



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



Recibo de pago N° 821646

Visto el Informe N° 046-2025-PIEO-UI-FIMEE-UNSLG, emitido la operaria del sistema de antiplagio se emite la siguiente constancia:

N° 043-2025

CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la **Tesis** cuyo título es:

“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN Y TABLEROS ELÉCTRICOS DE UNA TRITURADORA DE LA MINA MILPO - CHINCHA”

Presentado por:

CUEVAS SARAVIA, JOSE MIGUEL

BACHILLER de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA. El resultado obtenido es un porcentaje de DIEZ POR CIENTO (10%), por el cual se le otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 17 de Febrero del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Dr. José Luis Donayre Pasache
Dr. José Luis Donayre Pasache
DIRECTOR DE UNIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



TESIS

Mejoramiento del Sistema de Protección y Tableros Eléctricos de una Trituradora de la Mina Milpo - Chincha

Línea de Investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

Presentado por:

Bach. CUEVAS SARA VIA JOSÉ MIGUEL

Ica- Perú

2023

DEDICATORIA

A mis padres que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para ser un profesional.

A mis hermanos quienes con sus palabras de aliento que siempre me brindaron día a día en el transcurso de los días en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas para adquirir nuevos conocimientos, así también a todas las personas que de alguna u otra manera nos apoyan

Muy agradecido a mi asesor al Dr. Ing. Reymundo Calderón Pino por su aporte en la elaboración del trabajo de tesis

También agradezco a mi familia por su tiempo y trabajo durante todo el proceso de la elaboración de la tesis

ÍNDICE

	PAG.
Índices de contenidos Portada.	
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice.	
Resumen	vi
Abstract.	vii
CAPITULO I: INTRODUCCION	09
1.1. Situación Problemática	09
1.2. Formulación del problema	09
1.3. Delimitación del Problema	10
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación	10
1.5. Marco Teórico	11
1.5.1. Antecedentes	11
1.5.2. Marco Conceptual	13
1.6. Hipótesis de investigación	26
1.7. Variables de investigación	26
1.8. Objetivos de la Investigación	27
CAPITULO II: ESTRATEGIA METODOLOGICA	28
2.1. Tipo, Nivel y Diseño de Investigación	28
2.2. Población y Muestra	28
2.3. Técnicas de Recolección de Datos	28
2.4. Técnicas de Análisis e interpretación de Datos	30
CAPITULO III: RESULTADOS	31
3.1. Diseño del Tablero de Control	31
3.2. Selección del Elemento de Control	32
3.2.1. Software De Dimensionamiento y Parametrización de los Arrancadores	40
3.3. Diseño Del Tablero De Control	47
3.4. Diseño Del Tablero De Control Trituradora Primaria	51
3.5. Diseño Del Tablero De Control Trituradora Secundaria	54
3.6. Diseño Del Tablero De Control Trituradora Terciaria	56

3.7. Diseño de la Consola	59
CAPITULO IV: DISCUSIÓN	62
CAPITULO V: CONCLUSIONES	65
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	66
CAPITULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
CAPITULO VIII: ANEXOS	68

RESUMEN

Este trabajo muestra el procedimiento que se ha llevado a cabo para conseguir la optimización de los tableros eléctricos que se van a instalar en el sector de la trituradora de piedra. Se va exponer una breve historia de la trituradora de piedra y su evolución a lo largo de estos años, los diferentes modelos de trituradora de piedra utilizadas para lograr el producto final, así como sus fases del proceso de trituración de la piedra y finalmente, la localización de la trituradora de piedra.

Además, se muestra el diseño de los tableros de control empleados en la trituradora de piedra para el inicio de los motores trifásicos. En párrafos cortos, se detalla cómo se escogen los elementos de control, así como cómo se sustituyen los contactores por variadores y arrancadores suaves. Además, se ilustra cómo se instalan los elementos de control a emplear en los distintos tableros eléctricos de control, empleando esquemas de montaje y se explica paso a paso

Se explican elementos vinculados al uso del PLC desde sus comienzos hasta cómo se debe diseñar y almacenar un programa de lenguaje del PLC. Además, se explica cómo se debe configurar un arrancador suave y un variador de frecuencia para el inicio de los distintos motores que componen la trituradora. Además, se explica cómo opera la trituradora de piedra a través del uso de los arrancadores suaves, variadores de velocidad y el PLC.

Se muestra el diseño de los diagramas de control y fuerza de los tableros eléctricos de control optimizados con los nuevos componentes empleados, además de una tabla de fijación de cables muy empleada por los técnicos especialistas en la construcción de tableros de control. Además, se exhiben los diagramas de control de una consola de control remoto que es empleada por el operador de la trituradora.

Finalmente, se exponen las conclusiones y sugerencias de este estudio que deben implementarse para prevenir problemas en el montaje de los tableros de control.

Palabras claves: Mantenimiento, tableros eléctricos, PLC, trituradora, diagrama de control.

ABSTRACT

This work shows the procedure that has been carried out to achieve the optimization of the electrical panels that are going to be installed in the stone crusher sector. A brief history of the stone crusher and its evolution over the years will be presented, the different models of stone crusher used to achieve the final product, as well as its phases of the stone crushing process and finally, the location of the stone crusher. In addition, the design of the control panels used in the stone crusher for the start of the three-phase motors is shown. In short paragraphs, it is detailed how the control elements are chosen, as well as how the contactors are replaced by inverters and soft starters. In addition, it illustrates how the control elements to be used in the different electrical control panels are installed, using assembly diagrams and explains step by step

Elements related to the use of the PLC are explained from its beginnings to how a PLC language program should be designed and stored. In addition, it explains how a soft starter and a variable frequency drive should be set up for the start of the various motors that make up the shredder. In addition, it explains how the stone crusher operates through the use of soft starters, variable speed drives and PLC.

The design of the control and force diagrams of the control panels is shown with the new components used, as well as a cable fixing table widely used by technicians specialized in the construction of control panels. In addition, the control diagrams of a remote control console that is employed by the crusher operator are displayed.

Finally, the conclusions and suggestions of this study that should be implemented to prevent problems in the assembly of control panels are presented.

Keywords: Maintenance, electrical panels, PLC, crusher, control diagram.

INTRODUCCIÓN

Se muestra el diseño del diagrama de control y fuerza del tablero eléctrico de control optimizados con sus nuevos componentes empleados, además de la tabla de fijación de cables empleada por los técnicos especialistas en la construcción del tablero de control. Además, se exhiben el diagrama de control de la consola de control remoto que es empleada por el operador de la trituradora. Por último, se exponen las conclusiones y sugerencias de este estudio que deben implementarse para prevenir problemas en el montaje de los tableros de control.

Los minerales son materiales naturales, predominantemente rocas, que poseen un número considerable de elementos beneficiosos, suficientes para justificar su extracción. En pocas ocasiones, los metales y minerales de relevancia comercial se hallan en estados y niveles de pureza que requieren su uso práctico, lo que requiere su uso práctico.

El orden de las actividades clave en la extracción de un depósito mineral es el siguiente: extracción, preparación y purificación. Para que una máquina de separación funcione correctamente, es necesario que las partículas de mineral puedan moverse libremente unas sobre las otras. Por lo tanto, el mineral debe experimentar una correcta disminución de tamaño; si se realiza una trituración eficaz, los tiempos de paso del mineral por cada una de las fases subsiguientes en la planta de beneficio se reducirán.

Esto provocará una disminución en los gastos operativos de la planta de beneficio, consumo energético, sustancias químicas, un incremento en la capacidad y, además, un adecuado flujo de lubricación asegurará el correcto funcionamiento de la trituradora, previniendo de esta manera que la misma se deteriore.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. Situación Problemática

Son dispositivos que operan mediante el trabajo de los trabajadores, intercalados en las líneas de proceso, por lo que usualmente necesitan de un trabajador que maneje directamente sobre ellos de manera constante. Así, si la temperatura de lubricación excede el punto de set, el trabajador debe parar de inmediato el motor de la criba y el motor de la banda que alimenta la criba. Además, se activa un cronómetro que proporciona un periodo de tiempo para que el triturador desaloje la recámara de trituración

En contraposición, el trabajador frecuentemente percibe que las trituradoras son componentes que solo dificultan y aumentan el costo de las instalaciones; por esta razón, a menudo no presta el cuidado necesario a todas las características que no sean la potencia de su motor y la capacidad de transporte en toneladas/hora, ignorando las cotas de seguridad requeridas ante los peligros que estas máquinas representan, o, lo que es más grave, perciben las protecciones como elementos o accesorios

Dado que la máquina en su estado actual no alcanza este objetivo, se requiere gestionar ciertos parámetros como la velocidad, los paros de emergencia que facilitarían la caracterización y estandarización de los procesos de transporte de materiales. Hoy en día, las trituradoras manipulan diversos tipos de materiales.

Para su operación se utilizan motores que exceden los 180 hp de potencia con una velocidad nominal de 1800 rpm en promedio. El inicio es directo, lo que conlleva numerosos paros en los procesos, un alto consumo de energía, deterioro mecánico, rodamientos, entre otros... El motivo por el cual estos componentes mecánicos se desgastan es que la variación de velocidad presente no proporciona los intervalos requeridos para normalizar los esfuerzos involucrados en el proceso. De acuerdo con lo previamente expuesto, surge la necesidad de establecer un sistema de control para la protección.

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo mejorar el rendimiento de las chancadoras primarias de la Cía. Minera Milpo?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Qué factores son importantes y determinantes para mejorar el rendimiento de las chancadoras de la Cía. Minera Milpo?

¿En qué magnitud los parámetros técnicos y económicos permiten determinar la viabilidad para su rendimiento?

1.3. Delimitación del Problema

- **Delimitación Espacial o Geográfica**

El problema será abordado en la provincia de Chincha, en el Proyecto Minero Cerro Lindo.

- **Delimitación Temporal**

El Problema será desarrollado para los meses de mayor radiación y precipitaciones en el año, en la región seleccionada en la Provincia de Ica.

- **Delimitación Social**

Será una propuesta de solución para la Cia Minera

- **Delimitación Conceptual**

La delimitación conceptual se refiere al acceso a documentos y conocimientos que se logren para el desarrollo del estudio, este será obtenido de trabajos parecidos a investigar de carácter tecnológicas nacionales e internacionales, publicadas en los últimos cinco (5) años

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

1.4.1. Justificación

Esta nueva propuesta tiene como objetivo mejorar el tablero de control mediante el plano de montaje como esquemas de control. De esta manera, es sencillo, confortable identificar cualquier avería o perjuicio del elemento en sustituir o rectificar dicho problema.

En el proceso de trituración de piedra, el control eléctrico es crucial. Los tableros que contienen elementos esenciales como contactores, arrancadores suaves, reguladores de velocidad y elementos secundarios como luces piloto, pulsadores y relés auxiliares facilitarán al operador de trituración la gestión del proceso de trituración de piedra de forma simple y rápida. Además, mejoras en el control operativo que incrementan la rentabilidad y productividad de los procesos, al mismo tiempo que reducen las pérdidas en las instalaciones, dado que los equipos requerirán de la red menos potencias en cualquier sistema de trabajo, incluso al inicio.

Los planos elaborados en este proyecto nos simplifican la identificación de fallos, o para llevar a cabo el mantenimiento de los tableros con el fin de prolongar la durabilidad de los dispositivos instalados en los tableros de control. Se tiene un control más efectivo en el proceso de trituración de los materiales, además de ahorros energéticos en el inicio y las pausas que se

efectúan con rampas de aceleración y desaceleración, lo que resulta en menos esfuerzos y, por ende, menos desgastes en los componentes de todo el sistema de banda.

1.4.2 Importancia

La relevancia de esta investigación radica en que proporciona la base para llevar a cabo el análisis e implementación de un plan de optimización del sistema energético y de maquinaria.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Antecedentes

Las trituradoras o chancadoras son componentes auxiliares de las instalaciones, cuyo propósito es acoger y reducir el tamaño de los objetos a través de la aplicación de fuerza, para fragmentar y compactar el material o materia prima en una serie de piezas de volumen más reducidos o compactos. En este contexto, el departamento de mantenimiento industrial ha llevado a cabo ciertos avances en las instalaciones eléctricas de las trituradoras, incorporando más componentes y mecanismos de seguridad, incrementando de esta manera los sistemas de protección.

Sin embargo, pocas veces se hallan trituradoras de reciente fabricación que satisfagan las premisas requeridas para prevenir los riesgos profesionales en la actualidad. Entre estas se incluyen modificaciones en los diseños de operación eléctrica y el automatismo eléctrico de las trituradoras. En la actualidad, el sistema ha mejorado la lubricación de la misma, así como la utilización de variadores en motores de media potencia que inicien con carga.

- **Antecedentes a Nivel Internacional**

Fabián Mauriciano Farfán Bertín Valdivia – 2014: Indica que, con la puesta en marcha del plan de mantenimiento para el chancador primario en Codelco Andina, se proyecta una reducción significativa de las acciones correctivas en la planta. Dado que la investigación se anticipa a posibles averías, intentando prever posibles fallos, es necesario instruir e incentivar al personal de mantenimiento acerca de la relevancia de poder prever una eventual avería (3).

A lo largo de su estudio, se utilizó el modelo de falla más crítico como el eje central, y este modelo se aplicó a otros elementos esenciales de la unidad, con el objetivo de masificar y conseguir una eficiencia superior de la planta en todos sus componentes (3) Además, es crucial señalar que, en un principio, se inició con un análisis detallado de los subsistemas que conforman el equipo crítico, describiéndolos y definiendo de manera precisa. (3)

Carcamo, H. (2003). La disminución o conminución de partículas es un procedimiento requerido en una variedad de actividades que abarcan las industrias mineras, metalúrgicas, químicas, cementeras, entre otras. El propósito habitual en la industria minera es conseguir un producto, de un tamaño donde las especies mineralógicas de gran valor se encuentren liberadas y sean capaces de ser separadas de la ganga en procesos subsiguientes. Metz. y otros (2003). Normalmente, la disminución del tamaño de la partícula o conminución se lleva a cabo para incrementar la superficie, dado que en la mayoría de las reacciones donde participan partículas sólidas, la velocidad se relaciona directamente con el área de interacción con una segunda etapa. Además, existen otros motivos para realizar la disminución de tamaño.

Buscarons, et. al. (2005). El tamaño de las partículas solo permitirá una disolución más efectiva de la muestra. No es adecuada una pulverización excesiva ya que, además de la reducción de tiempo que conlleva, incrementa la probabilidad de que la muestra se contamine con el material del mortero o de que se modifique su composición química. La verificación del tamaño de la partícula se realiza al tamizar una porción de la muestra con un conjunto de tamices de distinto tamaño de malla.

- **Antecedentes a Nivel Nacional**

Alan Quispe Coronel. La evolución del mantenimiento no es un suceso aleatorio, es un suceso que se produce debido a la inevitable necesidad de incrementar la productividad. Se considera que el mantenimiento es un fenómeno dinámico y no estático, dado que se encuentra inmerso en cambios constantes. Basta con identificar que los equipos se deterioran y otros son sustituidos, lo que establece cambios en las frecuencias de mantenimiento. Además, herramientas modernas, personal más cualificado y nuevas técnicas de trabajo reducen los tiempos de reparaciones

Es precisamente en el esfuerzo por superar las barreras del mantenimiento convencional que se produce el avance del mantenimiento enfocado en la fiabilidad. Sin embargo, este progreso no fue independiente, sino que se produjo en paralelo a los progresos en los conceptos de calidad laboral, ambiental, estadísticas y filosofías que fomentan una transformación en la actitud de los individuos como ruta hacia la integración total de la optimización del uso de los recursos.

1.5.2 Marco Conceptual

1.5.2.1 TRITURADORA

Se trata de un aparato creado para reducir el tamaño del objeto utilizando la fuerza, con el objetivo de dividir y minimizar la materia prima en una serie de componentes de volumen más reducidos o compactos.

El proceso de trituración del material ocurre en tres fases: Enseñanza primaria, secundaria y superior. La roca tiene la capacidad de atravesar hasta cuatro trituradoras para alcanzar el tamaño requerido. Cuando una roca atraviesa una trituradora, su tamaño disminuye; una expresión conocida como la relación de reducción.²

TIPO DE TRITURADORAS

Las trituradoras son particularmente utilizadas en el sector de la construcción o la minería, con el objetivo de fracturar rocas y disminuir su tamaño aún más reducido. Algunas trituradoras de estación son:

- Trituradora de cono.
- Trituradora de mandíbula
- Trituradora de cono hidráulica
- Trituradora de cono resorte.
- Trituradora de impacto hidráulica
- Trituradora de impacto o de tipo europeo.
- Trituradora de impacto de eje vertical con cámara profunda.
- Trituradora de impacto de eje vertical
- Trituradora de impacto de eje horizontal.
- Trituradora de rodillo.

