado De Trabajo

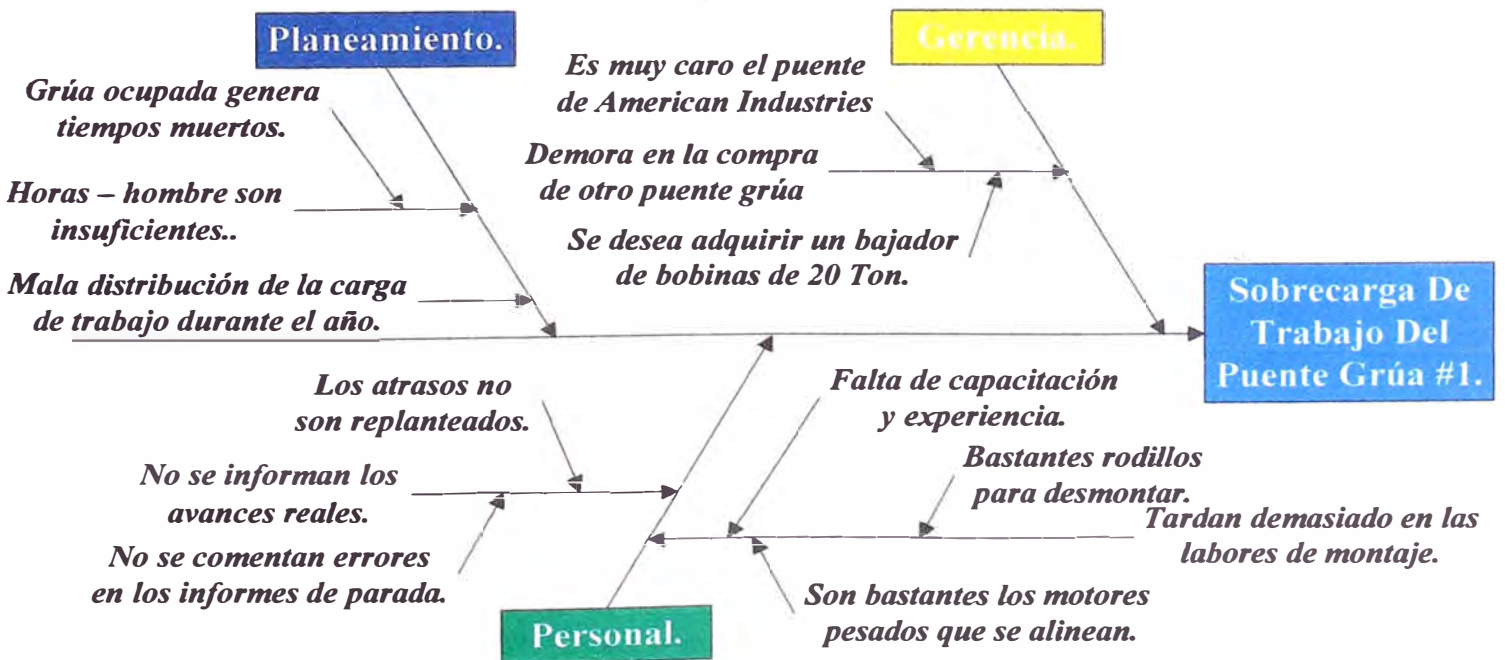


Figura 5-9: Diagrama Causa – Efecto de la falla F008.

De los diagramas de causa efecto se observa que la falla F003 es independiente de la falla F008, posteriormente se definen los grupos de trabajo que se dividen de acuerdo a las 5Ps de estudio, estos grupos de trabajo deben de proponer soluciones a las fallas mediante una propuesta sustentada, cada grupo de trabajo cuenta con un responsable, los grupos de trabajo se muestran en la **Tabla 5-10**.

| <i>5Ps</i> | <i>Propuestas de Solución</i> | <i>Responsable</i> | <i>Puesto</i> |
|-----------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|
| Ubicación | <i>Mudar los talleres de mantenimiento al 2° nivel de la planta</i> | Jorge Jaramillo | Arquitecto |
| Equipos | <i>Nuevo puente grúa, con nuevo sistema que le permita variar su velocidad.</i> | Milton Cajahuanca | Jefe de Instrumentación |
| Procedimientos | <i>Procedimientos de montaje secadores y mesa de formación.</i> | Luis Barriga | Jefe de Producción |
| Personal | <i>Capacitación en montajes y operaciones de grúas.</i> | Mario Morales | Jefe de Mantenimiento |
| Planificación | <i>Informe de carga de trabajo mensual y análisis en costos.</i> | Francisco Pinedo | Planificador de Mantenimiento |

Tabla 5-10: Equipos de Análisis.

Después de tres días de formados los equipos de trabajo, se realizó una reunión en la cual los equipos presentaron sus propuestas de solución y la sustentación de la misma, las propuestas son evaluadas cualitativamente y por su costo como se aprecia en la **Tabla 5-15**, se adoptan las propuestas más viables y en base a ellas se calcula el ROI (Retorno de la inversión), **Fórmula 5-16**, considerando que se consigue reducir el exceso de horas en 50%, para determinar la cantidad de dólares que se pueden ahorrar si se implementa las soluciones que se plantean en este informe.

| 5Ps | Alternativas | CRITERIOS | | | | Total | Costo De Alternativa |
|---------------|---|-----------|---------|-----------|-------------|-------|----------------------|
| | | Costo | Rapidez | Sencillez | Efectividad | | |
| | | -3 | 2 | 1 | 3 | | |
| Ubicación | Mudar los talleres de mantenimiento al 2º nivel. | 3 | 5 | 4 | 4 | 17 | S/. 40,000.00 |
| Equipos | Reparar y cambiar el sistema eléctrico, del puente grúa #2. | 2 | 4 | 4 | 4 | 18 | S/. 29,284.00 |
| | Comprar un nuevo puente grúa de varias velocidades. | 2 | 3 | 4 | 3 | 13 | S/. 150,000.00 |
| Personal | Capacitación en grúas y alineamiento de motores. | 2 | 4 | 3 | 4 | 17 | S/. 4,000.00 |
| | Lecciones de punto único. | 3 | 4 | 3 | 4 | 14 | S/. 6,000.00 |
| Planificación | Dar mantenimiento a motores y rodillos cada dos años. | 3 | 4 | 3 | 4 | 14 | x |

Tabla 5-15: Valoración de las alternativas de solución.

$$ROI = \text{Perdidas} - 50\% \text{Peridas} - \text{Costo Alternativas} = \$(0.5 \times 125 \times 2363.52) - \$(29284 + 4000) / 2.85 = \$136041.4$$

Fórmula 5-16: Retorno de la Inversión ROI.

La propuesta para reparar y cambiar el sistema eléctrico del nuevo puente grúa(puente grúa #2), se sustenta de la siguiente forma:

En el **Diagrama P&D⁽⁴⁾** de la planta, se muestran las áreas de mesa de formación back, mesa de formación top, prensa, secadores y rebobinadora, estas áreas cuentan con una gran cantidad de rodillos y motores de gran potencia. En la planta se cuenta con 100 motores de los cuales **40 motores tienen una potencia mayor a 60 Hp⁽⁴⁾** lo cual nos da un indicador de su tamaño y su peso, ahora al contar con 2 líneas de producción que tienen un total de **96 rodillos entre rodillos de prensado, secado⁽⁴⁾**, cuyos pesos estimados están entre 2-6 TON.

El programa de mantenimiento preventivo del TPM de la empresa, establece que la mayoría de motores de la empresa debe tener un cambio de rodamientos al menos una vez al año, en el caso de los rodillos el tiempo de uso está determinado por el tipo de rodamientos que usan los rodillos en el lado de transmisión(**FAG Rodamiento Partido**), en el lado de servicio (**FAG Rodamiento de Contacto Angular**) y por la velocidad de las líneas de producción (**900 m/min**), el fabricante recomienda un tiempo de vida de 1 año para el rodamiento partido, de esta información se infiere que se está dando mantenimiento al menos a 3 motores y 8 rodillos por mes, como se puede ver solo considerando una sola hora para el cambio de rodamientos en los motores y el cambio de rodajes en los rodillos, las 12 horas

**(4) Tabla A-2: Lista de rodillos de la zona de prensa y secado de la planta.
Tabla A-3: Lista de motores que tienen una potencia mayor a 60 Hp.
Tabla A-4: Diagrama P&D de la planta papelera.**

mensuales prácticamente son usadas para las labores de montaje y desmontaje de motores y rodillos, ya que representan más del 90% de la carga de trabajo mensual.

Las carga de trabajo y el porcentaje de las labores de montaje y desmontaje de motores y rodillos no pueden variar, por lo tanto para reducir la carga de trabajo en el puente grúa #1 (Falla F008), es imprescindible contar con otro puente grúa, ahora los problemas y la demora en las labores de alineamiento de motores y rodillos (Falla F003), es debido a que no se tienen un puente grúa con el cual se pueda variar las velocidades, por ello se propone que el nuevo puente grúa tenga arrancadores con variadores de velocidad. Las propuestas proactiva se muestra en la Tabla 5-17.

| <i>PLANES DE ACCIÓN</i> | | | | | |
|---------------------------|---|--|---|-------------------|-------------------|
| <i>Equipo: Motor M002</i> | | <i>Informe: Evaluación Proactiva De La Demora Del Mantenimiento Planificado.</i> | | <i>FECHA:</i> | |
| <i>Código</i> | <i>Acción</i> | <i>Responsable</i> | <i>Objetivo</i> | <i>Inicio</i> | <i>Fin</i> |
| <i>S001</i> | <i>Reparar y cambiar el sistema eléctrico del puente grúa #2.</i> | <i>Milton Cajahuanca.</i> | <i>Tener nuevo puente de 2 velocidades.</i> | <i>24/09/2011</i> | <i>24/06/2011</i> |
| <i>S002</i> | <i>Capacitación en grúas y alineamiento de motores.</i> | <i>Luis Barriga Gonzales</i> | <i>Contar con personal capacitado.</i> | <i>25/07/2011</i> | <i>25/06/2011</i> |

Tabla 5-17: Propuesta proactiva para reducir el exceso de horas en 50%

5.2. Adaptación semiautomática del nuevo puente grúa.

Como se planteó en el capítulo anterior una de las soluciones más viables para afrontar el problema del programa de mantenimiento planificado es la adaptación semiautomática del puente grúa #2, que es un puente gemelo del puente grúa #1 de la división molino, el puente grúa #2 es un puente que no se encuentra en las instalaciones de la división molino, este puente le pertenece a la división corrugado de la empresa, por lo cual se tiene que realizar la documentación pertinente para su traslado a la división molino, no se presentaran problemas con la adquisición, debido a que la división corrugado lo dio como equipo en desuso debido a su antigüedad; el puente no cuenta con sistema eléctrico y los sistemas mecánicos necesitan mantenimiento. El puente grúa #2, debe modificar el control de potencia de sus motores debido a que se necesita que este puente grúa tenga nuevas características:

- ❖ Los movimientos longitudinales, transversales y verticales del puente grúa deben tener dos velocidades que se pueden variar.
- ❖ Cada motor debe de trabajar con su respectivo freno de disco magnético.
- ❖ Los circuitos de fuerza y control de los motores deben de reducirse.
- ❖ El puente grúa #2 mantendrá la distribución eléctrica del puente grúa #1.

La distribución eléctrica del puente grúa #2 se muestra en la **Figura 5-18**.

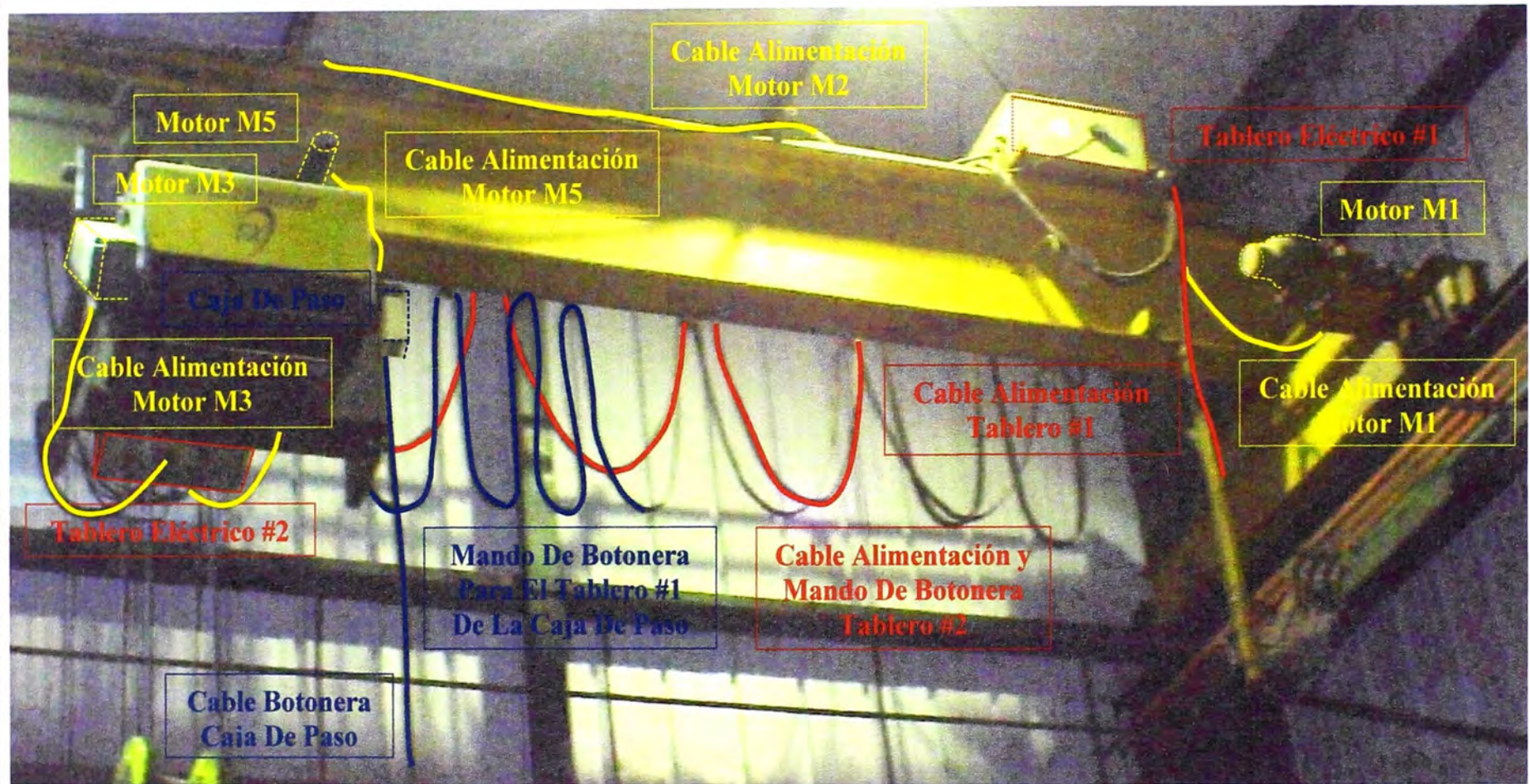


Figura 5-18: Diagrama de distribución eléctrica del puente grúa #2 al finalizar el proyecto.

5.2.1 Selección del circuito de arranque

Este trabajo se enfoca en el control de potencia de los motores asíncronos del puente grúa, inicialmente los motores del puente grúa #1 tenían arrancadores **Dahlander** y de **Doble Bobinado Y**, estos arrancadores tienen un gran tamaño lo cual dificulta las labores de montaje y mantenimiento de los tableros #1 y #2.

Para el puente grúa #2 se decide mantener el arrancador de **Doble Bobinado Y** para el motor **M3** debido a que el motor es de 11KW, el variador de velocidad para este motor es de gran tamaño y el arrancador de este motor debe soportar un par de arranque bastante elevado.

Para los motores M1, M2, M4 y M5 se va a modificar los arrancadores **Dahlander** por arrancadores directos basados en variadores de velocidad, con la finalidad de reducir los circuitos de los tableros #1 y #2.

Se eligen los arrancadores directos con variadores de velocidad a cambio de los arrancadores Dahlander, ya que sus características no se diferencian en mucho, los arrancadores directos soportan toda la corriente de arranque y el par inicial de arranque es el doble del que presenta un arrancador Dahlander (**PartWinding**) como se puede ver en el cuadro de resumen de la **Figura 5-19**.

Cada arrancador debe de garantizar las funciones de seccionamiento, protección (Contra corto circuito y sobrecarga) y la conmutación..

Resumen de características de los distintos métodos de arranque

| | Motores de jaula | | | | Motores de anillos | | |
|---|--|--|--|--|--|---|--|
| | Arranque directo | Arranque part winding | Arranque estrella-triángulo | Arranque estático | Arranque por autotransformador | Arrancador progresivo | Arranque rotórico |
| Corriente de arranque | 100% | 50% | 33% | 70% | 40 / 65 / 80% | Regulable de 25 a 75% (potenciómetro) | 70% |
| Sobrecarga de la línea | 4 a 8 In | 2 a 4 In | 1,3 a 2,6 In | 4,5 In | 1,7 a 4 In | | < 2,5 In |
| Par en % de Cd | 100% | 50% | 33% | 50% | 40 / 65 / 80% | Regulable de 10 a 70% | |
| Par inicial de arranque | 0,6 a 1,5 Cn | 0,3 a 0,75 Cn | 0,2 a 0,5 Cn | 0,6 a 0,85 Cn | 0,4 a 0,85 Cn | Regulable de 0,1 a 0,7 Cn | < 2,5 Cn |
| Mando | Todo o nada | Todo o nada | Todo o nada | 1 posición fija | 3 posiciones fijas | Progresivo | De 1 a 5 posiciones |
| Motor de jaula económico y robusto | | | | | | | |
| Ventajas | <ul style="list-style-type: none"> ● Arrancador simple ● Económico ● Par de arranque importante | <ul style="list-style-type: none"> ● Simple ● Par de arranque más elevado que en estrella-triángulo ● Sin corte de alimentación durante el arranque | <ul style="list-style-type: none"> ● Arrancador económico ● Buena relación par/corriente | <ul style="list-style-type: none"> ● Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque ● Sin corte de alimentación durante el arranque ● Fuerte reducción de las puntas de corriente transitorias | <ul style="list-style-type: none"> ● Buena relación par/corriente ● Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque ● Sin corte de alimentación durante el arranque | <ul style="list-style-type: none"> ● Regulable durante la puesta en servicio ● Dimensiones reducidas ● Estático ● Adaptable a cualquier ciclo | <ul style="list-style-type: none"> ● Excelente relación par/corriente ● Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque ● Sin corte de alimentación durante el arranque |

Figura 5-19: Cuadro de resumen de características de los distintos tipos de arranque.

