

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SISTEMAS CONFIABLES DE CONTROL Y REGISTRO PARA USO EFICIENTE EN LA OPERACIÓN DE MOTORES ELECTRICOS DESARROLLADO EN UN COMPLEJO MINERO

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELÉCTRICISTA

PRESENTADO POR:

VLADIMIRO LUIS ZUÑIGA DEL CASTILLO

PROMOCIÓN

2005- II

LIMA – PERÚ

2010

**SISTEMAS CONFIABLES DE CONTROL Y REGISTRO PARA
USO EFICIENTE EN LA OPERACIÓN DE MOTORES
ELECTRICOS DESARROLLADO EN UN COMPLEJO MINERO**

Agradezco a mis padres, a mi esposa y muy en especial a mi hijo Axel el cual es mi inspiración constante.

SUMARIO

En el presente informe de suficiencia trata de la implementación y puesta en servicio de un centro de Control de Motores inteligente (MCCi), Cumpliendo con las Normas Técnica De Calidad Del Servicio Eléctrico en donde se hace un análisis del estado en el cual se vienen realizando los trabajos de producción de la compañía Minera Condestable, este proyecto abarca varias áreas (producción, mantenimiento, etc.), así como los planes de mantenimiento y lo cual se detalla todo el proceso de su implementación en donde el punto principal es la integración de sus equipos.

La elección de los equipos se realizó mediante el análisis de la información recopilada, de los tipos de equipos e instalaciones que vienen operando en la actualidad y de la experiencia de ingenieros y técnicos que laboran en el área de mantenimiento eléctrico.

Uno de los puntos en que incido bastante es en la capacitación del personal ejecutor de las labores de operación; ningún plan o proyecto tendrá éxito si no se dispone de personal capacitado y motivado.

Hoy en día, las estrategias de producción están encaminadas a garantizar la disponibilidad y eficacia requerida de las unidades, equipos e instalaciones, asegurando la duración de su vida útil y minimizando los costos de mantenimiento, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente.

ÍNDICE

PROLOGO

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1.	Reseña histórica y Conceptos Generales	02
1.2.	Conceptos, características de los equipos de última generación utilizados en la Integración	05
1.3.	Conceptos, características de los arrancadores de última generación para motores eléctricos en baja tensión	06
1.3.1.	Arranque de motores por Arrancador Directo Electrónico	07
1.3.2.	Arranque de motores por Arrancador Suave Electrónico	08
1.3.3.	Arranque de motores por Variador de Velocidad	09
1.4.	Centro de Control de Motores Inteligentes (CCM-i)	12

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

2.1.	Situación Problemática	14
2.2.	Formulación del Problema	15
2.3	Objetivos	15
2.3.1.	Objetivo general	15
2.3.2.	Objetivos específicos	15
2.4.	Hipótesis	15
2.5.	Variables	15
2.5.1.	Variables Independientes	15
2.5.2.	Variables Dependientes	15

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1.	Características de la Instalación Minera	17
3.2.	MCCi como alternativa de solución	20

3.2.1. Diseño y Fabricación	20
3.2.2. Características	20
3.2.3. Ventajas	21
3.3. Proceso de Integración	22
3.3.1. Arquitectura	22
3.4. Importancia de la investigación	24

CAPITULO IV

ESTRATEGIA METODOLOGICA

4.1. Tipo, Nivel y Diseño de Investigación	26
4.2. Población-Muestra	26
4.3. Técnicas de Recolección de Información	26
4.3.1. Instrumentos de Recolección de Información	26
4.3.2. Técnicas de Análisis e Interpretación de Datos	26

CAPITULO V

ANALISIS E INTERPRETACION

5.1. Presentación, análisis e interpretación de los resultados	30
-----------------------------------------------------------------------	-----------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
---------------------------------------	-----------

ANEXOS	34
---------------	-----------

ANEXO A: Flor sheet de la instalación.

ANEXO B: Diagrama unificar CCM.

ANEXO C: Disposición de arranques.

ANEXO D: Arquitectara de funcionamiento.

ANEXO E: Evaluación de criticidad.

ANEXO F: Estadístico comparativo.

ANEXO G: Justificación de reemplazo de equipos.

BIBLIOGRAFIA	46
---------------------	-----------

PRÓLOGO

El continuo avance de la tecnología en el ámbito eléctrico y/o electrónico tiene como principal objetivo la optimización de la producción, basándose fundamentalmente en la reducción de los tiempos de parada ocasionados por fallas.

El principal objetivo de estos constantes avances tecnológicos es la Mejora Continua para la reducción de costos, mejora de los procesos y eliminación de desperdicios, para de esta manera optimizar la producción. Es decir, proporcionar las herramientas para sobrevivir en un mercado que exige calidad más alta.

Por tales razones, se produce la constante innovación y mejora de las características técnicas de los equipos electrónicos en el ámbito internacional, así como su versatilidad y fácil aplicación, dejando hoy en día relegados tecnológicamente a los equipos electro mecánicos convencionales.

Así mismo, las exigencias actuales respecto al ahorro y optimización de la energía eléctrica, hacen de la información de los parámetros de funcionamiento de los motores eléctricos a través de sus arrancadores, un apoyo importante para el mantenimiento eléctrico y para la toma de decisiones en las instalaciones eléctricas en general.

La falta de conocimiento de las tecnologías de última generación, no permite a los usuarios, mejorar los costos de producción, punto muy importante cuando se tiene mercados muy competitivos como el nuestro, en donde el valor agregado al producto en forma directa o indirecta, constituye el factor determinante de la permanencia en el mercado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Reseña Histórica y Conceptos Generales.

Los equipos convencionales para medición de parámetros eléctricos como voltímetro, amperímetro, cosfímetro, frecuencímetro, kilovatímetro, etc., fueron unos de los primeros instrumentos de medición utilizados en las instalaciones eléctricas para la toma de datos y verificación de los valores nominales de funcionamiento.

El gran inconveniente al utilizar los equipos convencionales era, no tener al mismo tiempo las mediciones de los diversos parámetros eléctricos, no tener los valores máximos y mínimos, no tener los valores por fase, no tener las desviaciones de tensión y corriente, y como consecuencia solo poder evaluar valores promedios en un tiempo determinado.

Asimismo, los arrancadores convencionales para motores de jaula de ardilla en baja tensión, tales como el Arrancador Directo, Arrancador Estrella-Triángulo, Arrancador por Auto transformador, todos ellos con componentes electromecánicos cumplen una función muy limitada de poner tan solamente en movimiento la carga a la cual está conectado el motor, sin brindar mayor información al usuario.

Estos arrancadores convencionales por sus características tienen configuraciones fijas ó pre-establecidas invariables durante el arranque de los motores a los que están conectados, por consiguiente, no se adecuan fácilmente a las diversas cargas que pueda tener una instalación en una industria.

El arranque de un motor es un régimen transitorio en el que se eleva la velocidad del mismo, desde el estado de motor detenido hasta el de motor girando a la velocidad de régimen permanente.

En un arranque de motor, el conjunto que se pone en marcha es inercial y disipativo. Luego, para que el conjunto comience a girar se necesita que el par motor supere al par resistente, de manera de generar una aceleración angular de arranque. El proceso de arranque finaliza cuando se equilibra el par motor con el par resistente, estabilizándose la velocidad de giro del motor.

La cupla motora es el producto de la corriente absorbida por el flujo del campo magnético y la adición de un factor que caracteriza al tipo de máquina, este mayor par de arranque generalmente está asociado a una mayor corriente de arranque, la que no debe superar determinado.

El diseño de los sistemas de arranque está en función a las corrientes y cuplas involucradas y no deben dejarse de lado otros aspectos que también resultan importantes, como por ejemplo, el consumo de energía disipada en forma de calor y las perturbaciones sobre la red de baja tensión.

Estas perturbaciones incluyen principalmente las caídas de tensión, y/o desbalance de tensión que pueden afectar el funcionamiento de otros elementos conectados a la misma, lo que resulta crítico en las instalaciones con muchos motores que realizan frecuentes arranques. Analizaremos el desbalance de tensiones, sus causas, consecuencias y efectos.

a) Desbalance de Tensiones en sistemas trifásicos

El desbalance trifásico es el fenómeno que ocurre en sistemas trifásicos donde las tensiones y/o ángulos entre fases consecutivas no son iguales.

El balance perfecto de tensiones es técnicamente inalcanzable.

El continuo cambio de cargas presentes en la red, causan una magnitud de desbalance en permanente variación.

La mera conexión de cargas residenciales, de naturaleza monofásica, provocan un estado de carga en el sistema trifásico que no es equilibrado entre fases, de allí las caídas de tensión del sistema tampoco serán equilibradas dando por resultado niveles de tensión desiguales.

A modo de recordar, un sistema de generación simétrico, es aquel donde las tres tensiones tienen igual magnitud de tensión y sus fasores están a 120° entre sí. Una carga trifásica simétrica, es aquella que genera tres corrientes de magnitudes y fases iguales respecto a la tensión

b) Causas de desbalance de tensiones

La principal causa son las cargas monofásicas sobre el sistema trifásico, debido a una distribución no homogénea, en especial la de consumidores de baja tensión de índole monofásicos.

Para igual dispersión de cargas monofásicas, la configuración del tipo de red de distribución y transmisión incide sobre la propagación del desbalance. La configuración de red radial, mostrará niveles mayores que una red mallada.

Las impedancias propias y mutuas entre fases no balanceadas presentarán desbalances en las caídas de tensión aún con cargas simétricas.

El efecto de un banco trifásico de capacitores con una fase fuera de servicio presentará un desbalance de compensación de corriente reactiva capacitiva.

Los hornos de arcos trifásicos, por su naturaleza de funcionamiento, presentan desbalances de carga variable a lo largo del proceso de fundición.

c) Consecuencias

En general, los efectos se resumen en la aparición de componentes de corriente de secuencia inversa y homopolar que dan como resultado:

- Pérdidas adicionales de potencia y energía.
- Calentamiento adicional de máquinas, limitándose la capacidad de carga nominal.
- Reducción de los sistemas de distribución en el de transporte de potencia.
- Propagación de desbalance a otros nodos de conexión de la red.

d) Efectos sobre motores asincrónicos

Los bobinados del estator tanto en conexión delta como estrella, carecen de neutro, por lo que un sistema desbalanceado provocará corrientes de secuencia negativa. El torque total transmitido quedará compuesto por un torque positivo (directo) más un torque de menor intensidad en sentido contrario equivalente a un freno eléctrico.

El flujo magnético con sentido rotacional inverso provoca:

- Calentamiento adicional en el bobinado del estator.
- Pérdidas adicionales de potencia activa en el estator.
- Torque adicional en dirección opuesta al producido por el flujo magnético en sentido positivo (frecuencia de red).
- Aumento de corrientes inducidas en los arrollamientos y rotor, provocando aumento de pérdidas también en rotor.
- Vibraciones mecánicas.

Los análisis de laboratorio indican que hasta un 2% de desbalance, los motores no se ven muy afectados. Por encima del 2%, la eficiencia se verá reducida, requiriéndose un declasaje (derating) de la máquina.

e) Información adicional acerca del índice de desbalance

El coeficiente de desbalance definido por la IEC 61000-4-30 representa también el grado de proporción de la potencia suministrada a la carga (sec. positiva) respecto de la potencia de falla en el punto de conexión. , indica que el desbalance es aproximadamente igual a la

relación entre la potencia de carga, S_c y la potencia de falla trifásica en el punto de conexión (potencia de cortocircuito).

f) Límites admisibles para el Desbalance en la red:

Desde el lado de las normativas vigentes vemos algunas de las más reconocidas

- IEC 61000-2-5
Dos clases se definen: Grado 1: Un hasta 2% y Grado 2: Un Hasta 3%
- IEC 61000-2-12
Un 2% y bajo especiales condiciones: Un 3%

1.2.- Conceptos, características de los equipos de última generación utilizados en la integración.

a) GATEWAY

Otro nombre dado al rounter (dispositivo que une dos o más redes diferentes, manteniendo la independencia de estas). Es un equipo destinado a integrar los equipos *industriales comunicantes*, que no posean un puerto de comunicación Ethernet nativo, a la red LAN de la planta (especialmente si estos son Modbus serial).

b) SWITCH

En una red Ethernet, al igual que un hui, un switch interconecta los diferentes nodos existentes. Además un switch tiene la función de aislar el tráfico entre nodos o grupo de nodos, evitando las colisiones entre mensajes que van a diferentes nodos destinatarios, mejorando el ancho de banda de la red. Múltiples switches pueden conectarse en cascada para extender la longitud de la red Ethernet.

c) HMI (Human Machine Interfase)

Todo recurso de hardware y/o software destinado a la interacción del hombre con los sistemas de información. Es usado en el entorno industrial principalmente para cumplir las funciones de supervisión y control. Principalmente forman parte-en cuanto a hardware – desde los terminales operador y los paneles gráficos, hasta los thin clients y PC's industriales que son usados como estaciones clientes de los grandes sistemas HMI conocidos como SCADA. En cuanto al software SCADA/HMI, pueden alcanzar funciones más potentes ya que se instalan en servidores dedicados a procesos específicos con manejo de base de datos para almacenar los históricos.

d) Ethernet

Es una tecnología de redes de computadoras, que define el medio físico por donde fluyen los datos de una red de área local (LAN) en forma de tramas. Una trama es un

paquete que ha sido codificado para la transmisión de datos en un medio físico. La razón de partir la información en múltiples tramas, es permitir que simultáneamente otras entidades de la red puedan también comunicarse compartiendo el mismo medio. Ethernet es actualmente la red LAN más popular del mundo usada por todas las empresas o instituciones.

e) TCP (Transmisión Control Protocol)

Es uno de los protocolos núcleo del Internet (llamado protocolo de transporte), es el más conocido actualmente de los protocolos de red, su función es crear conexiones confiables entre equipos de la red o de diferentes redes garantizando que no se pierda ningún paquete de datos, puede soportar la operación simultánea de toda la colección de protocolos de aplicación.

f) Modbus

Es el protocolo de comunicaciones industriales más difundido en la industria, desarrollado por Modicon como un protocolo maestro/esclavo y actualmente convertido en un protocolo de aplicación del Internet bajo una arquitectura full cliente/servidor. Tiene asignado por la IANA (Internet Assigned Numbers Authority) el puerto 502 y está incluido entre los “web-known ports” (puertos bien conocidos) que comprende el rango de puertos entre 0 y 1023 de los protocolos nucleos TCP y UDP.