TRITURADORA DE MANDÍBULA

Se componen de 2 placas de hierro colocada de forma que una se mantiene fija y la otra experimenta movimiento oscilante de acercamiento y alejamiento a la placa fija, a lo largo del cual se consigue fragmentar el material que ingresa al espacio que se encuentra entre ambas placas (cámara de trituración). El nombre de estas trituradoras proviene de que la posición y el movimiento de las placas se asemejan a las mandíbulas de un animal. Por esta razón, se suele denominar a la placa fija como mandíbula fija y a la otra placa como mandíbula móvil

Hay tres tipos de trituradoras de mandíbulas de acuerdo con el lugar que ha sido fijada la placa móvil; ver figura 1.9, y son las siguientes:

- Trituradora tipo Blake, fijada en el punto más alto.
- Trituradora tipo Dodge, fijada en el punto más bajo.
- Trituradora tipo Universal, fijada en el punto medio.

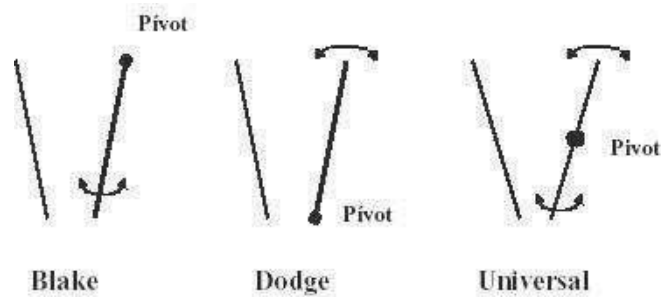


Fig. 1 Tipos de trituradora de mandíbula

El tamaño de estas trituradoras se especifica señalando las medidas de la abertura de suministro y el ancho de la boca de suministro, expresadas en pulgadas o milímetros.

Se caracteriza a un triturador Blake de doble efecto (double toggle) como: El movimiento de oscilación de la mandíbula móvil es impulsado por el movimiento vertical (ascendente y descendente) de una biela, que se encuentra articulada a un eje excéntrico en su parte superior y a dos riostras en su parte inferior. La riostra posterior se encuentra articulada a un punto de apoyo situado en la parte trasera de la máquina y la riostra delantera se encuentra articulada a la parte baja de la mandíbula móvil.

Esta oscilación de la mandíbula móvil provoca que la partícula que ingresan al espacio que se encuentra entre ambas mandíbulas se fragmenten, principalmente a causa de fuerzas de compresión.

Esta máquina opera en circunstancias extremadamente rigurosas, poseen una construcción sólida. El bastidor se fabrica con hierro fundido. Las mandíbulas se fabrican de acero fundido y se recubren con placas sustituibles de acero al manganeso, como de otras aleaciones, que se adhieren a las mandíbulas mediante pernos.

La superficie de este forro puede ser suave, corrugada o acanalada longitudinalmente, este último método es frecuentemente empleado para manipular material de alta dureza. También se pueden revestir las otras paredes internas de la cámara de trituración con forros de acero al manganeso, para prevenir el deterioro de estos componentes. Normalmente, el ángulo entre las mandíbulas no supera los 260, con el objetivo de sujetar las partículas y evitar que se desplacen hacia la parte superior.

La dimensión de dicha máquina puede oscilar entre 125 x 150 mm y hasta 1600 x 2100 centímetros. Es posible triturar partícula de alrededor de 1,2 metros de tamaño, con una eficiencia de 700 a 800 TPH. Su velocidad del

equipo varía en contraposición al tamaño y normalmente se encuentra en el intervalo de 100 a 400 rpm. El promedio de radio de reducción es de 7:1, aunque puede oscilar entre 4:1 y 9:1, la potencia requerida puede llegar hasta 400 HP, en el caso de las máquinas de gran tamaño.

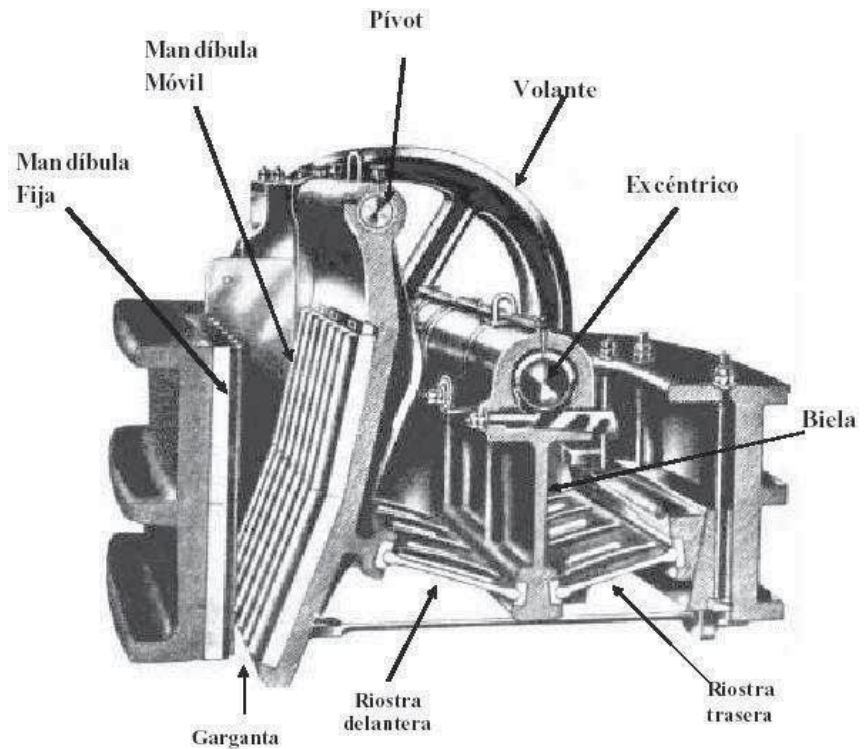


Fig. 2 Trituradora de mandíbula de doble efecto

En las trituradoras de efecto simple (single toggle), la mandíbula móvil se encuentra suspendida del eje excéntrico, lo que facilita un diseño más reducido y ligero en comparación con las trituradoras de efecto doble. Dado el emplazamiento del eje excéntrico, la mandíbula móvil experimenta un movimiento elíptico, lo que incrementa su capacidad, pero provoca un desgaste más elevado en los forros. Igualmente, el eje excéntrico está expuesto a esfuerzos mecánicos más intensos y los gastos de mantenimiento se incrementan.

TRITURADORA DE CONO.

Se componen de un eje vertical largo que se articula en su parte superior a un punto conocido como cojinete en forma de araña, y en su parte inferior a un excéntrico. Este eje contiene un cono de trituración. Todo este conjunto se ha situado dentro de un cono fijo exterior o cóncavo. El conjunto, eje y cono triturador se encuentra suspendido del cojinete en forma de araña y tiene la

capacidad de rotacional de manera libre (85 - 150 rpm). Esto se debe a que durante su movimiento rotatorio se aprisiona a la partícula que ingresan a la cámara de trituración (área situada entre el cono triturador y cóncavo), fragmentándola de manera constante mediante compresión.

El funcionamiento de esta trituradora puede equipararse al de varias trituradoras de mandíbulas dispuestas en forma circular. Las dimensiones de estas máquinas se determinan por las medidas de las aberturas de alimentación y el diámetro de la cabeza.

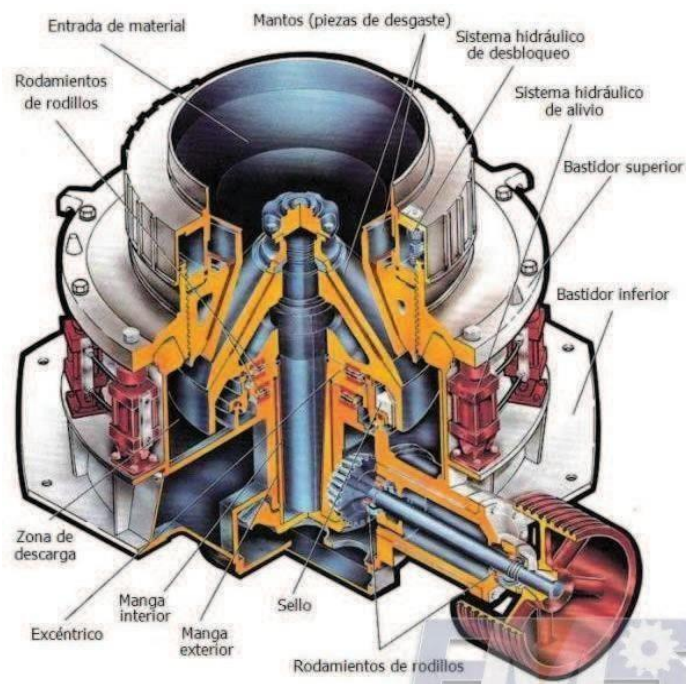


Fig. 3 Sección de una trituradora giratoria

El cono triturador presenta una forma de campana en su perfil vertical. Todas las trituradoras cuentan con un sistema de protección o seguridad, para cuando un material de gran dureza ingrese a la cámara de trituración y dañe alguna parte de la misma. Este sistema se basa en una válvula que se abre cuando se presenta un esfuerzo excesivo, provocando que el conjunto eje y el cono triturador se desciendan, facilitando la liberación del material duro (usualmente herramientas o componentes de hierro). Este mismo sistema facilita el control de la apertura de descarga del triturador. Ç

Estas trituradoras pueden tener dimensiones que oscilan entre 760 x 1400 mm y 21326 x 3300 mm, con capacidades que pueden ascender hasta 3000 TPH.

TRITURADORA DE CONO RESORTE.

La trituradora de cono resorte se emplean para la trituración de materiales de dureza media, semidura y extremadamente dura, con una alta demanda de fragmentación, como se muestra en la figura 1.12. Los trituradores de cono se han diseñado particularmente para todas las aplicaciones de trituración de niveles primario, secundario, terciario y cuarto. La clase de cámara de trituración se determina por el tamaño del alimentador y la granulometría del producto final.

El modelo estándar de estas trituradoras se utiliza para trituración de tamaño medio, el modelo medio de esta trituradora se utiliza para trituración de tamaño medio o finura, mientras que el modelo de cabeza corta se utiliza para el material fino que esta trituradora proporciona (resultado final de la trituración).



Fig. 4 Trituradora de cono resorte
TRITURADORA DE CONO HIDRÁULICA.

La trituradora hidráulica de cono es un producto eficaz y de avanzada mundial. Es una combinación ideal de la rapidez de trituración, la excentricidad lineal (longitud de los impactos) y la creación de potentes cavidades de trituración. La trituradora hidráulica de cono es el equipo perfecto para ser utilizado en la fábrica de mineral y trituración de mineral. Esta trituradora es reciente y sustituyen tanto a las trituradoras de cono resorte como a las trituradoras de impacto habituales en el sector de la construcción.

La trituradora hidráulica de cono se emplea extensamente en el ámbito de la minería y las industrias cementeras. Además, se emplean para la trituración de grandes y pequeñas cantidades de minerales y rocas a una presión inferior a

350 MPa, por ejemplo: mineral de hierro, mineral de metal no ferroso, basalto, granito, caliza, grava, guijarro, entre otros.

TRITURADORA DE IMPACTO O DE TIPO EUROPEO¹⁰

La principal estructura de una trituradora de impacto es el chasis, el rotor, la transmisión y placas de impacto. La trituradora de impacto son de tipo mecánico, empleadas para la trituración de materiales mediante el uso de energía de corte.



Fig. 5 Trituradora de cono hidráulica

Los productos se introducen en la cámara de trituración a través de la boca de suministro. El rotor rota con gran rapidez cuando la máquina opera. Los materiales se fracturarán a causa del impacto con el martillo del rotor y será aplastados en la placa de impacto. De esta manera, el procedimiento se repetirá y materiales van a ser triturados de manera reiterada. Se liberarán los productos finales hasta que alcancen la granularidad requerida. Para alterar la granularidad y el aspecto de los productos finales, es posible modificar la fisura entre la placa de impacto y el rotor.

Estas trituradoras producen productos finales en forma de cubo, sin tensión ni grietas. Tiene la capacidad de fracturar varios materiales de grano, mediano y pequeño (como caliza, granito, hormigón, etc.) con medidas de hasta 500 mm y una resistencia a la compresión de 350Mpa.

TRITURADORA DE IMPACTO HIDRÁULICA.¹¹

Las ventajas de la trituradora de impacto hidráulica radican en su fácil mantenimiento. Posee una larga durabilidad y un costo más bajo por cada tonelada triturada.

La trituradora hidráulica de impacto es idónea para la trituración de material suave y mineral de dureza media.

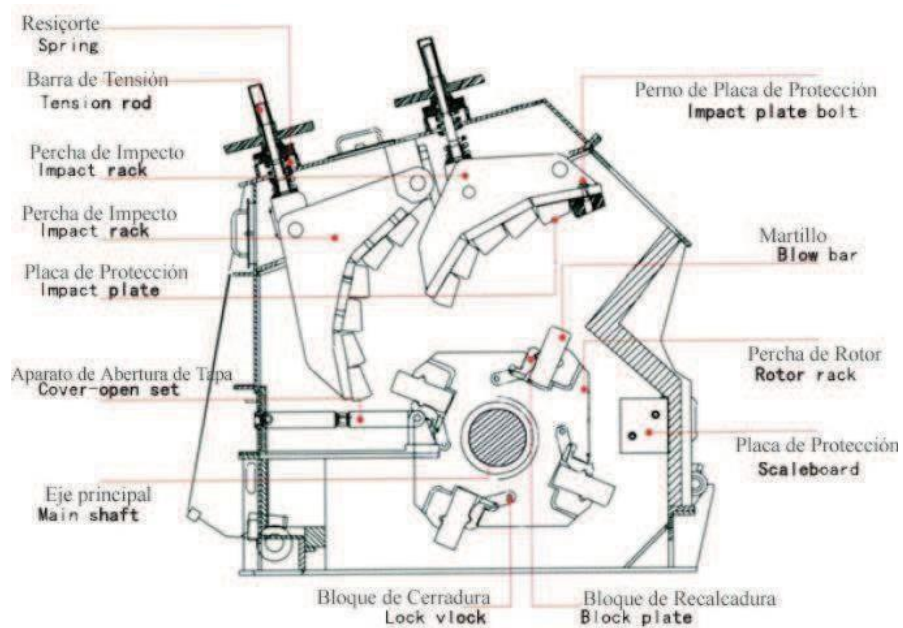


Fig. 6 Trituradora de impacto, partes constitutivas.

Estas trituradoras se emplean extensamente en diversas industrias como metalurgia, minería, cemento, sustancias químicas, material refractario, cerámica y otros campos industriales. Además, se utilizan en la edificación de vías, proyectos hidráulicos, edificación de roca, el tratamiento de arena, entre otros.



Fig. 7 Trituradora de impacto hidráulica

TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE VERTICAL

El suministro de material se realiza mediante gravedad desde la parte superior y la expulsión de material se realiza mediante fuerza centrífuga. El rotor lanza los fragmentos contra los componentes metálicos de la máquina, lo que se conoce como trituración de roca y metal. Por el fuerte contacto con la placa o la tapa del disco lanzador y sus guías, se genera una considerable abrasión. La auténtica relevancia de las trituradoras de impacto de eje vertical radica en que han originado otras maquinarias donde la trituración se realiza roca contra roca, disminuyendo de esta manera significativamente el desgaste de los componentes metálicos.

Se reúne roca en repisas cercanas a la zona de impacto y esta roca impacta contra la roca arrojada por el rotor. Es necesario incrementar la velocidad de lanzamiento (60-70 m/s) para obtener relación de reducción aceptables. Esta maquinaria de trituración demandan un alto consumo energético, por lo que se utilizan como modificadores de forma de granos en lugar de trituradora.

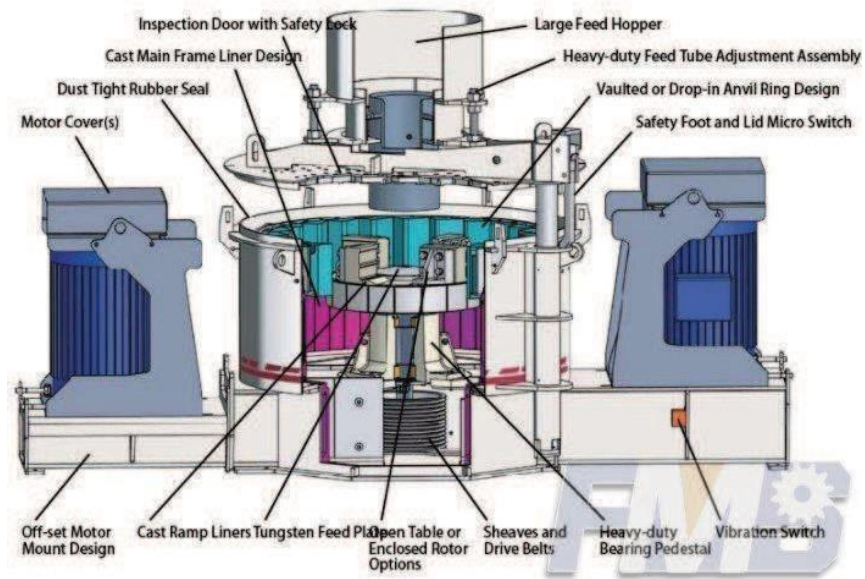


Fig. 8 Trituradora de impacto de eje vertical

TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE VERTICAL CON CÁMARA PROFUNDA.