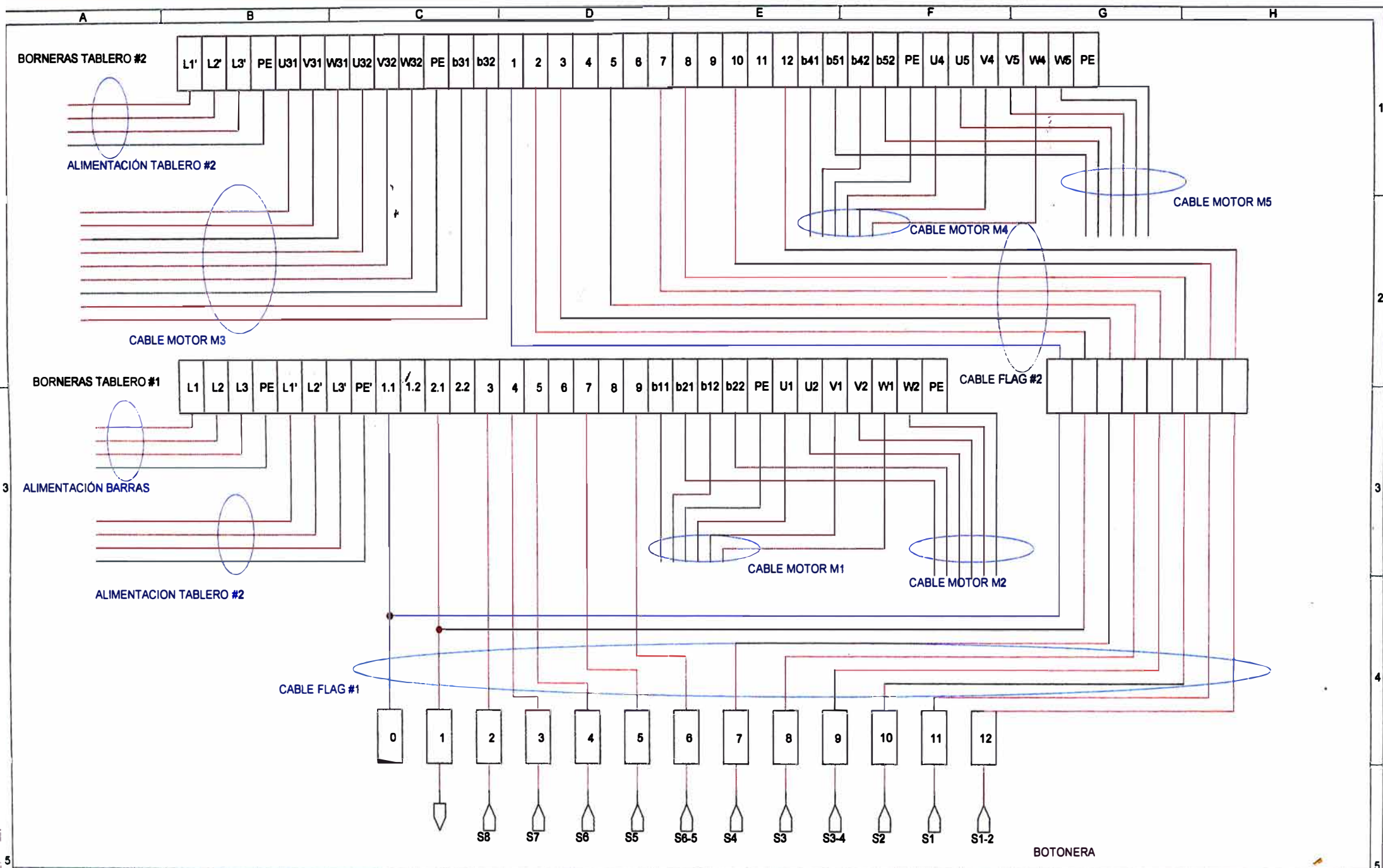
5.2.2. Dimensionamiento de los conductores

Para el dimensionamiento de los conductores de los circuitos de fuerza y control de los motores del puente grúa # 2 se tienen que seguir los siguientes pasos:

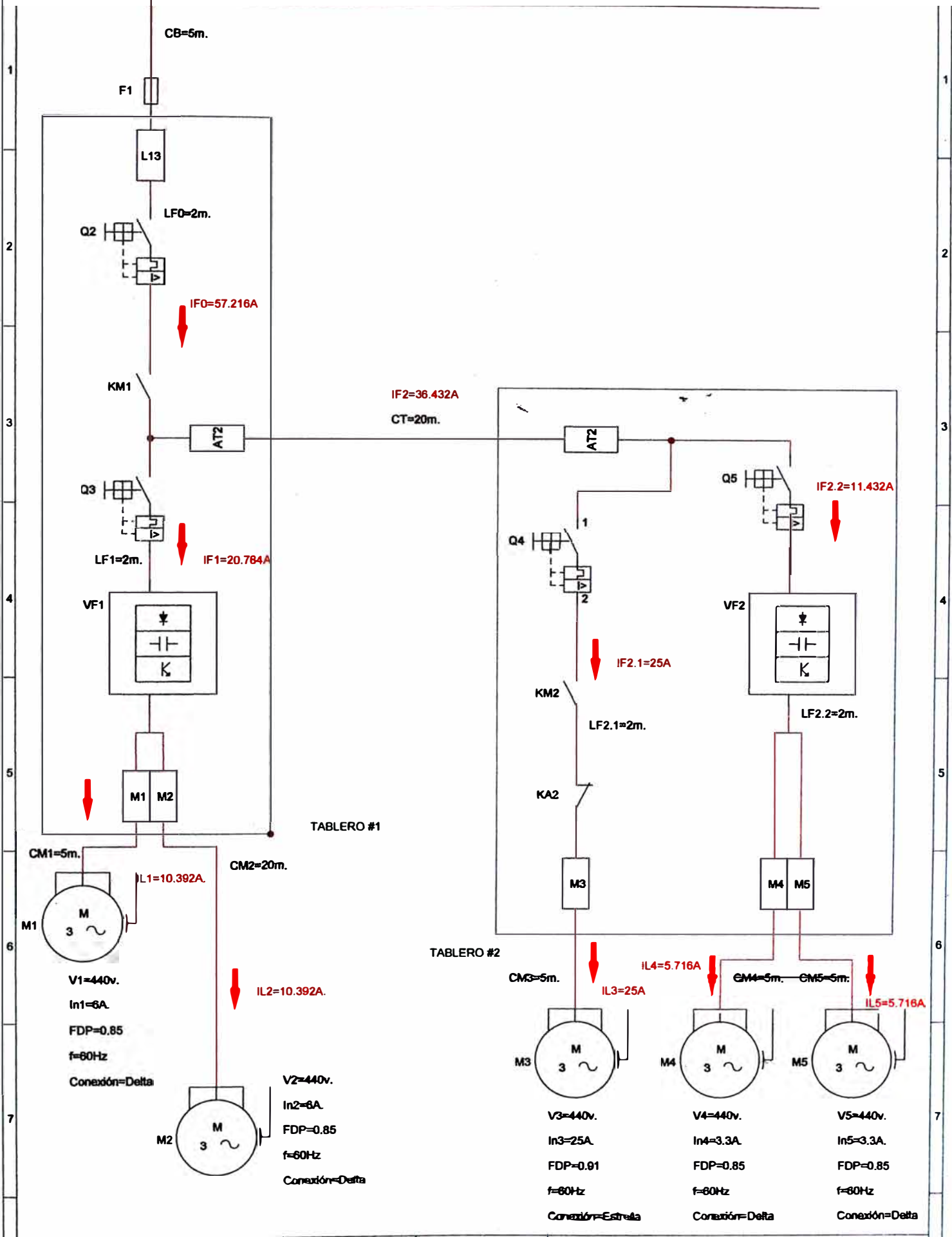
- ❖ Definir la tensión de servicio del cable.
- ❖ Determinar la corriente en cada ramal del circuito.
- ❖ Longitud de los conductores.
- ❖ Determinar las secciones (Capacidad de transporte de conductores).
- ❖ Verificar la sección por el criterio de "caída de tensión".
- ❖ Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas.

La tensión de servicio del cable es de 440 VAC, ahora para el cálculo de la corriente en cada ramal se necesita la corriente nominal de cada motor (Se obtiene de los datos de placa), con estas corrientes se crea un **diagrama unifilar**(Figura 5-21), que toma como referencia al **diagrama de distribución eléctrica** (Figura 5-20). En el diagrama unifilar se indica la corriente que pasa y la longitud que tiene cada ramal, en el diagrama unifilar simplificado solo se muestra los circuitos de fuerza de los motores, no se muestra los circuitos de control debido a que son de bajo consumo.

En la **Tabla 5-22** muestra el código que se asigna a cada conductor, la descripción de cada conductor, la longitud, la corriente nominal de la carga que alimenta, el tipo de conexión que tiene la carga, la corriente que admite el ramal y la cantidad de líneas del conductor, esta tabla es necesaria para determinar la sección del conductor mediante el criterio de capacidad de transporte.



| | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---|--------|---|--------|---|----------------|---|---------------------------|--|----------|--|-----------|--|
| Fecha | | Nombre | | Firmas | | Entidad | | Título | | Fecha: | | Nún: | |
| Dibujado | | | | | | Puente Grúa #2 | | Figura 5-20: DISTRIBUCIÓN | | Archivo: | | Pagina 49 | |
| Comprobado | | | | | | | | | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | | | | | | |



| | | | | | |
|------------|--------|-----------------------|--|----------------|-----------|
| Fecha | | Nombre Firmas | | Entidad | |
| Dibujado | | | | Puente Grúa #2 | |
| Comprobado | | | | | |
| Fecha: | Título | Figura 5-21: Unifilar | | | Nún: |
| | | | | Archivo: | Página 50 |

Figura 5-21: Unifilar

| DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS | | | | | | | |
|---|--------|--------------------------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| DIMENSIONAMIENTO FUERZA | | | | | | | |
| # | Código | Descripción | L (m) | In (A) | Conexión | I(A) | #Líneas |
| 1 | CB | Cable alimentación barras. | 5 | - | - | 57.216 | 3L, PE |
| 2 | CM1 | Cable motor M1 | 5 | 6 | Delta | 10.392 | 5L, PE |
| 3 | CM2 | Cable motor M2 | 20 | 6 | Delta | 10.392 | 5L, PE |
| 4 | CT2 | Cable alimentación tablero #2 | 20 | - | - | 36.432 | 3L, PE |
| 5 | CM3 | Cable motor M3. | 5 | 25 | Estrella | 25 | 8L, PE |
| 6 | CM4 | Cable motor M4. | 5 | 3.3 | Delta | 5.716 | 5L, PE |
| 7 | CM5 | Cable motor M5. | 5 | 3.3 | Delta | 5.716 | 5L, PE |
| 8 | LF0 | Cable fuerza principal | 2 | - | - | 57.216 | 3L, PE |
| 9 | LF1 | Cable fuerza motor M1 y M2. | 2 | - | - | 20.784 | 3L, PE |
| 10 | LF2.1 | Cable fuerza motor M3. | 2 | - | - | 25.000 | 3L, PE |
| 11 | LF2.2 | Cable fuerza motor M4 y M5 | 2 | - | - | 11.432 | 3L, PE |
| DIMENSIONAMIENTO CONTROL | | | | | | | |
| 12 | CF1 | Cable flag #1. | 20 | - | - | 4 | 15L |
| 13 | CF2 | Cable flag #2. | 20 | - | - | 4 | 8L |
| 14 | CCP | Cable botonera - caja de paso. | 20 | - | - | 4 | 12L |

Tabla 5-22: Resumen de características de los conductores.

Como se conoce la corriente admisible que se va a transportar y la longitud de los conductores, ahora se va a determinar la sección de los conductores por el criterio de capacidad de transporte (determina la corriente admisible por sección de conductor expresada por I_t) y por las tablas de conductores AWG y conductores de sección milimétrica, según la **Fórmula 5-23**

$$I = f_N \times f_T \times I_t \quad (A)$$

Fórmula 5-23: Fórmula para determinar la corriente admisible que se transporta.

- ❖ I : Corriente admisible que se va a transportar (A)
- ❖ f_N : Factor de corrección por cantidad de conductores.⁽⁵⁾
- ❖ f_T : Factor de corrección por temperatura.⁽⁵⁾
- ❖ I_t : Corriente admisible por sección de conductor según tablas.⁽⁶⁾

(5) Tabla A-5: Tablas de factores de corrección Manual de Conductores Eléctricos PROCOBRE.

Tabla A-6: Tablas de corriente admisible para conductores AWG Manual PROCOBRE. Tabla

A-7: Tablas de corriente admisible para conductores milimétricos Manual PROCOBRE.

Al circular una corriente eléctrica a través de un conductor en una instalación; se produce una caída de tensión que se calcula mediante la **Fórmula 5-24**, donde la resistencia de un conductor eléctrico, relaciona sus parámetros físicos y la naturaleza del material conductor, como se puede apreciar en la **Fórmula 5-25**.

| | |
|--|--|
| $V_p = I \times R_c(\Omega)$ | $R_c = \frac{\rho \times l}{A} (\Omega)$ |
| Fórmula 5-24: Caída de tensión. | Fórmula 5-25: Resistencia del conductor |

- ❖ V_p : Voltaje de Pérdida (V)
- ❖ I : Corriente de Carga (A)
- ❖ R_c : Resistencia de los Conductores (Ω)
- ❖ ρ : Resistividad del conductor (Ohm mm^2/m) ($\rho_{Cu}=0018(\text{Ohm-mm}^2/m)$)
- ❖ l : Longitud del conductor (m)
- ❖ A : Sección de conductor (mm^2)

Finalmente la expresión que relaciona la sección del conductor con la caída de tensión V_p queda representada en la **Fórmula 5-26**.

| |
|---|
| $V_p = \frac{\rho \times l}{A} \times I_t(V)$ |
| Fórmula 5-26: Caída de tensión en función de la corriente admisible. |

La anterior expresión sirve para verificar la caída de tensión. El **Código Nacional Eléctrico** establece que la caída de tensión no debe exceder el 2.5% de la tensión nominal del circuito, en la **Tabla 5-27** se muestra en resumen la selección de conductores AWG, los cálculos de corriente admisibles y de caída de tensión.

| DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------------------------------|-------|--------|----------|--------|---------|-----|------|---------|---------------------|-----|-----------|
| DIMENSIONAMIENTO FUERZA | | | | | | | | | | | | | |
| # | Código | Descripción | L (m) | In (A) | Conexión | I(A) | #Líneas | fN | fT | It | S(mm ²) | AWG | Caída (V) |
| 1 | CB | Cable alimentación barras. | 5 | - | - | 57.216 | 3L, PE | 1 | 0.94 | 60.8682 | 21.15 | 4 | 0.259 |
| 2 | CM1 | Cable motor M1. | 5 | 6 | Delta | 10.392 | 5L, PE | 0.8 | 0.94 | 13.8196 | 3.31 | 12 | 0.376 |
| 3 | CM2 | Cable motor M2. | 20 | 6 | Delta | 10.392 | 5L, PE | 0.8 | 0.94 | 13.8196 | 3.31 | 12 | 1.503 |
| 4 | CT2 | Cable alimentación tablero #2 | 20 | - | - | 36.432 | 3L, PE | 1 | 0.94 | 38.757 | 13.3 | 6 | 1.049 |
| 5 | CM3 | Cable motor M3. | 5 | 25 | Estrella | 25 | 8L, PE | 0.7 | 0.94 | 37.9939 | 13.3 | 6 | 0.257 |
| 6 | CM4 | Cable motor M4. | 5 | 3.3 | Delta | 5.716 | 5L, PE | 0.8 | 0.94 | 7.60075 | 1.31 | 16 | 0.522 |
| 7 | CM5 | Cable motor M5. | 5 | 3.3 | Delta | 5.716 | 5L, PE | 0.8 | 0.94 | 7.60075 | 1.31 | 16 | 0.522 |
| 8 | LF0 | Cable fuerza principal | 2 | - | - | 57.216 | 3L, PE | 1 | 0.94 | 60.8681 | 21.15 | 4 | 0.104 |
| 9 | LF1 | Cable fuerza motor M1 y M2. | 2 | - | - | 20.784 | 3L, PE | 1 | 0.94 | 22.1106 | 5.26 | 10 | 0.151 |
| 10 | LF2.1 | Cable fuerza motor M3. | 2 | - | - | 25.000 | 3L, PE | 1 | 0.94 | 26.5957 | 5.26 | 10 | 0.182 |
| 11 | LF2.2 | Cable fuerza motor M4 y M5. | 2 | - | - | 11.432 | 3L, PE | 1 | 0.94 | 12.1617 | 2.08 | 14 | 0.210 |
| DIMENSIONAMIENTO CONTROL | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | CF1 | Cable flag #1. | 20 | - | - | 4 | 15L | 0.7 | 0.94 | 6.07903 | 1 | 18 | 2.188 |
| 13 | CF2 | Cable flag #2. | 20 | - | - | 4 | 8L | 0.7 | 0.94 | 6.07903 | 1 | 18 | 2.188 |
| 14 | CCP | Cable botonera - caja de paso. | 20 | - | - | 4 | 12L | 0.7 | 0.94 | 6.07903 | 1 | 18 | 2.188 |

Tabla 5-27: Selección de conductores AWG y verificación de la caída de tensión

5.2.3. Requerimientos del seccionador

Para realizar labores de mantenimiento correctivo con total seguridad en cualquiera de los puentes grúa, es necesario disponer de un equipo que me permita aislar eléctricamente los circuitos de fuerza y de control del puente grúa de la red de alimentación general, se cuenta con un interruptor para el puente grúa #1 que actualmente opera en la subestación eléctrica de la empresa como se puede apreciar en la **Figura 5-28**. No es necesario cambiar el interruptor, debido a que el interruptor fue diseñado para soportar el triple de la carga actual, considerando que se trabaja los dos puentes grúa el interruptor soportara alrededor de 120A, 440VAC, 53KW y una corriente de corto circuito de 15KA, el interruptor cumple con estos requerimientos.

| Interruptores automáticos NG125N | | | | |
|---|------------|-------------|--------------|---------|
| curvas B, C y D | | | | |
| 25kA - IEC 60947.2 | | | | |
| 3 polos protegidos Ancho de paso en 9mm: 9 | 3 polos | | | |
| | In | Referencias | | |
| | (A) | curva B | curva C | curva D |
| | 10 | | 18632 | |
| | 16 | | 18633 | |
| | 20 | | 18634 | |
| | 25 | | 18635 | |
| | 32 | | 18636 | |
| | 40 | | 18637 | |
| | 50 | | 18638 | |
| | 63 | | 18639 | |
| | 80 | 18663 | 18640 | 18669 |
| | 100 | 18664 | 18642 | 18670 |
| | 125 | 18665 | 18644 | 18671 |