1.3.- Conceptos, características de los arrancadores de última generación para motores eléctricos en baja tensión.

Los equipamientos de mando y control de última generación en los arrancadores de los motores eléctricos en baja tensión, por sus características de diseño nos permiten analizar los parámetros eléctricos, en valores instantáneos, promedio, máximos y mínimos; así como poder revisar los valores de fase, línea.

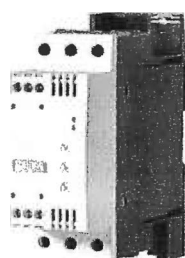
Al mismo tiempo, esta nueva tecnología permite realizar el mando y transmitir los datos de las medidas realizadas, mediante un puerto de comunicación a un computador local y/o remoto, y tener la posibilidad de realizar cuadros, curvas, para analizar el comportamiento eléctrico de la instalación y tomar medidas preventivas y/o correctivas según sea el caso.

Adicionalmente, nos permite formar los archivos de valores históricos, para la toma de decisiones cuando se tengan procesos de producción similares repetidos cada cierto tiempo, cuando se requiera evaluar presupuestos ó cuando se requiera revisar los fallos ocurridos por anomalías en la instalación eléctrica. Es decir información online que permite tomar decisiones preventivas adecuadas.

Todo este trabajo tomando en cuenta la nueva filosofía mundial de producción “Lean Producción” que reduce el tiempo entre la colocación del pedido y la entrega, a través de la eliminación de cualquier cosa que no sea lo mínimo absolutamente necesario de equipos, materiales, piezas, espacio y esfuerzo, para crear valor para el cliente. Es decir, Lean significa eliminar el desperdicio, y se debe tener en cuenta a los 7 desperdicios mortales de toda producción: sobreproducción, espera, transporte, exceso de inventario, defectos, exceso de movimiento, sobreprocesamiento. (Ver figura 1.1)



Arrancador Directo
Electrónico



Arrancador Suave
Electrónico



Variador de Velocidad
Electrónico

Fig.1.1 Tipos de arrancadores

1.3.1.- Arranque de motores por Arrancador Directo Electrónico

Es un arranque directo de motor totalmente electrónico, de protección total, para potencias de hasta 25 KW en promedio, pero que también pueden ser usados en otros tipos de arrancadores convencionales para motores de mayor potencia, pero como elementos de control y protección, tienen muchas ventajas y asegura las siguientes funciones:

De protección y de control de motores trifásicos:

- El seccionamiento de potencia,
- La protección contra las sobreintensidades y los cortocircuitos,
- La protección contra las sobrecargas térmicas,
- La conmutación de potencia,

De control de la aplicación:

- Alarmas de protección,
- Vigilancia de la aplicación
(horómetro, cantidad de fallas, valores de las corrientes, etc.),
- Registros históricos
(Grabación de las últimas fallas con el valor de los parámetros).

Estas funciones se integran fácilmente insertando dentro de una base de potencia, módulos de control y módulos de función. La personalización se puede hacer al último momento.

Unidades de control

Se eligen en función de la tensión de control, de la potencia del motor y del tipo de protección deseada, generalmente se disponen: de dos unidades

Unidad de control de avanzada: Satisface las necesidades elementales de protección de los arranque-motores: sobrecarga y cortocircuito. Ofrece, además, mediante módulos de funciones opcionales, funciones suplementarias como alarma y diferenciación de las fallas.

Unidad de control multifunción: Se adapta a las exigencias de control y de protección más elevadas.

Módulos de comunicación

Las informaciones tratadas se intercambian:

Por bus paralelo: Módulo de conexión paralela.

Por bus serie: Módulo Modbus.

También es posible la conexión con otros protocolos como FIPIO, Profibus-DP y DeviceNet, mediante el uso de pasarelas y/o adaptadores.

1.3.2.- Arranque de motores por Arrancador Suave Electrónico

Los arrancadores electrónicos son una mejor solución que los auto-transformadores gracias a la posibilidad de su arranque suave, permitiendo un aumento en la vida útil de todas las partes involucradas.

Consisten básicamente en un convertidor estático alterna-continua-alterna ó alterna-alterna, generalmente por tiristores, que permiten el arranque de motores de corriente alterna con aplicación progresiva de tensión, con la consiguiente limitación de corriente y par de arranque. En algunos modelos también se varía la frecuencia aplicada.

Al iniciar el arranque, los tiristores dejan pasar la corriente que alimenta el motor según la programación realizada en el circuito de maniobra, que irá aumentando hasta alcanzar los valores nominales de la tensión de servicio. También se puede utilizar para detener el motor, de manera que vaya reduciendo la tensión hasta el momento de la detención

Estos arrancadores ofrecen selección de parada suave, evitando por ejemplo, los dañinos golpes de ariete en las cañerías durante la parada de las bombas; y detención por inyección de corriente continua para la parada más rápida de las masas en movimiento.

Además poseen protecciones por asimetría, contra sobretensión y sobrecarga, contra falla de tiristores, vigilancia del tiempo de arranque con limitación de la corriente, control de servicio con inversión de marcha, optimización del factor de potencia a carga parcial, maximizando el ahorro de energía durante el proceso y permiten un ahorro en el mantenimiento por ausencia de partes en movimiento que sufran desgastes.

Para el arranque suave con rampa de tensión; por lo general el rango de ajuste de la tensión inicial puede ajustarse desde el 40 % hasta el 100 % y el tiempo de rampa desde 0 s a 20 s.

Para la parada suave con rampa de tensión; por lo general el tiempo de la rampa se puede variar de 0 s a 20 s. La tensión de desconexión depende de la tensión inicial seleccionada.

(Ver figura 1.2)

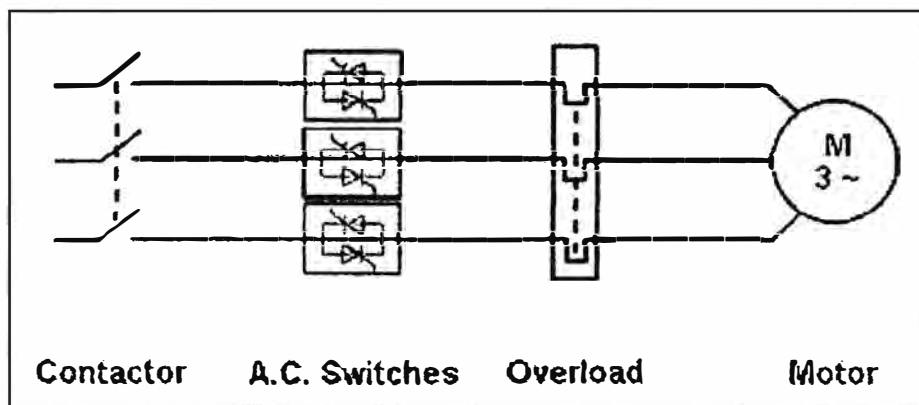


Fig. 1.2 Esquema de fuerza arranque de motor trifásico

1.3.3.- Arranque de motores por Variador de Velocidad.

La maquinaria de una industria generalmente es accionada por motores eléctricos, a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos. Los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante o cuasi-constante, y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente.

Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un dispositivo especial que recibe el nombre de variador de velocidad. Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones en la industria, como en ventiladores, equipos de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, etc.

Principales Características de los Equipamientos de Última Generación para Arrancadores de Motores en Baja Tensión

- Visualizador retroiluminado amplio y de fácil lectura.
- Pantalla antirreflejos, resistente a las ralladuras y de fácil lectura incluso en condiciones de iluminación extrema.
- Visualización de múltiples parámetros simultáneamente.
- Supervisión simultáneamente intensidad, tensión, potencia y energía en una sola vista.
- Navegación intuitiva en pantalla.
- Menús autoguiados, de uso sencillo y requiere una formación mínima.
- Alta precisión.
- Mayor potencia de procesado.
- Mantiene múltiples registros internos preconfigurados con información crítica, incluyendo registros de consumo, personalización de alarmas y mantenimiento.
- Con los datos históricos almacenados en hoja de cálculo, se pueden graficar Curvas de tendencia y predicciones a corto plazo.
- Cálculo rápido de tendencias y predicciones de valores futuros para una mejor toma de decisiones.

Adicionalmente, estas nuevas tecnologías en arrancadores de motores están homologados por diferentes normas y estándares como EN50178, IEC 61800-3, CE, UL , CSA; y permiten:

- Coordinación total de las protecciones según EN 60947-6-2, permitiendo la continuidad del servicio en casos de cortocircuitos.
- Protección de las cargas, contra:
 - Sobre intensidades por sobrecarga y por cortocircuito.
 - Ausencias y desequilibrios de fases.
 - Pérdida de aislamiento del equipo.
 - Funcionamiento en vacío ó subcarga.
- Regulación del umbral de disparo, mediante el valor en % de la relación entre la corriente de carga y la corriente de ajuste.
- Regulación del tiempo antes del disparo, durante el cual el valor de la corriente debe ser menor al umbral de disparo.
- Alarmas de las protecciones.

- Supervisión de la aplicación, tales como: tiempo de funcionamiento, número de eventos, valores de parámetros eléctricos, etc.
- Registros Históricos de los últimos disparos por falla, con los valores del evento.
- Ajuste de las Clases de Disparo.

La clase de disparo se determina por el tiempo(en segundos) que le lleva al revelador de sobrecarga en dispararse cuando lleva el 600% del ajuste del umbral de sobrecorriente; según norma UL 508, NEMA ICS 2 parte 4.

Así tenemos las siguientes Clases de Disparo:

Clase 5: Para los motores pequeños de potencia fraccionaria, con aceleración casi instantánea, luego se requiere un tiempo de disparo extremadamente corto.

Clase 10 (rápido): Para motores de refrigeración herméticos que alcanzan la velocidad nominal en menos de 4 segundos.

Ejemplo: Bomba Centrífuga, Compresor, Faja Transportadora; Escalera Mecánica, Elevador,

Clase 15: Para aplicaciones especializadas-

Clase 20 (estándar): Para la mayoría de los motores de uso general clasificados por NEMA

Clase 30 (lento): Para motores con tiempo de aceleración mayor a 10 seg., ó con altas cargas de inercia.

Ejemplo: Ventiladores, Molinos, Chancadoras, Mezcladoras, Fajas Transportadoras largas

Clase J: Para aplicaciones que necesitan una protección contra atascamientos. Esta protección se activa 1 minuto después de haber arrancado el motor. Para los motores que exceden el 400% del límite de sobrecorriente, el tiempo de disparo es siempre 2 seg., independiente de la clase de disparo asignada.

Asimismo, la utilización de software, permite comunicarse con el producto a través de un PC, un terminal adaptado ó un asistente universal, para la configuración, ajustes, control y señalización, generalmente asistido y guiado en entorno Windows, en diferentes idiomas y utilizando por lo general módulos de comunicación Modbus, con interfase RS485 y conectores universales RJ45, para insertarse en la red con protocolo Modbus, Ethernet TCP/IP, a velocidades de transmisión máxima de hasta 19200 bit/seg, con tiempos de retorno máximos de 30 mseg.