Estas trituradoras combinan tres métodos de trituración, convirtiéndose en dispositivos esenciales de la industria para la producción de arenas obtenidas. Las cámaras profundas en rotores de trituradora de impacto de eje vertical son diseñadas con optimización. El volumen de material que se recibe es un 30% superior al de trituradora convencional. La placa de protección circular adopta un diseño innovador, que incrementa la durabilidad en 48% en comparación con las previas. Esta trituradora cuentan con martillo subterráneo que previenen el deterioro de la placa vertical.

Las trituradora de impacto de eje vertical con cámara profunda tienen un gran uso en fabricación de cemento, material refractario, material abrasivo de vidrio, agregado para la construcción, arena, así como en la industria de mina de metales y no metales, metalurgia, entre otras. Además, se utilizan para triturar material de diversa dureza, como mineral de hierro, metal no ferroso, corindón, cuarzo, bauxita, basalto, perlita, entre otros.



Fig. 9 Trituradora de impacto de eje vertical con cámara profunda

TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE HORIZONTAL

Normalmente se emplean trituradores de uno o dos rotores, que son recipientes de acero revestidos con placas de desgaste que son sustituibles. Los rotores se mueven dentro de una carcasa, la cual contiene una serie de placas o barrotos cuya ubicación puede ser modificada según el valor necesario del producto final a conseguir.

La regulación de las placas se refiere a la menor separación entre la superficie exterior de las barras del rotor y las placas o barras de choque. Las barras del rotor logran alcanzar los fragmentos de roca que caen sobre él, los cuales son lanzados contra la barra de choque, donde ocurre la fractura por impacto. Los fragmentos vuelven a caer sobre el rotor para ser nuevamente lanzado.

Esta trituradora puede emplear con descarga libre por gravedad o cerrada por la rejilla. En el caso de la descarga libre, la regulación del tamaño del material se efectúa mediante la variación en la regulación de los rodamientos. La placa de choque está sujeta a la carcasa mediante muelle que facilitan ceder si se introducen partículas que no son triturables.

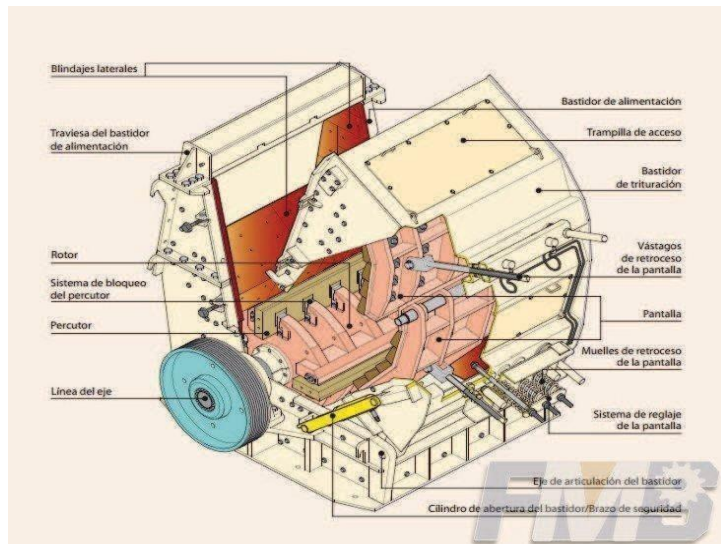


Fig. 10 Trituradora de impacto de eje horizontal.

TRITURADORA DE RODILLOS.

El método de operación es bastante sencillo. Se compone de dos rodillos horizontales que rota en direcciones contrarias. El eje de una de ellas se encuentra sometido al sistema de resorte que facilita la ampliación de la apertura de descarga cuando se introducen partículas de gran densidad. Para prevenir el desgaste excesivo, la superficie de ambos rodillos está revestida con forros cilíndricos de acero al manganeso. La superficie tiene la posibilidad de ser lizada para la trituración fina, corrugada o dentada para la trituración gruesa.



Fig. 11 Trituradora de rodillos.

1.5.2.2. PROCESO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA

Para iniciar la trituración de la piedra, ha de extraer primero, ya sea a través de la explotación de una montaña, mina, entre otros. o extracción de un río, que es el método empleado en nuestra nación.



Fig. 12 Extracción de la piedra de río.

La extracción de piedra del río a través de la retroexcavadora se lleva a volquetas que la transportan hasta la planta de trituración, donde se procesa para generar el asfalto o hormigón armado utilizado en la edificación de carretera.

La cadena completa de trituración de piedra se compone principalmente del alimentador vibratorio, trituradora de mandíbula, trituradora de impacto, trituradora de cono, criba vibrante (zaranda), control eléctrico centralizado y energía proveniente del generador de electricidad que opera con motor Diesel. El procedimiento de trituración de piedra de río consta de tres fases que se detallan a continuación:

ETAPA PRIMARIA

El triturador primario disminuye el diámetro de la piedra a 1 1/2". En esta fase, la trituradora a tratar es la de mandíbula, junto con un alimentador vibratorio.

ALIMENTADOR VIBRATORIO

Se compone de una estructura vibratoria, un resorte, un vibrador, un dispositivo de vibración del motor y motor de potencia. El vibrador se compone de dos ejes excéntricos y engranajes fijos, los cuales deben ser impulsados conforme a las instrucciones. Impulsados por el motor, los dos ejes excéntricos inician una rotación para generar una gran potencia lineal que provoca vibraciones en el alimentador.

Mediante la vibración, los materiales se desprenden del embudo, progresando hacia la trituradora principal. Cuando los materiales atraviesan el tamiz, los materiales de tamaño reducido se precipitan, dando lugar al efecto de cribado.



Fig. 13 Alimentador vibratorio.

ETAPA SECUNDARIA

En esta fase, el material se disminuye a 3/8" de diámetro, y la trituradora empleada son las de cono.

ETAPA TERCIAIA

Finalmente, el material alcanza 1/2", en esta fase usualmente se utiliza una trituradora de impacto de eje vertical. El material se traslada de una trituradora a otra a través de bandas transportadoras, y se clasifica a través de una zaranda vibratoria (criba).

ZARANDA VIBRATORIA

Se compone de una banda triangular, el motor provoca que el bloque excéntrico se mueva rápidamente, lo que genera una fuerza centrífuga considerable, que a su vez estimula la caja de filtro para realizar el movimiento circular. Los materiales atraviesan el nivel de la caja, se introducen en su cubierta inclinada y, mediante la vibración de la zaranda, el material fino se desplaza hasta el tamiz, lo que permite la clasificación del producto final.

La zaranda clasifica el material (resultado final) entregando piedra de diámetro 3/8", 1/2" y arena, esto se lleva a cabo mediante mallas instaladas en la máquina. El producto final se emplea para fabricar asfalto y hormigón, material empleado en edificación de carretera.



Fig. 14 Criba vibratoria.

1.6 Hipótesis de investigación

1.6.1 Hipótesis General

La aplicación de un modelo de mejoramiento del sistema de protección y tableros eléctricos de una trituradora de la mina Milpo

1.6.2 Hipótesis Específicas

- Mediante un diagnóstico adecuado del equipo se logrará un óptimo funcionamiento correcto.
- Es probable que la implementación del mantenimiento planeado en el área de chancado primario de una empresa minera, servirá para conocimiento de estrategias al personal de mantenimiento del área de chancado primario.

1.7 Variables de investigación

Son todas aquellas variables que están sujetas a cambios o pueden ser objetos de estudio a lo largo del trabajo y que, además, son pieza fundamental para el desarrollo de la investigación.

1.7.1 Identificación de Variables

La identificación de variables, se extrae del contexto propio de las hipótesis, objetivos o interrogantes de la investigación, en donde se puede observar la configuración relacional que puede existir entre estas, es decir, la dependencia o independencia de cada una.

Variable Independiente

Falla del equipo

Optimización del mantenimiento

Variable dependiente

Disponibilidad de equipo

Costo de mantenimiento

1.8 Objetivos de la Investigación

1.8.1 Objetivo General

Mejoramiento de la disponibilidad y reducción de costo de mantenimiento enfocándose en las áreas del mantenimiento preventivo y la eliminación de fallas mediante la optimización del mantenimiento planeado

1.8.2 Objetivo Específicos

- Realizar un estudio de Optimización del actual Plan de Mantenimiento de los equipos de Chancado Primario CH-I, aplicando metodologías de confiabilidad y riesgo.
- Asegurar la efectiva implementación de las tareas de mantenimiento producto del análisis realizado, mediante la adecuada revisión, agrupación y aprobación de los resultados de los estudios realizados.

CAPITULO II

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1 Tipo De Investigación

La presente tesis de investigación es considerada del tipo APLICADO Y CUANTITATIVO, porque se busca constatar la hipótesis previamente establecida, así como los objetivos estipulados.

2.1.2 Nivel de Investigación

La presente tesis de investigación es considerada de nivel DESCRIPTIVO, puesto que se dispondrá de conocimientos y bases teóricas de sistemas de control para dar solución al problema de suministro eléctrico.

2.1.3 Diseño de Investigación

La presente tesis tendrá un diseño de tipo CUASI EXPERIMENTAL, porque se aplica a un solo grupo y los participantes están previamente definidos. El diseño Cuasi experimental es casi un experimento, excepto salvo por la falta de control en la conformación inicial de los grupos, ya que los sujetos no son asignados asignan aleatoriamente a los grupos ni se emparejan, sino que dichos los grupos ya se están forman conformados antes del experimento Hernández, Fernández y Baptista [31].

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población de Estudio

La población de la presente investigación comprende la Planta de Chancado en su totalidad que comprende las plantas primarias, secundarias y terciarias operando en la mina Milpo

2.2.2 Tamaño de la Muestra

La muestra seleccionada de forma no probabilística e intencionada comprende la Planta de Chancado de la mina.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.3.1 Técnicas de Recolección de datos

a) Observación

Arias (2016) señala que “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”.

La observación directa se distingue por ser no invasiva, es decir el objeto

observado se despliega sin interferencia del observador. Es indirecta cuando los investigadores no estudian el fenómeno por sí mismos, sino que se basan en datos recopilados y registrados por otros investigadores en libros, documentos, fotografías, grabaciones de audio, videos, artículos periodísticos, etc.

b) Análisis Documental

Hurtado (2010) señala que es una técnica que nos facilita la recopilación de información escrita, utilizando los datos o los experimentos de otros autores que podrían ser pertinentes para nuestra investigación.

Esta técnica se utilizó para la compilación de información de distintas fuentes bibliográficas, como: artículos, libros, revistas, periódicos, informes, leyes normativas, tesis (nacionales e internacionales), bibliotecas especializadas, páginas web, software y consultas a ingenieros para contribuir al desarrollo de la presente tesis.

c) Encuesta

Bernal (2010) señala que es una de las técnicas de compilación de datos mas utilizadas por que aspira extraer datos que proporciona un grupo o muestra de individuos a cerca de si mismo, o en conexión con una materia en especifico [34].

Esta técnica se utilizó para identificar a las personas (población y viviendas) interesadas en generar energía fotovoltaica, para ello se realizó encuestas de elaboración propia, con preguntas cerradas de 2 a 6 alternativas.

2.3.2 Instrumentos de Recolección de datos

Los instrumentos utilizados, son diferentes para cada una de las técnicas mencionadas.

TABLA III. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas	Instrumentos	Objetivo
Observación	Lápiz, cuaderno de apuntes, mapas, cámara fotográfica.	Registrar los datos más relevantes para la presente tesis.
Análisis Documental	Libros, revistas, tesis, informes, pág. web, software.	Recopilación de datos para el desarrollo de la presente tesis.

Encuesta	Cuestionario.	Identificar a las personas (población y viviendas) interesadas en generar energía fotovoltaica.
-----------------	---------------	---

Nota: Elaboración propia.

2.4 Técnicas de análisis e interpretación de datos

Los datos obtenidos para la presente tesis, como los datos obtenidos del proceso de mantenimiento, el consumo de energía diaria, demanda máxima, se han presentado y organizado en tablas de grafico para visualizar la información utilizando el MS Excel 2016. De las visitas realizadas a la unidad minera, se ha registrado imágenes fotográficas e identificado a las personas interesadas en generar energía fotovoltaica través de la encuesta.

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

Existen tableros de control industrial que se construyen sin planos de montaje y esquemas de control, lo que ocasiona dificultades si contienen fallos complicados de identificar. Este capítulo detalla cómo se pueden optimizar los paneles de control mediante planos de montaje y esquemas de control, lo que facilita y simplifica la identificación de fallos o daños, así como la sustitución o reparación del problema. La regulación eléctrica es esencial en el procedimiento de trituración de rocas, en el que placas que incluyen elementos clave como contactores, arrancadores suaves, velocidades variables y elementos secundarios como indicadores de luz, botones y relés auxiliares facilitan al conductor de la trituradora el control de la trituración. El manejo de piedra de una forma sencilla y rápida. Estos tableros tienen la responsabilidad de regular los motores de la trituradora de piedra. Deben ser trasladados a un espacio donde todo sea indispensable para su operación, como, por ejemplo: si el entorno laboral de los tableros eléctricos se encuentra en un clima cálido, deben necesitar aire acondicionado. para prevenir el calentamiento excesivo de los cables eléctricos y otros componentes, y debe funcionar a la temperatura ambiente que el fabricante ha indicado. La configuración del tablero electrónico de control debe ser ajustada para poner en marcha los motores de trituración, de manera que el proceso de trituración de rocas no se detenga durante 12 horas continuas de labor.



Fig. 15 Foto del modelo de tablero utilizado en el proyecto.

En nuestro proyecto, se elaboraron 5 tableros de control electrónicos con componentes principales y laterales, y se desmanteló la consola donde se situaban los botones y luces de

indicación para el control remoto de la cabina del operador. El diseño de los mosaicos empleados en nuestro proyecto se presenta en la Figura 1.

3.2 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL

El diseño de los controles del proceso de molienda se selecciona conforme al diseño del plano de control electrónico, ajustando a la necesidad de aplicación de forma sencilla, confortable y segura. Elemento de aviso como relé auxiliar, relé térmico, PLC, terminal de control, barra de conexión, arrancador suave, reguladores de velocidad, interruptores, luz de indicación, botones, contactor, transformador.

RELÉ AUXILIAR

Es una máquina electromecánica. Opera como un interruptor regulado por circuito en el que una bobina y un electroimán activan una serie de conexiones sencillas o variadas que posibilitan el abierto o cierre de otros circuitos eléctricos autónomos. Este relé resulta imprescindible en nuestro diseño por su número de conexiones y proporciona la habilidad de manejar el dispositivo de manera remota mediante pequeñas señales de control. El relé que se utilizará en este diseño de sus esquemas de control, serán las características que se detallarán a continuación:

- Por el número y tipo de contactos, en este relé 3 contactos normalmente abiertos (NA) y 3 contactos normalmente cerrados (NC).
- Por su voltaje nominal el cual pueden estar aplicado a sus contactos, para este relé se utiliza voltaje de 220 V en sus contactos y en su bobina de alimentación.
- Por la intensidad de corriente que circula por sus contactos, en este relé sus contactos pueden soportar una corriente máxima de 10 A.