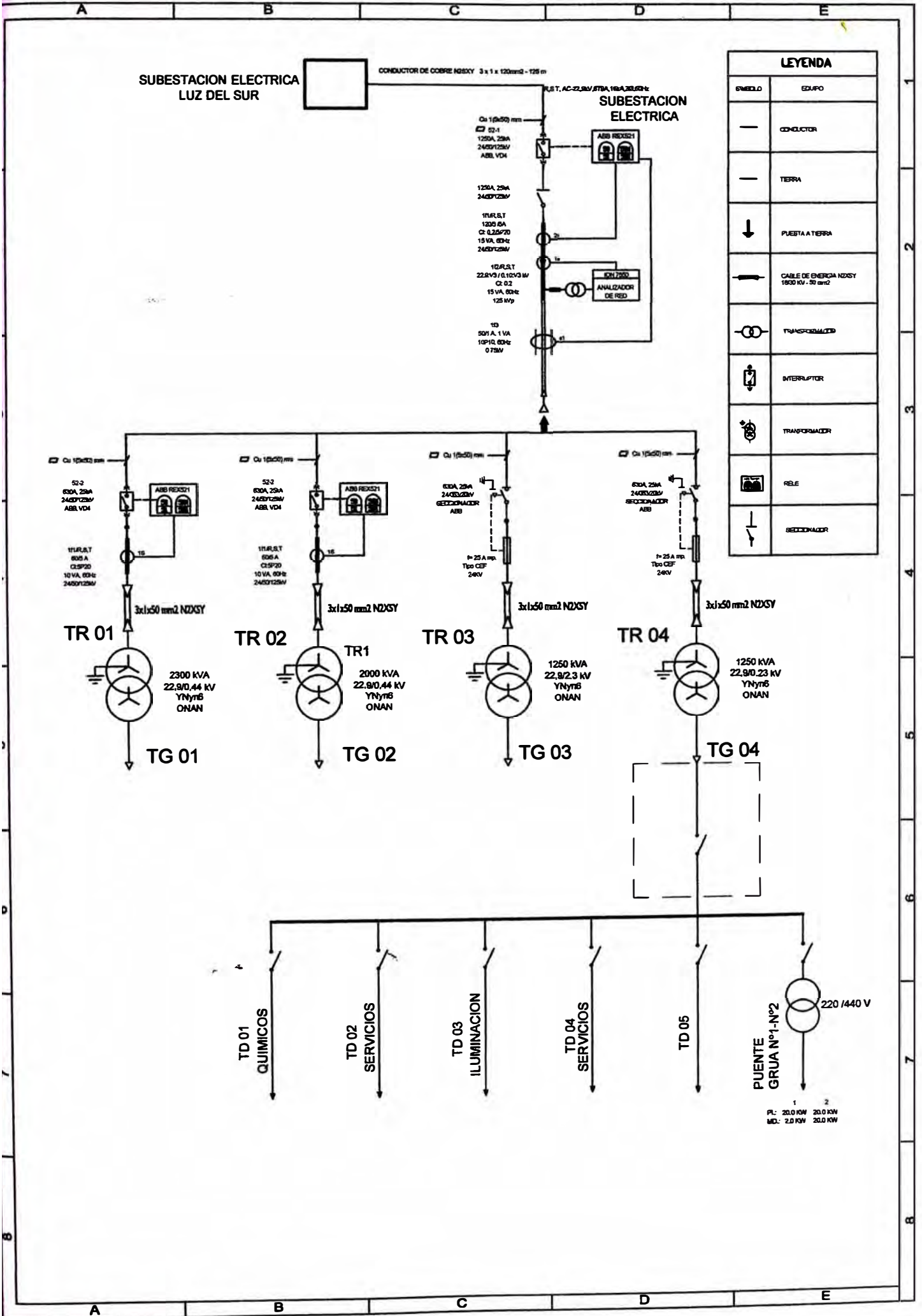


Figura 5-28: Datos del interruptor de los puentes grúa #1 y #2.



5.2.4. Dimensionamiento de equipos de protección

Los cinco motores están expuestos a sufrir accidentes de origen eléctrico y accidentes de origen mecánico tales como:

La **sobrecarga de motores**, que son frecuentes en el motor M3, debido a que este motor levanta equipos y plataformas cuyo peso es cercano a las 10 TON y en algunos casos va a ser necesario de que este motor soporte pesos mayores a las 10 TON durante periodos cortos, por lo cual es imprescindible cortar el funcionamiento antes de que el recalentamiento del motor y los conductores debido al aumento de la corriente que absorbe el motor dañe los devanados del mismo, acortando la vida útil de los motores, ya que se estima que un incremento de la temperatura de 10 °C por encima de la temperatura de operación del motor implica una reducción del 50% de la vida útil del motor. Se usarán los interruptores magneto térmicos (Guardamotores) para la protección contra la sobrecarga.

La protección contra **cortocircuitos** es indispensable, la humedad en el ambiente de operaciones de los puentes grúa hacen que frente a cualquier deterioro de los arrancadores, conductores de alimentación de tableros y motores, estos estén propensos a sufrir corto circuitos cuya intensidad puede superar el poder de corte del contactor, por lo cual se decide usar fusibles “motor tipo aM”, que son los que responden a picos de corriente elevados por tener una ruptura elevada.

- a) **Selección de tipos de protección.**-La **Tabla 5-29** es un resumen de la tabla original del manual electrotécnico de Schneider Electric, esta tabla ayuda a seleccionar la combinación de equipos que permiten cumplir con los requerimientos de protección, para nuestro proyecto la combinación será la de: guardamotor, contactor y fusibles (se adiciona los fusibles para mejorar la protección contra corto circuito), esta combinación permite cumplir con todos los requerimientos de protección.

| <i>Acción</i> | <i>Combinación</i> | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | <i>3 Elementos</i> | <i>1 Elemento</i> | <i>2 Elementos</i> |
| <i>Protección Del Motor</i> | <i>Térmico</i> | <i>Guardamotor</i> | <i>Guardamotor</i> |
| <i>Protección Del Circuito</i> | <i>Fusible</i> | <i>Guardamotor</i> | <i>Guardamotor</i> |
| <i>Conmutación</i> | <i>Contactor</i> | <i>Guardamotor</i> | <i>Contactor</i> |
| <i>Protección Del Motor</i> | | | |
| <i>Sobrecarga</i> | <i>Optima</i> | <i>Optima</i> | <i>Optima</i> |
| <i>Funcionamiento Monofásico</i> | <i>Si</i> | <i>Si</i> | <i>Si</i> |
| <i>Protección Del Circuito</i> | | | |
| <i>Corto Circuito</i> | <i>Excelente</i> | <i>Limitado</i> | <i>Limitado</i> |
| <i>Limitación De Corriente</i> | <i>Si</i> | <i>Si</i> | <i>Si</i> |
| <i>Conmutación</i> | | | |
| <i>Frecuencia de maniobras.</i> | <i>Elevada</i> | <i>Reducido</i> | <i>Elevado</i> |
| <i>Vida Útil.</i> | <i>Elevada</i> | <i>Reducido</i> | <i>Regular</i> |
| <i>Mando a distancia.</i> | <i>Si</i> | <i>No</i> | <i>Si</i> |
| <i>Enclavamiento/Señalización</i> | <i>Si</i> | <i>Limitado</i> | <i>Si</i> |
| <i>Requerimientos</i> | | | |
| <i>Costo</i> | <i>Normal</i> | <i>Reducido</i> | <i>Normal</i> |
| <i>Montaje</i> | <i>Complejo</i> | <i>Simple</i> | <i>Regular</i> |
| <i>Espacio</i> | <i>Grande</i> | <i>Pequeño</i> | <i>Reducido</i> |
| <i>Mantenimiento</i> | <i>Algo</i> | <i>Poco</i> | <i>Poco</i> |

Tabla 5-29: Combinación de elementos de protección

b) **Coordinación de las protecciones.**-La coordinación de un circuito se define en función de los elementos de un circuito, como para nuestro trabajo se usaran fusible, guardamotor y contactor se definen dos tipos de coordinación:

Para la coordinación de fusible antepuesto con disyuntor magneto térmico (Guardamotor) pospuesto se debe cumplir la **Fórmula 5-30** y para la coordinación entre Guardamotores se debe cumplir con la **Fórmula 5-31**.

| | |
|-----------------------|---------------------|
| $I_{nf} > 1,2 I_{nI}$ | $I_{na} > 2 I_{np}$ |
| Fórmula 5-30 | Fórmula 5-31 |

- ❖ I_{nf} = corriente nominal del fusible.
- ❖ I_{nI} =corriente nominal del disyuntor magneto térmico.
- ❖ I_{na} = corriente nominal del interruptor antepuesto.
- ❖ I_{np} = corriente nominal del interruptor pospuesto.

c) **Selección de los Guardamotores.**-La **Tabla 5-32** muestra la selección de guardamotores para lo cual se necesita conocer la corriente que debe soportar cada guardamotor, se va seleccionar una corriente de tripeo que sea el 120 % de la corriente que cada guardamotor debe soportar, se selecciona los guardamotores con la ayuda de la **Tabla 48 del manual de arranque, control y protección de motores de la marca Schneider Electric** ⁽⁶⁾

La corriente de tripeo del guardamotor Q2 que es 60A cumple la regla de coordinación entre guardamotores, como se puede ver los guardamotores Q3, Q4 y Q5 tienen corrientes de tripeo que están por debajo de los 30 A.

(6) **Tabla A-10: Tabla 48, manual de arranque, control y protección de motores**

| <i>Código</i> | <i>Descripción</i> | <i>I(A)</i> | <i>I_t(A)</i> | <i>P(Hp)</i> | <i>Schneider</i> | <i>Rango (A)</i> |
|---------------|------------------------------|--------------|-------------------------|--------------|------------------|------------------|
| <i>Q2</i> | <i>Guardamotor principal</i> | <i>57.22</i> | <i>60</i> | <i>25.46</i> | <i>GV3P65</i> | <i>(48-65)</i> |
| <i>Q3</i> | <i>Guardamotor M1 y M2</i> | <i>20.78</i> | <i>22</i> | <i>6.968</i> | <i>GV3P25</i> | <i>(17-25)</i> |
| <i>Q4</i> | <i>Guardamotor M3</i> | <i>25</i> | <i>27</i> | <i>14.74</i> | <i>GV3P32</i> | <i>(23-32)</i> |
| <i>Q5</i> | <i>Guardamotor M4 y M5</i> | <i>11.43</i> | <i>13</i> | <i>3.752</i> | <i>GV3P18</i> | <i>(12-18)</i> |

Tabla 5-32: Selección de Guardamotores.

- *I*: Corriente que debe soportar cada guardamotor.
- *I_t*: Corriente térmica de tripeo.
- *Rango*: Rango de selección de corriente de tripeo.

d) **Selección fusibles.**-Para la selección de fusibles antepuestos al guardamotor Q2 (GV3P65), se utiliza la tabla de asociación de fusible con guardamotor del **manual de componentes de protección TeSys de la marca Telemecanique⁽⁷⁾** de este manual se selecciona el fusibles que tienen las características que se muestran en la **Tabla 5-33**.

| <i>Clase</i> | <i>I(A)</i> | <i>I_{cc}(KA).</i> |
|-------------------|-------------|----------------------------|
| <i>Fusible aM</i> | <i>125</i> | <i>15</i> |

Tabla 5-33: Selección de fusible.

5.2.5. Dimensionamiento de los equipos de conmutación

Para seleccionar de contactores de los arrancadores en el tablero #1 y #2 que se muestran en la **Tabla 5-34**, se utiliza la tabla de coordinación de guardamotores y contactores, esta tabla se halla en el manual de arranque, control y protección de motores de Schneider Electric ⁽⁷⁾.

⁽⁷⁾ *Tabla A-9: Pagina 6, componentes de TeSys protección Telemecanique.*

Tabla A-8: Tabla de coordinación de guardamotores y contactores de Schneider Electric.

| <i>Código</i> | <i>Descripción</i> | <i>Ie(A)</i> | <i>Contactador</i> |
|---------------|--|--------------|--------------------|
| <i>KM1</i> | <i>Contactador principal</i> | <i>57.22</i> | <i>LC1D65/80</i> |
| <i>KA1</i> | <i>Contactador auxiliar frenos B1 y B2</i> | <i>4</i> | <i>LC1D09/12</i> |
| <i>KM2</i> | <i>Contactador arranque.</i> | <i>25</i> | <i>LC1D32</i> |
| <i>KM3</i> | <i>Contactador arranque inverso.</i> | <i>25</i> | <i>LC1D32</i> |
| <i>KA2</i> | <i>Contactador auxiliar de cambio de velocidad</i> | <i>25</i> | <i>LC1D32</i> |
| <i>KA3</i> | <i>Contactador auxiliar de freno B3</i> | <i>4</i> | <i>LC1D09/12</i> |
| <i>KA4</i> | <i>Contactador auxiliar de freno B4 y B5.</i> | <i>4</i> | <i>LC1D09/12</i> |

Tabla 5-34: Selección de contactores.

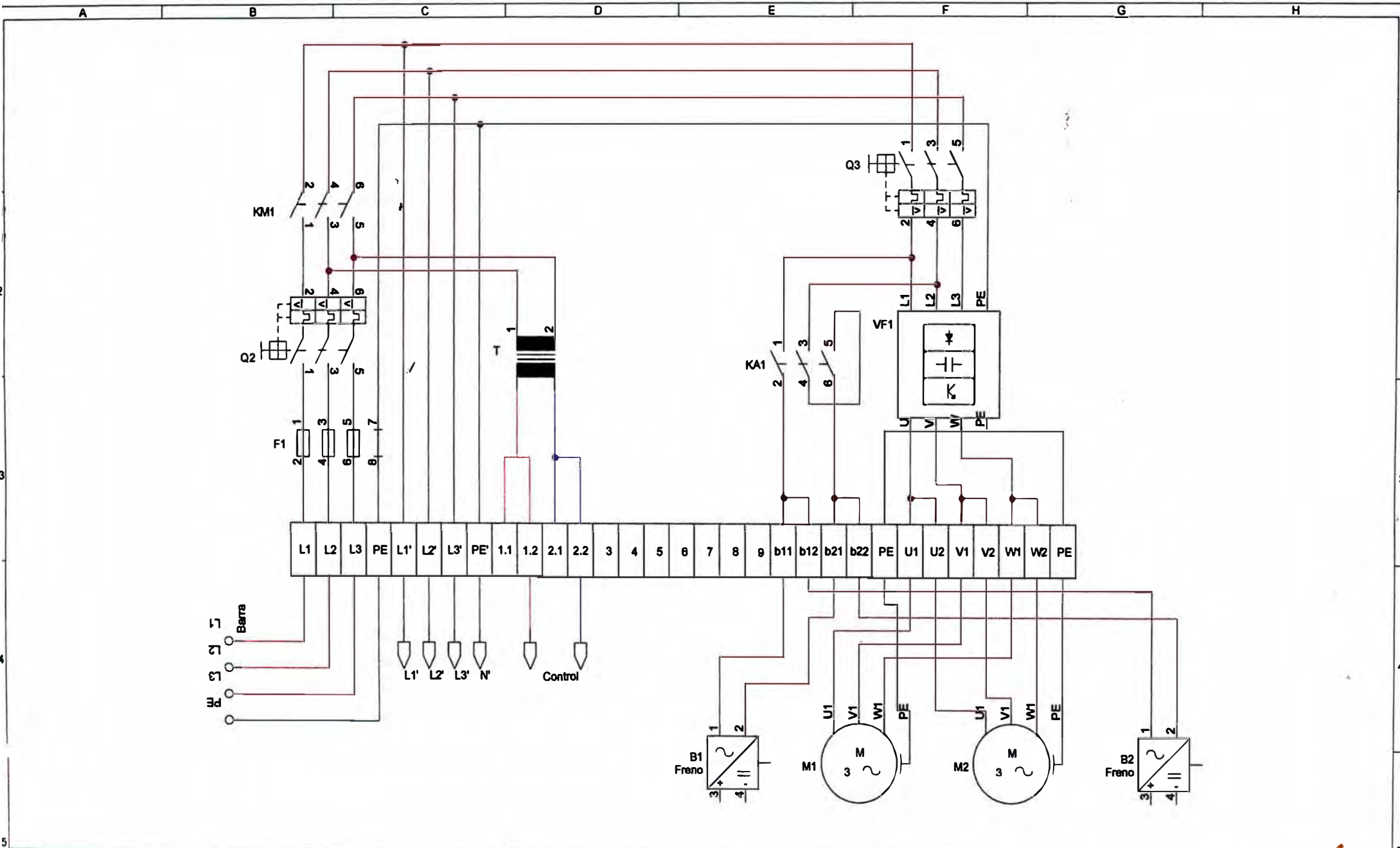
5.2.6. Diagramas eléctricos.

Se agrupan los diagramas eléctricos en: circuitos eléctricos del tablero # 1 (Circuitos de fuerza y control de los motores M1 y M2), en circuitos eléctricos del tablero #2 (Circuitos de fuerza y control de los motores M3, M4 y M5), conexasión de los relés de conmutación de velocidades (r1, r2 y r3) e ingreso de parámetros básicos de funcionamiento de los variadores de velocidad, conexasión y colores de los cables de la botonera y la arquitectura de los tablero #1 y #2 (Ubicación de cada componente de los arrancadores en los tableros #1 y #2).