1.4.- Centro de Control de Motores Inteligentes (CCM-i)

Actualmente, gracias a la alta capacidad de comunicación con que cuentan los equipos industriales, se ha podido desarrollar una nueva generación de centro de Control de motores inteligentes (CCM-i) que son una solución integral a los grandes sistemas de producción por lotes, que integra diversos equipos de automatización, los cuales constan de diferentes equipos conectados a arrancadores, relés, variadores, medidores, etc. Mediante cableado duro punto a punto ó bus de comunicación multipunto con diferentes protocolos, según el requerimiento del usuario.

La integración de supervisión y control para las diferentes variables de cada motor permite obtener la información individual contenida en cada relé inteligente, arrancador electrónico y/o variador de velocidad además del control integral del proceso y la protección mecánica y eléctrica completa de los motores involucrados, como son la sobre carga , la sub carga, altas y bajas tensiones, desbalance de corriente y de tensión, corriente de falla a tierra, monitoreo de nivel de contaminación armónica, microcortes, factor de potencia, etc.

Todas las variables motor dentro de los componentes inteligentes de protección y maniobra, se muestran localmente a través de la visualización de estados, magnitudes, tendencias y tablas de datos sobre terminales HMI gráficos ya sean touchscreen o de teclado y Mouse industriales, y si se tiene una arquitectura de red Ethernet, TCP/IP (Transparent Ready), le permite tener toda esta información vía Web en cualquier navegador de Internet desde cualquier punto de su planta o del mundo entero.

Los conectores de empalme permiten garantizar la flexibilidad de desconectar un cubicle inteligente sin necesidad de detener todo la columna o incluso todo el CCM-i, logrando una solución flexible, robusta y con continuidad de servicio garantizada.

El CCM-i proporciona los siguientes beneficios:

a) Sistema de conexión de red de comunicaciones mediante cableado premoldeado con clasificación UL para múltiples protocolos de comunicación:

Da la posibilidad de integrar componentes de automatización, los cuales pueden tener varias configuraciones de E/S, mediante un cableado punto a punto o bus de comunicación multipunto con los protocolos:

- Ethernet TCP/IP (transparent Ready)
- DeviceNet
- Modbus
- Profibus

CANopen

b) Programación y configuración de dispositivos inteligentes remota:

La integración de monitoreo y control de las variables, permite suministrar, por medio de los relés electrónicos , arrancadores electrónicos y variadores de velocidad, una protección eléctrica completa a los motores del proceso, tales como sobrecarga, subcarga, altas y bajas tensiones, desbalance de tensión y/o corriente, corrientes de falla a tierra, monitoreo de armónicos, microcortes, factor de potencia, etc.

Toda la lógica de operación puede ser archivada o replicada en el procesador de un PLC.

c) Supervisión de las operaciones del sistema en forma remota a través de la Web:

Todos los parámetros de los componentes inteligentes se muestran en medidores analógicos, gráficos de tendencias y tablas de datos y con arquitectura de red Ethernet TCP/IP, permitiendo que estos datos sean visualizados vía Web en cualquier punto de su planta o del mundo entero.

d) Bajo costo de instalación para la red de comunicaciones:

La conexión de las unidades inteligentes del CCM se hace mediante cableado premoldeado, con clasificación UL y con capacidad de conducir múltiples protocolos de comunicación.

e) Red de comunicaciones plug & play que permite la extracción, reemplazo y reconfiguración de las unidades del CCM-i sin la interrupción del proceso:

Sus conectores estilo plug-in con guías permiten garantizar la flexibilidad de desconectar un cubicle inteligente, sin necesidad de parar todo el CCM-i, logrando con esto una solución inteligente y robusta con continuidad de servicio garantizada.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

2.1.- Situación Problemática

Las instalaciones eléctricas tienen constantes inconvenientes que se traducen en paradas de producción, originadas por el desconocimiento de las formas de funcionamiento real de diversos equipos electromecánicos, siendo un caso particular el trabajo de los motores eléctricos.

En la mayoría de los casos no se tienen datos históricos del funcionamiento de los motores, no se realiza el análisis de fallas, se tienen demoras en conseguir los repuestos, se realizan actividades sin frecuencias estudiadas, se tiene demasiado tiempo en espera y se realizan correctivos para solucionar la falla, ocasionando mayores gastos de los que se hubieran requerido si las anomalías son detectadas a tiempo y si se hubieran desarrollado los programas de mantenimiento preventivo correspondientes.

En las instalaciones eléctricas de nuestro parque industrial actualmente los equipos de control convencionales en arrancadores de motores, son usados sólo como elementos de lectura y no como elementos de diagnóstico, la información nos es transmitida en tiempo real y los parámetros no son concentrados en una sola unidad para la toma de decisiones, es por eso que ya se tienen que tomar medidas correctivas las cuales ocasionan o tienen un costo que perjudica las utilidades de la compañía.

Han surgido en las décadas pasadas los medidores multifunción y analizadores de redes, los mismos que son de gran utilidad porque ayudan a conocer lo que está pasando a través del circuito en el cual se han instalado, pero estos equipos son solamente de lectura y almacenamiento de datos lo cual es necesario pero no suficiente ya que para lo que son motores se requiere de equipos capaces de proteger al motor una vez que detecte fallas y se instalan en la cabecera del circuito el costo de los mismos hace casi imposible instalar uno de estos equipos para cada carga que se tiene en una línea de producción, luego generalmente es usado en la cabecera de las instalaciones eléctricas y en los circuitos más importantes de la instalación.

2.2.- Formulación del Problema

El estudio de la mejora de calidad de la producción hoy en día está ocupando a muchos grupos de investigación, debido a que actualmente todavía se usan equipamientos con tecnologías convencionales ya que no se logra mejorar la detección temprana de fallas que ocasionan problemas y daños en los procesos productivos.

La problemática que se presenta en la presente investigación, queda planteada de la siguiente manera: ¿En qué medida el uso de tecnologías de última generación “Centro de Control de Motores Inteligente CCM-i” incide en los costos productivos en una línea de producción?

2.3.- Objetivos

2.3.1 Objetivo general:

- El objetivo general del presente informe (implementación y puesta en servicio) es Analizar las mejoras en la producción, con la ayuda de los equipamientos de mando y control para arrancadores de última generación de motores eléctricos de baja tensión.

2.3.2 Objetivos específicos:

- Determinar la variación de los tiempos de parada, en una determinada línea de producción, al conocer los parámetros de funcionamiento de los arrancadores de motores en baja tensión.
- Determinar la variación de la pérdida por oportunidad de un determinado proceso de producción, al conocer los parámetros de funcionamiento de los arrancadores de motores en baja tensión

2.4.- Hipótesis

Los tiempos de parada por fallos, en un determinado proceso de producción, Disminuye al conocer los parámetros eléctricos que nos proporcionan los equipamientos de mando y control de última generación en los arrancadores de los motores eléctricos de baja tensión correspondientes al CCM-i.

2.5.- Variables

Para evaluar los objetivos específicos, se tomarán las siguientes variables:

2.5.1.- Variables Independientes

Las horas de parada por fallos.

2.5.2.- Variables Dependientes

En esta parte se analizará:

Las cantidades producidas en la operacionalización de las Variables, el presente trabajo analiza la cantidad de horas de parada y la cantidad de producto final producido, tomando en cuenta la evaluación de la información proporcionada por los arrancadores de última generación para motores eléctricos en baja tensión.

Este proceso comprende el análisis de los cuadros resumen de los parámetros de funcionamiento de los motores eléctricos, registrados por los arrancadores de última generación.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1.- Características de la instalación Minera

La compañía minera Condestable se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia de Mala, es una mina dedicada a la explotación básicamente de cobre y otros metales en menor proporción. Debido a la proyección de sus principales accionistas se decidió invertir en equipamiento moderno ya que contaban con equipamiento antiguo, luego de realizar un estudio el departamento de proyectos del la compañía minera Condestable conjuntamente con el departamento de ingeniería de Trianon se decidió la implementación de CCM-i para toda la planta.

Cabe resaltar que este tipo de proyecto es el primero implementado en el Perú, por lo que su impacto fue y es de suma importancia, ya que permite tener información de lo que sucede en la planta no solo del mismo complejo minero sino desde cualquier parte del mundo y de esta manera tomar las medidas preventivas necesarias para evitar perdidas por paradas no programadas.

Básicamente los resultados que se obtendrán con el CCM-i serán:

- Se podrá saber que protecciones se dispararon y por qué.
- Se podrá analizar cuáles fueron las causas y cuando ocurrieron.
- Se aprenderá a evitar las fallas en sus motores y como solucionar los problemas en su instalación.
- Se podrá almacenar los registros históricos los cuales se podrán analizar con gráficos de tendencias

Por el tipo de función que realizaran los diferentes motores se agruparon los distintos arranques por su tipo (ver tabla N° 3.1) y también siguiendo una determinada secuencia en el arranque (ver tabla N° 3.2) ya que todo el proceso consta de los diferentes arranques los cuales estan enclavados eléctricamente para poder respetar el proceso.

Así mismo la explicación de todo el proceso de transformación de la materia prima esta en el diagrama de proceso (ver anexo A), basado en el diagrama unificar (ver anexo B).