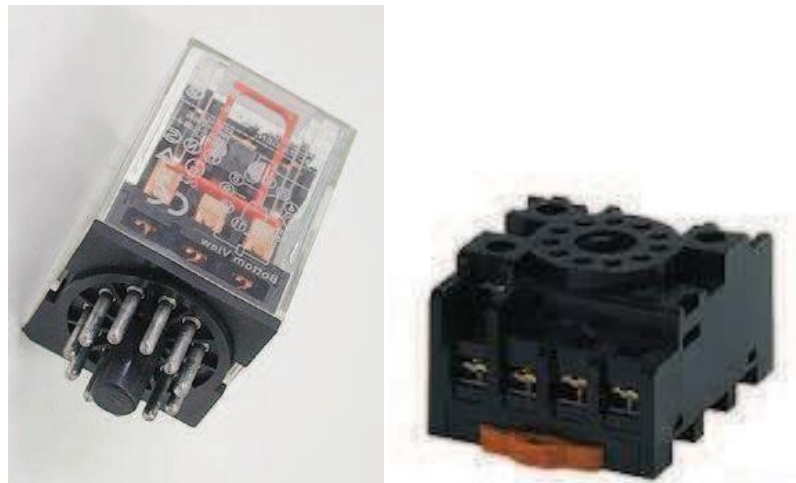


Fig. 16 Relé auxiliar o de mando

CONTACTOR

Es un elemento electromecánico cuyo objetivo es generar o detener el paso de la corriente en el circuito de abastecimiento o en el circuito de control tan pronto como la bobina se energiza. Un contactor es un aparato que puede cortar la corriente eléctrica de un receptor o dispositivo

mediante un control remoto, y que posee dos posiciones funcionales: una estable o en posición de reposo cuando no se recibe ninguna operación del circuito de control, y la otra inestable cuando se emplea la función previamente citada. Este tipo de procedimiento es conocido como "todo o nada". La ilustración presenta el modelo del contactor electrónico. A continuación, se detallan las particularidades de la elección de este aparato de control.



Fig. 17 Contactor utilizado en el diseño del tablero de control.

RELÉ TÉRMICO

Es el componente de resguardo que se sitúa en el circuito de potencia, posterior al contactor de sobrecarga. El mecanismo de operación se basa en deformación de cierto componentes bimetálica bajo la influencia de temperatura, activando unos contactos auxiliares que desactiven el circuito y energicen simultáneamente un elemento de señalización que señale el fallo.

Los bimetálicos inician su curvatura cuando la corriente excede el valor nominal para el que se han dimensionado. La duración del desconectado se basa en la fuerza de la corriente que fluya por las placas bimetálicas.

La figura 2.4 muestra el relé térmico, mencionando su característica para su adecuada selección:

$$I_N \times 1,15\%$$

Se debe multiplicar la corriente nominal del motor por 1,15 para seleccionar el relé térmico correcto para el arranque del motor de inducción.



Fig. 18 Relé térmico usado en el diseño de control.

CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)

Para elegir al PLC que mejor se adecue a la demanda del proyecto, es necesario tener en cuenta cierto requisitos que el dispositivo debe satisfacer en términos de hardware y software. Los parámetros a continuación son:

- La cantidad de entrada y salida se determina por el esquema eléctrico del circuito a supervisar, o sea, se basa en la cantidad de captador y actuador que se encuentran en el diseño
- Tipo de entrada y salida, esto se refiere a la entradas y salida son del tipo ON – OFF o son análogas.
- Fuente de alimentación es considerada para nivel de voltaje necesario, el cual pueden variar desde 12 V, 24 V, 110 V y 220 V.
- Capacidad de memoria. Este parámetro muy importante definirlo al momento de realizar su programación, depende del número de instrucción o del extenso del programa para memorizar la orden.
- Programación fácil de editar. La visualización del programa ha de ser editada en pantalla de manera simple y cualquier lenguaje de programación.
- Requerimientos de memoria. Este parámetro se refiere a tener una memoria de respaldo lo suficientemente amplia para almacenar el programa necesario, no debe ser volátil.
- Pórticos de comunicación. El PLC debe contar con puerto de comunicación que permita transferir datos de modificación, edición, almacenamiento y monitoreo de funcionamiento del proceso.

El plc elegido del diseño es LOGO, 230 RC marca SIEMENS, con 4 expansiones para el funcionamiento del proceso de trituración de piedra.



Fig. 19: Logo 230RC con módulo de expansión utilizado en el tablero de control.

BREAKERS

Es un aparato que puede detener la corriente eléctrica de un circuito cuando esta excede determinados límites máximos. Los materiales empleados en el diseño de nuestros tableros se clasifican en dos categorías:

- ✦ Breaker de caja moldeada.
- ✦ Breaker magneto térmicos.

BREAKER DE CAJA MOLDEADA

Los interruptores de caja moldeada se han diseñado para proteger el circuito de sistemas de distribución industriales de baja tensión, su función primordial es proteger contra sobrecargas y cortocircuitos.

Cuando la potencia absorbida supera la estimada, ocurre una sobrecarga, lo que se puede notar. Su particularidad en su selección es:

- Multiplicar por 1,25 por la corriente nominal (I_N) y se obtiene la corriente de protección (I_P) y dimensionamiento de este dispositivo. $I_P = 1,25 * I_N$



Fig.20 Breaker de caja moldeada utilizado en los tableros de control para proteger el motor

BREAKER MAGNÉTICO TÉRMICO

Su operación se fundamenta en dos efectos generados por el flujo de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). Por lo tanto, el dispositivo se compone de dos componentes, un electroimán y una lámina bimetalica, vinculadas en serie y a través de las cuales fluye la corriente dirigida hacia la carga. El electroimán resguarda el circuito eléctrico de manera inmediata cuando ocurre un cortocircuito en él. La lámina bimetalica interviene cuando se genera una sobrecarga en el circuito eléctrico.

Para la selección de este dispositivo se toma en cuenta la siguiente característica:

- Protección de corriente está entre 3 y 20 veces la corriente nominal.



Fig.21 7 Breaker magnético térmico utilizado para el comando del sistema de control.

LUZ PILOTO

Son indicadores de luz que facilitan la visualización de los estados y los distintos procedimientos que llevan a cabo los tableros. Se emplean dos tonos de luces piloto en cada tablero, garantizando así que el operador tenga una excelente visión y la oportunidad de supervisar a través de estas el funcionamiento de cada uno de los motores al mismo tiempo. Se seleccionan según su voltaje de operación, dado que hay varios voltajes disponibles en nuestro diseño. En la siguiente ilustración se pueden apreciar las luces piloto a emplear, son de tipo led y de un diámetro de 22 mm..



Fig. 22 Varios colores de luz piloto usados a nivel industrial.

PULSADORES

Son dispositivos de maniobra que poseen retroceso, operados de manera manual y empleados para ejercer pequeñas potencias de manera manual. Se emplean principalmente en la gestión de motores eléctricos y también para abrir y cerrar circuitos de control principales y secundarios eléctricos.

En nuestro diseño, los pulsadores de montaje saliente y los pulsadores de emergencia (tipo hongo) son los empleados por su facilidad de maniobra. Poseen una propiedad que conducen cantidades reducidas de corriente eléctrica.



Fig. 23 Pulsadores de montaje saliente simple y doble y tipo hongo.

AISLADORES

Se emplean para aislar y servir de apoyo a las barras colectoras, o barras de conexión a tierra, empleadas en transmisión de alta tensión. Esto abarca tableros de supervisión. Los aisladores frecuentemente empleados en transmisión de energía son de cerámica o porcelana, además de material compuesto de polímero.



Fig. 24 10 Aislador utilizado para colocar la barra de cobre

En el diseño, los aisladores van a ser de porcelana, fabricados con cuarzo, arcilla, feldespato y posteriormente se recubren con glaseado suave en minimizar la acumulación de suciedad.

BARRA DE COBRE

El cobre es un metal de pureza comercial, muy suave y con alta conductividad, que se refina a través de la deposición electrolítica con un contenido de oxígeno limitado y controlado. Sus características más sobresalientes son

- Alta conductividad eléctrica que facilita usos en el sector de la electricidad y electrónica.
- Alta conductividad térmica que facilita las aplicaciones vinculadas a los dispositivos termodinámicos.
- El cobre tiene la posibilidad de ser descartado, extendido, laminado, forjado, pulido, soldado, entre otros. La ilustración muestra las barras de cobre que se emplearán en los tableros de control y las particularidades de estas barras de cobre.

Las barras de cobre empleadas tienen las siguientes dimensiones: 1/2" x 1" con una capacidad de 620 amperios a una temperatura de 30°C.

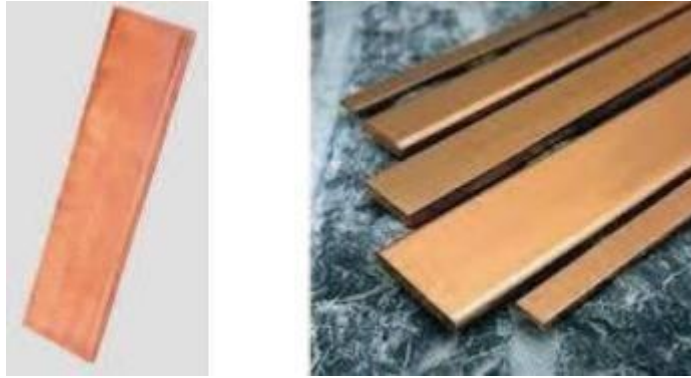


Fig. 25 Barra de cobre utiliza en el armado del sistema de fuerza de los tableros.

BORNERAS DE CONTROL

Es un aparato de conexión sencillo, creado para crear conexiones eléctricas duraderas y fiables. Se compone de dos componentes, un cuerpo aislante y otro conductor. Los que se emplean en la creación de los tableros de control tienen una medida de 2.5 mm², y sus propiedades son las siguientes:

Identificación por ambos laterales del borne.

Conexión de cables mediante la sujeción con tornillos reduciendo puntos calientes producidos por la circulación de la corriente eléctrica.

Resistente cuerpo aislante.

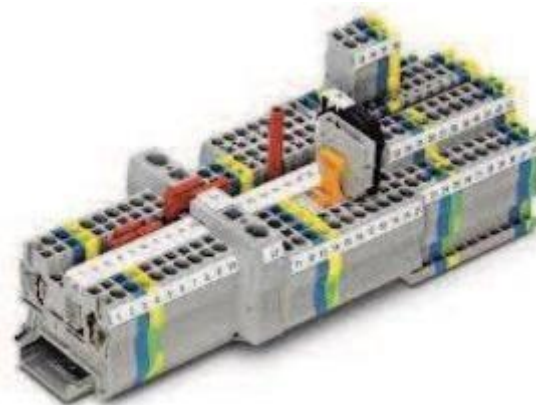


Fig. 26 Bornera de conexión utilizada en el diseño de control eléctrico.

TRANSFORMADOR DE CONTROL

Es un aparato empleado en los tableros de control para disminuir el voltaje. Los componentes de control a emplear operan con un voltaje de 220 V, sin embargo, el voltaje principal proveniente de un generador de Diesel es de 440 V. Por ende, empleamos un transformador de control de una sola fase. La figura nos muestra el transformador a emplear. Dado el uso de corriente de los tableros de control y la separación entre la consola remota y los tableros, se requiere un transformador de 50 KVA.



Fig. 27 Transformador utilizado para control industrial.

ARRANCADOR SUAVE

Es un arrancador estático diseñado para aceleración, desaceleración y protección del motor eléctrico trifásico de inducción mediante el control de la tensión que se aplica al motor. Son de tamaño reducido, lo que ayuda a maximizar el espacio en los tableros eléctricos.

Según las necesidades y demandas de la planta de trituración de piedra, se ha decidido utilizar arrancadores de marca WEG, muy reconocidos en el mercado. Estos arrancadores incorporan un software para su dimensionamiento y control de parámetros, acorde a las exigencias de la aplicación..

3.2.1 SOFTWARE DE DIMENSIONAMIENTO Y PARAMETRIZACIÓN DE LOS ARRANCADORES

Este programa de dimensionamiento WEG facilita la elección del tipo de arranque que necesita la carga. Primero, es necesario considerar las características de la carga, las condiciones del entorno laboral y el número de arranques por hora de cada motor, como aspectos fundamentales.

Se detalla a continuación cada pantalla del programa de dimensionamiento. Este programa informático busca asistir en el cálculo y descripción de los arrancadores suaves WEG.

Para proceder a dimensionar el arrancador que se necesita, se procede de la manera siguiente:

Nos conectamos al programa de dimensionamiento WEG, tal como se muestra en la ilustración. Elegimos el idioma y la localización



Fig. 28 Ingreso al software de dimensionamiento WEG.

- ✦ Se da un clic en avanzar, aparece nueva pantalla y presiona en entrar.
- ✦ Luego se coloca sus datos del motor en el orden siguiente
 1. Selecciona tipo de motor/línea, en este caso coloca uso general – alta eficiencia 60Hz.
 2. Se Elige el número de polos.
 3. Busca categoría del motor
 4. Elige la tensión nominal de funcionamiento del motor
 5. Y escoge la potencia nominal del motor, obtenida de la placa del motor.



Fig. 29 Ingreso y especificaciones del software de dimensionamiento WEG.



Fig. 30 Ingreso de los datos del motor en el software de dimensionamiento WEG.

- ✦ Se sigue ingresando datos del motor, siguiendo el orden:
 1. Ingresas su factor de potencia
 2. Procede con el rendimiento obtenido.
 3. Ingresas la corriente nominal de consumo del motor
 4. Tiempo del rotor bloqueado.
 5. Y por último el momento de inercia.



Fig. 31 Ingreso de otros datos del motor necesarios para el dimensionamiento WEG.

- ✦ Clip en avanzar y aparece una pantalla en la cual se ingresa datos del motor y puede ver un gráfico estimado del arranque del motor.
 1. Ingresa el valor de torque (par) nominal (C_n) obtenido en el catálogo de motores marca WEG.
 2. Procede el ingreso del valor de torque (par) con rotor bloqueado (C_p/C_n).
 3. Ingresa valor de torque (par) máximo (C_{max}/C_n).
 4. Ingresamos valores de corriente con rotor bloqueado (I_p/I_n),

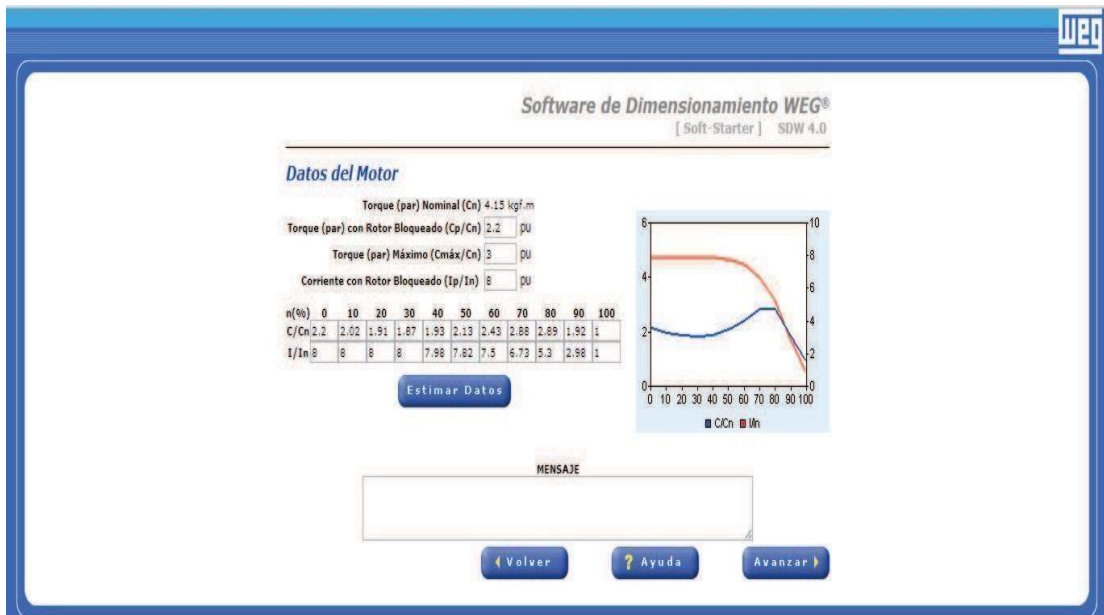


Fig. 32 Ingreso de los parámetros de torque del motor.

- ✦ Clip en avanzar y se presenta una pantalla, donde se ingresa datos de aplicación del motor:
 1. Selecciona el tipo de carga a utilizar el motor.
 2. Procede con el ingreso del dato adicional de referencia a la aplicación señalada en el paso 1.
 3. Ingres dato de inercia con referencia al eje del motor.
 4. Procede con el número de arranques que tiene el motor en una hora.
 5. Intervalo entre arranques por defecto se selecciona automáticamente según el dato anterior (paso 4).
 6. Se coloca el valor del factor de utilización en porcentaje.