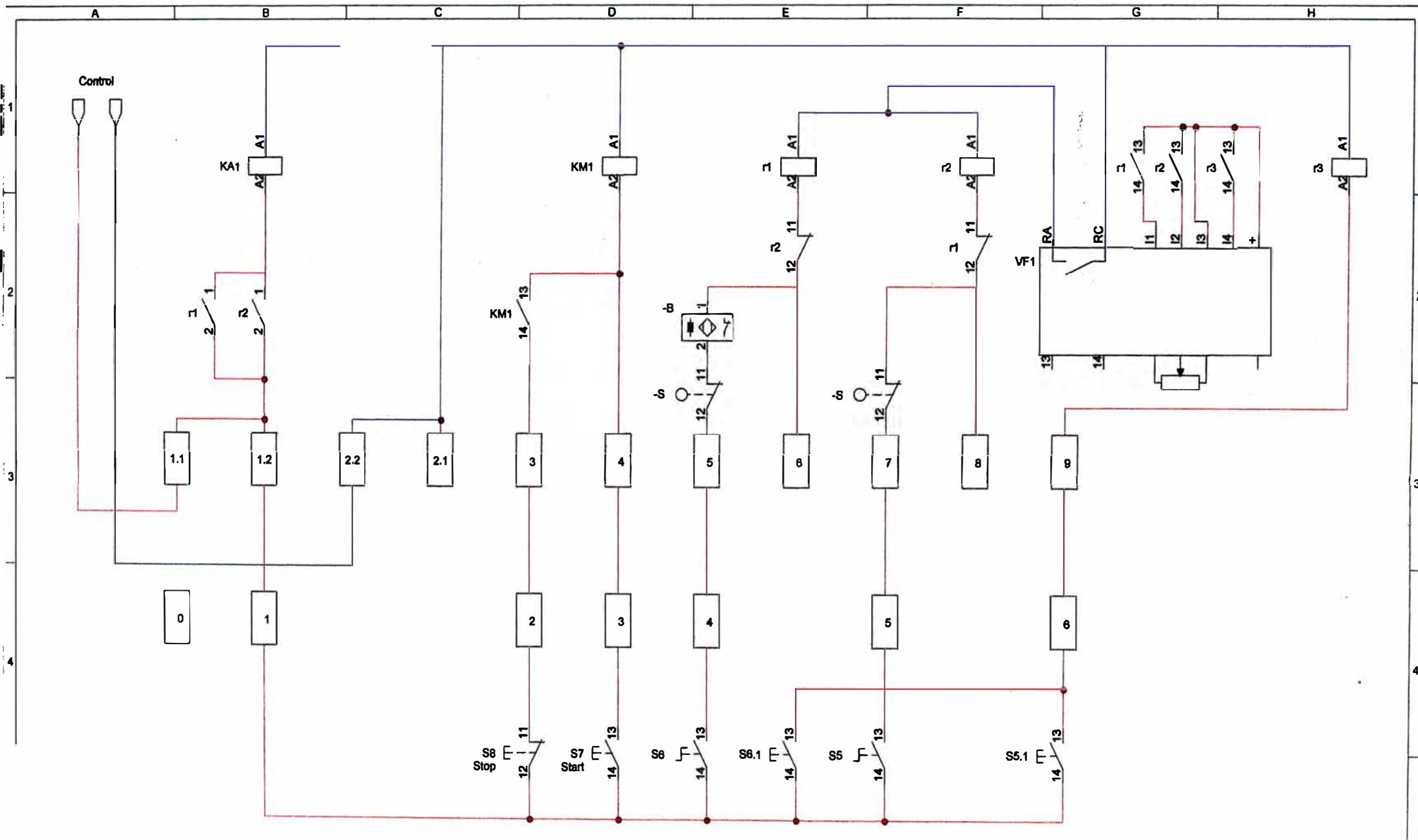
a) **Circuitos eléctricos tablero #1.**-La **Figura 5-36** muestra el circuito de fuerza del tablero #1, mientras que en la **Figura 5-37** se muestra el circuito de control del tablero #1, antes de visualizar los diagramas eléctricos es necesario tener conocimiento de la simbología que se está aplicando a los diagramas por ello en la **Tabla 5-35** describe cada símbolo.

| <i>Símbolo</i> | <i>Descripción del Componente</i> |
|----------------|---|
| <i>F1</i> | <i>Fusibles motor tipo AM</i> |
| <i>Q2</i> | <i>Disyuntor magneto térmico principal (Guardamotor)</i> |
| <i>KM1</i> | <i>Contactador principal.</i> |
| <i>Q3</i> | <i>Disyuntor magneto térmico auxiliar M1 y M2 (Guardamotor)</i> |
| <i>KA1</i> | <i>Contactador auxiliar frenos B1 y B2</i> |
| <i>T</i> | <i>Transformador</i> |
| <i>VF1</i> | <i>Variador de frecuencia</i> |
| <i>M1</i> | <i>Motor BAUER</i> |
| <i>M2</i> | <i>Motor BAUER</i> |
| <i>R1</i> | <i>Rectificador monofásico freno B1.</i> |
| <i>R2</i> | <i>Rectificador monofásico freno B2.</i> |
| <i>B1</i> | <i>Freno de disco magnético normalmente aplicado motor M1.</i> |
| <i>B2</i> | <i>Freno de disco magnético normalmente aplicado motor M2.</i> |
| <i>r1</i> | <i>Relé trifásico.</i> |
| <i>br1</i> | <i>Base para relé trifásico r1.</i> |
| <i>r2</i> | <i>Relé trifásico.</i> |
| <i>br2</i> | <i>Base para relé trifásico r2.</i> |
| <i>r3</i> | <i>Relé trifásico.</i> |
| <i>br3</i> | <i>Base para relé trifásico r3.</i> |
| <i>LS1</i> | <i>Interruptor de proximidad normalmente cerrado.</i> |
| <i>FS1</i> | <i>Interruptor de posición con orejas</i> |
| <i>FS2</i> | <i>Interruptor de posición con orejas.</i> |

Tabla 5-35: Símbolos de componentes de los circuitos del tablero #1



| | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--|--------|--|--------|--|----------------------|--|---------------------|--|----------|--|-----------|--|
| Fecha | | Nombre | | Firmas | | Entidad | | Título | | Fecha: | | Nún: | |
| Dibujado | | | | | | Tablero Eléctrico #1 | | Figura 5-36: Fuerza | | Archivo: | | Pagina 62 | |
| Comprobado | | | | | | | | | | | | | |

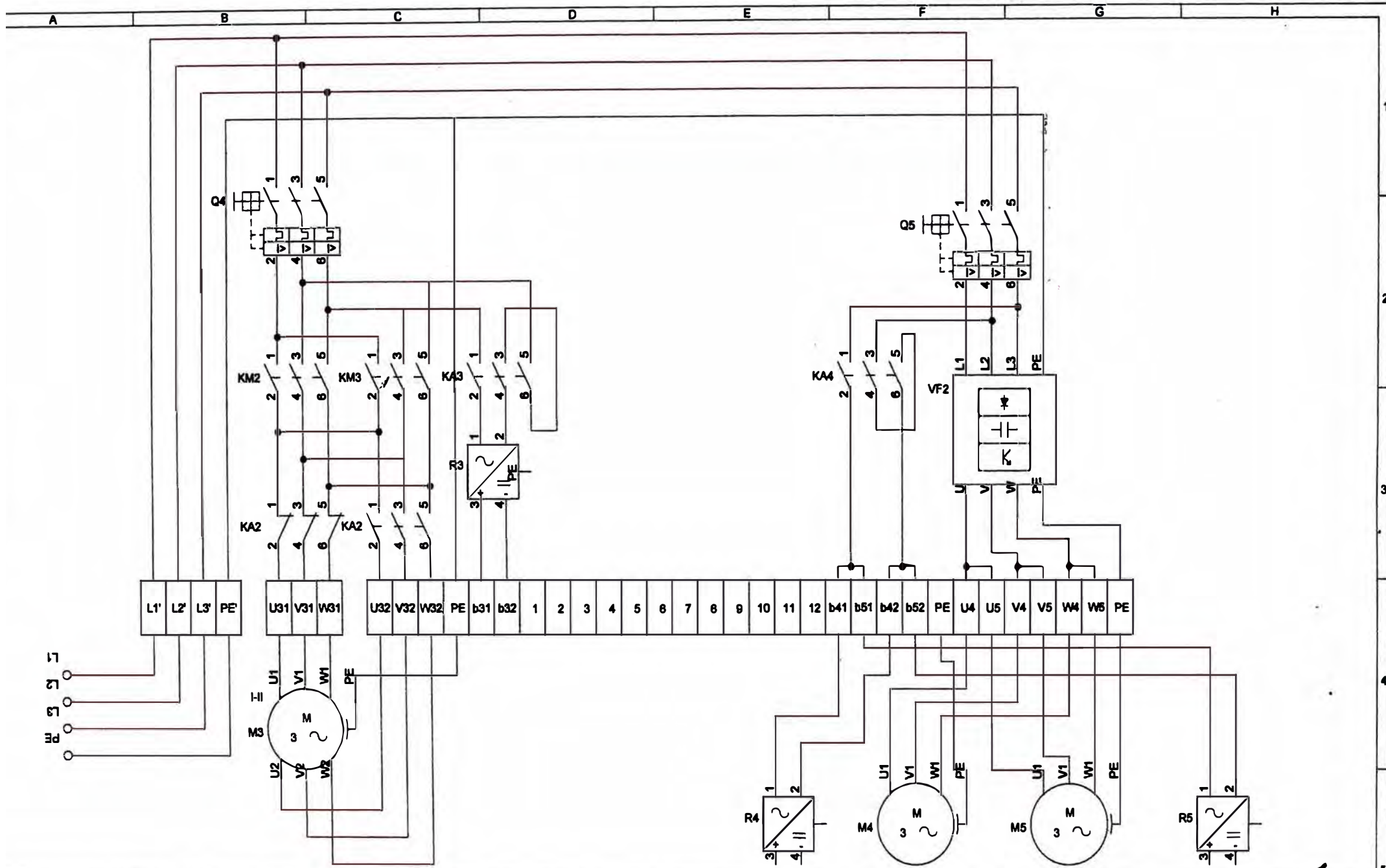


| | | | | | | | |
|------------|-------|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------|------|
| | Fecha | Nombre | Firmas | Entidad | Título | Fecha: | Nún: |
| Dibujado | | | | Tablero Eléctrico #1 | Figura 5-37: Control | Archivo: Pagina 63 | |
| Comprobado | | | | | | | |

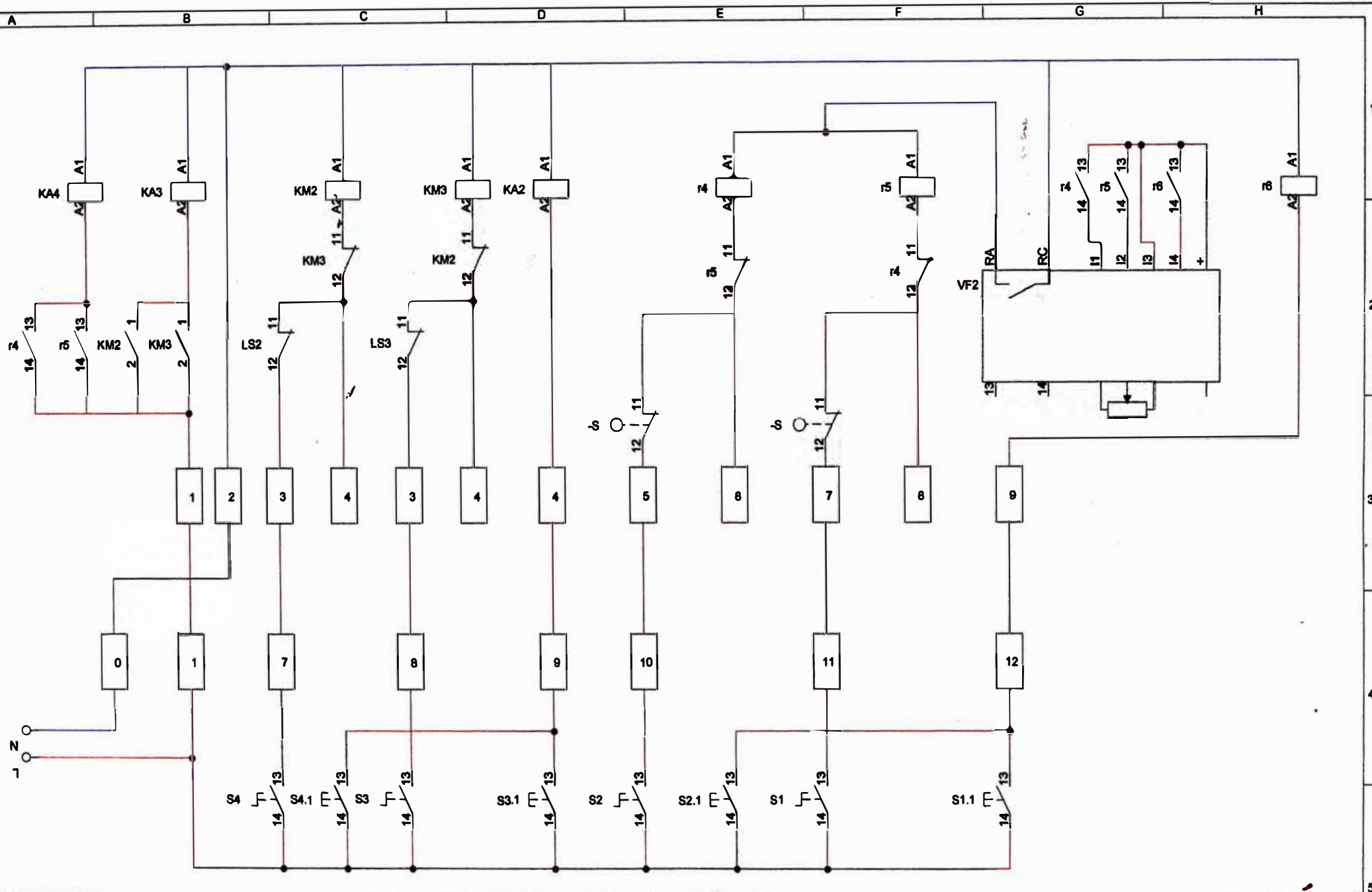
b) **Circuitos eléctricos tablero #2.**-La **Figura 5-39** muestra el circuito de fuerza del tablero #2, mientras que en la **Figura 5-40** se muestra el circuito de control del tablero #2, antes de visualizar los diagramas eléctricos es necesario tener conocimiento de la simbología que se está aplicando a los diagramas por ello en la **Tabla 5-38** se describe cada símbolo.

| <i>Símbolo</i> | <i>Descripción del Componente</i> |
|----------------|--|
| <i>Q4</i> | <i>Disyuntor magneto térmico auxiliar motor M3.</i> |
| <i>Q5</i> | <i>Disyuntor magneto térmico auxiliar motor M4 y M5.</i> |
| <i>KM2</i> | <i>Contactador principal.</i> |
| <i>KM3</i> | <i>Contactador principal de inversión giro.</i> |
| <i>KA2</i> | <i>Contactador auxiliar de cambio de velocidad.</i> |
| <i>KA3</i> | <i>Contactador auxiliar freno M3.</i> |
| <i>KA4</i> | <i>Contactador auxiliar freno M4 y M5.</i> |
| <i>VF2</i> | <i>Variador de frecuencia ACS 355 Marca ABB.</i> |
| <i>M3</i> | <i>Motor BAUER</i> |
| <i>M4</i> | <i>Motor BAUER</i> |
| <i>M5</i> | <i>Motor BAUER</i> |
| <i>R3</i> | <i>Rectificador monofásico del freno de M3.</i> |
| <i>R4</i> | <i>Rectificador monofásico del freno de M4.</i> |
| <i>R5</i> | <i>Rectificador monofásico del freno de M5.</i> |
| <i>B3</i> | <i>Freno de disco magnético normalmente aplicado motor M3.</i> |
| <i>B4</i> | <i>Freno de disco magnético normalmente aplicado motor M4.</i> |
| <i>B5</i> | <i>Freno de disco magnético normalmente aplicado motor M5.</i> |
| <i>r4</i> | <i>Relé de 220 trifásico Avance/Paro.</i> |
| <i>r5</i> | <i>Relé de 220 trifásico Retro/Paro.</i> |
| <i>r6</i> | <i>Relé de 220 trifásico 2° Velocidad.</i> |
| <i>FS3</i> | <i>Interruptor de posición tipo mariposa 220 VAC.</i> |
| <i>FS4</i> | <i>Interruptor de posición tipo mariposa 220 VAC.</i> |
| <i>LS2</i> | <i>Final de carrera accionamiento por rodillo 220 VAC.</i> |
| <i>LS3</i> | <i>Final de carrera accionamiento por rodillo 220 VAC.</i> |

Tabla 5-38: Símbolos de componentes de los circuitos del tablero #2



| Fecha | | Nombre | | Firmas | | Entidad | | Titulo | | Fecha: | | Nún: | |
|------------|--|--------|--|--------|--|-----------------------------|--|----------------------------|--|----------|--|-----------|--|
| Dibujado | | | | | | Tablero Eléctrico #2 | | Figura 5-39: Fuerza | | Archivo: | | Pagina 65 | |
| Comprobado | | | | | | | | | | | | | |



| | | | | | | | |
|------------|-------|--------|--------|-----------------------------|--------------------|---|------|
| | Fecha | Nombre | Firmas | Entidad | Título | Fecha: | Núm: |
| Dibujado | | | | Tablero Eléctrico #2 | Figura 5-40 | Archivo: Página 68 | |
| Comprobado | | | | | | | |

- c) **Conexión e ingreso de parámetros de los variadores.**-EL conexionado se realiza de acuerdo al esquema recomendado por el manual del variador de velocidad ACS 355 de la empresa ABB ⁽⁸⁾.

La configuración de los parámetros básicos para el funcionamiento básico del variador de velocidad se muestra en la siguiente **Tabla 5-41**.

| <i>Configuración Básica de Variadores De Velocidad VF1 y VF2</i> | | | |
|--|-----------------------------|---------------|----------------------------|
| <i>Código</i> | <i>Nombre del Parámetro</i> | <i>Opción</i> | <i>Características</i> |
| 9901 | <i>Idioma</i> | 4 | <i>Español</i> |
| 9902 | <i>Tipo de Macro</i> | 3 | <i>Estándar</i> |
| 9903 | <i>Tipo de motor</i> | 1 | <i>Asíncrono Jaula</i> |
| 9904 | <i>Modo de control</i> | 3 | <i>Escalar-Frecuencia.</i> |
| 9905 | <i>Tensión Nominal</i> | 440 | <i>Tensión Alterna.</i> |
| 9906 | <i>Corriente Nominal</i> | 3.3A | |
| 9907 | <i>Frecuencia Nominal</i> | 60 Hz | |
| 9908 | <i>Velocidad nominal</i> | 1680 rpm | |
| 9909 | <i>Potencia nominal</i> | 1.5 KW | |
| 9910 | <i>Opción de marcha</i> | 0 | <i>No.</i> |
| <i>Ajuste de velocidades</i> | | | |
| 1202 | <i>1° Velocidad mínima</i> | DL3=1;DL4=0 | 20 Hz. |
| 1204 | <i>2° Velocidad máxima</i> | DL3=1;DL4=1 | 40 Hz. |

Tabla 5-41: Configuración básica de variadores.