Tabla N° 3.1 Datos de los motores y su tipo de arranque

POTENCIA INSTALADA Y MAXIMA DEMANDA

ITEM	DESCRIPCION	CODIGO	PI (HP)	PI (KW)	F.D.	MD (KW)	ARRANQUE	L (m)	In	ITM
1	CHANCADORA SYMONS	SY	300.0	223.8	0.85	190.2	Estado Sólido	70	330.9	630
2	CHANCADORA HP400-1	HP-41	350.0	261.1	0.85	221.9	Estado Sólido	70	386.0	700
3	CHANCADORA HP400-2	HP-42	350.0	261.1	0.85	221.9	Estado Sólido	80	386.0	700
4	CHANCADORA HP400-3	HP-43	350.0	261.1	0.85	221.9	Estado Sólido	65	386.0	700
	I.G.		1,350.0	1,007.1	0.85	856.0	INTERRUPTOR	10	1,488.8	2,000
1	FAJA TRANSPORTADORA F-7	F-7	40.0	29.8	0.7	20.9	DIRECTO	95	44.1	100
2	ZARANDA VIBRATORIA Z-5	Z-5	40.0	29.8	0.8	23.9	DIRECTO	100	44.1	100
3	FAJA TRANSPORTADORA FDC-1	FDC-1	10.0	7.5	0.7	5.2	DIRECTO	70	11.0	30
4	FAJA TRANSPORTADORA FDC-2	FDC-2	10.0	7.5	0.7	5.2	DIRECTO	63	11.0	30
5	FAJA TRANSPORTADORA FDC-3	FDC-3	10.0	7.5	0.7	5.2	DIRECTO	72	11.0	30
6	FAJA TRANSPORTADORA FDC-4	FDC-5	10.0	7.5	0.7	5.2	DIRECTO	80	11.0	30
7	FAJA TRANSPORTADORA F-3	F-3	200.0	149.2	0.7	104.4	Estado Sólido	140	220.6	500
8	FAJA TRANSPORTADORA F-4	F-4	125.0	93.3	0.7	65.3	Estado Sólido	142	137.9	300
9	FAJA TRANSPORTADORA F-4A	F-4A	75.0	56.0	0.7	39.2	Estado Sólido	120	82.7	150
10	TRIPPER CAR	TRIP	10.0	7.5	0.9	6.7	DIRECTO	135	11.0	30
11	ALIMENTADOR DE FAJA FAZ-1	F-AZ1	10.0	7.5	0.7	5.2	Variador	122	11.0	30
12	ALIMENTADOR DE FAJA FAZ-2	F-AZ2	10.0	7.5	0.7	5.2	Variador	115	11.0	30
13	ALIMENTADOR DE FAJA FAZ-3	F-AZ3	10.0	7.5	0.7	5.2	Variador	106	11.0	30
14	ALIMENTADOR DE FAJA FAZ-4	F-AZ4	15.0	11.2	0.7	7.8	Variador	100	16.5	40
15	ZARANDA VIBRATORIA Z-1	Z-1	40.0	29.8	0.8	23.9	DIRECTO	130	44.1	100
16	ZARANDA VIBRATORIA Z-2	Z-2	36.0	26.9	0.8	21.5	DIRECTO	122	39.7	100
17	ZARANDA VIBRATORIA Z-3	Z-3	30.0	22.4	0.8	17.9	DIRECTO	115	33.1	70
18	ZARANDA VIBRATORIA Z-4	Z-4	40.0	29.8	0.8	23.9	DIRECTO	107	44.1	100
19	FAJA TRANSPORTADORA F-5	F-5	75.0	56.0	0.7	39.2	Estado Sólido	170	82.7	150
20	FAJA TRANSPORTADORA F-6	F-6	125.0	93.3	0.6	56.0	Estado Sólido	75	137.9	300
21	FAJA TRANSPORTADORA F-6A	F-6A	25.0	18.7	0.8	14.9	DIRECTO	70	27.6	50
22	FAJA TRANSPORTADORA F-6B	F-6B	25.0	18.7	0.6	11.2	DIRECTO	75	27.6	50
23	ALIMENTADOR DE FAJA FAC-1	F-AC1	10.0	7.5	0.6	4.5	Variador	60	11.0	30
24	ALIMENTADOR DE FAJA FAC-2	F-AC2	10.0	7.5	0.8	6.0	Variador	68	11.0	30
25	ALIMENTADOR DE FAJA FAC-3	F-AC3	15.0	11.2	0.7	7.8	Variador	76	16.5	40
26	FAJA TRANSPORTADORA F-8	F-8	40.0	29.8	0.7	20.9	DIRECTO	70	44.1	100
27	FAJA TRANSPORTADORA F-9	F-9	40.0	29.8	0.7	20.9	DIRECTO	100	44.1	100
28	FAJA TRANSPORTADORA F-10	F-10	40.0	29.8	0.7	20.9	DIRECTO	145	44.1	100
29	FAJA TRANSPORTADORA F-11	F-11	25.0	18.7	0.7	13.1	DIRECTO	160	27.6	50
30	FAJA TRANSPORTADORA F-12	F-12	25.0	18.7	0.7	13.1	DIRECTO	170	27.6	50
31	FAJA TRANSPORTADORA F-13	F-13	25.0	18.7	0.7	13.1	DIRECTO	170	27.6	50
32	FAJA TRANSPORTADORA F-14	F-14	25.0	18.7	0.7	13.1	DIRECTO	183	27.6	50
33	FAJA TRANSPORTADORA F-15	F-15	25.0	18.7	0.7	13.1	DIRECTO	197	27.6	50
34	BOMBA ACEITE SYMONS	BAC-SY	10.0	7.5	0.6	4.5	DIRECTO	80	11.0	30
35	BOMBA HIDRAULICA SYMONS	BHI-SY	5.0	3.7	0.6	2.2	DIRECTO	80	5.5	15
36	BOMBA ACEITE HP400-1	BAC-HP41	10.0	7.5	0.6	4.5	DIRECTO	80	11.0	30
37	BOMBA HIDRAULICA HP400-1	BHI-HP41	10.0	7.5	0.6	4.5	DIRECTO	80	11.0	30
38	BOMBA ACEITE HP400-2	BAC-HP42	10.0	7.5	0.6	4.5	DIRECTO	90	11.0	30
39	BOMBA HIDRAULICA HP400-2	BHI-HP42	10.0	7.5	0.6	4.5	DIRECTO	90	11.0	30
40	BOMBA ACEITE HP400-3	BAC-HP43	10.0	7.5	0.6	4.5	DIRECTO	75	11.0	30
41	BOMBA HIDRAULICA HP400-3	BHI-HP43	10.0	7.5	0.6	4.5	DIRECTO	75	11.0	30
42	VENTILADOR HP400-1	VE-HP41	3.0	2.2	0.9	2.0	DIRECTO	80	3.3	15
43	VENTILADOR HP400-2	VE-HP42	3.0	2.2	0.9	2.0	DIRECTO	90	3.3	15
44	VENTILADOR HP400-3	VE-HP43	3.0	2.2	0.9	2.0	DIRECTO	75	3.3	15
	I.G.		1,335.0	995.9	0.7	698.9	INTERRUPTOR	10	1,472.3	2,000

Tabla N° 3.2 Secuencia de los distintos arranques

RELACION DE ARRANCADORES OXIDOS

ITEM	DESCRIPCION DE CADA CUBICULO	POTENCIA (HP)	MCC	NUMERO DE COLUMNA	HUB MODBUS	GRUPO	GATEWAY	SWITCH	PLC Twido	Panel Operador XBTNU400
1	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	1	A A1	1	1	1	-	1
2	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	1	A A1	1	1	1	-	1
3	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	1	A A1	1	1	1	-	1
4	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	1	A A1	1	1	1	-	1
5	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	1	A A1	1	1	1	-	1
6	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	1	A A1	1	1	1	-	1
7	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	2	B B1	2	2	1	-	2
8	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	2	B B1	2	2	1	-	2
9	12.5HP 440V 60Hz. 3F	12.5	1	2	B B1	2	2	1	-	2
10	15HP 440V 60Hz. 3F	15	1	2	B B1	2	2	1	-	2
11	15HP 440V 60Hz. 3F	15	1	2	B B1	2	2	1	-	2
12	15HP 440V 60Hz. 3F	15	1	2	B B1	2	2	1	-	2
13	20HP 440V 60Hz. 3F	20	1	3	C C1	3	3	1	-	3
14	20HP 440V 60Hz. 3F	20	1	3	C C1	3	3	1	-	3
15	20HP 440V 60Hz. 3F	25	1	3	C C1	3	3	1	-	3
16	50HP 440V 60Hz. 3F	50	1	3	C C1	3	3	1	-	3

3.2.- MCCi como alternativa de solución

3.2.1.- Diseño y Fabricación

Considerando el número de arrancadores, las características de cada uno (para elegir el arrancador adecuado), la secuencia a la cual pertenecen y el espacio donde será instalado el CCM-i se procedió al diseño teniendo en consideración las normas para la fabricación de CCM (falta agregar norma).

3.2.2.- Características

a) Características Mecánicas

Norma de fabricación IEC60439.1

Plancha: Fabricada en plancha de acero laminada en frío (LAF) de 2.0 mm. de espesor.

Todas las partes metálicas serán sometidas a un tratamiento anticorrosivo de fosfatizado por inmersión en caliente, con los siguientes pasos:

Desengrase alcalino a 95°C.

Enjuague con agua.

Desoxidado con ácidos.

Enjuague con agua.

02 capas de pintura poliéster (hasta 240 micras).

Pintura: Electrostática en polvo, epoxy poliéster con 80 micras.

Con proceso de secado al horno no contaminante

Cobre: Pletina de cobre de 99% de conductividad con proceso galvanico de estañaje.

El grado de protección: IP40

Los cubículos: extraíbles (ver anexo C)

Color: Naranja RAL 8000

b) Características Eléctricas:

Tensión asignada de empleo 460V.

Frecuencia 60 Hz

Intensidad nominal de embarrado general: hasta 2000A

Las nuevas tecnologías en arrancadores de motores deben de estar homologados por diferentes normas y estándares como EN50178, IEC 61800-3, CE, UL, CSA; las cuales permiten:

- Coordinación total de las protecciones según EN 60947-6-2, permitiendo la continuidad del servicio en casos de cortocircuitos.
- Protección de las cargas, contra:

1. Sobre intensidades por sobrecarga y por cortocircuito.
 2. Ausencias y desequilibrios de fases.
 3. Pérdida de aislamiento del equipo.
 4. Funcionamiento en vacío ó subcarga.
- Regulación del umbral de disparo, mediante el valor en % de la relación entre la corriente de carga y la corriente de ajuste.
 - Regulación del tiempo antes del disparo, durante el cual el valor de la corriente debe ser menor al umbral de disparo.
 - Alarmas de las protecciones.
 - Supervisión de la aplicación, tales como: tiempo de funcionamiento, número de eventos, valores de parámetros eléctricos, etc.,
 - Registros Históricos de los últimos disparos por falla, con los valores del evento.
 - Ajuste de las Clases de Disparo.

c) Características de Comunicación (inteligentes)

- Sistema de conexión de red de comunicaciones mediante cableado premoldeado con clasificación UL para múltiples protocolos de comunicación.
- Programación y configuración de dispositivos inteligentes remota.
- Red ProfiBus normalizado mundialmente.
- Comunicación con otros PLC's en red de protocolo abierto.
- Supervisión de las operaciones del sistema en forma remota a través de la Web.
- Red de comunicaciones plug&play que permite la extracción, reemplazo y reconfiguración de las unidades del CCM-i sin la interrupción del proceso.
- Rapidez y precisión en la identificación de fallas.

3.2.3.- Ventajas

- Información on-line sobre el estado de cada motor.
- Mayor confiabilidad en el sistema de protección.
- Análisis en el menor tiempo de cuáles fueron las causas y cuando ocurrieron.
- Monitoración, supervisión y control remotamente vía HMI.
- Prevención de las fallas en los motores
- Seguridad del operador en la operación, supervisión y mantenimiento.
- Almacenamiento de registros históricos los cuales se podrán analizar con gráficos de tendencias.

- Mantenimiento fácil y rápido, principalmente por la extracción de los cubículos e intercambiabilidad todo ello sin desenergizar los otros.

3.3.- Proceso de Integración

3.3.1.- Arquitectura

La integración realizada con los arrancadores de última generación permite la supervisión y control de las diferentes variables de cada motor con lo cual se obtendrá la información individual contenida en cada relé inteligente, arrancador electrónico y/o variador de velocidad además del control integral del proceso y la protección mecánica y eléctrica completa de los motores involucrados.

Todas las variables motor dentro de los componentes inteligentes de protección y maniobra, se muestran localmente a través de la visualización de estados, magnitudes, tendencias y tablas de datos sobre terminales HMI gráficos ya sean touchscreen o de teclado y Mouse industriales, y si se tiene una arquitectura de red Ethernet, TCP/IP (Transparent Ready), le permite tener toda esta información vía Web en cualquier navegador de Internet desde cualquier punto de su planta o del mundo entero. Por el tipo de arrancador tenemos las siguientes arquitecturas:

a) Arquitectura utilizada en Arrancadoras suaves y/o Variadores de velocidad

Arrancador o Variador

PLC (Twido)

Hub Modbus

Magellis

Gateway

Swicht Ethernet

En este caso tanto el arrancador de estado sólido como el variador de velocidad tienen un puerto de comunicación el cual se conecta con el Hub este a su vez recibe la información de hasta 8 equipos (arrancadores y/o variadores), entre el Hub y los arrancadores y\ o variadores se entabla un direccionamiento el cual se configura en los equipos, una vez direccionados los diferentes arrancadores dentro del Hub queda listo para transferir información al PLC el cual se programa teniendo en cuenta el direccionamiento en el Hub.

El PLC utilizado cuenta con tres interfaces la primera recibe la información del Hub, la segunda conecta con un panel operador (magellis) en el cual se puede apreciar los diferentes parámetros de cada uno de los arrancadores y/o variadores los cuales están

perfectamente identificados y la tercera interface está conectada con un Swicht el cual también recepciona toda la información del PLC y es a través de este equipo que uno se puede conectar vía Ethernet con el CCM-i desde cualquier parte del complejo minero e inclusive desde cualquier parte del mundo. (Ver fig.3.2)

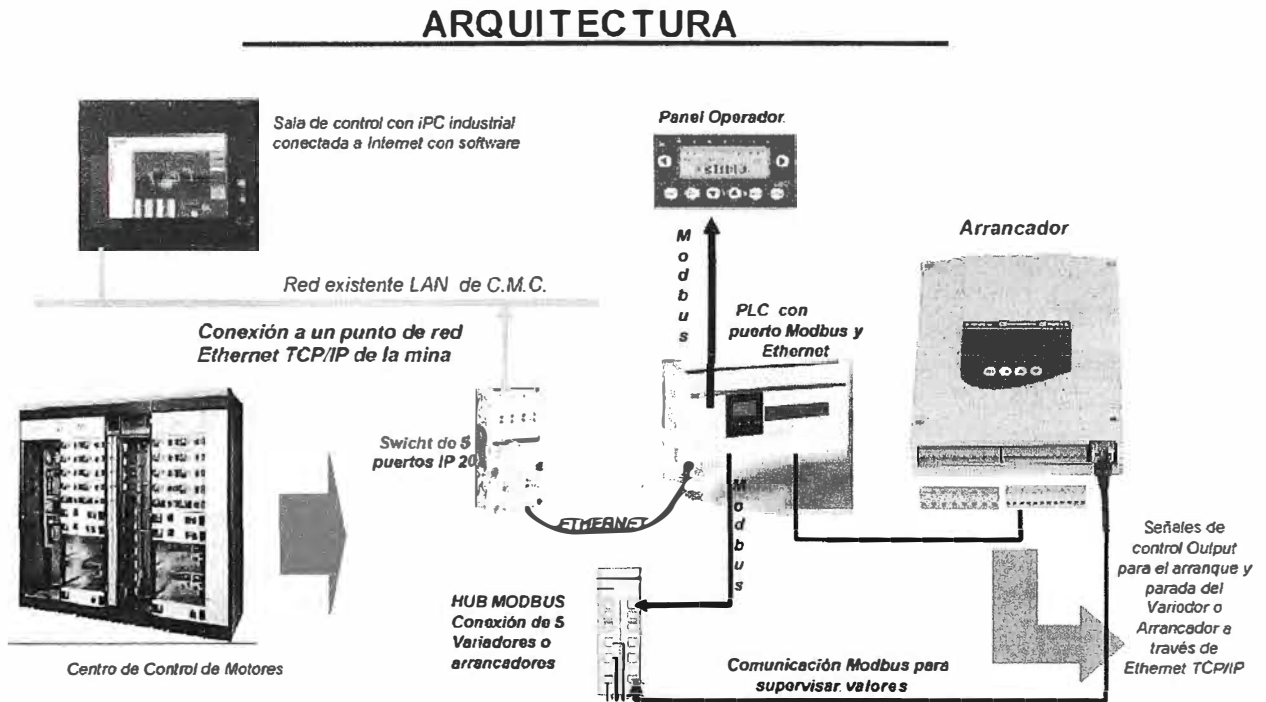


Fig. 3.2 Arquitectura de comunicación de un arrancador o variador

b) Arquitectura utilizada en Arrancadores Tesys T y Tesys control

Tesys T o Tesys Control

Hub Modbus

Magellis

Gateway

Swicht Ethernet

En este caso tanto los arrancador Tesys tienen un puerto de comunicación el cual se conecta con el Hub este a su vez recibe la información de hasta 8 equipos (Tesys), entre el Hub y los arrancadores Tesys se establece un direccionamiento el cual se configura en los equipos, una vez direccionados los diferentes arrancadores Tesys dentro del Hub queda listo para transferir información al Gateway el cual se configura teniendo en cuenta el direccionamiento en el Hub. El Gateway se conecta con un Swicht el cual también recibe toda la información su información y es a través de este equipo que uno se

puede conectar vía Ethernet con el CCM-i desde cualquier parte del complejo minero e inclusive desde cualquier parte del mundo.