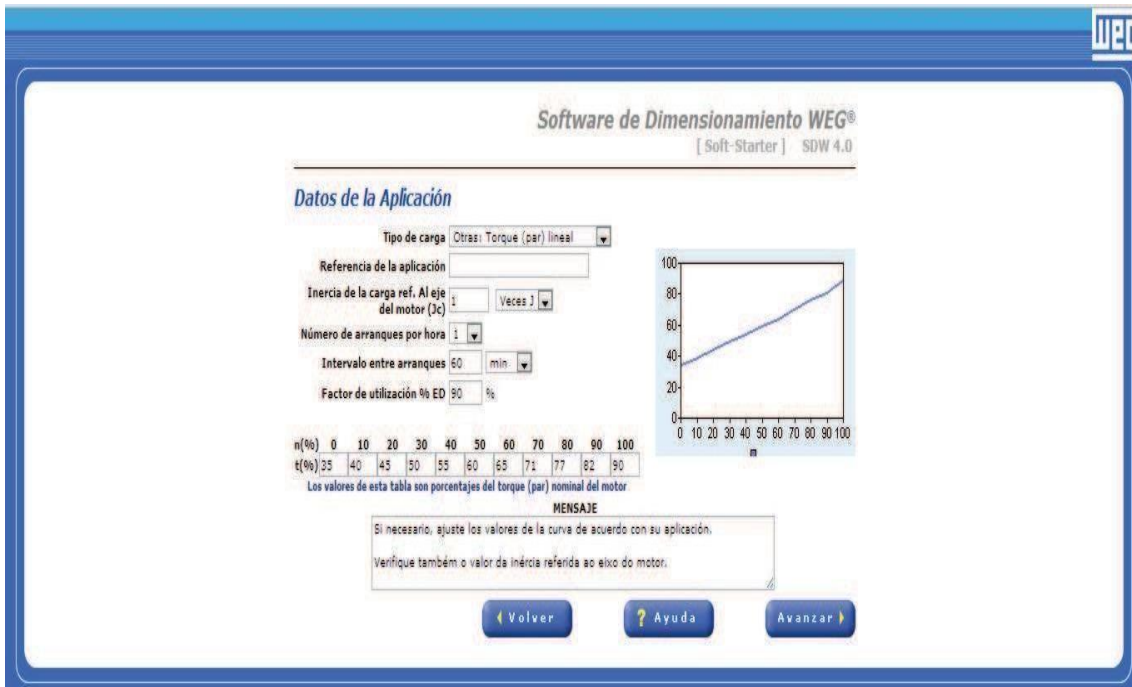


Fig. 33 Ingreso de los valores de los datos de aplicación del motor al software.

- ✦ Clic en avanzar y se presenta la pantalla, la cual permite ingresar datos generales como condición del ambiente y característica del sistema.
 1. Ingresar valor de la altitud donde va a estar instalado el arrancador y variador de velocidad.
 2. Proceder al ingreso del valor de temperatura de ambiente que va a operar el arrancador y variador de velocidad.
 3. Valor de la característica del sistema.
 4. Proceder con ingreso del valor de la caída de tensión en el arranque del motor por lo general se produce una caída de 2,5% con respecto a la tensión nominal de funcionamiento.
 5. Ingresar el valor de la tensión de comando



Fig. 34 Ingreso de los valores de los datos generales en el software de dimensionamiento.

Finalmente, se proporciona un clip en progreso y obtenemos los resultados de los arrancadores a emplear en la planta de trituración de piedra. En el resultado, se puede observar el arranque con restricción de corriente y el arranque con rampa de tensión. Para seleccionar se tome en cuenta las necesidades requeridas en la planta de trituración de piedra.



Fig. 35 Resultado obtenido en el dimensionamiento de los arrancadores.

VARIADOR DE VELOCIDAD

Es un sistema que regula la velocidad de rotación de un motor de corriente alterna (AC) a través de la regulación de la frecuencia de alimentación proporcionada al motor. Los variadores de velocidad son aparatos electrónicos que facilitan la modificación de la velocidad y el movimiento de las fuerzas en los motores asíncronos trifásicos, transformando las magnitudes constantes de frecuencia y tensión de red en medidas variables.



Fig. 36 Modelo un variador de frecuencia WEG (CFW09)

El primer tablero incluye un PLC (¡Logo! 230RC), arrancadores suaves SSW 05 (WEG) para controlar los motores de las bandas, relés auxiliares para regular los arrancadores suaves, pulsadores, luces piloto, canaletas, un arrancador suave SSW 04 (WEG) para la zaranda, un arrancador suave SSW 04 para el alimentador vibratorio, un juego de barras de cobre para la alimentación, y desconectores de caja moldeada.

El segundo tablero consta de un arrancador suave SSW 03 (WEG) para el motor de la trituradora de mandíbula, un contactor con relé térmico para la puesta en marcha del sistema hidráulico de la trituradora de mandíbula (gato hidráulico), relés auxiliares para el control, arrancador principal, arrancador para el contactor, pulsadores, luces piloto, canaletas, un conjunto de barras de cobre para la provisión de energía del tablero, borneras de control y arrancador.

El tercer tablero incluye un arrancador suave SSW 03 (WEG) para el motor de la

tritadora de cono, interruptores con relé térmico para la puesta en marcha del sistema hidráulico y la lubricación de la trituradora de cono, relés auxiliares para el control, arrancadores suaves SSW 05 (WEG) para las bandas de entrada y arrancadores suaves SSW 05 (WEG) para las bandas de entrada, y el tercer tablero.

Se diseñarán dos tableros para la trituradora de impacto terciaria, que incluirán variador de velocidad CFW 09 (WEG) para el motor de la trituradora de impacto de eje vertical, relé auxiliar para el control, canaleta, interruptor para el variador, fusible de alta velocidad, bornera de control, arrancador suave SSW 05 (WEG) para la banda de entrada y salida de la trituradora de eje vertical, inductancia, transformador 440V-220V, pulsador, bornera de control. La consola incluye una canaleta, interruptores de control, pulsador, luces piloto, conexiones de control, voltímetro, amperímetro y regulador de velocidad para el motor del alimentador vibratorio del molino de muela.

3.3 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL.

El tablero incluye arrancador suave SSW 05 (WEG) para la banda de transporte, arrancador suave SSW 04 (WEG) para la zaranda y alimentador vibratorio. Además, incluye pulsador, luces piloto, paro de emergencia, RLC (LOGO! 230 RC), relé auxiliar, transformador de 440 V - 220 V, breaker de caja moldeada para el arrancador, breakers para el control, juego de barra, barra de control y canales. El programa de dimensionamiento Weg indicó que para motores de banda requerimos arrancador suave SSW050016T2246SPZ.

Es necesario arrancador suave SSW04 45/220 - 440 VAC para motores de alimentador vibratorio y zaranda.

Una vez montado el tablero en la sección mecánica, se realiza el plan de montaje para ubicar los componentes dentro del tablero, siguiendo los pasos de montaje siguientes:

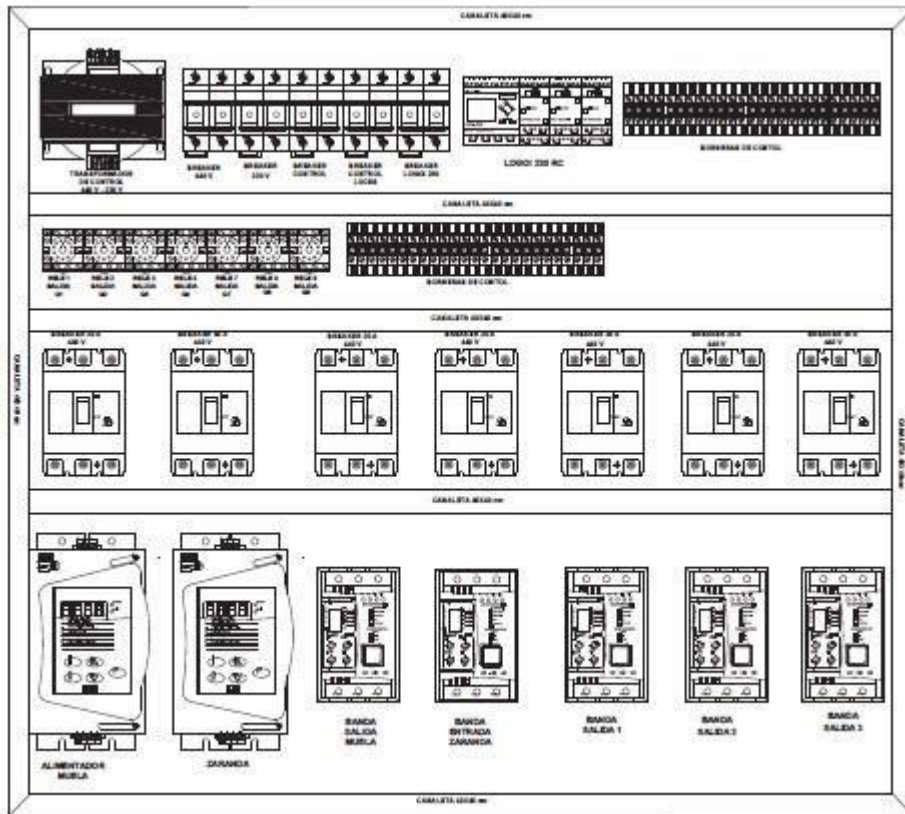


Fig. 37 Plano de montaje tablero de control.

Efectuar la instalación de las placas de 40x40 mm con ranura en todo el tablero, creando un cuadro, así como la disposición del riel din donde se ubicarán los elementos de control.

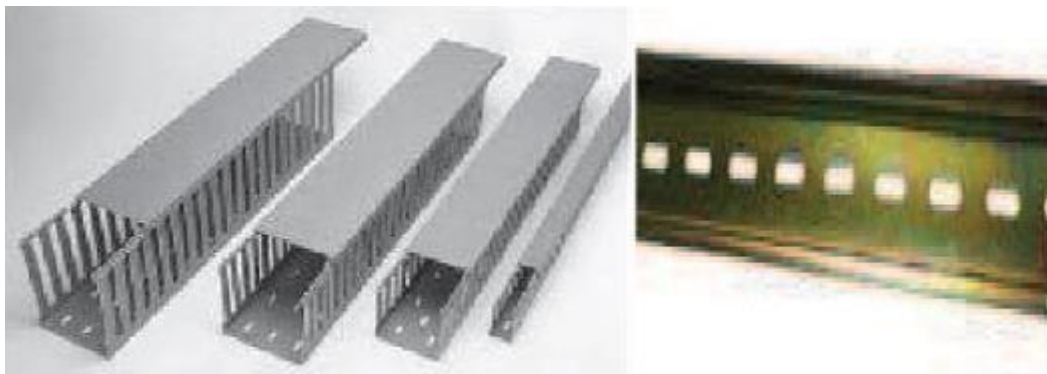


Fig. 38 Canaleta y riel din a utilizar en los tableros de control.

Se prosigue con la fijación de breakers de caja moldeada para arrancador suave. Los breakers a emplear son de 20 A para arrancadores suaves SSW05, después se sitúan los breakers de caja moldeada de 50 A para arrancadores suaves SSW04, y finalmente se ubican breakers de caja moldeada de 50 A para arrancadores suaves SSW04.



Fig. 39 Arrancadores suaves y breakers de caja moldeada utilizados en el diseño.

A continuación, se lleva a cabo la elaboración de barras de cobre. Se emplearán tres barras de cobre para alimentar el sistema de fuerza de arrancadores suaves y transformador de lado primario. Es importante tener en cuenta que la alimentación de motores es de 440 voltios.

Se empleará una barra de cobre de tamaño 1/2"x1" con sus aisladores. Se perforarán barras de cobre para facilitar la conexión entre sus aisladores y cables de potencia.

Los cables de potencia se sitúan alternadamente para su medición, lo que nos muestra la capacidad de conducción. El cable empleado es de 10 AWG.

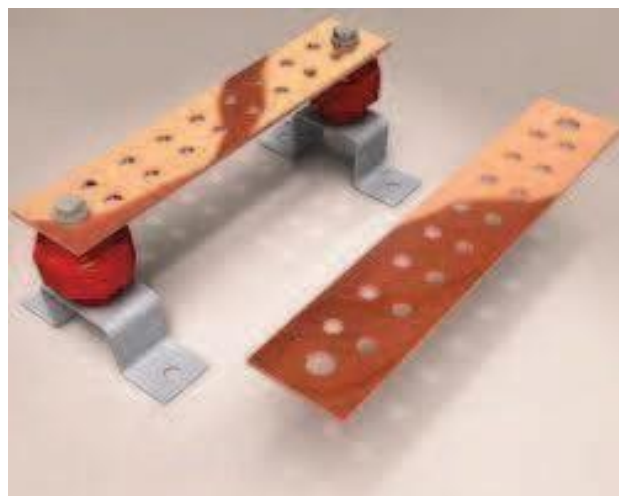


Fig. 40 Barra de cobre perforada con su respectivo aislador.

Se prosigue con instalación del PLC con expansiones previamente escogidas, breakers de 6 amperios para control eléctrico, bornera y relé auxiliar de 3 polos con bobina de 220 V.



Fig. 41 PLC, breakers de control relé auxiliar y bornera de control

Por último, se ancla el transformador de 50 VA.



Fig. 42 Transformador utilizado para control industrial.

Una vez que los elementos se han anclado correctamente en el tablero, se abre la puerta del tablero. Se observan sus medidas de dicha puerta, que incluye pulsadores de paralización y marcha de 22 mm, el pulsador de paralización de emergencia de 22 mm y las luces piloto de

indicación de prendido y apagado. Para el tablero se emplea 7 luces piloto de color rojo de 22 mm, 7 luces piloto de color verde de 22 mm, 7 pulsadores de marcha (verde).



Fig. 43 Pulsadores y luces piloto a utilizar. Todos de 22 mm.

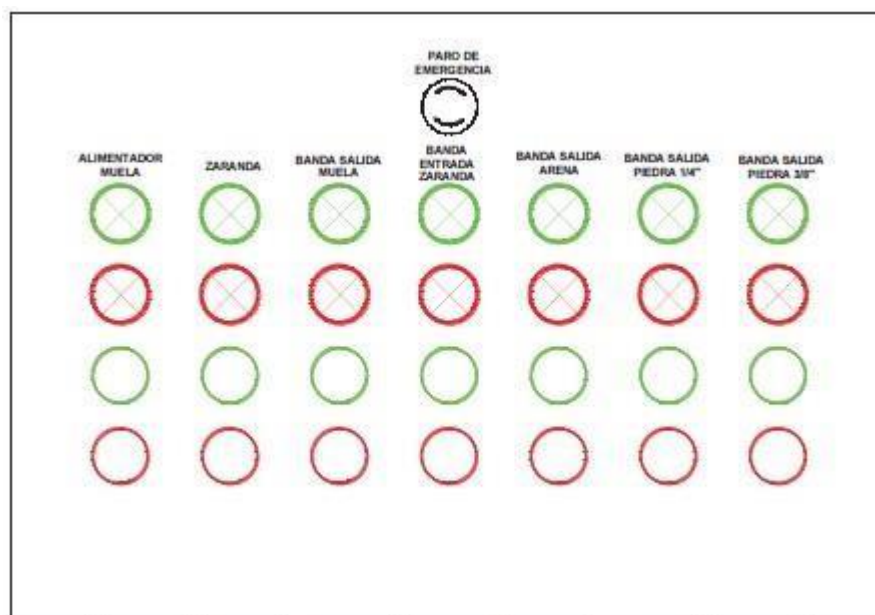


Fig. 44 Esquema de ubicación de las botoneras y luces piloto del tablero de control.

3.4 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA PRIMARIA.

El tablero incluye un arrancador suave SS 03 (WEG) para la trituradora primaria (muela), un contactor para el gato hidráulico, así como pulsadores, luces piloto, paradas de emergencia, relé auxiliar, breaker de caja moldeada de 225 A, conjunto de barra de cobre, interruptor de control, canaleta y breaker principal de 500A.

Nos proporcionaron un programa de dimensionamiento Weg, lo que indica que para el motor de la trituradora primaria (muela), requerimos del arrancador suave SSW03 205/220 – 440 VAC.

Para el motor del gato hidráulico requerimos del contactor de 9 amperios y relé térmico con una escala de 5.5 A a 8 A. Esta información se extrae de la placa del motor para calcular el relé térmico.

Una vez montado el tablero en la sección mecánica, se siguen los planos de montaje para ubicar los componentes dentro del tablero, a través de los pasos siguientes de montaje. Es necesario instalar las canaletas plásticas de 40x40 mm en todo el interior del tablero, creando un cuadro. También es necesario instalar la riel din para los contactor, las borneras y los relés auxiliares también.