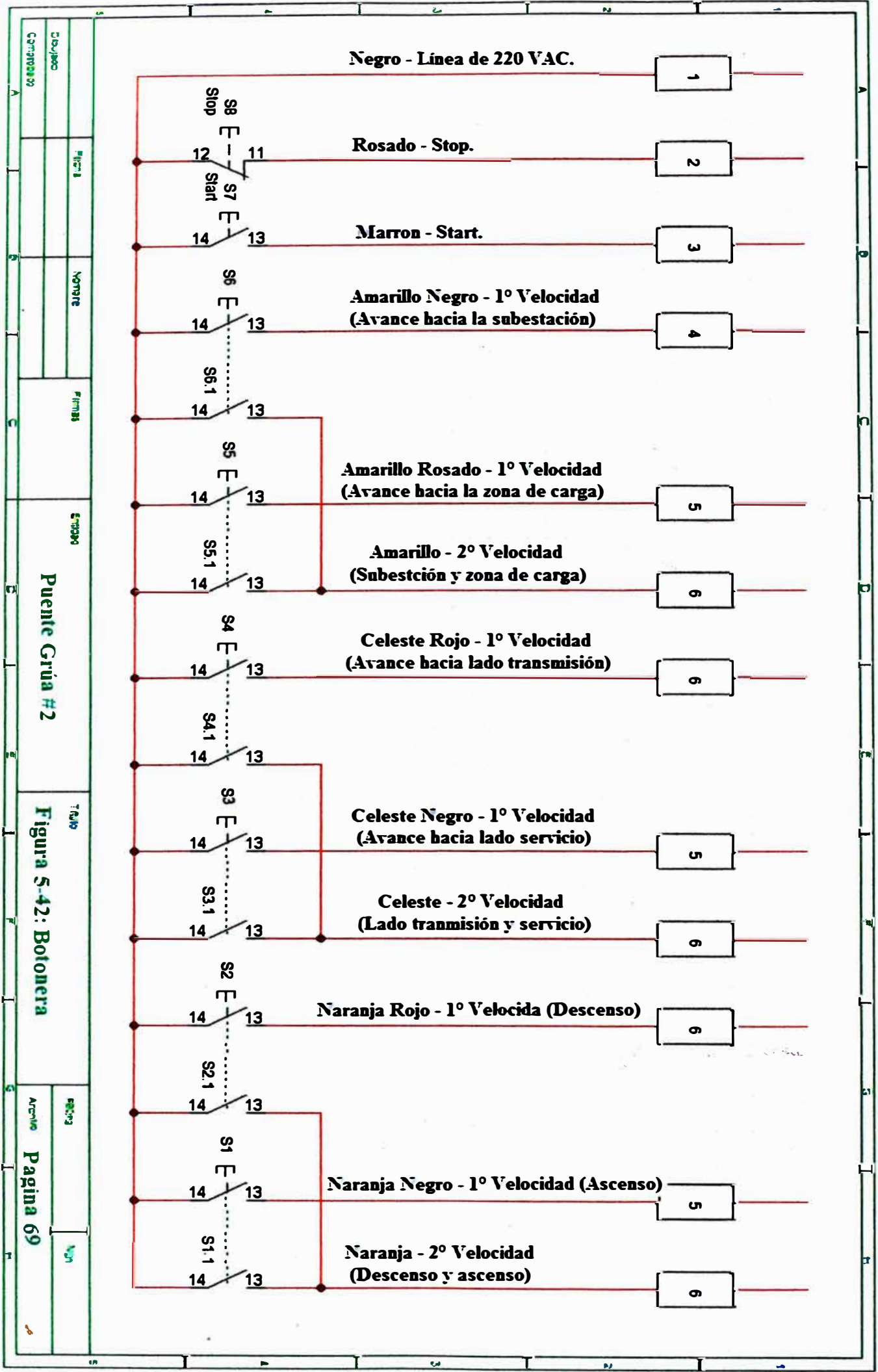
Se selecciona la macro estándar del variador, porque es la única macro que me permite el control de velocidad con tres hilos como se puede ver en la tabla de características de las macros⁽⁸⁾ del manual del variador de velocidad ACS 355 de ABB que se muestra en el Apéndice de este informe.

(8) *Figura A-11, A-12 y A-13: Diagramas de conexionado del variador ABB ACS 355. Tabla A-14 y Figura A-15: Parametrización del variador ABB ACS 355.*

Para el modo de control se elige, el control escalar frecuencia ya que se va a trabajar sin realimentación, sería complicado por el ambiente y la posición de los motores colocar encoders a los motores y no es necesario establecer un control de velocidad robusto, debido a que no está en juego la precisión del desplazamiento.

La marcha ID Permite calcular el modelo del motor mediante la magnetización del motor durante 10 a 15 segundos trabajando sin carga, la magnetización no se puede usar en esta ocasión debido a que se va a alimentar dos motores con un solo variador y la magnetización calcula los parámetros de un solo motor.

d) Conexión de botoneras.-En la **Figura 5-42** se muestra el diagrama de colores y el color de los cables de la botonera.



Negro - Línea de 220 VAC.

Rosado - Stop.

Marron - Start.

**Amarillo Negro - 1º Velocidad
(Avance hacia la subestación)**

**Amarillo Rosado - 1º Velocidad
(Avance hacia la zona de carga)**

**Amarillo - 2º Velocidad
(Subestación y zona de carga)**

**Celeste Rojo - 1º Velocidad
(Avance hacia lado transmisión)**

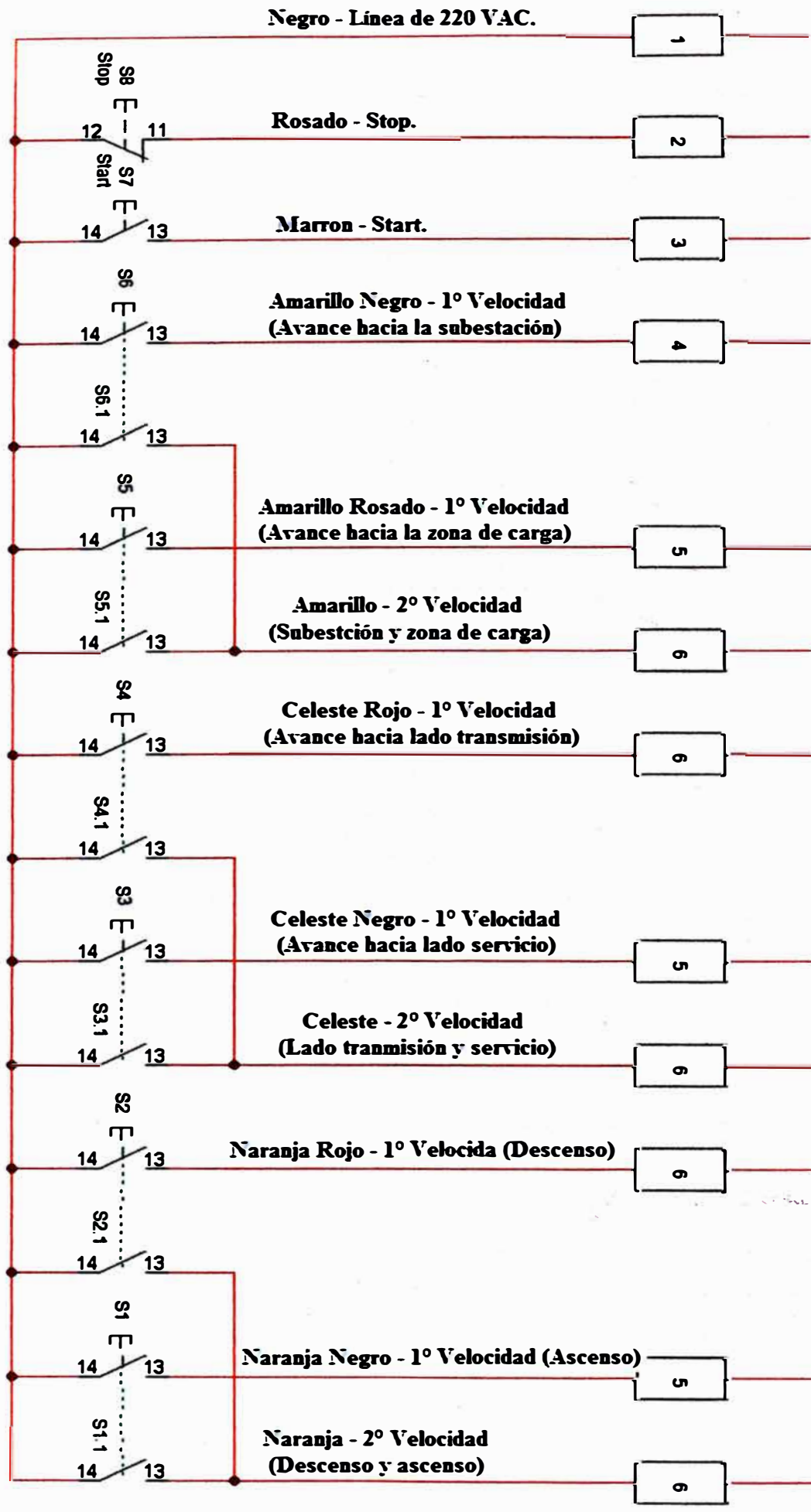
**Celeste Negro - 1º Velocidad
(Avance hacia lado servicio)**

**Celeste - 2º Velocidad
(Lado transmisión y servicio)**

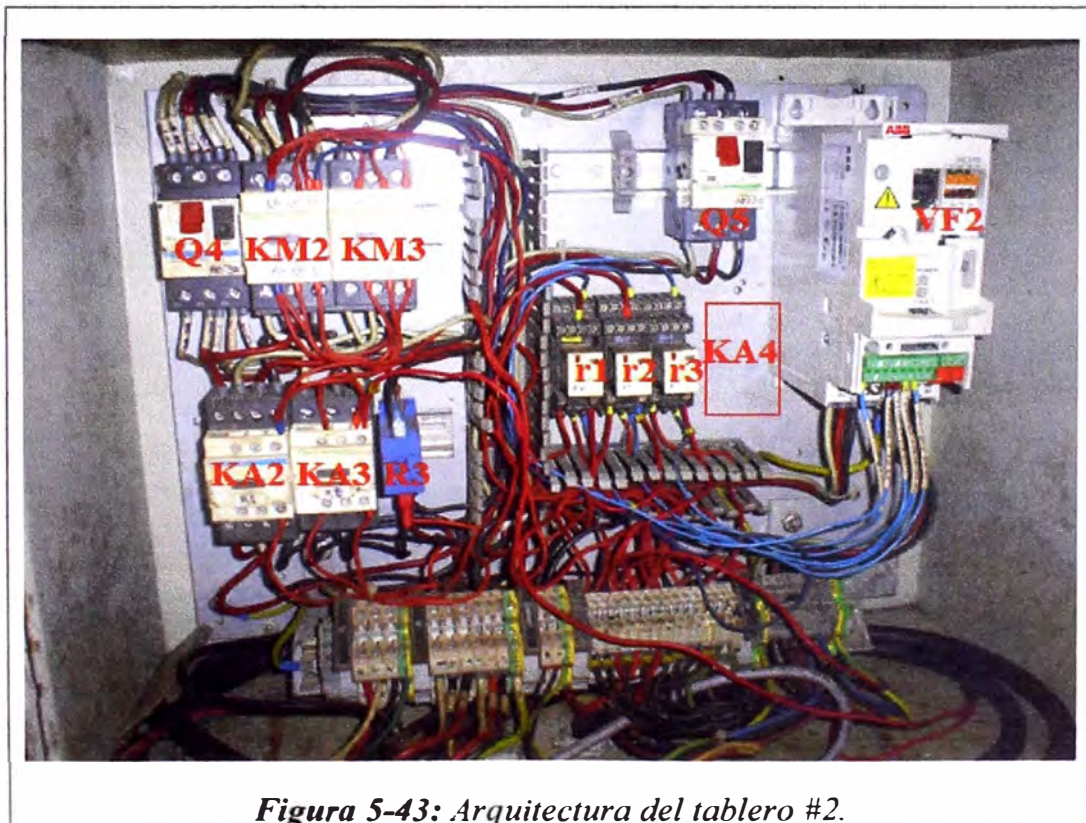
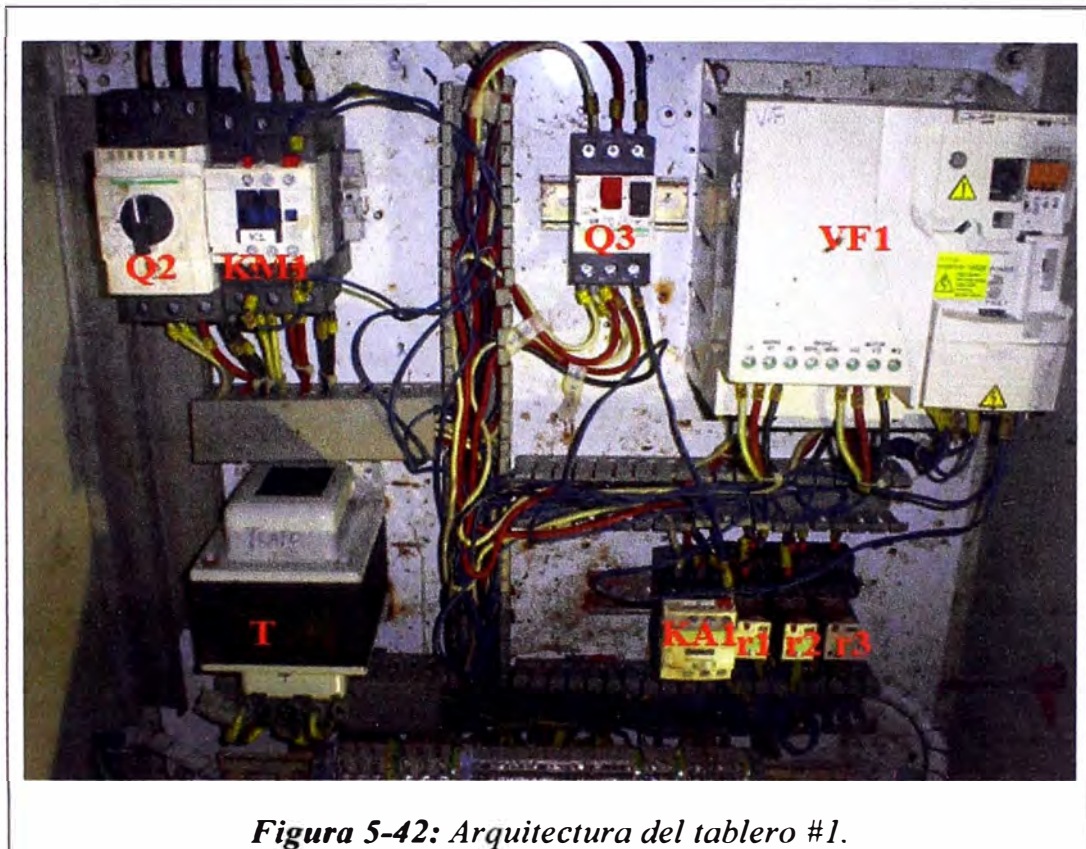
Naranja Rojo - 1º Velocidad (Descenso)

Naranja Negro - 1º Velocidad (Ascenso)

**Naranja - 2º Velocidad
(Descenso y ascenso)**



e) Arquitectura de tableros



CAPÍTULO VI

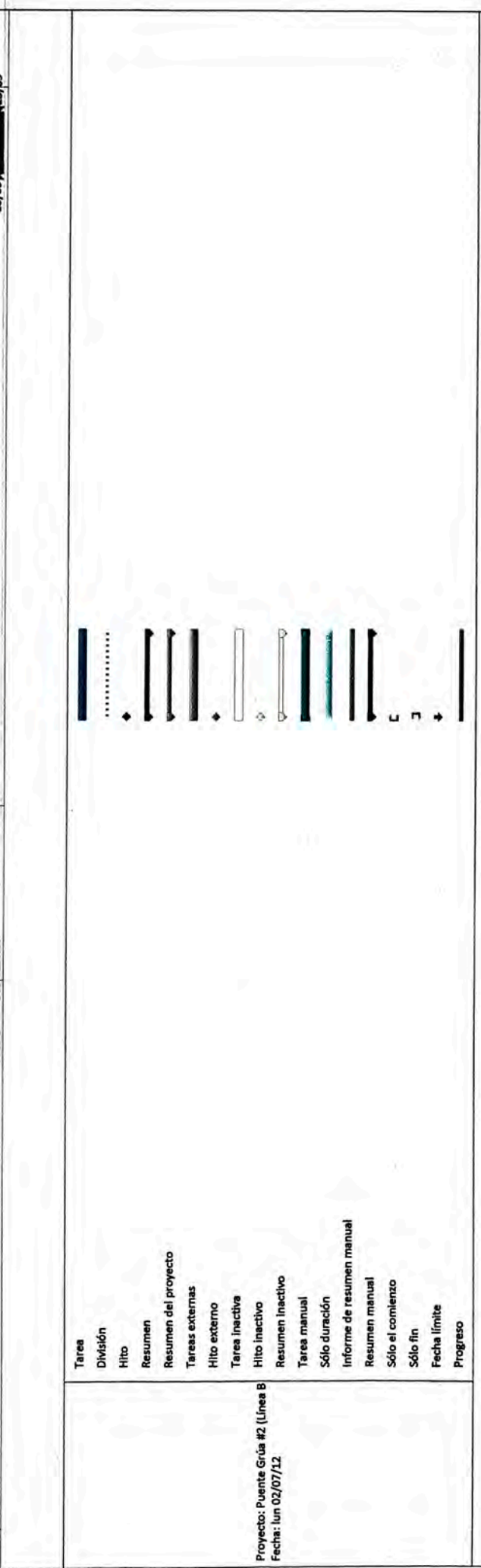
EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la evaluación económica se utilizó el Microsoft Project 2010, el software requiere que definamos los recursos a usar, como se puede observar en la **Tabla 6-1**. También debemos definir las actividades y entregables del proyecto puente grúa #2 y su secuencia miento como se puede ver en la **Figura 6-2**.