Para este tipo de arquitectura una de las interfaces de comunicación se conecta con un panel operador (magellis) en el cual se puede visualizar los diferentes parámetros de cada uno de los arrancadores Tesys los cuales están perfectamente identificados. La otra interface está conectada con un Swicht el cual también recepciona toda la información del PLC y es a través de este equipo que uno se puede conectar vía Ethernet con el CCM-i desde cualquier parte del complejo minero e inclusive desde cualquier parte del mundo.

(Ver fig.3.3)

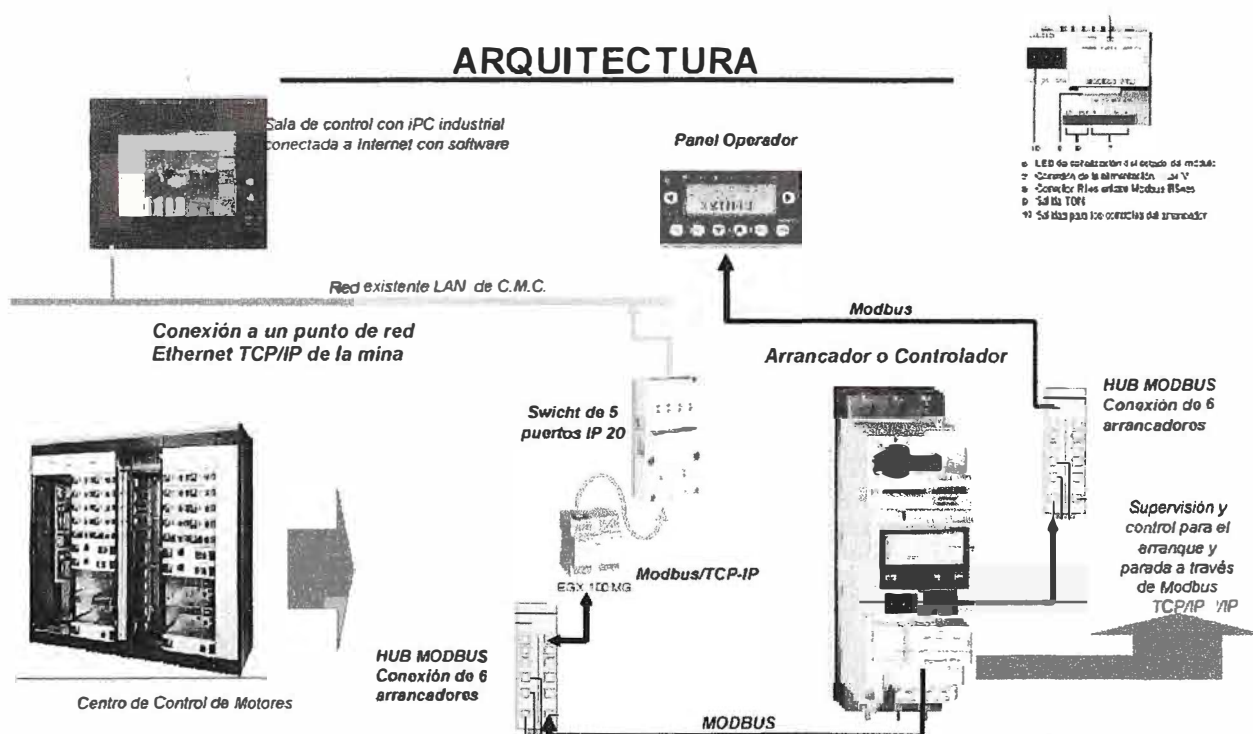


Fig.3.3 Arquitectura para un arrancador Tesys T

3.4.- Importancia de la Investigación.

El presente proyecto tiene por finalidad determinar las mejoras en los costos de producción, partiendo del análisis de la información de parámetros eléctricos de funcionamiento en tiempo real, que nos proporcionan los equipamientos de mando y control de última generación en los arrancadores de los motores eléctricos de baja tensión. Los parámetros proporcionados por los equipamientos de última generación deben ser contrastados con los parámetros nominales de la red y de las cargas, y como consecuencia de esta revisión prevenir los fallos ó corregir anomalías en las instalaciones eléctricas, antes que se produzca una parada no programada.

La evaluación de un proceso productivo es muy importante, en vista que todo proceso tiene partes críticas dentro de la producción, tal como se determina mediante la evaluación de criticidad equipos que se debe realizar para los programas de mantenimiento.

Todo proceso productivo en línea ó no, tiene incidencias directamente en los costos de los productos, de la eficiencia y ahorros que se puedan lograr en los procesos, depende la mejor oferta y la competitividad en el mercado de los productos que se producen.

Realizar la toma de datos de los parámetros de funcionamiento de los motores eléctricos en baja tensión de un proceso de producción, haciendo uso de equipamientos de mando y control de última generación en los arrancadores de los motores eléctricos es un trabajo que se puede realizar sin necesidad de elementos adicionales muy costosos, siendo la revisión y evaluación final de los resultados obtenidos la parte más importante para la toma de decisiones.

CAPÍTULO IV

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

4.1.- Tipo, Nivel y Diseño de Investigación.

Se desarrollará una metodología de nivel exploratorio y tipo observacional, para revisar los fallos y los parámetros eléctricos de las lecturas entregadas por los equipamientos de mando y control de última generación en los arrancadores de los motores eléctricos de baja tensión, analizarlos para prevenir paradas no programadas en los procesos de producción.

4.2.- Población-Muestra.

La presente investigación estará comprendida dentro del área geográfica del complejo minero ubicado en Mala, en donde actualmente se encuentran instalados alrededor 250 arrancadores de última generación para motores eléctricos en baja tensión, para el estudio correspondiente estamos tomando una línea de producción de 48 motores y haciendo el uso de la criticidad de los motores se tomará para los cálculos la cantidad de 16 motores asignados a la línea de producción, para analizar los tiempos de parada no programada, como consecuencia de los fallos por anomalías electro mecánicas de las cargas.

4.3.- Técnicas de Recolección de Información

Se utilizará la evaluación y el análisis de los parámetros eléctricos entregados por los equipamientos de mando y control de última generación en los arrancadores de los motores eléctricos de baja tensión, los fallos ocurridos y la cantidad de unidades de producción.

4.3.1.- Instrumentos de Recolección de Información

Para la recolección de datos de los parámetros eléctricos utilizaremos una red modbus y guardarlos en hojas de cálculo, para la conocer la cantidad de fallos ocurridos se revisarán los informes de mantenimiento y para conocer la cantidad producida se revisarán las estadísticas de producción y despacho de producto terminado.

4.3.2.- Técnicas de Análisis e Interpretación de Datos

Toda la información proporcionada por lecturas entregadas por los equipamientos de mando y control de última generación en los arrancadores de los motores eléctricos de baja tensión, se procesará en hojas de cálculo en Excel para la evaluación de los parámetros, de

manera similar las horas de parada y cantidades producidas. Teniendo la posibilidad de realizar gráficos de visualización rápida, sacar promedios y valores máximos y mínimos.

Evaluación bajo el concepto de pérdidas:

TABLA N° 4.1 Evaluación bajo el concepto de pérdidas

TIEMPO CALENDARIO			OPORTUNIDAD
Tiempo de Carga		Pérdida programada	
Tiempo Bruto de Operación		Pérdida No Programada	
Tiempo Neto de Operación		Pérdida de Rendimiento	
Tiempo de Valor Agregado	Pérdida por Defecto	\$	
OEE	GAP		

El OEE es la mejor herramienta métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costos de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Asimismo, el OEE es la métrica para complementar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos por la certificación ISO 9000:2000.

La OEE considera 6 grandes pérdidas:

- 1.- Paradas/Averías
- 2.- Configuración y Ajustes
- 3.- Pequeñas Paradas
- 4.- Reducción de velocidad
- 5.- Rechazos por Puesta en Marcha
- 6.- Rechazos de Producción

Las dos primeras grandes pérdidas, Paradas/Averías y Ajustes, afectan a la **Disponibilidad**, las dos siguientes Grandes Pérdidas; Pequeñas Paradas y Reducción de

velocidad, afectan al **Rendimiento** y las dos últimas Grandes Pérdidas afectan a la **Calidad**. (ver Tabla N° 4.2)

Tabla N° 4.2 Detalle de la ecuación OEE

TIEMPO CALENDARIO (tc)	hr
Considerando:	
Parada programada por Mantenimiento	hr
Tiempo de Parada por Domingos y Feriados	hr
Tiempo de Parada Programada por Mantenimiento	hr
TIEMPO DE PARADA PROGRAMADA (tpp)	hr
TIEMPO DE OPERACIÓN (top = tc - tpp)	HR
Considerando:	
Parada rutinaria por ajustes.	hr
Tiempo Parada Rutinaria por Ajustes	hr
Tiempo de Parada No Programada (fallas)	hr
Tiempo de Parada por falta de materiales	hr
TIEMPO DE PARADA NO PROGRAMADA (tpnp)	hr
TIEMPO NETO DE OPERACIÓN (tnop = top - tpnp)	hr
TASA DE DISPONIBILIDAD	% TD
TD = (top - tpnp) / top	

RENDIMIENTO	
Considerando:	
Merma Estimada	%
Producción Total (pt)	ton
Merma Estimada por desperdicios y defectos (pdef)	ton
PRODUCCIÓN REAL (pr)	ton
TASA DE RENDIMIENTO	% TR
TR = (pr / tnop) / cap	
CALIDAD	
TASA DE CALIDAD	% TC
TC = (pt - pdef) / pt	

$$OEE = TD \times TR \times TC \quad (1)$$

La ecuación (1) es la expresión que define la OEE, para nuestra evaluación sólo estamos tomando en cuenta las fallas y su efecto en la disponibilidad, y consideramos una merma estimada constante, que a la vez hace constante las tasas de rendimiento y de calidad.

CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACION

5.1.- Presentación, análisis e interpretación de los resultados.