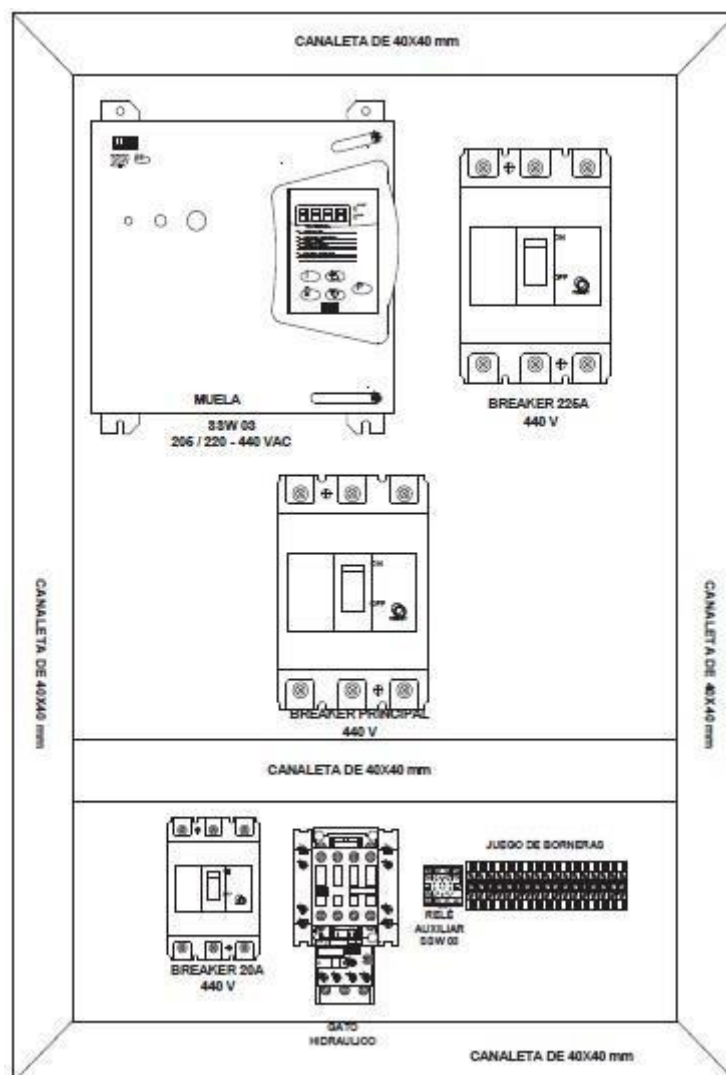


Fig. 45 Plano de montaje tablero de la trituradora primaria (Muela).

Se continua con el anclaje del breakers de caja moldeada para la alimentación principal 500 A trifásico, breaker de caja moldeada para el arrancador suave SSW03 de 225 A trifásico y breaker de caja moldeada de 20 A trifásicos para el contactor. Se emplearán tres barras de cobre para proporcionar energía al sistema de fuerza del arrancador

suave y al contactor del gato hidráulico. Es importante tener en cuenta que el voltaje de los motores es de 440 Voltios.

Se empleará una barra de cobre de tamaño 1/2"x1", con sus correspondientes aisladores. Se perforarán la barra de cobre para facilitar la conexión entre el aislador y cable de potencia.



Fig. 46 Arrancador suave SSW03, contactor con relé térmico y breakes de caja moldeada.

Se prosigue con colocación de bornera de control y relé auxiliar de 3 polos con bobina a 220 V.



Fig. 47 Relé auxiliar de 3 polos y borneras de control.

Una vez que los elementos se han anclado en el tablero, se abre la puerta del tablero, que incluye pulsadores de paralización y marcha, pulsador de paralización de emergencia y luces piloto de indicación de prendido y apagado. En el tablero se emplea 2 luces piloto de color rojo, 2 de color verde, 2 pulsadores de marcha (verde), 2 pulsadores de paralización (rojo) y pulsador de paralización de emergencia.



Fig. 48 Esquema del montaje del pulsador en la puerta del tablero trituradora primaria.

3.5 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA SECUNDARIA.

El tablero incluye un arrancador suave SSW 03 (WEG) para la trituradora secundaria, un contactor para el gato hidráulico, contactor para la bomba de lubricación, y arrancador suave SSW05 para la banda de entrada y salida del cono. Además, incluye pulsador, iluminación piloto, paro de emergencia, relé auxiliar, interruptor de caja moldeada de 225 A y 20 A, conjunto de barra de cobre, y proporcionaron software de dimensionamiento Weg, que nos indicó que para el motor de la trituradora secundaria (cono), requerimos arrancador suave SSW03 205/220 – 440 VAC. Para el motor del gato hidráulico y bomba de lubricación se necesita contactor de 9 amperios con un relé térmico con escala entre 5.5 A – 8 A, dato tomado de la placa del motor para dimensionar el relé térmico.

La utilización del software de dimensionamiento Weg indicó que para motores de banda requiere de un arrancador suave SSW050016T2246SPZ. Una vez montado el tablero en la sección mecánica, se siguen los planos de montaje para ubicar los componentes dentro del tablero, a través de los pasos siguientes de montaje.

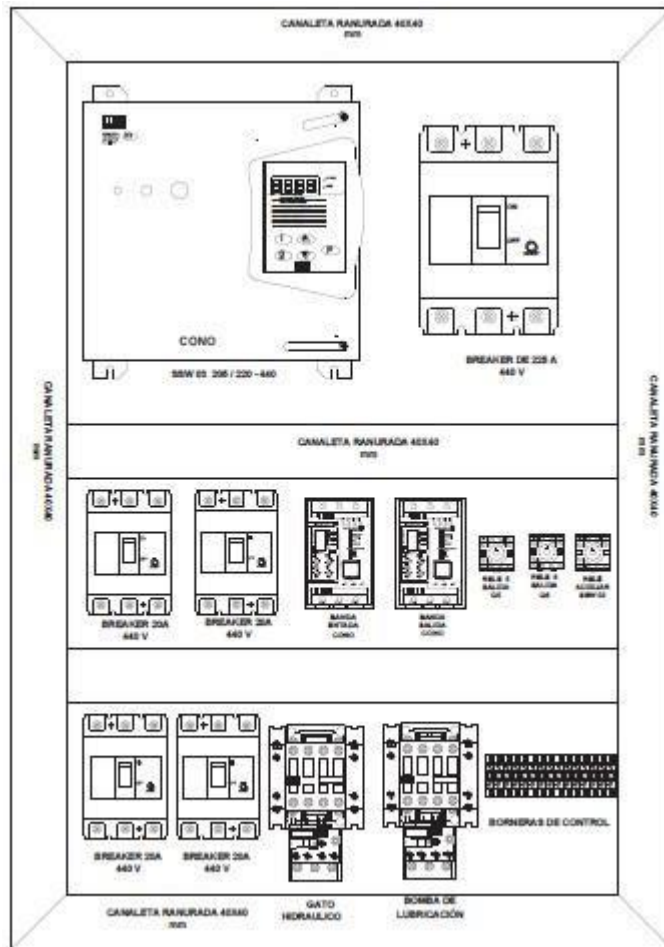


Fig. 49 Plano de montaje del tablero de la trituradora de secundaria (Cono).

Es necesario instalar las canaletas de plástico de 40x40 mm ranuradas, a lo largo de todo el tablero, creando un cuadro. Además, se coloca el riel din para los contactores, arrancadores suaves, borneras y relés auxiliares.

Se prosigue con la fijación del interruptor de caja moldeada para el arrancador suave SSW03 de 225 A trifásico, así como de cuatro interruptores de caja moldeada de 20 A trifásicos para los contactores y arrancadores suaves.

Se lleva a cabo la elaboración de las barras de cobre. Se emplearán tres barras de cobre para alimentar el sistema de fuerza del arrancador suave y el contactor para el gato hidráulico. Es importante tener en cuenta que el voltaje de los motores es de 440 V. Se perforarán las barras de cobre para facilitar la conexión entre los aisladores y los cables de potencia. Los cables de potencia se sitúan de forma alterna, para medir estos se procede al anexo que nos muestra la capacidad de conducción. El cable empleado corresponde al 2/0 AWG.

Se prosigue con la instalación de borneras y relés auxiliares de 3 polos con bobina de voltaje de 220 V. Tras el anclaje de los elementos en el tablero, se abre la puerta del tablero, que alberga los pulsadores de paralización y marcha, así como los indicadores de prendido y

apagado. En este tablero se emplearán 5 luces piloto de color rojo, 5 luces piloto de color verde, 5 pulsadores de marcha (verde), 5 pulsadores de paralización (verde).

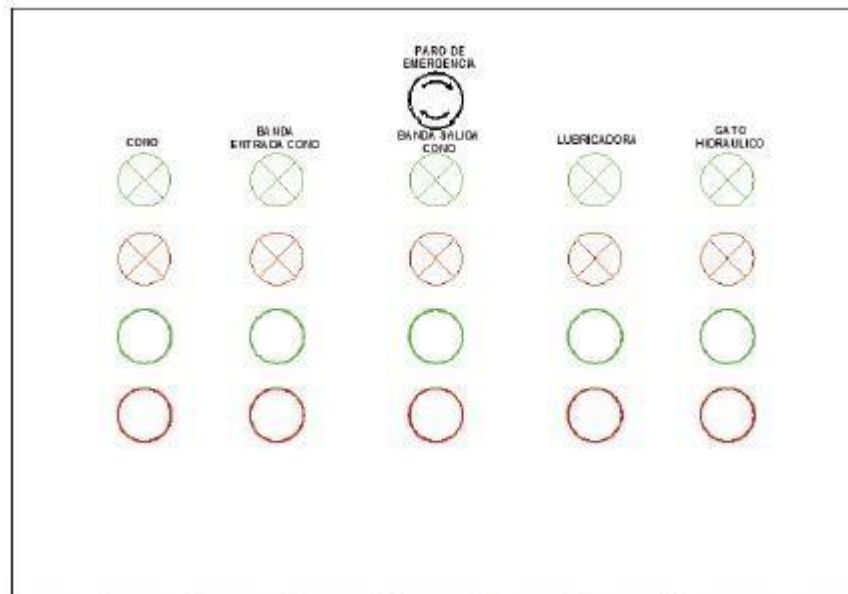


Fig. 50 Esquema de montaje de los pulsadores en la puerta del tablero de la trituradora secundaria.

3.6 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA TERCIARIA.

El tablero incluye variador de velocidad CFW 09 (WEG) para la trituradora de uso terciario, contactor para la bomba de lubricación y arrancador suave SSW 05 (WEG) para la banda de entrada y salida de la trituradora de eje vertical. Además, incluyen pulsador, luz piloto, paro de emergencia, relé auxiliar, transformador para control 440V-220V, breaker de caja moldeada, breaker para el control. Los datos proporcionados por el software de dimensionamiento Weg nos indicaron que para el motor de la trituradora terciaria (de eje vertical) requerimos un variador de velocidad CFW090450T3848PSZ. En la sección mecánica del motor, se realizan los planos de montaje para ubicar los componentes en el lugar.

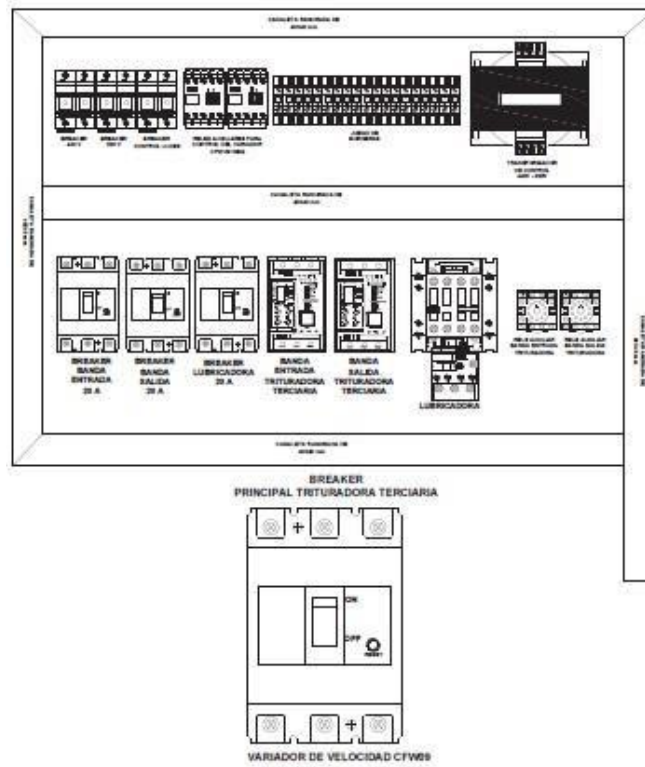


Fig. 52 Plano de montaje para el tablero de la trituradora

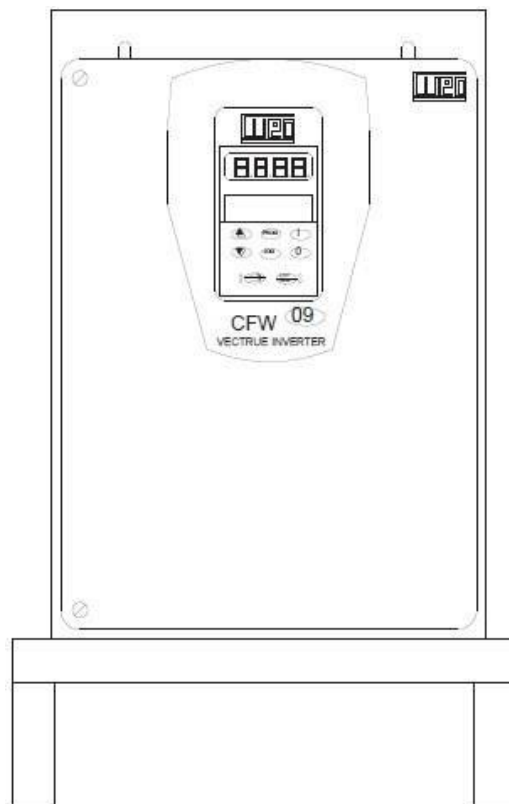


Fig. 53 Plano de montaje del variador para la trituradora terciaria.

Es necesario instalar las canaletas plásticas de 40x40 mm en el interior del tablero, creando un cuadro. Además, se coloca el riel din para los contactores, arrancadores suaves, borneras y relés auxiliares.

Se prosigue con la fijación del interruptor de caja moldeada para el variador de frecuencia trifásico CFW09 de 400 A, así como tres interruptores de caja moldeada de 20 A trifásicos para los arrancadores suaves SSW05 y el contactor.

Se prosigue con la instalación de borneras y relés auxiliares de 3 polos con bobina de 220 V; finalmente, en relación al control eléctrico, se sitúa el transformador de control de 50 VA 440V- 220V.

Se realiza el montaje de reactancias inductivas para resguardar tanto al variador como al motor, así como de los fusibles de alta velocidad que forman parte del sistema de protección del tablero.



Fig. 54 Inductancias y fusibles ultra rápidos.

FUSIBLE ULTRA RAPIDO

Se compone de una sección de hilo delgado, más delgado que un conductor convencional, que se sitúa en la entrada del circuito que se va a resguardar. Cuando la corriente se incrementa a causa de un cortocircuito, este se calienta, siendo así el primero en explotar. Una vez que se ha cortado la corriente, el resto del circuito ya no experimenta ningún daño.

Los fusibles rápidos se derretirán en un instante para:

$I = 2,5 I_f$: I_f es la corriente de fase en el circuito.

Con esta fórmula, calcularemos los fusibles de alta velocidad a utilizar en el tablero de la trituradora de uso terciario. Se utilizarán los FNH2 - 400 K - A. Tras colocar los componentes en el tablero, se instalan las puertas del tablero, que incluyen los botones de inicio y cierre, los botones de parada de emergencia y las luces para encender y apagar. Este tablero cuenta con indicadores de color rojo, verde y verde para los botones de inicio. pulsadores de paralización (rojo) y de paralización de emergencia, los cuales son de 22 mm.

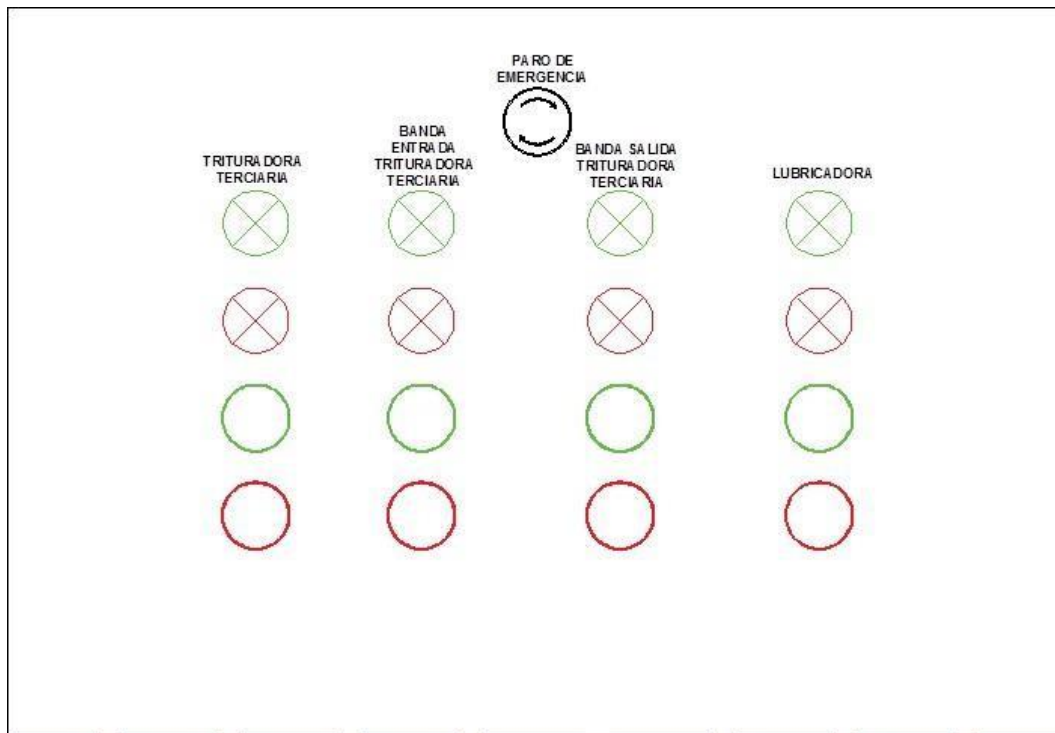


Fig. 55 Esquema de montaje de los pulsadores y luces piloto de la trituradora terciaria.