| <i>Nombre del recurso</i> | <i>Tipo</i> | <i>Iniciales</i> | <i>Grupo</i> | <i>Tasa estándar</i> | <i>Tasa horas extra</i> |
|-------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| <i>Gerencia</i> | <i>Trabajo</i> | <i>Gerencia</i> | | <i>S/. 0.00/hora</i> | <i>S/. 0.00/hora</i> |
| <i>Trasporte Puente Grúa</i> | <i>Costo</i> | <i>Transporte</i> | | | |
| <i>Hinostroza Alejandro</i> | <i>Trabajo</i> | <i>HA</i> | <i>Ing. Meca</i> | <i>S/. 29.00/hora</i> | <i>S/. 0.00/hora</i> |
| <i>Coasaca Jesús</i> | <i>Trabajo</i> | <i>CJ</i> | <i>Sup. Meca.</i> | <i>S/. 8.50/hora</i> | <i>S/. 12.75/hora</i> |
| <i>Gonzales Jeremías</i> | <i>Trabajo</i> | <i>GJ</i> | <i>Dib. Meca.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>León Manuel</i> | <i>Trabajo</i> | <i>LM</i> | <i>Tec. Meca.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Amaro José</i> | <i>Trabajo</i> | <i>AJ</i> | <i>Tec. Meca.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Marcalaya Raúl</i> | <i>Trabajo</i> | <i>MR</i> | <i>Tec. Meca.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Apeña Fredy</i> | <i>Trabajo</i> | <i>AF</i> | <i>Tec. Meca.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Godofredo Simón</i> | <i>Trabajo</i> | <i>GS</i> | <i>Tec. Meca.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Cajahuanca Milton</i> | <i>Trabajo</i> | <i>CM</i> | <i>Ing. Elec.</i> | <i>S/. 29.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Tejeda Willy</i> | <i>Trabajo</i> | <i>TW</i> | <i>Sup. Elec.</i> | <i>S/. 8.50/hora</i> | <i>S/. 12.75/hora</i> |
| <i>Pinedo Francis</i> | <i>Trabajo</i> | <i>PF</i> | <i>Dib. Elec.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Dueñas Oliveiro</i> | <i>Trabajo</i> | <i>DO</i> | <i>Tec. Elec.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Huamán Rogger</i> | <i>Trabajo</i> | <i>HR</i> | <i>Tec. Elec.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Quispe Héctor</i> | <i>Trabajo</i> | <i>QH</i> | <i>Tec. Elec.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Espinoza Carlos</i> | <i>Trabajo</i> | <i>EC</i> | <i>Tec. Elec.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Quispe Elias</i> | <i>Trabajo</i> | <i>EQ</i> | <i>Tec. Elec.</i> | <i>S/. 7.00/hora</i> | <i>S/. 10.50/hora</i> |
| <i>Componentes Eléctricos</i> | <i>Costo</i> | <i>Com. Elec.</i> | | | |
| <i>ECA Perú SAC</i> | <i>Costo</i> | <i>ECA Perú</i> | <i>Empresa</i> | | |

Tabla 6-1: Hoja de recursos proyecto puente grúa #2.

| Id | Nombre de tarea | Duración base | Duración de línea base estimada | Costo | Costo provisto |
|----|--|---------------|---------------------------------|---------------|----------------|
| 1 | Implementación Puente Grúa #2. | 20 días | 18,63 días | S/. 31.187,00 | S/. 29.284,00 |
| 2 | 1. Gestión Del Proyecto. | 18,63 días | 18,63 días | S/. 1.276,00 | S/. 1.276,00 |
| 3 | 1.1. Reducción del plan del proyecto. | 9 horas | 1 día | S/. 322,00 | S/. 322,00 |
| 4 | 1.2. Reuniones de control del proyecto | 15,25 días | 15,25 días | S/. 322,00 | S/. 322,00 |
| 5 | 1.2.1. Project Charter | 4 horas | 0,5 días | S/. 232,00 | S/. 232,00 |
| 6 | Inicio De Proyecto | 0 días | 0 días | S/. 0,00 | S/. 0,00 |
| 7 | 1.2.2. Reuniones de control del proyecto 2 | 2 horas | 0,25 días | S/. 38,00 | S/. 38,00 |
| 8 | 1.2.3. Reuniones de control del proyecto 3 | 2 horas | 0,25 días | S/. 116,00 | S/. 116,00 |
| 9 | 1.2.4. Reuniones de control del proyecto 4 | 2 horas | 0,25 días | S/. 116,00 | S/. 116,00 |
| 10 | 1.3. Control Final. | 4 horas | 0,5 días | S/. 232,00 | S/. 232,00 |
| 11 | Proyecto Terminado. | 0 días | 0 días | S/. 0,00 | S/. 0,00 |
| 12 | 2. Gestión De Adquisición Puente Grúa #2. | 2,13 días | 2,13 días | S/. 2.464,00 | S/. 2.464,00 |
| 13 | 2.1. Redacción del Informe. | 8 horas | 1 día | S/. 464,00 | S/. 464,00 |
| 14 | 2.2. Presentación del Informe. | 4 horas | 0,5 días | S/. 0,00 | S/. 0,00 |
| 15 | 2.3. Transporte Del Puente Grúa #2. | 8 horas | 1 día | S/. 2.000,00 | S/. 2.000,00 |
| 16 | Puente Grúa #2 Adquirido. | 0 días | 0 días | S/. 0,00 | S/. 0,00 |
| 17 | 3. Estudio y Adaptación Del Nuevo Sistema. | 4,75 días | 2,75 días | S/. 1.956,00 | S/. 1.273,00 |
| 18 | 3.1. Diagramas de distribución. | 0,75 días | 0,75 días | S/. 356,00 | S/. 356,00 |
| 19 | 3.1.1. Ubicación Tableros En El Puente Grúa #1. | 2 horas | 0,25 días | S/. 89,00 | S/. 89,00 |
| 20 | 3.1.2. Distribución Eléctrica Puente Grúa #1. | 6 horas | 0,75 días | S/. 267,00 | S/. 267,00 |
| 21 | 3.2. Nuevas circuitos de fuerza y control Puente Grúa #2. | 2,13 días | 1,63 días | S/. 1.020,00 | S/. 887,00 |
| 22 | 3.2.1. Circuito de fuerza y control tablero #1 y #2. | 1,25 días | 1 día | S/. 428,00 | S/. 356,00 |
| 23 | 3.2.2. Circuitos de control variadores de velocidad. | 1,5 días | 1 día | S/. 503,00 | S/. 356,00 |
| 24 | 3.2.3. Arquitectura de tableros. | 2 horas | 0,25 días | S/. 89,00 | S/. 89,00 |
| 25 | Diagramas Terminados. | 0 días | 0 días | S/. 0,00 | S/. 0,00 |
| 26 | 3.3. Dimensionamiento de los circuitos. | 1,88 días | 0,38 días | S/. 588,00 | S/. 116,00 |
| 27 | 3.3.1. Dimensionamiento conductores. | 8 horas | 0,25 días | S/. 232,00 | S/. 29,00 |
| 28 | 3.3.2. Dimensionamiento protección sobrecarga. | 8 horas | 0,13 días | S/. 232,00 | S/. 29,00 |
| 29 | 3.3.3. Dimensionamiento protección corto circuito. | 4 horas | 0,13 días | S/. 116,00 | S/. 29,00 |
| 30 | 4. Compra De Componentes Puente Grúa #2. | 0,7 sem. | 3,5 días | S/. 15.000,00 | S/. 15.000,00 |
| 31 | 5. Mantenimiento Puente Grúa | 5,13 días | 4,38 días | S/. 2.216,00 | S/. 2.248,00 |
| 32 | 5.1. Mantenimiento Barras De Alimentación. | 4 días | 2 días | S/. 1.176,00 | S/. 712,00 |
| 33 | 5.2. Mantenimiento Motores. | 6 días | 3 días | S/. 1.008,00 | S/. 504,00 |
| 34 | 5.2. Mantenimiento Carro Movimiento Longitudinal. | 5 días | 5 días | S/. 560,00 | S/. 560,00 |
| 35 | 5.3. Mantenimiento Carro Movimiento Transversal. | 3 días | 3 días | S/. 336,00 | S/. 336,00 |
| 36 | 5.4. Informe De Mantenimiento. | 8 horas | 1 día | S/. 136,00 | S/. 136,00 |
| 37 | 6. Implementación Tableros. | 6,63 días | 4,5 días | S/. 847,00 | S/. 679,00 |
| 38 | 6.1. Implementación Circuito De Fuerza Y Control Tablero #1. | 6 días | 3 días | S/. 336,00 | S/. 168,00 |
| 39 | 6.2. Implementación Circuito De Fuerza Y Control Tablero #2. | 3 días | 3 días | S/. 168,00 | S/. 168,00 |
| 40 | 6.3. Prueba de motores en banco de pruebas. | 8 horas | 1 día | S/. 112,00 | S/. 112,00 |
| 41 | 6.4. Programación de variadores. | 4 horas | 0,5 días | S/. 0,00 | S/. 0,00 |
| 42 | 6.5. Prueba de tableros en taller. | 1,13 días | 1,13 días | S/. 119,00 | S/. 119,00 |
| 43 | 6.6. Informe De Implementación Tableros. | 1 día | 1 día | S/. 112,00 | S/. 112,00 |
| 44 | Mantenimiento, Implementación Tableros Terminado. | 0 días | 0 días | S/. 0,00 | S/. 0,00 |
| 45 | 7. Montaje de puente grúa. | 2,63 días | 3,75 días | S/. 6.428,00 | S/. 6.344,00 |
| 46 | 3.6.1. Montaje Carro Longitudinal y Transversal | 6 horas | 0,75 días | S/. 6.000,00 | S/. 6.000,00 |
| 47 | 3.6.2. Montaje Eléctrico. | 8 horas | 0,5 días | S/. 112,00 | S/. 56,00 |
| 48 | 3.6.3. Prueba Global. | 12 horas | 1 día | S/. 84,00 | S/. 56,00 |
| 49 | 3.6.4. Informe Final Del Proyecto. | 8 horas | 1 día | S/. 232,00 | S/. 232,00 |



Después de actualizar las actividades con la información de duración real y costo real de cada actividad se obtiene el costo real del proyecto Puente Grúa #2 que se muestra en la **Figura 6-3**, este dato sirve para actualizar la **Tabla 6-5**.

| | Comienzo | Fin |
|-----------|--------------|--------------|
| Actual | lun 16/08/10 | lun 13/09/10 |
| Previsto | lun 16/08/10 | jue 09/09/10 |
| Real | lun 16/08/10 | lun 13/09/10 |
| Variación | 0d | 1.38d |

| | Duración | Trabajo | Costo |
|----------|----------|---------|---------------|
| Actual | 20d | 700h | S/. 31,187.00 |
| Previsto | 18.63d | 544h | S/. 29,284.00 |
| Real | 20d | 700h | S/. 31,187.00 |
| Restante | 0d | 0h | S/. 0.00 |

Figura 6-3: Tiempo y costo real de ejecución al cierre del proyecto puente grúa #2.

En la **Tabla 6-4** se muestra la cantidad de horas utilizadas para el mantenimiento planificado del 2010 – 2011, este dato se usa para el cálculo real del retorno de la inversión ROI que se muestra en la **Fórmula 6-6**.

| 2010-2011 | Real | Programado | Exceso |
|------------------|-------------|--------------------|---------------|
| <i>Setiembre</i> | 13 | 12 | 1 |
| <i>Octubre</i> | 15 | 12 | 3 |
| <i>Noviembre</i> | 16 | 12 | 4 |
| <i>Diciembre</i> | 17 | 12 | 5 |
| <i>Enero</i> | 15 | 12 | 3 |
| <i>Febrero</i> | 14 | 12 | 2 |
| <i>Marzo</i> | 17 | 12 | 5 |
| <i>Abril</i> | 13 | 12 | 1 |
| <i>Mayo</i> | 12 | 12 | 0 |
| <i>Junio</i> | 18 | 12 | 6 |
| <i>Julio</i> | 15 | 12 | 3 |
| <i>Agosto</i> | 82 | 72 | 10 |
| Total | 247 | 204 | 43 |
| %Exceso | 21.08% | Exceso Pro. | 7.17 |

Tabla 6-4: Cantidad de horas de mantenimiento planificado 2010-2011

CONCLUSIONES

- 1. Con la adaptación semiautomática de un nuevo puente grúa para la división molino, más la capacitación en grúas y montaje de motores del personal de mantenimiento mecánico y eléctrico se logra reducir la cantidad de horas que se empleaban para labores de mantenimiento planificados en más del 50 %, con lo cual se obtiene un ahorro de 181462 dólares por año.**
- 2. En el capítulo de evaluación económica se tenía previsto 544 horas de trabajo y un costo de 29,284 soles. Al final del proyecto se utilizaron 700 horas de trabajo y el costo real del proyecto fue de 31,187 soles, que es mucho menor que el límite de 50,000 soles que puso la gerencia para mejorar el mantenimiento planificado.**
- 3. Las labores de montaje y alineamiento prácticamente no generan retrasos debido a que los operarios pueden variar las velocidades del puente grúa #2 y al mismo tiempo se puede usar el puente grúa #1 para traslados, por lo cual en la actualidad se pueden realizar labores de montaje y alineamiento de diferentes rodillos o motores al mismo tiempo.**

4. Los problemas eléctricos en los tableros #1 y #2, ahora son fáciles de identificar, los arranques directos permiten identificar en que sector de todo el sistema eléctrico se está presentando un corto circuito, que motor está generando una sobrecarga o qué tipo de protección se ha activado.

5. En el periodo 2010-2011 no se han generado paradas de producción por fallas en los puentes grúa, cada vez que uno de ellos fallo se utilizó el otro para la labor de descarga de bobinas a los camiones.

RECOMENDACIONES

1. El puente grúa #2, primordialmente se debe de utilizar para las labores de montaje de motores y alineamiento de rodillos, que se llevan a cabo durante las labores de mantenimiento planificado mensuales.
2. Se debe de codificar los componentes y conductores eléctricos de los arrancadores de los tableros eléctricos #1 y #2.
3. Para el mantenimiento predictivo primordialmente se debe revisar la resistencia de los bobinados cada seis meses y medir la corriente de la grúa cuando desplaza una bobina de 5 TON cada tres meses.
4. La evaluación proactiva del puente grúa #2 debe servir como ejemplo para analizar y eliminar las causas de otros problemas que generan un costo excesivo a la empresa papelera.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Conductores Eléctricos PROCOBRE.** Manual de conductores 2010.
2. **Componentes de Protección.** TeSysThermal, magnetic motor 2008.
3. **Díaz Navarro, José.** Diagnostico Técnico y Mantenimiento Predictivo. Madrid, Artículo www.alcion.es Diciembre 1999.
4. **Harper, Enrique.** Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales. México: LIMUSA S.A, 2003.
5. **Malowey Timothy.** Electrónica Industrial Moderna. México: Pearson Educación de México S.A, 2006.
6. **Manual de usuario del convertidor ACS 355 Marca ABB.** Código 3AUA0000066143.
7. **Martínez Ferreira, Matías.** Gestión de la Calidad. Venezuela: Universidad Alejandro Humboldt, 2005.
8. **Schneider Electric S.A.** Manual Electrotécnico Telesquemario. Versión en español, Colombia 2010.
9. **Suzuki, Tokutaró.** TPM en industrias de proceso. Versión en español, Madrid: Marqués de Cubas, 1995.

ANEXOS

Anexo N° 1

Toneladas de papel producidas, consumo de gas de la caldera, consumo de energía eléctrica y consumo de materia prima (papel reciclado), durante 23 días del mes de junio del 2009.

| <i>Día</i> | <i>Ton Papel</i> | <i>Consumo de Gas (gal)</i> | <i>KW-H</i> | <i>Ton De Papel Reciclado</i> |
|--------------|------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|
| 1 | 92.48 | 5175 | 59555 | 116.93 |
| 2 | 99.67 | 4761 | 59884 | 123.74 |
| 3 | 94.83 | 4864.5 | 59437 | 112.97 |
| 4 | 94.96 | 4554 | 58723 | 112.06 |
| 5 | 94.17 | 4243.5 | 54614 | 104.33 |
| 6 | 105.2 | 4864.5 | 59548 | 115.82 |
| 7 | 96.81 | 4554 | 59842 | 106.9 |
| 8 | 95.9 | 4657.5 | 58224 | 107.03 |
| 9 | 95.64 | 4761 | 59633 | 116.87 |
| 10 | 89.33 | 4761 | 60036 | 106.34 |
| 11 | 91.32 | 4554 | 57945 | 97.26 |
| 12 | 101.64 | 4938.21 | 57596 | 112.64 |
| 13 | 105.98 | 4718.74 | 57046 | 125.09 |
| 14 | 107.51 | 4663.86 | 56048 | 125.65 |
| 15 | 111.33 | 4828.48 | 56861 | 133.45 |
| 16 | 103.12 | 4718.73 | 55487 | 123.3 |
| 17 | 114.39 | 4660.7 | 57764 | 130.46 |
| 18 | 114.43 | 4744.71 | 56360 | 120.65 |
| 19 | 93.6 | 4359.49 | 51961 | 112.13 |
| 20 | 110.05 | 4930.38 | 57526 | 135.23 |
| 21 | 108.98 | 4969.32 | 58238 | 128.5 |
| 22 | 105.55 | 4821.42 | 58439 | 111.02 |
| 23 | 99.43 | 4767.85 | 59257.5 | 107.78 |
| Total | 2326.32 | 108871.89 | 1330024.5 | 2686.15 |

Tabla A-1: Toneladas de papel y costos de consumibles

Anexo N° 2

La adaptación semiautomática del puente grúa #2 se justifica por la gran cantidad de equipos pesados a los cuales se les tiene que dar mantenimiento. La cantidad de rodillos se muestra en la **Tabla A-2**, los motores con potencia mayor a 60 Hp están en la **Tabla A-3** y finalmente en la **Figura A-3** es el diagrama P&D de la planta papelera.

| <i>Código</i> | <i>Descripción</i> | <i>Cantidad</i> |
|---------------|---------------------------------------|-----------------|
| <i>R401I</i> | <i>Rodillo Couch Mesa Inferior.</i> | <i>1</i> |
| <i>R401S</i> | <i>Rodillo Couch Mesa Superior.</i> | <i>1</i> |
| <i>R402I</i> | <i>Rodillo Helper Mesa Inferior.</i> | <i>1</i> |
| <i>R402S</i> | <i>Rodillo Helper Mesa Superior.</i> | <i>1</i> |
| <i>R601</i> | <i>Rodillos Prensa 1.</i> | <i>2</i> |
| <i>R602</i> | <i>Rodillos Prensa 2.</i> | <i>2</i> |
| <i>R603</i> | <i>Rodillos Prensa 3.</i> | <i>2</i> |
| <i>R702I</i> | <i>Rodillos Impulsores Secador 1.</i> | <i>19</i> |
| <i>R702S</i> | <i>Rodillos Secadores Secador 1.</i> | <i>6</i> |
| <i>R703I</i> | <i>Rodillos Impulsores Secador 2.</i> | <i>20</i> |
| <i>R703S</i> | <i>Rodillos Secadores Secador 2.</i> | <i>8</i> |
| <i>R704I</i> | <i>Rodillos Impulsores Secador 3.</i> | <i>20</i> |
| <i>R704S</i> | <i>Rodillos Secadores Secador 3.</i> | <i>8</i> |
| <i>R901</i> | <i>Rebobinadora</i> | <i>5</i> |

Tabla A-2: Rodillos que necesitan del puente grúa para su desmontaje.