Los valores obtenidos tanto al inicio como al final se pueden apreciar en los anexos (ver ANEXOS) y el resumen de los valores obtenidos para la Eficiencia General de Equipos (OEE) en cada escenario, son los siguientes: (ver Tabla N° 5.1)

Tabla N° 5.1 Tabla resumen análisis OEE

OEE	Mínimo	Máximo	PROMEDIO	Diferencia
INICIAL SIN FALLAS	81.8%	82.9%	82.6%	1.0
INICIAL CON FALLAS	74.4%	78.8%	77.0%	0.93
FINAL CON FALLAS Equipo Nuevo	77.3%	82.0%	80.8%	0.98

Asimismo, el comparativo de los valores del OEE considerando doce meses para tener un mejor panorama y axial poder notar las diferencias en cada uno de los tres escenarios tratados, es el siguiente: (ver fig. N° 5.1)

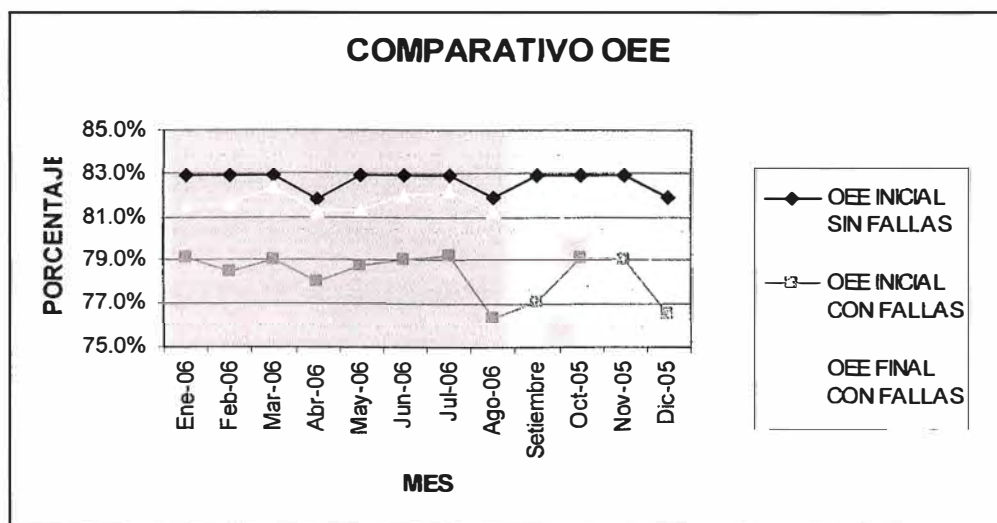


Figura N° 5.1 Comparativo OEE

De estos resultados podemos observar que el valor promedio del OEE cae 7% respecto al valor ideal sin fallas, cuando se toman los datos de la instalación inicial y se considera las fallas en los equipos; pero cuando se considera la instalación con mejoras, es decir con equipamiento de última generación en los arrancadores de motores, se logra un decrecimiento del OEE de sólo 2% con respecto al valor ideal sin fallas.

Estos valores se logran mejorar en vista que los equipos de última generación utilizados en los arrancadores de motores, nos entregan los valores de los parámetros eléctricos en tiempo real, permitiendo realizar los mantenimientos preventivos sin necesidad de esperar la parada imprevista y/o forzada por falla.

El análisis del OEE permite en un único indicador, medir todos los parámetros fundamentales en una producción industrial, según datos internacionales el OEE debe fluctuar entre 75% y 85% para ser tomado como aceptable, para nuestro caso cuando consideramos el caso ideal el OEE es de 82.6% cerca al límite superior del valor considerado como aceptable; cuando consideramos el caso real, es decir con las fallas reales el OEE es de 77.0% disminuyendo aproximadamente 7% respecto al valor ideal y con un equivalente a una pérdida de utilidad de 800,000 dólares aproximadamente; al utilizar las nuevas tecnologías el OEE es de 80.8% logrando reducir la pérdida de utilidad a tan solo 280,000 dólares aproximadamente. (ver anexo F)

Es necesario resaltar que si bien al analizar los tres casos, el OEE no sale fuera del rango del 75% y el 85%, si tiene incidencia considerable en la utilidad bruta. El ahorro que se logra de aproximadamente 520,000 dólares logra cubrir los gastos de la implementación de la nueva tecnología, cuyo presupuesto oscila por el monto de los 135,000 dólares, tal como se puede observar en el presupuesto real que se anexa (ver anexo I), por los dos centro de control de motores a instalar.

Asimismo, en vista que este ahorro es considerable, está justificado el reemplazo del equipamiento antiguo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones de la investigación.

- Las nuevas tecnologías actuales para arranque de motores de jaula de ardilla en baja tensión, nos permiten administrar mejor los parámetros de su funcionamiento, conocer estos parámetros en tiempo real, almacenar estos datos para formar los históricos que debe tener cada motor y tomar decisiones preventivas para mantener su buen estado de funcionamiento.
- La problemática actual de los arrancadores de motores de jaula de ardilla en baja tensión, tiene en el uso de arrancadores convencionales el mayor de los problemas, en vista que se limita a sólo el arranque y parada, sin el conocimiento del funcionamiento de los motores.
- El uso del ratio de La Eficiencia General de los Equipos (Overall Equipment Effectiveness = OEE), nos permite relacionar los tres parámetros fundamentales en la producción industrial: disponibilidad, eficiencia y calidad, y por consiguiente relacionar directamente los costos de operación.
- Las metodologías para tomar la información de los parámetros de funcionamiento, usando los medios de comunicación por medio de una red con protocolos estandarizados, son prácticas y cada vez de mayor confiabilidad.
- Con los resultados obtenidos, aseguramos que los ratios de producción se pueden mejorar, con tan sólo tener el conocimiento en tiempo real del funcionamiento de los motores que intervienen en las líneas de producción.

Recomendaciones y/o sugerencias.

- Recomendamos el uso de las nuevas tecnologías actuales para arranque de motores de jaula de ardilla en baja tensión, tales como arrancadores electrónicos, directos con protección total, arrancadores de estado sólido ó soft starters y variadores de velocidad, que nos permiten además de su función de arranque y parada, la protección y la administración de los parámetros de su funcionamiento en tiempo real, y mantener su buen estado de funcionamiento.

- Recomendamos el uso del ratio OEE (Eficiencia General de los Equipos = Overall Equipment Effectiveness), por ser la métrica disponible más adecuada para optimizar los procesos de fabricación.
- Recomendamos el uso de redes de comunicación por medios físicos ó por medios inalámbricos, usando los equipos (hardware) y protocolos (software) de comunicación que mejor se adecuen a cada instalación, porque son los únicos medios que nos permiten tener en tiempo real los parámetros de funcionamiento.
- Recomendamos tener el conocimiento al detalle del funcionamiento de cada motor, almacenar la información de los parámetros obtenidos, en vista que tienen un uso adicional, para cuando se requiera evaluar la implementación de nuevas líneas de producción similares, y de esta manera permiten bosquejar escenarios reales del funcionamiento.

ANEXOS

Listado de anexos

ANEXO A: Flor sheet de la instalación.

ANEXO B: Diagrama unificar CCM.

ANEXO C: Disposición de arranques.

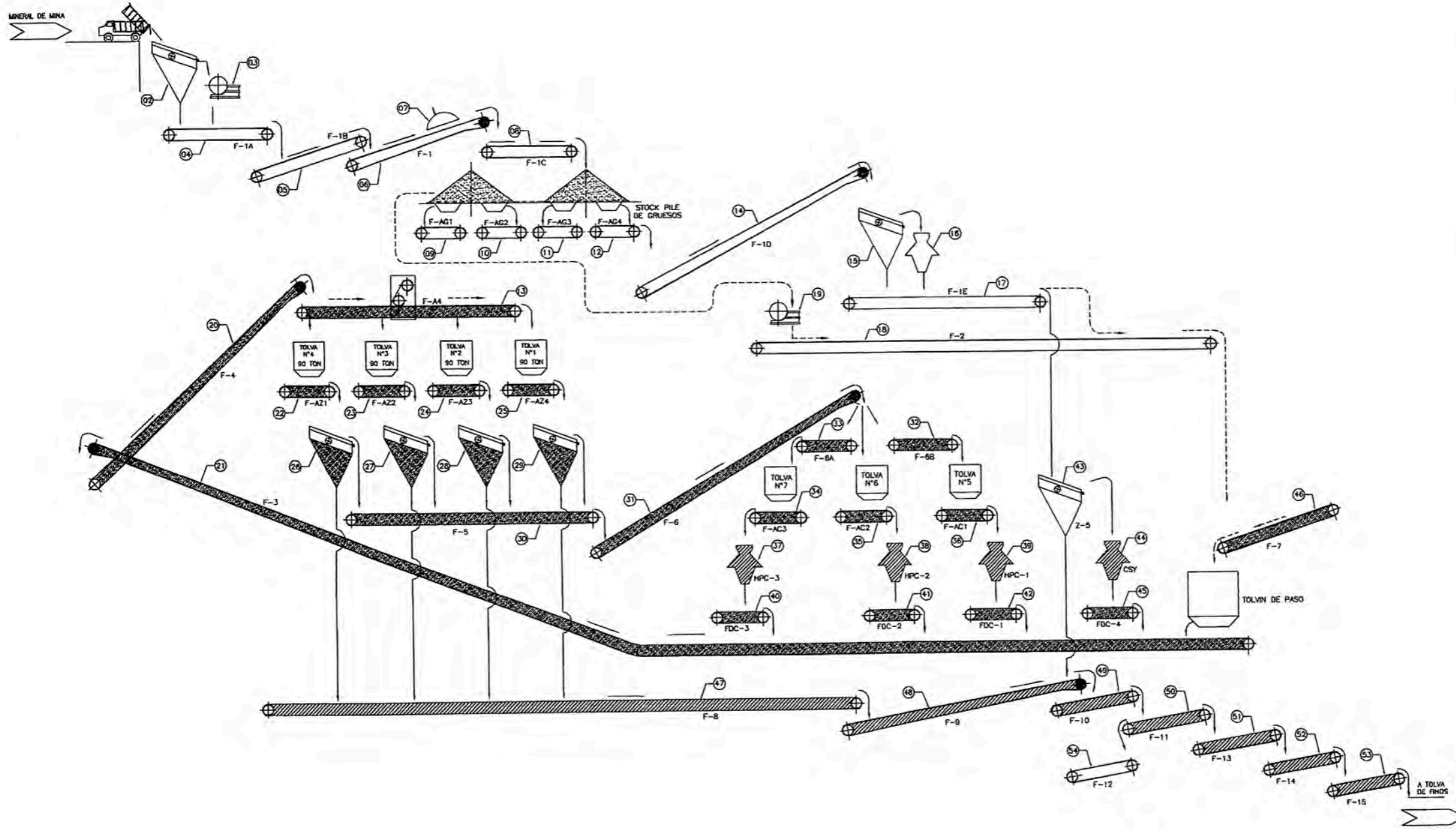
ANEXO D: Arquitectura de funcionamiento.

ANEXO E: Evaluación de criticidad.

ANEXO F: Estadístico comparativo.

ANEXO G: Justificación de reemplazo de equipos.