3.7 DISEÑO DE LA CONSOLA.

Se compone de pulsadores dobles (ON - OFF), indicadores de luz, interruptor de emergencia, interruptores de regulación, tapones y tubos de control. Tras el montaje de la consola en la sección mecánica, seguir los planos de instalación para ubicar los componentes dentro del panel siguiendo los pasos de instalación siguientes.



Fig. 56 Plano montaje de la consola de mando a distancia.

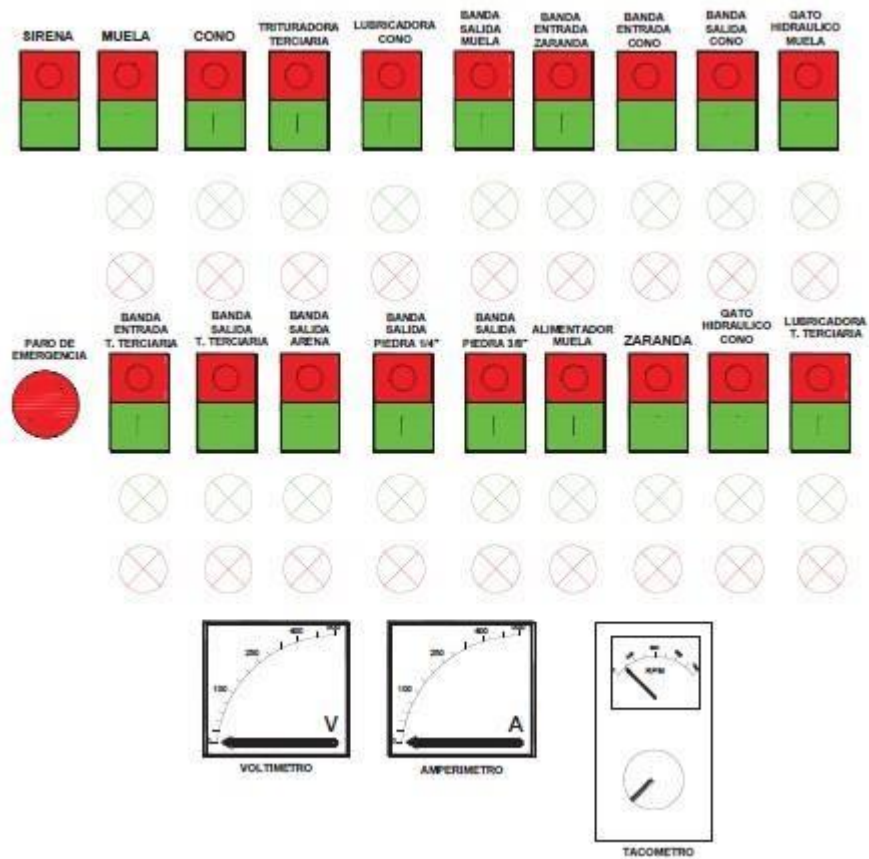


Fig. 57 Plano montaje de los pulsadores de la consola de mando a distancia.



Fig. 58 Aparatos de medición, pulsadores y luces piloto en la consola de mando a distancia.

Una vez fijados los elementos en el interior de la consola, se procede al montaje de la puerta de la consola, que contiene pulsadores dobles (ON - OFF), pulsador de parada de emergencia e indicadores de encendido y apagado de esta consola. Se utilizan 18 indicadores rojos, 18 indicadores verdes, 19 botones dobles (ON - OFF), estos de 22 mm; voltímetro, amperímetro, tacómetro y botón de parada de emergencia.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

El propósito principal de esta investigación es establecer el impacto que tiene la optimización de la administración de mantenimiento del sector de servicios en la fiabilidad de los tableros de control eléctrico en las actividades de una compañía minera. La detección de mejoras se consigue aplicando la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM II, publicada a finales de los años 90, que nos presenta, en el marco del análisis multidisciplinario, las estrategias más eficaces para disminuir el impacto y las repercusiones negativas derivadas de la aparición de los modos de falla críticas.

Se han analizado cinco tipos de averías en los tableros de control eléctrico que son más comunes en este estudio, incluyendo: Elevada temperatura del variador, Error del sistema de protección, Desajuste del tablero, Sobrecalentamiento de las llaves de potencia y Averías en el núcleo del transformador de corriente. Para cada uno de estos modos de fallo se ha calculado el RPN (Risk Priority Number) basándose en las condiciones laborales actuales y las maneras de identificar y manejar estos modos de falla.

Al mostrar valores altos desde 336 puntos hasta 120 puntos, se pudo establecer acciones específicas que facilitarían la disminución de estos valores de RPN desde 180 puntos hasta 54 puntos. Para ello, se establecieron áreas responsables y fechas sugeridas de ejecución, con el objetivo de que la administración de mantenimiento pueda llevar a cabo el seguimiento correspondiente para su cumplimiento. Como parte de los hallazgos, se requirió llevar a cabo el análisis del actual proceso de gestión de mantenimiento, identificando a los responsables principales de cada una de las tareas que se llevan a cabo como parte de las actividades cotidianas para el mantenimiento de los equipos.

Aunque es verdad que el proceso actual posee un sistema estructurado para el registro de la información, además de una descripción precisa de las funciones de cada componente implicado y una secuencia organizada para la comunicación y solución de fallos en los equipos, se pudo detectar oportunidades de mejora que posibilitan fortalecer el mapa de procesos existente, siendo las mejoras sugeridas: La creación de un grupo de revisiones constantes, mejorando así la identificación de las averías; La participación del personal operativo en la comunicación directa de irregularidades o fallos en desarrollo. La creación y exposición de indicadores esenciales para un seguimiento riguroso de la administración de mantenimiento, en concordancia con la norma metodológica de que "Lo que no se evalúa, no se regula". Así se puede representar gráficamente a todo el personal implicado en la secuencia de actividades y líneas de atención, con el fin de mejorar la administración actual de mantenimiento del área de servicios. En el proceso de clasificación de los modos de falla, se descubrió que el 62% de las atenciones de mantenimiento están vinculadas a problemas eléctricos, lo que fortalece la orientación de este estudio y las estrategias están adecuadamente orientadas.

Se sabe, en el ámbito de la administración de mantenimiento industrial, que el aumento de la fiabilidad de los equipos posibilita tener más horas de producción (incremento de confiabilidad), disminución de

los costos operativos (ya que los equipos no fallan frecuentemente y no requieren más recursos para su mantenimiento), incremento de los tiempos medios de reparación MTBF y posibilita efectuar una planificación y programación más exacta sin incrementos en los costos operativos).

Por esta razón, se llevó a cabo una comparación de los costos de mantenimiento durante los años 2018 y 2019 evidenciando que en ambos casos se ha superado en un 8% y 16% respectivamente en comparación con el presupuesto establecido por el área para cada año. Este resultado resulta perjudicial ya que implica la necesidad de mayores fondos económicos para gestionar el área de mantenimiento. Este resultado es perjudicial ya que implica la necesidad de mayores recursos financieros para gestionar el área de mantenimiento.

Respecto al grado de cumplimiento de los trabajos realizados durante el año 2019, se logró establecer una relación del 63% para los trabajos programados y del 37% para los trabajos no programados, lo que indica que el objetivo esperado es de 70% / 30%. También se observó que esta proporción varía a lo largo de los meses analizados, lo que señala una gran variabilidad en el control de las actividades diarias para el mantenimiento de los equipos. Además, se evaluó la habilidad para cumplir con los trabajos planificados llevados a cabo por el área de ejecución durante el año 2019, mostrando cifras que varían entre el 65% y el 95%, lo que requiere un objetivo del 95%.

El incumplimiento de las tareas planificadas se manifestará en el deterioro gradual y encubierto de los componentes internos de los equipos, lo que a largo plazo afectará la fiabilidad de estos equipos. Se llevó a cabo el cálculo del tiempo medio entre fallas - MTBF de los tableros de control eléctrico basándose en datos recogidos en el año 2019, resultando en un MTBF de 176 días de funcionamiento. No se establece un propósito concreto para este valor ya que no se ha registrado previamente, por lo que el resultado será el punto de referencia para comparar el rendimiento de los equipos. Lo que es evidente es que un resultado superior en este valor implicará que el equipo emplea más tiempo sin necesidad. Lo que es evidente es que un resultado superior en este valor implicará que el equipo emplea más tiempo sin necesidad.

También se evaluó el porcentaje de trabajos efectuados en los tableros de control eléctrico durante 2021 y 2022, situándose entre un 60.32% y un 61.74%, lo que señala que la tendencia es constante y el problema principal. El propósito es disminuir las intervenciones en estos equipos mediante la optimización de la administración de mantenimiento. Con los datos de los tiempos medios entre fallas, se logró determinar el tipo de distribución que mejor represente los datos de falla de los tableros de control eléctrico para efectuar el cálculo de la fiabilidad actual. El tiempo previsto para su funcionamiento es de 200 días, y su duración prevista es de 200 días.

Se estableció que la información corresponde a una distribución normal con un promedio de 175.92 días y una desviación estándar de 53.02 días. Esto implica que el tiempo de funcionamiento sin averías de los tableros de control eléctrico se encuentra entre $< 122.9 - 228.9 >$ días de funcionamiento. El cálculo de la confiabilidad se llevó a cabo para un periodo estimado de funcionamiento de 200 días. Este tiempo se tomó en cuenta en relación al tiempo medio entre fallas obtenidos durante el análisis,

con el objetivo de alcanzar un nivel de confiabilidad que sea comparable con los resultados futuros que se puedan obtener al implementar las mejoras sugeridas.

El valor actual del valor de fiabilidad es del 32.48%, lo que señala que, de 100 tableros eléctricos, 32 de estos excederán los 200 días de operación sin ocurrir averías o acciones del área de mantenimiento. La puesta en marcha de un programa de mantenimiento predictivo posibilita llegar al siguiente nivel en la escala de evolución de la administración integral de mantenimiento. Se sugiere emplear el método de la termografía con el objetivo de detectar fluctuaciones de temperatura antes de que ocurra el fallo de los elementos internos de los tableros de regulación eléctrica. Para ello, es imprescindible disponer de personal capacitado y acreditado en el método de termografía, además de un equipo de medición que facilite la recolección de datos y su análisis a través de tendencias.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Al iniciar el motor de la trituradora de piedra con arrancador suave o simultáneamente con variador de velocidad, se regula la corriente de arranque en 50%, se consigue el rendimiento del motor superior en 5% a 8%.
- Mediante el uso de arrancador suave y variador de velocidad, disminuyen en un 50% los espacios en el tablero eléctrico.
- El uso del plano de instalación en la construcción de un tablero eléctrico de control nos facilita la identificación de cada componente y su localización dentro de este.
- Cuando el motor trifásico opera a voltaje superior (440 V para este proyecto), se disminuyen gastos energéticos en 30%.
- El PLC disminuye los gastos del componente de control, economizando entre 40% y 50% de espacio en el tablero para la operación del arrancador suave y los reguladores de velocidad.
- En este proyecto, los contactores empleados son para motores trifásicos de 5HP o menos, dado que estos motores no gastan más del 5% de energía durante su operación.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES.

- El tablero eléctrico empleado para control va estar vinculado al sistema de protección de tierra, con el fin de resguardar todos los componentes internos que lo componen. Los componentes WEG empleados en este proyecto son sencillos de usar, sin embargo, también se pueden emplear otros componentes de otras marcas (Siemens, Sneider Electric, etc.), depende de cada constructor y clientes al solicitar el tablero eléctrico de control.
- Los motores trifásicos eléctricos pueden funcionar con cualquier tipo de arranque suave, variador de velocidad y PLC, aunque esto depende de cada productor. Para iniciar o poner en marcha un motor trifásico de más de 100 HP, es imprescindible entender el funcionamiento de un arrancador suave o de un variador de velocidad, con el objetivo de evitar los arranques directos o los arranques estrella-triángulo que ocupan excesivo espacio en el tablero eléctrico de control.
- Para llevar a cabo cualquier conexión de control y fuerza, es necesario adherirse al plano eléctrico de control diseñado para cada tablero eléctrico y respetar las regulaciones definidas en este proyecto para prevenir problemas futuros.
- Se aconseja llevar a cabo una banca educativa para que los alumnos se acostumbren a los arrancadores suaves y variadores de velocidad, permitiéndoles programar estos componentes que se emplean actualmente.
- Cuando se realiza una programación de los componentes electrónicos empleados en este proyecto, como los variadores de velocidad, arrancadores suaves y RLC (logo! 230rc), es aconsejable consultar los manuales de estos para prevenir daños en ellos durante su operación

BIBLIOGRAFIA

- Richard, Castro Oroña Kevin. Implementacion De Un Programa De Mantenimiento Preventivo Para Mejorar. [En línea] 2017. [Citado el: 12 de mayo de 2019.] <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3664/Castro%20Oro%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Oswaldo, Parisaca Valdez Cesar. Evaluacion Del Circuito De Chancado Y Optimizacion De Su Performance De Planta De Oxidos Tintayaantapaccay Antapaccay . [En línea] 2015. [Citado el: 21 de mayo de 2019.]
- Manual de Operaciones Antapaccay. DESCRIPCION DE PLANTA DE CHANCADO PRIMARIO. [En línea] 2017.
- Gomez, A. M. (2017). Técnicas de Mantenimiento Predictivo. Bogotá: Universidad católica de Colombia. Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOI.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.DE C.V. Jimenez, A. (09 de Abril de 2012).
- Mantenimiento Latino Americano. Obtenido de Costo del Ciclo de Vida de un Activo: <https://maintenancela.blogspot.com/2012/04/costodel-ciclo-de-vida-de-un-activo.html>

ANEXOS

ANEXO 1: Características del Relé Auxiliar



RELÉS Y TEMPORIZADORES



RELES AUXILIARES EXTRAÍBLES

SERIE MK3P

INFORMACIÓN GENERAL

3 polos inversores.
 Capacidad de contactos: $I_{th}=10A$ en 220Vca/230Vcc.
 Bobinas de corriente alterna en 12/24/48/110 y 220Vca -20% + 10%, 0,95 a 1,5VA.
 Bobinas de corriente continua en 12/24/48 y 110Vcc.
 Con indicación de Led.





CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS











Código	Polos	U Bobina	Ith	Totaln	Emb.
BOBINA DE CORRIENTE ALTERNA					
MK3P-12Vca	3 inversores	12Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-24Vca	3 inversores	24Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-48Vca	3 inversores	48Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-110Vca	3 inversores	110Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-220Vca	3 inversores	220Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10

BOBINA DE CORRIENTE CONTINUA					
MK3P-12Vcc	3 inversores	12Vcc	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-24Vcc	3 inversores	24Vcc	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-48Vcc	3 inversores	48Vcc	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-110Vcc	3 inversores	110Vcc	10A/220Vca	PF113A-E	10

Código	Grado IP	Montaje	Para Relé	Dimensiones mm	Emb.
ZÓCALO PARA RELE MK3P (3 inversores)					
PF113A-E	IP20	DIN 35mm	3 Invers.	45x52x30-45 del relé	20

ANEXO 2: Características técnicas del contactor y relé térmico.