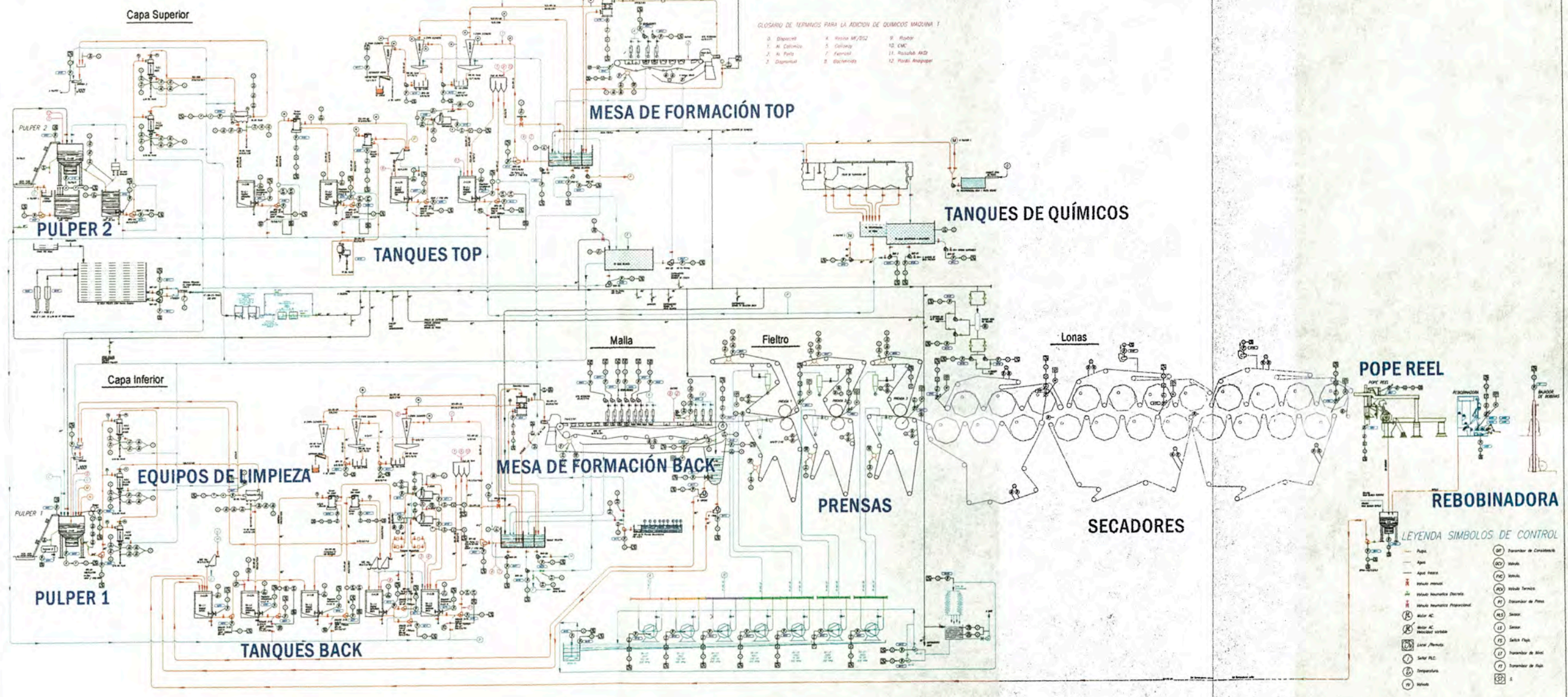
| Código | Maquina | PI(kW) | PI(Hp) |
|---------------|---|---------------|---------------|
| M002 | <i>Pulper N1</i> | 360.00 | 482.77 |
| M006 | <i>Bomba Hidrapulper 1</i> | 44.76 | 60.02 |
| M007 | <i>Turbosorter 1</i> | 74.60 | 100.04 |
| M102 | <i>Pulper N°2 (segunda etapa)</i> | 111.90 | 150.06 |
| M104 | <i>Turbosorter C.S. (segunda etapa)</i> | 44.76 | 60.02 |
| M602 | <i>Prensa N2</i> | 160.00 | 214.56 |
| M603 | <i>Prensa N3</i> | 250.00 | 335.26 |
| M703 | <i>Secador 2</i> | 44.76 | 60.02 |
| M704 | <i>Secador 3</i> | 44.76 | 60.02 |
| M222 | <i>Bomba Fan Pump C.I.</i> | 160.00 | 214.56 |
| M314 | <i>Bomba Fan Pump C.S. (segunda etapa)</i> | 44.76 | 60.02 |
| M401 | <i>Couch</i> | 56.00 | 75.10 |
| M402 | <i>Helper</i> | 63.00 | 84.48 |
| M501 | <i>Rodillo de retorno (segunda etapa)</i> | 112.00 | 150.19 |
| M601 | <i>Prensa N1</i> | 75.00 | 100.58 |
| M801 | <i>Pope</i> | 88.00 | 118.01 |
| M303 | <i>Screen 1 Etapa CS OS2</i> | 90.00 | 120.69 |
| M306 | <i>Screen 2 Etapa CS OS2 voith</i> | 55.95 | 75.03 |
| M318 | <i>SelectifierScfreen (ScreenCab De Maq.) Cs</i> | 75.00 | 100.58 |
| M418 | <i>Bomba de Vacio</i> | 112.50 | 150.86 |
| M419 | <i>Bomba de Vacio (segunda etapa)</i> | 112.50 | 150.86 |
| M420 | <i>Bomba de Vacio</i> | 195.00 | 261.50 |
| M421 | <i>Bomba de Vacio</i> | 186.50 | 250.10 |
| M422 | <i>Bomba de Vacio</i> | 55.95 | 75.03 |
| M423 | <i>Bomba de Vacio</i> | 55.95 | 75.03 |
| M424 | <i>Bomba de Vacio</i> | 55.95 | 75.03 |
| M208 | <i>Screen 1° Etapa Ci (SOTERA)</i> | 93.25 | 125.05 |
| M211 | <i>Screen 2° Etapa Ci (LICAR)</i> | 75.00 | 100.58 |
| M226 | <i>SelectifierScreen (ScreenCab De Maquina) Ci</i> | 88.00 | 118.01 |
| M411 | <i>Agitador De TqCouch</i> | 74.60 | 100.04 |
| M426 | <i>Bomba Agua Blanca (segunda etapa) (VA PULPER)</i> | 90.00 | 120.69 |
| M803 | <i>Hidrapulper De Rotos (segunda etapa)</i> | 74.60 | 100.04 |
| M218 | <i>Refinador N1</i> | 186.50 | 250.10 |
| M217 | <i>Refinador N2</i> | 186.50 | 250.10 |
| M310 | <i>Refinador N3 (segunda etapa)</i> | 186.50 | 250.10 |
| M901 | <i>Rebobinadora Rodillo De Tracción N°1 En Cc</i> | 56.00 | 75.10 |
| M902 | <i>Rebobinadora Rodillo De Tracción N°2 En Cc</i> | 56.00 | 75.10 |
| M904 | <i>Rebobinadora Frenado De Rodillo De Papel En Cc</i> | 78.00 | 104.60 |

Tabla A-3: Motores con potencia mayor a 60 Hp.

DIAGRAMA DE FLUJO /P&ID MOLINO VILLA MARINA

CLOSAIO DE TEFERAS PARA LA ADICION DE QUIMICOS MAQUINA 1

| | | |
|----------------|-------------------|---------------------|
| 0. Dispositivo | 4. Filtro MF/202 | 8. Bomba |
| 1. A. Control | 5. Colador | 10. CMC |
| 2. A. Pulp | 6. Fervor | 11. Rotablat AKD |
| 3. Dispositivo | 7. Electrovalvula | 12. Pallet Anapaper |



MODIFICADO 01/12/10

| | | | | |
|------------------------------|----|----------|------------|--------------------------------------|
| REVISOR: Pablo Vilovicencios | D4 | 01/12/10 | FECHA | DESIGNACION |
| REVISOR: Wlter Verita | D3 | 01/12/10 | TPD | 1 x 1 m3/h |
| REVISOR: Luis Santiago | D2 | 01/12/10 | Version 18 | ARCHIVO: Flujo /P&D |
| REVISOR: Maria Morales | D1 | 01/12/10 | REV. N° | FECHA POR INDICE N° CODIGO: Elec.007 |
| DIBUJO: Francis Pinedo | | | | |

Figura A-4: Diagrama P&D de la planta papelera.

Anexo N° 3

En la **Tabla A-5**, se muestra los factores de corrección que se van a utilizar para el dimensionamiento de los conductores eléctricos, estos factores se emplean para determinar la corriente por sección de conductor, posteriormente se utiliza la **Tabla A-6** o la **Tabla A-7** para determinar la sección de los conductores.

2.2.1.1. Factores de corrección por cantidad de conductores « ϵN »

| Cantidad de Conductores | Factor |
|-------------------------|--------|
| 4 a 6 | 0,8 |
| 7 a 24 | 0,7 |
| 25 a 42 | 0,6 |
| Sobre 42 | 0,5 |

2.2.1.2. Factores de corrección por temperatura ambiente

Secciones Milimétricas «T»

| Temperatura Ambiente °C | Factor |
|-------------------------|--------|
| Más de 30 hasta 35 | 0,94 |
| Más de 35 hasta 40 | 0,87 |
| Más de 40 hasta 45 | 0,80 |
| Más de 45 hasta 50 | 0,71 |
| Más de 50 hasta 55 | 0,62 |

2.2.1.3. Factores de corrección por temperatura

Secciones AWG «T»

| Temperatura Ambiente °C | Temperatura de Servicio | |
|-------------------------|-------------------------|------|
| | 60°C | 75°C |
| Más de 30 hasta 40 | 0,82 | 0,88 |
| Más de 40 hasta 45 | 0,71 | 0,82 |
| Más de 45 hasta 50 | 0,58 | 0,75 |
| Más de 50 hasta 55 | 0,41 | 0,67 |
| Más de 55 hasta 60 | - | 0,58 |
| Más de 60 hasta 70 | - | 0,35 |

Tabla A-5: Factores de corrección.

| (Secciones AWG) | | | | | | | | |
|--|----------|-------------------------|------|------|-------------------------|------|------|---------|
| AISLADOS TEMPERATURA DE SERVICIO: 60° 75° 90°C | | | | | | | | |
| SECCION | SECCION | GRUPO A | | | GRUPO B | | | DESNUDO |
| | | TEMPERATURA DE SERVICIO | | | TEMPERATURA DE SERVICIO | | | |
| Nominal (mm) ² | AWG | 60°C | 75°C | 90°C | 60°C | 75°C | 90°C | |
| 0,32 | 22 | 3 | 3 | | | | | |
| 0,51 | 20 | 5 | 5 | | | | | |
| 0,82 | 18 | 7,5 | 7,5 | | | | | |
| 1,31 | 16 | 10 | 10 | | | | | |
| 2,08 | 14 | 15 | 15 | 25 | 20 | 20 | 30 | |
| 3,31 | 12 | 20 | 20 | 30 | 25 | 25 | 40 | |
| 5,26 | 10 | 30 | 30 | 40 | 40 | 40 | 55 | |
| 8,36 | 8 | 40 | 45 | 50 | 55 | 65 | 70 | 90 |
| 13,30 | 6 | 55 | 65 | 70 | 80 | 95 | 100 | 130 |
| 21,15 | 4 | 70 | 85 | 90 | 105 | 125 | 135 | 150 |
| 26,67 | 3 | 80 | 100 | 105 | 120 | 145 | 155 | 200 |
| 33,62 | 2 | 95 | 115 | 120 | 140 | 170 | 180 | 230 |
| 42,41 | 1 | 110 | 130 | 140 | 165 | 195 | 210 | 270 |
| 53,49 | 1/0 | 125 | 150 | 155 | 195 | 230 | 245 | 310 |
| 67,42 | 2/0 | 145 | 175 | 185 | 225 | 265 | 285 | 360 |
| 85,01 | 3/0 | 165 | 200 | 210 | 260 | 310 | 330 | 420 |
| 107,2 | 4/0 | 195 | 230 | 235 | 300 | 360 | 385 | 490 |
| 127 | 250 MCM | 215 | 255 | 270 | 340 | 405 | 425 | 540 |
| 152,0 | 300 MCM | 240 | 285 | 300 | 375 | 445 | 480 | 610 |
| 177,3 | 350 MCM | 260 | 310 | 325 | 420 | 505 | 530 | 670 |
| 202,7 | 400 MCM | 280 | 335 | 360 | 455 | 545 | 575 | 730 |
| 253,4 | 500 MCM | 320 | 380 | 405 | 515 | 620 | 660 | 840 |
| 304 | 600 MCM | 355 | 420 | 455 | 575 | 690 | 740 | |
| 354,7 | 700 MCM | 385 | 460 | | 630 | 755 | | |
| 380 | 750 MCM | 400 | 475 | 500 | 655 | 785 | 845 | |
| 405,4 | 800 MCM | 410 | 490 | | 680 | 815 | | |
| 456 | 900 MCM | 435 | 520 | | 730 | 870 | | |
| 506,7 | 1000 MCM | 455 | 545 | 585 | 780 | 925 | 1000 | |
| 633,4 | 1250 MCM | 495 | 590 | | 890 | 1065 | | |
| 760,1 | 1500 MCM | 520 | 625 | | 980 | 1175 | | |
| 886,7 | 1750 MCM | 545 | 650 | | 1070 | 1280 | | |
| 1013 | 2000 MCM | 560 | 665 | | 1155 | 1385 | | |

Grupo A: hasta 3 conductores en tubo o en cable o directamente enterrados. Grupo B: Conductor simple al aire libre.

Tabla A-6: Secciones AWG

(Secciones Milimétricas)

TEMPERATURA DE SERVICIO: 70°C/TEMPERATURA AMBIENTE: 30°C

| SECCION NOMINAL (mm) ² | GRUPO1 | GRUPO2 | GRUPO3 |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| 0.75 | - | 12 | 15 |
| 1 | 11 | 15 | 19 |
| 1.5 | 15 | 19 | 23 |
| 2.5 | 20 | 25 | 32 |
| 4 | 25 | 34 | 42 |
| 6 | 33 | 44 | 54 |
| 10 | 45 | 61 | 73 |
| 16 | 61 | 82 | 98 |
| 25 | 83 | 108 | 129 |
| 35 | 103 | 134 | 158 |
| 50 | 132 | 167 | 197 |
| 70 | 164 | 207 | 244 |
| 95 | 197 | 249 | 291 |
| 120 | 235 | 291 | 343 |
| 150 | - | 327 | 382 |
| 185 | - | 374 | 436 |
| 240 | - | 442 | 516 |
| 300 | - | 510 | 595 |
| 400 | - | - | 708 |
| 500 | - | - | 809 |

GRUPO 1: Monoconductores tendidos al interior de ductos.

GRUPO 2: Multiconductores con cubierta común, que van al interior de tubos metálicos, cables planos, cables portátiles o móviles, etc.

GRUPO 3: Monoconductores tendidos sobre aisladores.

Tabla A-7: Secciones milimétricas.

Anexo N°4

Para la selección de los contactores se usa la **Tabla A-8**, para la selección de los fusibles se usa la **Tabla A-9** y para la selección de los guardamotores se usa la **Tabla A-10**.

Table 5: TeSys GV3P Horsepower and SCCR Ratings
In combination with line spacer GV3G66 and magnetic trip unit GVAM11 for stand-alone starters

| Standard Motor Ratings @ 50/60 Hz (hp) | | | | | | Associated Cable, AWG 75 °C, Cu | Manual Self-Protected Starter | Overload Trip Range (A) | Type of Contactor Required | SCCR (kA) | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|-------------|
| 1 Ø | | 3 Ø | | | | | | | | 480Y/ 277 V | 600Y/ 347 V |
| 120 V | 240 V | 200 V | 240 V | 480 V | 600 V | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 7.5 | 10 | 8 | GV3P13 | 9-13 | LC1D18 | 65 | 25 |
| 1 | 3 | 3 | 5 | 7.5 | 10 | 8 | GV3P18 | 12-18 | LC1D18 | 65 | 25 |
| 2 | 3 | 5 | 7.5 | 15 | 20 | 6 | GV3P25 | 17-25 | LC1D25 | 65 | 25 |
| 2 | 3 | 7.5 | 7.5 | 20 | 25 | 6 | GV3P32 | 23-32 | LC1D32 | 65 | 25 |
| 3 | 5 | 10 | 10 | 25 | 30 | 3 | GV3P40 | 30-40 | LC1D40A/ 50A/65A | 65 | 25 |
| 3 | 7.5 | 10 | 10 | 30 | 40 | 3 | GV3P50 | 37-50 | LC1D50A/65A | 65 | 25 |
| 5 | 10 | 15 | 15 | 40 | 50 | 3 | GV3P65 | 48-65 | LC1D65A/80 | 65 | 25 |

Tabla A-8: Tabla de selección de contactores.

Breaking capacity of GV3 P and GV3 ME80

| Motor circuit-breaker type | | | | GV3 P | | | | | | | | GV3 ME80 |
|---|-----------|----|----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----------|
| | | | | 13 | 18 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | | |
| Associated fuses, if required if I _{sc} > breaking capacity I _{cu} | 230/240 V | aM | A | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | |
| | | gG | A | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | |
| 415 V | aM | A | ★ | ★ | ★ | ★ | 125 | 125 | 125 | 315 | | |
| | gG | A | ★ | ★ | ★ | ★ | 160 | 160 | 160 | 400 | | |
| 440 V | aM | A | 63 | 80 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 315 | | |
| | gG | A | 80 | 100 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 400 | | |
| 500 V | aM | A | 63 | 63 | 63 | 63 | 80 | 80 | 80 | 200 | | |
| | gG | A | 80 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 | 250 | | |
| 690 V | aM | A | 50 | 50 | 50 | 50 | 63 | 63 | 63 | 200 | | |
| | gG | A | 63 | 63 | 63 | 63 | 80 | 80 | 80 | 250 | | |

Tabla A-9: Tabla de selección de fusible.