ANEXO A : FLOW SHEET DE LA INSTALACION



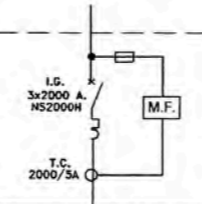
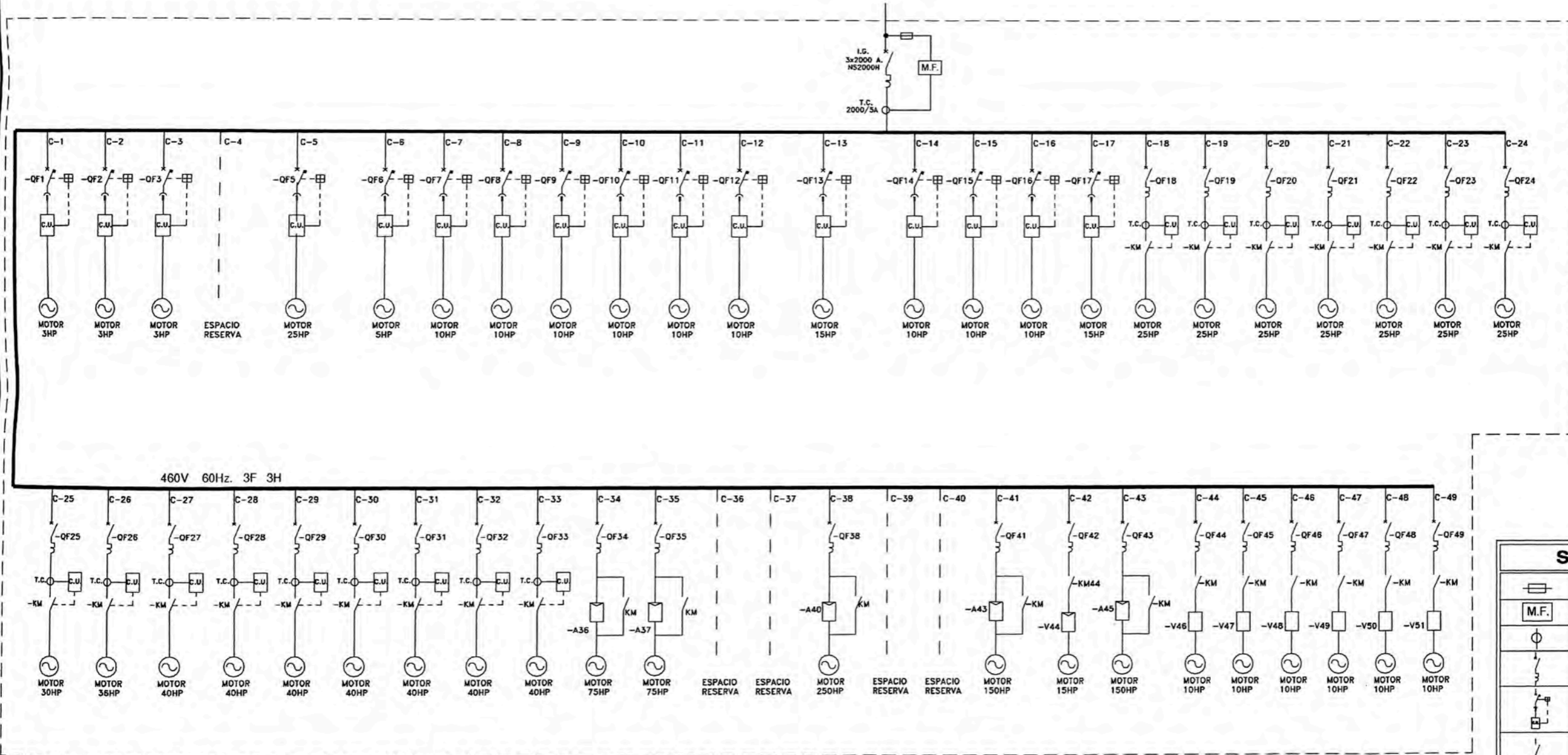
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	NOMENCLATURA	
			ANTIGUA	NUEVA
2	GRIZZLY VIBRATORIO DE 5" DE ABERTURA	01	GRV-1	----
3	CHANCADORA DE QUIJADA METSO 34"x44"	01	C-110	----
4	FAJA TRANSPORTADORA 36"x14 m.	01	F-1A	F-1A
5	FAJA TRANSPORTADORA 36"x8.5 m.	01	F-1B	F-1B
6	FAJA TRANSPORTADORA 36"x32.59 m.	01	F-1	F-1
7	ELECTROMAN	01	----	----
8	FAJA TRANSPORTADORA 36"x32.5 m.	01	F-1C	F-1C
9	ALIMENTADOR DE FAJA 48"	01	FA-A	F-AG1
10	ALIMENTADOR DE FAJA 48"	01	FA-B	F-AG2
11	ALIMENTADOR DE FAJA 48"	01	FA-C	F-AG3
12	ALIMENTADOR DE FAJA 48"	01	FA-D	F-AG4
13	FAJA TRIPPER CAR 48"x23.91 m.	01	----	F-A4
14	FAJA TRANSPORTADORA 36"x30 m.	01	F-1D	F-1D
15	GRIZZLY VIBRATORIO 1.1/2" ABERTURA 4" Y 8"	01	GRV-2	----
16	CHANCADORA CONICA SECUNDARIA	01	HPS-1	----
17	FAJA TRANSPORTADORA 36"x15.42 m.	01	F-1E	F-1E
18	FAJA TRANSPORTADORA 26"x32.90 m.	01	F-2	F-2
19	CHANCADORA QUIJADA SECUNDARIA KURIMOTO	01	CH-KU	----
20	FAJA TRANSPORTADORA 48"x31.9 m.	01	----	F-4
21	FAJA TRANSPORTADORA 48"x61.33 m.	01	----	F-3
22	ALIMENTADOR A ZARANDA 48"x8 m.	01	----	F-A21
23	ALIMENTADOR A ZARANDA 48"x8 m.	01	----	F-A22
24	ALIMENTADOR A ZARANDA 48"x8 m.	01	----	F-A23
25	ALIMENTADOR A ZARANDA 48"x8 m.	01	----	F-A24
26	ZARANDA VIBRATORIA 8"x20"	01	----	21
27	ZARANDA VIBRATORIA 8"x20"	01	----	22
28	ZARANDA VIBRATORIA 8"x20"	01	----	23
29	ZARANDA VIBRATORIA 8"x20"	01	----	24
30	FAJA TRANSPORTADORA 36"x38.30 m.	01	----	F-5
31	FAJA TRANSPORTADORA 36"x58.20m	01	----	F-6
32	FAJA TRANSPORTADORA 30"x8.80m	01	F-7A	F-6B
33	FAJA TRANSPORTADORA 30"x7.80m	01	----	F-6A
34	ALIMENTADOR DE FAJA A HPC-3	01	----	AC-3
35	ALIMENTADOR DE FAJA A HPC-2	01	----	AC-2
36	ALIMENTADOR DE FAJA A HPC-1	01	----	AC-1
37	CHANCADORA CONICA SH	01	----	HPC-3
38	CHANCADORA CONICA SH	01	----	HPC-2
39	CHANCADORA CONICA SH	01	----	HPC-1
40	FAJA TRANSPORTADORA 36"x4.3 m	01	----	FDC-3
41	FAJA TRANSPORTADORA 36"x4.3 m	01	----	FDC-2
42	FAJA TRANSPORTADORA 36"x4.3 m	01	----	FDC-1
43	ZARANDA VIBRATORIA N° 8"x20"	01	----	25
44	CHANCADORA CONICA SYMONS SH 5.1/2"	01	----	----
45	FAJA TRANSP. SISTEMA BY PASS 36"x4.3m	01	----	F-7
46	FAJA TRANSP. SISTEMA BY PASS 36"x12.32m	01	F-8	F-8
47	FAJA TRANSPORTADORA 24"x35.0m	01	F-9	F-9
48	FAJA TRANSPORTADORA 24"x27.41m	01	F-10	F-10
49	FAJA TRANSPORTADORA 24"x27.32m	01	F-11	F-11
50	FAJA TRANSPORTADORA 24"x10m	01	F-13	F-13
51	FAJA TRANSPORTADORA 36"x9.85m	01	F-14	F-14
52	FAJA TRANSPORTADORA 36"x1.3m	01	----	F-15
53	FAJA TRANSPORTADORA 36"x13.5 m	01	F-12	F-12
54	FAJA TRANSPORTADORA 24"	01	F-12	F-12

DIAGRAMA DE PROCESO
SECCION CHANCADO

ANEXO B : DIAGRAMA UNIFILAR CCM

DIAGRAMA UNIFILAR

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



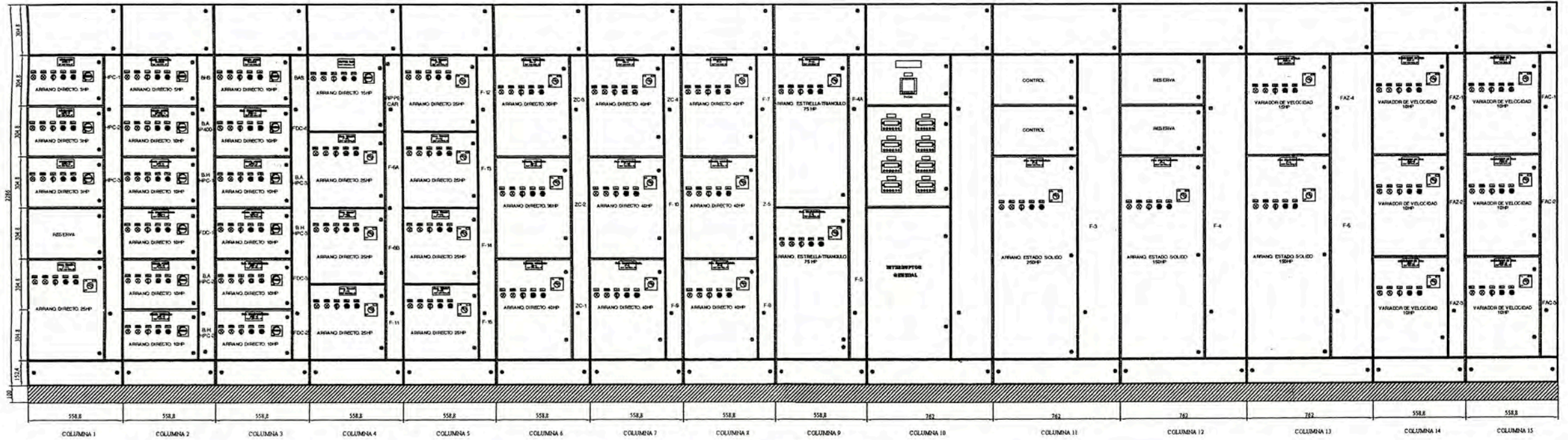
SIMBOLOGIA	
	Portafusible + fusible 4A
	M.F. Medidor Multifunción PM500
	Trafos de Corriente 2000/5A
	Interruptor Termomagnético
	Tesys U-Coordinación Total
	Contactador - Bobina 220V
	Controlador Tesys
	Arrancador Estrella-Triángulo
	Arrancador Estado Sólido
	Variador de Velocidad

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

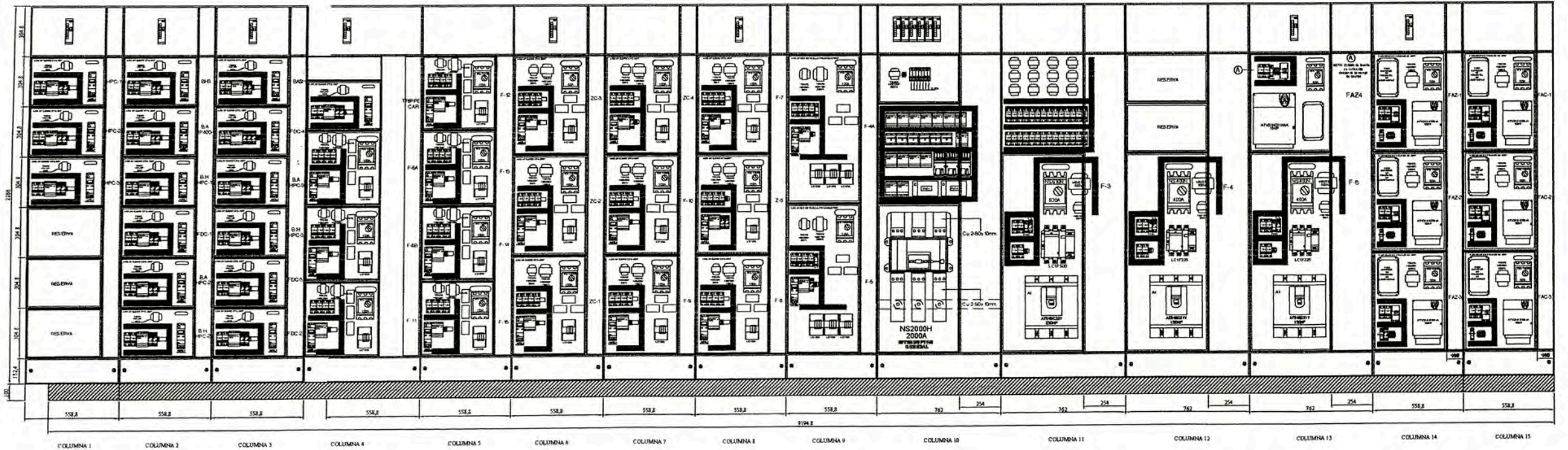
CCM-2
460V 60Hz 3F 3H
DIAGRAMA UNIFILAR

TITULO:

ANEXO C : DISPOSICION DE ARRANQUES



VISTA FRONTAL



VISTA INTERNA

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE COMUNICACION PARA ARRANCADORES

220V 50Hz 2F

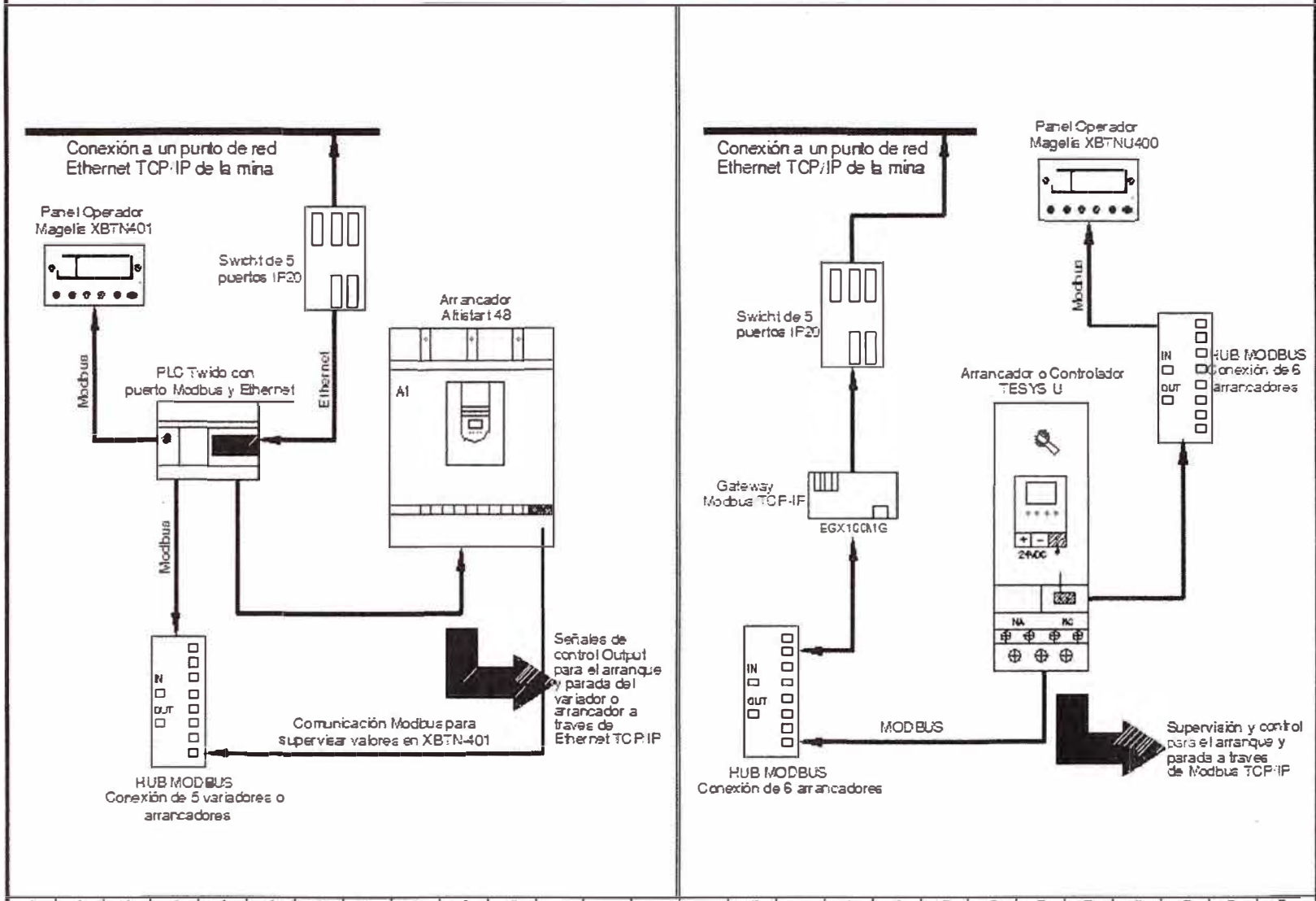


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE COMUNICACION PARA ARRANCADORES

ANEXO D: ARQUITECTURA DE FUNCIONAMIENTO.

ANEXO E: EVALUACIÓN DE CRITICIDAD

EVALUACION DE CRITICIDAD DE EQUIPOS Y COMPONENTES

CODIGO	Componente	Valor de cada variable de acuerdo a Tabla de Ponderación de Criticidad										Puntaje Total	Evaluación Criticidad	Grado Criticidad
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j			
SY	CHANCADORA SYMONS	2	4	2	3	1	2	2	1	1	2	20	Muy crítico	I
HP-41	CHANCADORA HP400-1	2	4	2	3	1	2	2	1	1	1	19	Crítico	II
HP-42	CHANCADORA HP400-2	2	4	2	3	1	2	2	1	1	1	19	Crítico	II
HP-43	CHANCADORA HP400-3	2	4	0	2	1	2	2	1	1	1	19	Crítico	II
F-7	FAJA TRANSPORTADORA F-7	2	4	0	0	0	0	0	0	0	1	7	Conveniente	III
Z-5	ZARANDA VIBRATORIA Z-5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	No crítico	IV
FDC-1	FAJA TRANSPORTADORA FDC-1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	No crítico	IV
FDC-2	FAJA TRANSPORTADORA FDC-2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	No crítico	IV
FDC-3	FAJA TRANSPORTADORA FDC-3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	No crítico	IV
FDC-5	FAJA TRANSPORTADORA FDC-4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	No crítico	IV
F-3	FAJA TRANSPORTADORA F-3	4	2	2	3	1	0	2	0	1	2	17	Crítico	II
F-4	FAJA TRANSPORTADORA F-4	4	2	2	3	1	0	2	0	1	2	17	Crítico	II
F-4A	FAJA TRANSPORTADORA F-4A	4	2	2	3	1	0	2	0	1	2	17	Crítico	II
TRIP	TRIPPER CAR	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3	No crítico	IV
F-AZ1	ALIMENTADOR DE FAJA FAZ-1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	No crítico	IV
F-AZ2	ALIMENTADOR DE FAJA FAZ-2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	No crítico	IV
F-AZ3	ALIMENTADOR DE FAJA FAZ-3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	No crítico	IV
F-AZ4	ALIMENTADOR DE FAJA FAZ-4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	6	No crítico	V
Z-1	ZARANDA VIBRATORIA Z-1	2	2	0	3	0	2	0	0	1	1	11	Conveniente	III
Z-2	ZARANDA VIBRATORIA Z-2	2	2	0	3	0	2	0	0	1	1	11	Conveniente	III
Z-3	ZARANDA VIBRATORIA Z-3	2	2	0	3	0	2	0	0	1	1	11	Conveniente	III
Z-4	ZARANDA VIBRATORIA Z-4	2	2	0	3	0	2	0	0	1	1	11	Conveniente	III
F-5	FAJA TRANSPORTADORA F-5	4	2	2	3	1	0	0	0	1	2	15	Crítico	II
F-6	FAJA TRANSPORTADORA F-6	4	2	2	3	1	0	0	0	1	2	15	Crítico	II
F-6A	FAJA TRANSPORTADORA F-6A	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	No crítico	IV
F-6B	FAJA TRANSPORTADORA F-6B	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	No crítico	IV
F-AC1	ALIMENTADOR DE FAJA FAC-1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	No crítico	IV
F-AC2	ALIMENTADOR DE FAJA FAC-2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	No crítico	IV
F-AC3	ALIMENTADOR DE FAJA FAC-3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	No crítico	IV
F-8	FAJA TRANSPORTADORA F-8	4	2	2	3	1	2	2	1	1	2	20	Muy crítico	I
F-9	FAJA TRANSPORTADORA F-9	4	2	2	3	1	2	2	1	1	2	20	Muy crítico	I
F-10	FAJA TRANSPORTADORA F-10	4	2	0	3	1	2	2	1	1	2	18	Crítico	II
F-11	FAJA TRANSPORTADORA F-11	4	2	0	3	1	2	2	1	1	2	18	Crítico	II
F-12	FAJA TRANSPORTADORA F-12	2	1	0	0	0	0	2	0	0	2	7	Conveniente	III
F-13	FAJA TRANSPORTADORA F-13	4	2	0	0	1	2	2	1	1	2	15	Crítico	II
F-14	FAJA TRANSPORTADORA F-14	4	2	0	0	1	2	2	1	1	2	15	Crítico	II
F-15	FAJA TRANSPORTADORA F-15	4	2	0	0	1	2	2	1	1	2	15	Crítico	II
BAC-SY	BOMBA ACEITE SYMONS	2	1	2	0	0	0	2	0	0	2	9	Conveniente	III
BHI-SY	BOMBA HIDRAULICA SYMONS	2	1	2	0	0	0	2	0	0	2	9	Conveniente	III
BAC-HP41	BOMBA ACEITE HP400-1	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III
BHI-HP41	BOMBA HIDRAULICA HP400-1	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III
BAC-HP42	BOMBA ACEITE HP400-2	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III
BHI-HP42	BOMBA HIDRAULICA HP400-2	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III
BAC-HP43	BOMBA ACEITE HP400-3	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III
BHI-HP43	BOMBA HIDRAULICA HP400-3	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III
VE-HP41	VENTILADOR HP400-1	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III
VE-HP42	VENTILADOR HP400-2	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III
VE-HP43	VENTILADOR HP400-3	2	1	2	0	0	0	2	0	0	1	8	Conveniente	III

Descripción de variables:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| a) Efecto en la producción | f) Dependencia logística |
| b) Valor Técnico - económico | g) Dependencia de mano de obra |
| c) Daños consecuenciales a la máquina | h) Probabilidad de falla (confiabilidad) |
| d) Daños consecuenciales al proceso | i) Facilidad de reparación (mantenibilidad) |
| e) Daños consecuenciales al operador | j) Flexibilidad de operación |

ANEXO F: ESTADÍSTICO COMPARATIVO.

PRUEBA DE HIPOTESIS

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS CON MUESTRAS DEPENDIENTES

Nº	Nº Carga	Antiguo hr-falla-año	Nuevo hr-falla-año	Diferencia x	Dif.al cuadrado x ²
1	28	14.75	9.00	5.75	33.06
2	26	16.75	9.25	7.50	56.25
3	29	19.75	10.50	9.25	85.56
4	32	22.00	10.75	11.25	126.56
5	31	25.25	15.00	10.25	105.06
6	33	28.25	6.50	21.75	473.06
7	4	28.50	10.00	18.50	342.25
8	27	28.50	10.75	17.75	315.06
9	3	32.00	7.50	24.50	600.25
10	8	34.50	10.75	23.75	564.06
11	20	36.50	10.75	25.75	663.06
12	2	41.00	12.00	29.00	841.00
13	9	45.50	11.50	34.00	1.156.00
14	19	47.00	11.75	35.25	1.242.56
15	7	48.50	12.25	36.25	1.314.06
16	1	60.50	9.00	51.50	2.652.25
		529.25	167.25	362.00	10.570.13

Media Aritmética

$$X_m = \frac{\sum x}{n} = \frac{362.00}{16.00}$$

$$X_m = 22.63 \text{ Media de N° de Horas de falla}$$

Varianza

$$S^2_x = \frac{\sum x^2}{n-1} - \frac{n \cdot X_m^2}{n-1} = \frac{10.570.13}{15} - \frac{16 \cdot (22.63)^2}{15}$$

$$S^2_x = 158.66$$

Desviación Estándar

$$\sigma = (S^2_x)^{1/2}$$

$$\sigma = 12.60$$

Estimación de La Desviación Estándar desconocida de la Población

$$\sigma_p = \sigma$$

$$\sigma_p = 12.60$$

Estimación de Error estándar de la Media

$$\sigma_{X_m} = \frac{\sigma_p}{(n)^{1/2}} = \frac{12.60}{(16)^{1/2}}$$

$$\sigma_{X_m} = 3.15$$

μ_{H_0} 33.08 Media de N° de Horas de falla - Equipo Antiguo

$$t = \frac{X_m - \mu_{H_0}}{\sigma_{X_m}} = \frac{(10.45)}{3.15}$$

$$t = -3.320$$

Para una muestra $n = 16$

Número de grados de libertad = 15

Para un nivel de significancia de 0.05

En la curva de "t" de Student $t = -1.753$

LUEGO:

$t = -3.320$ se encuentra fuera del área de aceptación, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la disminución de hora por falla ó la pérdida de horas, se reduce.

ANEXO G: JUSTIFICACIÓN DE REEMPLAZO DE EQUIPOS

JUSTIFICACION REEMPLAZO DE EQUIPO

	Equipo Antigo US \$	Equipo Nuevo US \$
Costo Directo	76.573,954.68	80,193,689.68
Costos Indirectos	2.297.218.64	2.405.810.69
3%		
Costo Operación	78,871,173.32	82,599,500.37

Valor Venta	87,634,272.00	91,800,672.00
--------------------	----------------------	----------------------

	1
Maquina Antigua	
Valor	-
Costo de Operación	78,871,173.32
Ventas	87,634,272.00
Ingresos Netos	8,763,098.68
Reemplazo	
Precio	135,000.00
Costo Operación	82,599,500.37
Ventas	91,800,672.00
Ingreso Neto	9,201,171.63

US \$ 0. por el equipo antiguo

FLUJO PERTINENTE

	0	1
EA	-	8,763,098.68
ER	(135,000.00)	9,201,171.63
FN	(135,000.00)	438,072.95

Años
Equipo Antigo
Equipo a Reponer

$$VAN^* = -I + BN_1 / (1+i)^1 + BN_2 / (1+i)^2 + BN_3 / (1+i)^3$$

i	VAN *
6%	278,276.37
10%	263,248.14
15%	245,933.00
20%	230,060.79
25%	215,458.36

Tasa Contratada en el Leasing

LUEGO. Los Equipamientos Nuevos están justificados

BIBLIOGRAFÍA.

1. “Manual de Instalaciones de Distribución de Energía Eléctrica de BBC”. URMO S.A. Ediciones, España.
2. Schneider Electric, “Manual y Catálogo del Electricista”, MYCE”, Perú – 2003.
3. Klockner Moeller, “Manual de Automatismo y Energía”, Alemania.
4. Siemens, “Manual de Baja Tensión”, Perú – 2000.
5. VI Congreso Panamericano de Ingeniería de mantenimiento, México – 2004.
6. Levin-Rubin-Balderas, “Estadística para Administración y Economía”.