Table 48: GV3P Manual Motor Controller and Protector Horsepower Ratings

| Catalog Number | Thermal Trip Setting Range (A) | Maximum Horsepower Ratings | | | | | |
|----------------|--------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 Ø | | 3 Ø | | | |
| | | 120 V | 240 V | 208 V | 240 V | 480 V | 600 V |
| GV3P13 | 9-13 | 0.5 | 1.5 | 3 | 3 | 7.5 | 10 |
| GV3P18 | 12-18 | 0.75 | 2 | 3 | 5 | 7.5 | 10 |
| GV3P25 | 17-25 | 1.5 | 3 | 5 | 7.5 | 15 | 20 |
| GV3P32 | 23-32 | 2 | 3 | 7.5 | 7.5 | 20 | 25 |
| GV3P40 | 30-40 | 3 | 5 | 10 | 10 | 25 | 30 |
| GV3P50 | 37-50 | 3 | 7.5 | 10 | 10 | 30 | 40 |
| GV3P65 | 48-65 | 3 | 10 | 15 | 15 | 40 | 50 |



GV2ME



GV2ME••3



GV2P

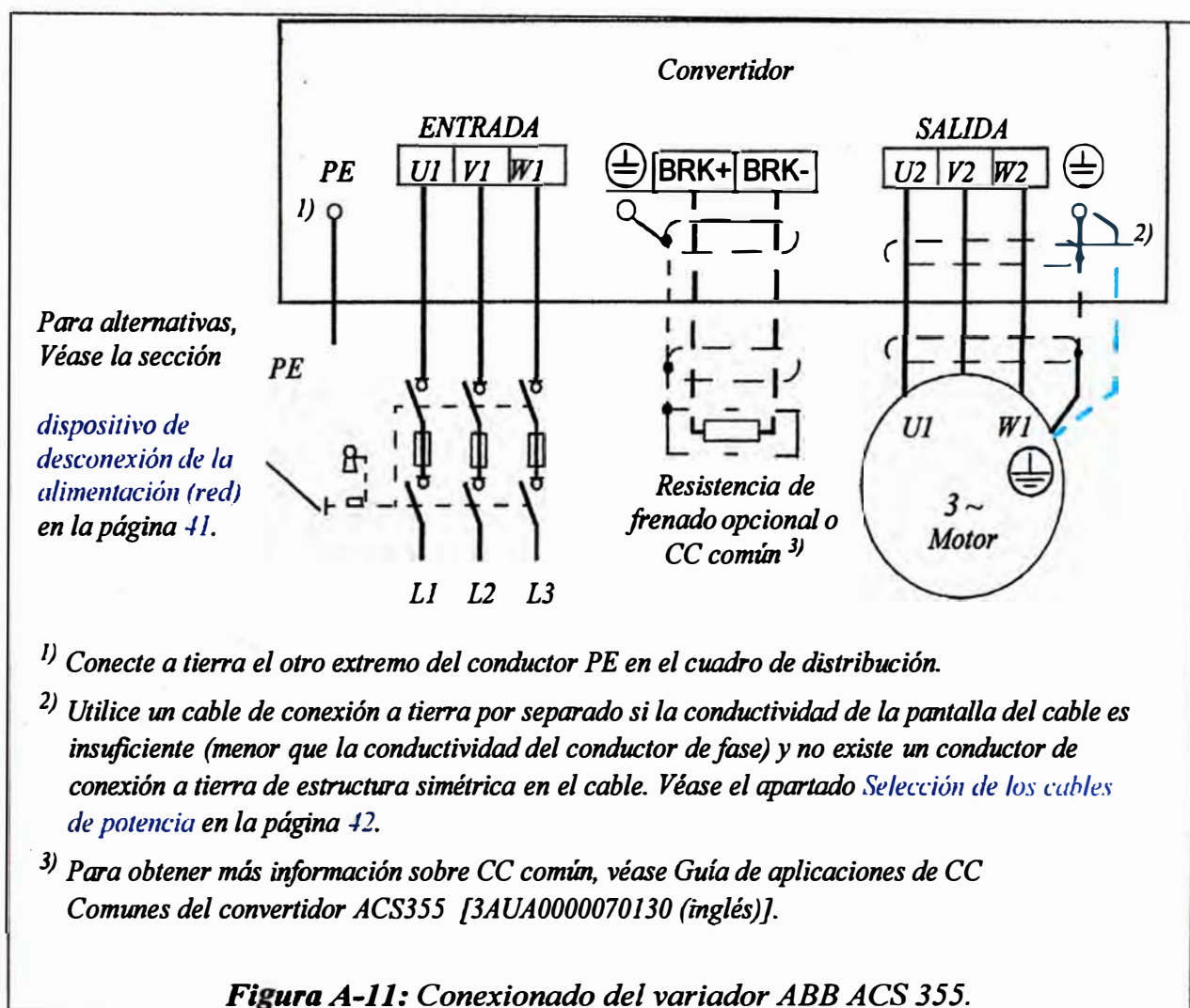


GV3P

Tabla A-10: Tabla de selección de guardamotores.

Anexo N° 5

En la **Figura A-11**, **A-12** y **A-13**, muestran los diagramas de conexión para los variadores de velocidad. La **Tabla A-14** y la **Figura A-15** sirven para la parametrización de los variadores de velocidad.



Procedimiento de conexión

1. Fije los conductores de tierra (PE) del cable de potencia de entrada bajo la grapa de conexión a tierra. Conecte los conductores de fase a los terminales U1, V1 y W1. Utilice un par de apriete de 0,8 N·m (7 lbf·in) para bastidores R0 a R2, de 1,7 N·m (15 lbf·in) para bastidores R3 y de 2,5 N·m (22 lbf·in) para bastidores R4.
2. Pele el cable del motor y trence la pantalla para formar una espiral lo más corta posible. Fije la pantalla trenzada bajo la grapa de conexión a tierra. Conecte los conductores de fase a los terminales U2, V2 y W2. Utilice un par de apriete de 0,8 N·m (7 lbf·in) para bastidores R0...R2, de 1,7 N·m (15 lbf·in) para bastidores R3 y de 2,5 N·m (22 lbf·in) para bastidores R4.
3. Conecte la resistencia de frenado opcional a los terminales BRK+ y BRK- con un cable apantallado utilizando el mismo procedimiento que para el cable de motor descrito en el paso anterior.
4. Fije los cables fuera del convertidor de forma mecánica.

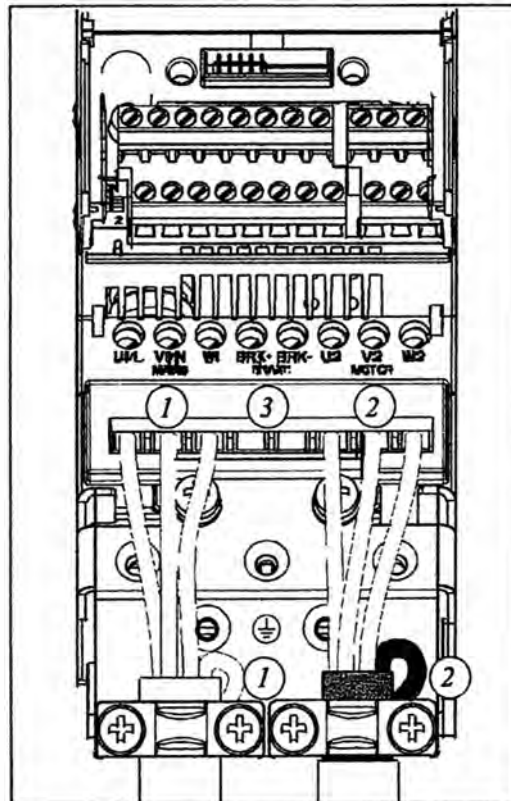
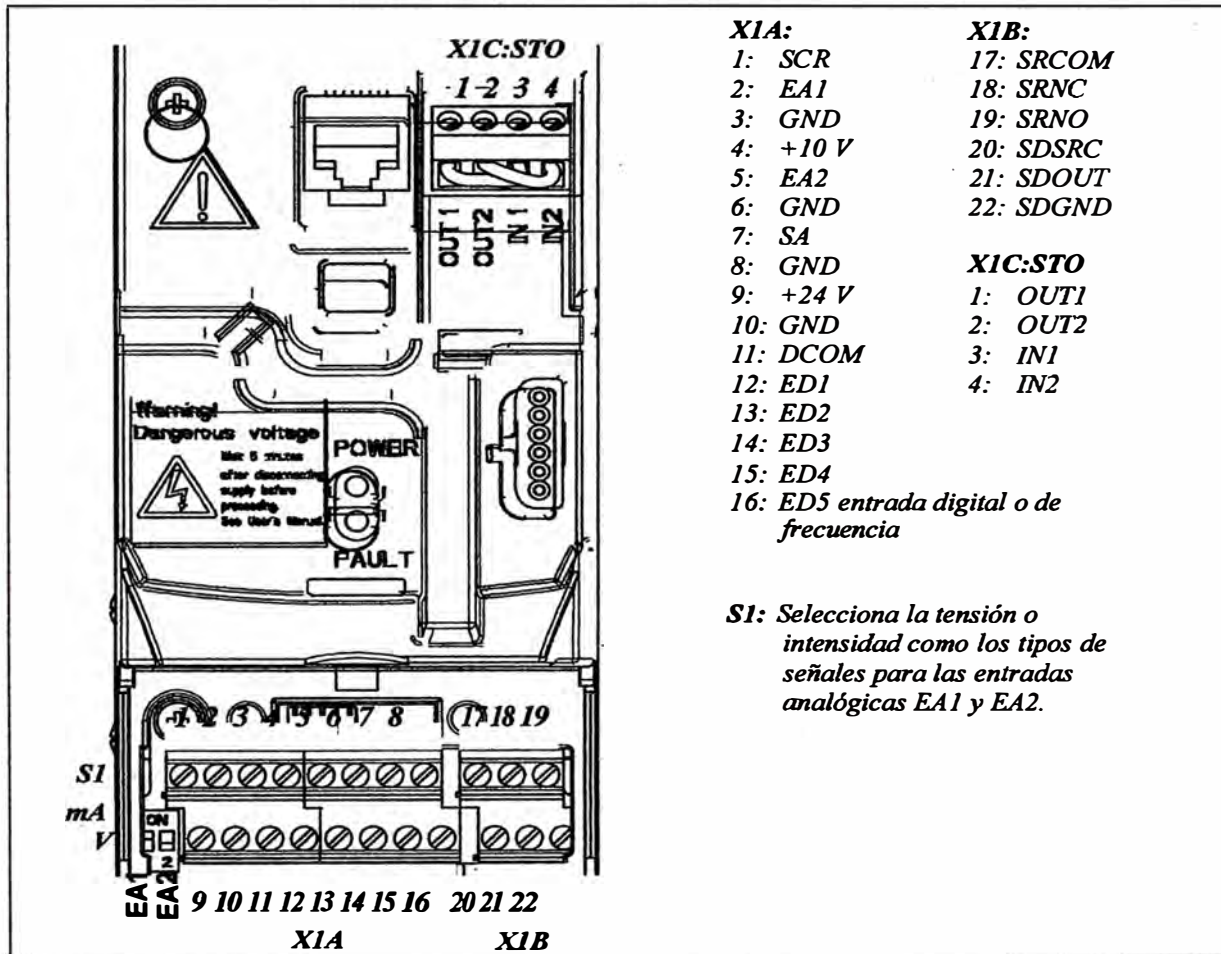


Figura A-12: Conexión del variador ABB ACS 355.

Conexión de los cables de control

Terminales de E/S

La figura siguiente muestra los terminales de E/S. El par de apriete es 0,4 N·m / 3,5 lbf·in.



Selección de tensión e intensidad para entradas analógicas

El conmutador S1 selecciona la tensión (0 [2] ... 10 V / -10...10 V) o la intensidad (0 [4] ... 20 mA / -20...20 mA) como los tipos de señal para las entradas analógicas EA1 y EA2. Los ajustes de fábrica son la tensión unipolar para la EA1 (0 [2]...10 V) y la intensidad unipolar para la EA2 (0 [4]...20 mA), que corresponden al uso por defecto en las macros de aplicación. El interruptor se encuentra a la izquierda del terminal 9 de E/S (véase la figura anterior del terminal de E/S).

Figura A-13: Conexión del variador ABB ACS 355.

| Entrada/ Salida | Macro | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
| | Estándar ABB | 3 hilos | Alterna | Potenciómetro del motor | Manual/ Automático | Control PID | Control del par |
| EA1 (0...10 V) | <i>Ref. de frec.</i> | <i>Ref. veloc.</i> | <i>Ref. veloc.</i> | - | <i>Ref. veloc. (Manual)</i> | <i>Ref. veloc. (Manual) / Ref. proc. (PID)</i> | <i>Ref. veloc. (velocidad)</i> |
| EA2 (0...20 mA) | - | - | - | - | <i>Ref. veloc. (Auto)</i> | <i>Valor de proceso</i> | <i>Ref. par. (Par)</i> |
| SA | <i>Frec. salida</i> | <i>Velocidad</i> | <i>Velocidad</i> | <i>Velocidad</i> | <i>Velocidad</i> | <i>Velocidad</i> | <i>Velocidad</i> |
| ED1 | <i>Paro/ Marcha</i> | <i>Marcha (pulso)</i> | <i>Marcha (avance)</i> | <i>Paro/ Marcha</i> | <i>Marcha/ Paro (Manual)</i> | <i>Marcha/ Paro (Manual)</i> | <i>Marcha/ Paro (veloc.)</i> |
| ED2 | <i>Avan./Ret.</i> | <i>Paro (pulso)</i> | <i>Marcha (retroceso)</i> | <i>Avan./Inv.</i> | <i>Avan./Inv. (Manual)</i> | <i>Manual/ PID</i> | <i>Avan./Ret.</i> |
| ED3 | <i>Entrada veloc. const. 1</i> | <i>Avan./Inv.</i> | <i>Entrada veloc. const. 1</i> | <i>Ref. veloc. aument.</i> | <i>Manual/ Automático</i> | <i>Veloc. const 1</i> | <i>Velocidad/ Par</i> |
| ED4 | <i>Entrada veloc. const. 2</i> | <i>Entrada veloc. const. 1</i> | <i>Entrada veloc. const. 2</i> | <i>Ref. veloc. dismin.</i> | <i>Avan./Inv. (Auto)</i> | <i>Permiso marcha</i> | <i>Veloc. const. 1</i> |
| ED5 | <i>Selección par de rampa</i> | <i>Entrada veloc. const. 2</i> | <i>Selección par de rampa</i> | <i>Veloc. const 1</i> | <i>Marcha/ Paro (Auto)</i> | <i>Marcha/ Paro (PID)</i> | <i>Selección par de rampa</i> |
| SR | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> |
| SD | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> | <i>Fallo (-1)</i> |

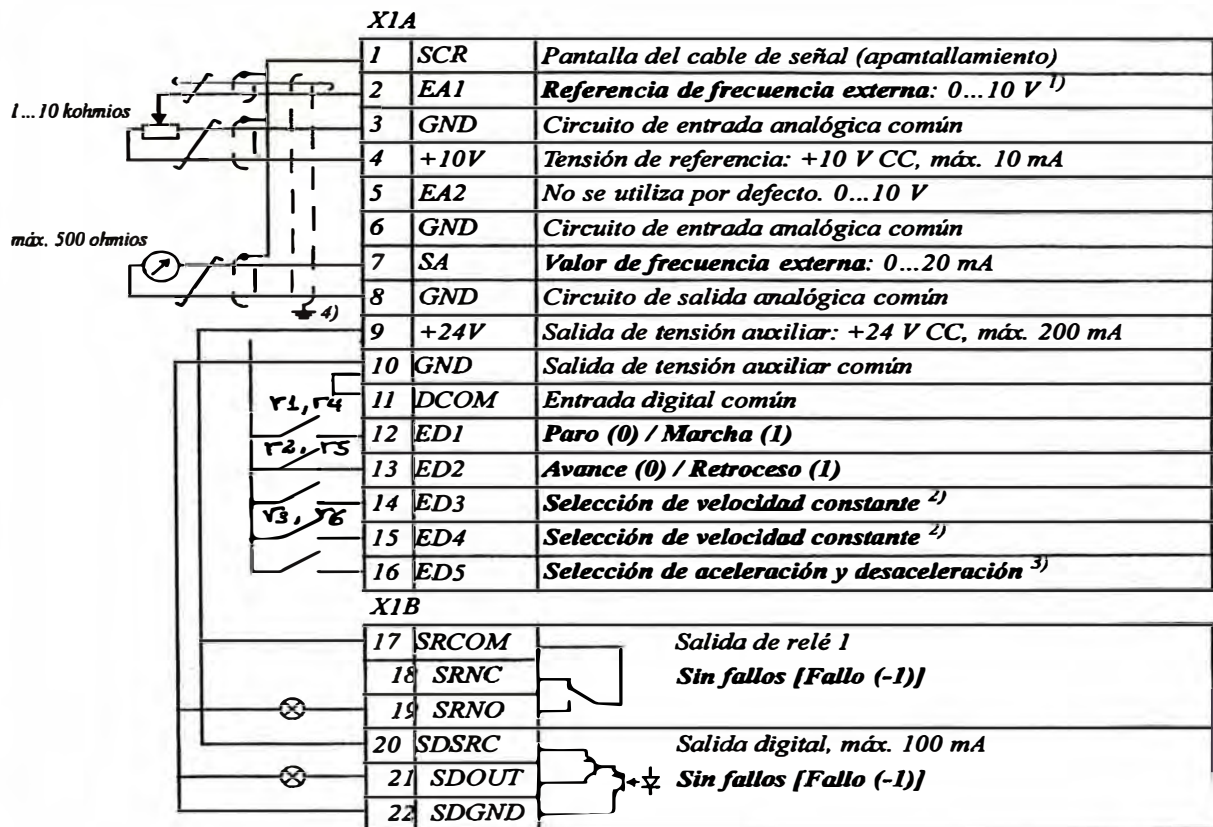
Tabla A-14: Parametrización del variador ABB ACS 355.

Macro Estándar ABB

Es la macro por defecto. Proporciona una configuración de E/S de cometido general con tres velocidades constantes. Los valores de parámetros son los valores predeterminados definidos en el apartado *Parámetros* en la página 192.

Si utiliza unas conexiones diferentes a las conexiones por defecto que se presentan a continuación, véase el apartado *Terminales de E/S* en la página 55.

Conexiones de E/S por defecto



1) La EA1 se utiliza como una referencia de velocidad si se selecciona un modo vectorial.

2) Véase el grupo de parámetros 12 VELOC CONSTANTES:

| ED3 | ED4 | Funcionamiento (parámetro) |
|-----|-----|--------------------------------|
| 0 | 0 | Velocidad ajustada a través de |
| 1 | 0 | Velocidad 1 (1202) |
| 0 | 1 | Velocidad 2 (1203) |
| 1 | 1 | Velocidad 3 (1204) |

3) 0 = tiempos de rampa según los parámetros 2202 y 2203.

1 = tiempos de rampa según los parámetros 2205 y 2206.

4) Conexión a tierra a 360° bajo una grapa. Par de apriete = 0,4 N·m / 3,5 lbf·in.

Las conexiones "Safe Torque Off" (X1C:STO; no se muestra en el diagrama) se saltan por defecto

Figura A-15: Parametrización del variador ABB ACS 355.