CWM9		CWM12		CWM16		CWM25		CWM32		CWM40		CWM50		CWM65		CWM80		CWM95		CWM105	
2.2/3	3/4	4.5/6	5.5/7.5	9.2/12.5	11/15	15/20	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	63/80	75/97	90/112	105	140	18.5/25	22/30	30/40	37/50
4/5	5.5/7.5	7.5/10	11/15	15/20	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	63/80	75/97	90/112	105	140	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75
4/5	5.5/7.5	7.5/10	11/15	15/20	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	63/80	75/97	90/112	105	140	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75
4.5/6	5.5/7.5	9.2/12.5	11/15	15/20	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	63/80	75/97	90/112	105	140	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75
4.5/6	5.5/7.5	9.2/12.5	11/15	15/20	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	63/80	75/97	90/112	105	140	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75
5.5/7.5	7.5/10	11/15	15/20	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	63/80	75/97	90/112	105	140	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	63/80
9	12	18	25	32	40	50	65	80	95	105	140	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	63/80	75/97	90/112	105
25	25	32	45	60	60	90	110	110	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
5	7	8	12	16	18.5	23	30	37	44	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
RW27-1D 	0.28...0.4 0.4...0.63 0.56...0.8 0.8...1.2 1.2...1.8 1.8...2.8 2.8...4 4...6.3	5.6...8 7...10 8...12.5 10...15 11...17 15...23 22...32	RW67-1D 	25...40 32...50	RW67-2D 	40...57 50...63 57...70 63...80	RW117-1D 	63...80 75...97 90...112													
	BCXMF10 (1NA) BCXMF01 (1NC) BCXMER10 (1NC) BCXMER01 (1NC)			BCXML11 (1NA+1NC) BCXML20 (2NA) BCXML11 (1NA+1NC) BCXML20 (2NA)																	

SIEMENS

Hoja de datos

6ED1052-1FB08-0BA0

LOGO! 230RCE, módulo lógico, display FA/E/S: 115 V/230 V/relé, 8 DI/4 DO, mem. 400 bloques, posibilidad de ampliación modular, Ethernet, servidor web integrado, Datalog, páginas web personalizadas, tarjeta microSD estándar para LOGO! Soft Comfort a partir de V8, proyectos anteriores ejecutables




Figura similar:

Display	
Con display	Sí
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 115 V DC	Sí
• 230 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
Valor nominal (AC)	
• 115 V AC	Sí
• 230 V AC	Sí
Frecuencia de red	
• Rango admisible, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible, límite superior	63 Hz

Hora	
Programadores horario	
• Cantidad	400; Máx. 400, según la función
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C; Sin condensación
• máx.	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
• Temperatura ambiente-presión atmosférica-altitud de instalación	Tmín ... Tmáx a 1 080 hPa ... 795 hPa (-1 000 m ... +2 000 m)
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Altura	90 mm
Profundidad	60 mm

ANEXO 4: Características técnicas de los breakers.


Interrupor Termomagnético de Riel DIN



BKN 1P C 25A




BKN 2P C 10A



BKN 3P C 10A

BKN Norma IEC 60898 - IEC 60947-2
 Corriente nominal: 2, 5, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A
 Capacidad de ruptura (Icu): 5kA en 400 V / 10kA 220V
 Curva de disparo: C
 Números de polos: 1, 2 y 3
 Endurencia eléctrica: 6000 maniobras
 Montaje: En riel DIN de 35 mm




BKN			
I _n (A)	1 Polo	2 Polos	3 Polos
	Código	Código	Código
2	BKN 1P C 25A	BKN 2P C 25A	BKN 3P C 25A
4	BKN 1P C 4A	BKN 2P C 4A	BKN 3P C 4A
6	BKN 1P C 6A	BKN 2P C 6A	BKN 3P C 6A
10	BKN 1P C 10A	BKN 2P C 10A	BKN 3P C 10A
16	BKN 1P C 16A	BKN 2P C 16A	BKN 3P C 16A
20	BKN 1P C 20A	BKN 2P C 20A	BKN 3P C 20A
25	BKN 1P C 25A	BKN 2P C 25A	BKN 3P C 25A
32	BKN 1P C 32A	BKN 2P C 32A	BKN 3P C 32A
40	BKN 1P C 40A	BKN 2P C 40A	BKN 3P C 40A
50	BKN 1P C 50A	BKN 2P C 50A	BKN 3P C 50A
63	BKN 1P C 63A	BKN 2P C 63A	BKN 3P C 63A




BKH 3P C 100A

BKH Norma IEC 60947-2
 Corriente nominal: 60, 100, 125 A
 Voltaje nominal: 230/400 volt
 Curva de disparo: C
 Capacidad de ruptura (Icu): 10kA/400 V
 Números de polos: 2, 3
 Endurencia eléctrica: 6000 maniobras
 Montaje: En riel DIN de 35 mm

BKH		
Polos	I _n (A)	Código
2	60	BKH 2P C 60A
2	100	BKH 2P C 100A
2	125	BKH 2P C 125A
3	60	BKH 3P C 60A
3	100	BKH 3P C 100A
3	125	BKH 3P C 125A

Certificación:    




Interrupor Diferencial RKN



RKN 25-230MA

RKN Norma IEC 61008
 Corriente nominal: 25, 40, 63A
 Corriente fuga: 30 mA
 Tensión nominal: 230 VAC (2P), 230/400 VAC (3P)
 Números de polos: 2, 4
 Endurencia eléctrica: 6000 maniobras
 Montaje: En riel DIN de 35 mm

RKN		
Polos	I _n (A)	Código
2	25	RKN 25-230MA
2	40	RKN 40-230MA
2	63	RKN 63-230MA
4	25	RKN 25-430MA
4	40	RKN 40-430MA
4	63	RKN 63-430MA

Certificación:    

ANEXO 5: Características técnicas de los pulsadores y luces piloto.

Lámparas Piloto



Tensión
 12 Vca/Vcc
 24 Vca/Vcc
 48 Vca/Vcc
 110 Vca
 125 Vcc
 220 Vca

CJ SD

Color(ver tabla de colores)

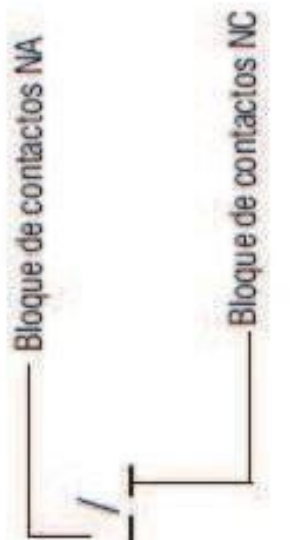
Codificación	Descripción	Composición
CJ SD1 110Vca	Lámpara Piloto ROJO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD1 +BIDL 110Vca 1
CJ SD1 220Vca	Lámpara Piloto ROJO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD1 +BIDL 220Vca 1
CJ SD2 110Vca	Lámpara Piloto VERDE con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD2 +BIDL 110Vca 2
CJ SD2 220Vca	Lámpara Piloto VERDE con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD2 +BIDL 220Vca 2
CJ SD0 110Vca	Lámpara Piloto INCOLOR con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD0 +BIDL 110Vca 0
CJ SD0 220Vca	Lámpara Piloto INCOLOR con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD0 +BIDL 220Vca 0
CJ SD3 110Vca	Lámpara Piloto AMARILLO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD3 +BIDL 110Vca 3
CJ SD3 220Vca	Lámpara Piloto AMARILLO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD3 +BIDL 220Vca 3
CJ SD4 110Vca	Lámpara Piloto AZUL con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD4 +BIDL 110Vca 4
CJ SD4 220Vca	Lámpara Piloto AZUL con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD4 +BIDL 220Vca 4
CJ SD1 125Vcc	Lámpara Piloto ROJO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 125Vcc	SD1 +BIDL 125Vcc 1
CJ SD2 125Vcc	Lámpara Piloto VERDE con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 125Vcc	SD2 +BIDL 125Vcc 2

Botones



BF
BD
BC
BEG
BEY

CJ



Color(ver tabla de colores)

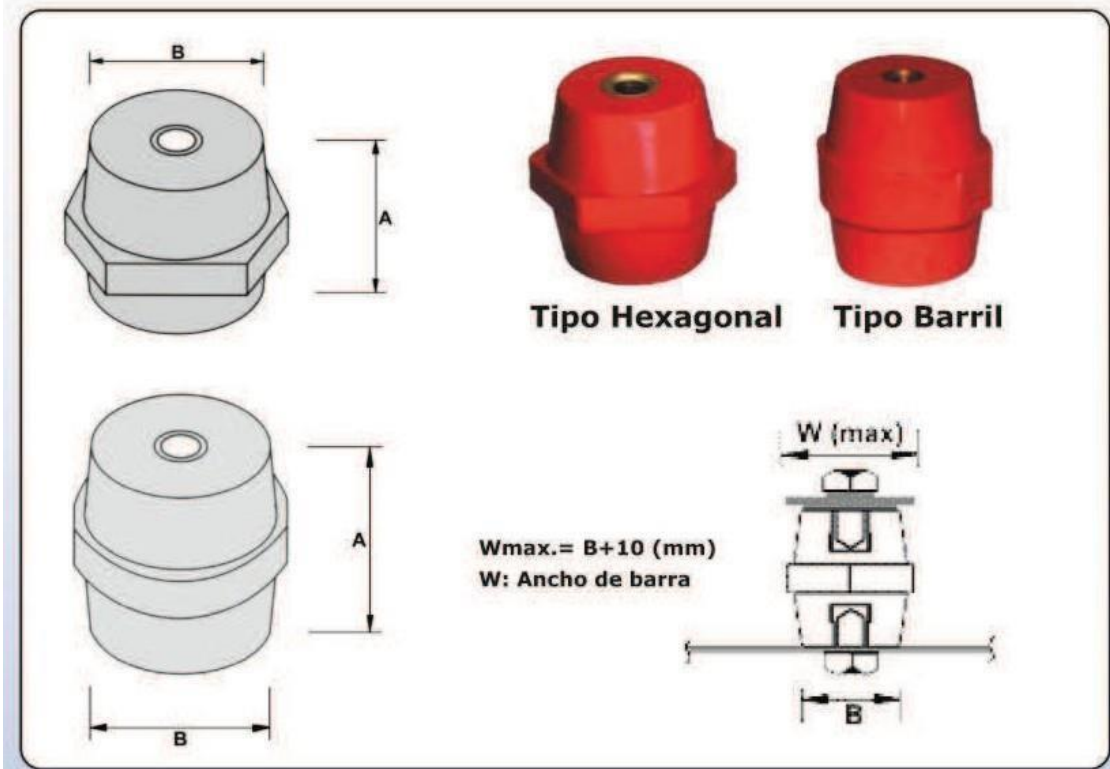
Codificación	Descripción	Composición
CJ BF2.10	Botón Rasante Verde(1NA)	BF2+BC10
CJ BF5.10	Botón Rasante Negro(1NA)	BF5+BC10
CJ BF1.01	Botón Rasante Rojo(1NC)	BF1+BC01
CJ BC2.10	Botón Hongo Verde(1NA)	BC2+BC10
CJ BC1.01	Botón Hongo Rojo(1NC)	BC1+BC01
CJ BEG.01	Botón Parada de Emergencia "girar para soltar" (1NC)	BEG+BC01
CJ BD.10/01	Botón Doble sin Iluminación (1NA+1NC)	BD+BC10+BC01
CJ BD 110Vca.10/01	Botón Doble con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca Rojo (1NA+1NC)	BD+BC10+BC01+BIDL 110Vca 1
CJ BD 220Vca.10/01	Botón Doble con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca Rojo (1NA+1NC)	BD+BC10+BC01+BIDL 220Vca 1
CJ BD 125Vcc.10/01	Botón Doble con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 125Vcc Rojo (1NA+1NC)	BD+BC10+BC01+BIDL 125Vcc 1

ANEXO 6: Características técnicas de los aisladores.

CARACTERISTICAS

Material Aislador: Resina poliéster reforzado de alto grado, DMC.
Material Inserto: Bronce
Color: Rojo
Rigidez Dieléctrica: 10 kV/mm.



CODIGO	TIPO	DIMENSIONES (mm)		TIPO PERNO	LARGO INSERTO PERNO (mm)
		A	B		
AH-25-15-M6	Hexagonal	25	15	M-6	10
AH-30-25-M6	Hexagonal	30	25	M-6	10
AH-40-30-M8	Hexagonal	40	30	M-8	12
AH-50-36-M10	Hexagonal	50	36	M-10	15
AB-60-32-M10	Barril	60	32	M-10	23
AB-76-33-M10	Barril	76	33	M-10	23



ANEXO 7: Tabla de las características técnicas de la barra de cobre.

TABLA DE CAPACIDADES EN SISTEMAS DE BARRAS DE COBRE

(Arquitectos)

ANEXO 4.4.3.2  (Minimetro)	VALORES  Resaca Cobada (Tipo CB)	40x5 (Milímetros cuadrados)	15x2 (mm)	SIN PINTAR				PINTADAS DE NEGRO MATE											
				1		2		3		4		1		2		3		4	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
15X3	1009	44.5	0.396	162	262	361	361	187	316	361	361	187	316	361	361	187	316	361	
25X3	1009	74.5	0.663	245	412	468	468	287	470	525	525	287	470	525	525	287	470	525	
30X5	1009	149	1.33	379	672	896	896	447	760	944	944	447	760	944	944	447	760	944	
40X5	1015	199	1.77	482	836	1090	1090	573	952	1140	1140	573	952	1140	1140	573	952	1140	
40X10	1015	398	3.55	715	1290	1770	1770	850	1470	2000	2000	850	1470	2000	2000	850	1470	2000	
50X10	1030	489	4.44	852	1510	2040	2040	1020	1720	2320	2320	1020	1720	2320	2320	1020	1720	2320	
60X10	1030	589	5.33	965	1720	2300	2300	1180	1960	2610	2610	1180	1960	2610	2610	1180	1960	2610	
80X10	1030	799	7.11	1240	2110	2790	2790	1500	2410	3170	3170	1500	2410	3170	3170	1500	2410	3170	
100X10	FIBRA	999	8.89	1490	2480	3260	3260	1810	2850	3720	3720	1810	2850	3720	3720	1810	2850	3720	
120X10	FIBRA	1200	10.7	1740	2860	3740	3740	2110	3280	4270	4270	2110	3280	4270	4270	2110	3280	4270	

Las unidades de las barras dadas en esta tabla son milímetros (mm) para las barras y metros (m) para las barras.

Tabla de capacidad en corriente en régimen continuo para barras de cobre para interiores.
 Temperatura de ambiente = 35°C temperatura de barras = 55°C.
 Posición de las barras: vertical, distancia mínima: ancho de barras.

1) Valores según DIN 46871, parte 3, Tabla 1.
 2) Material E-Cu F30 según DIN 40509 parte 3.
 3) Los valores indicados no aparecen en la tabla DIN, se calcula con base en el valor más cercano.

ANEXO 8: Características técnicas de los bornes de conexión.

Serie CBD:
Bornes de conexión

Definición

Dispositivo simple de conexión, diseñado para establecer conexiones eléctricas perdurables y confiables. Cada bome está constituido por un cuerpo aislante y un cuerpo conductor. La serie CBD consta de ocho (8) bornes, con secciones expresadas en mm²: 2,5 - 4 - 6 - 10 - 16 - 35 - 50 - 70, las cuales corresponden a la máxima sección transversal del conductor flexible, que puede ser conectado al bome. Para conductores rígidos la capacidad de los terminales en mm² es: 4 - 6 - 10 - 16 - 25 - 50 - 70 - 95.

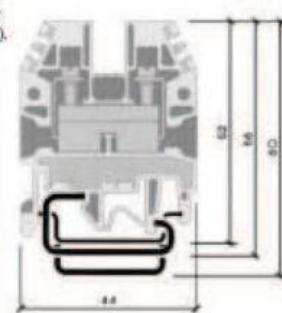
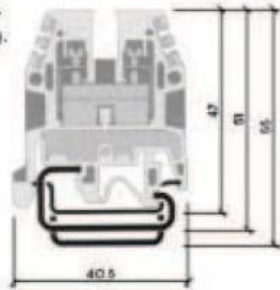


Características generales

- Cuerpo aislante elaborado en poliamida.
- Cuerpo conductor tipo tubo, elaborado en aleación de zinc y cobre, revestido con baño de níquel.
- Fácil conexión del cable a través de su sofisticado diseño, en el que resaltan:
 - Bordes redondeados del plato de presión.
 - Plano de entrada al cuerpo aislante inclinado.
 - Dimensión apropiada del orificio de entrada para el conductor.
- Identificación por ambos laterales del bome.
- Conexión a través de tornillos. Este sistema garantiza la mejor sujeción mecánica y minimiza la existencia de puntos calientes, aumentando la eficiencia en el flujo de corriente.
- Completa gama de accesorios para identificación de los terminales.
- Montaje en dos (2) tipos de riel, PR/DIN (en conformidad con el estándar EN 50.035) y el PR/3 en conformidad con el estándar EN 50.022.
- Certificaciones: CSA, KEMA KEUR, UR, Lloyds Register, Atex, ENEL.

Especificaciones técnicas

Modelo	CBD.2	CBD.4
Sección (mm ²)	2,5.	4.
Máxima sección del conductor flexible (mm ²)	[0,5...4].	[0,5 .. 10].
Rígido (mm ²)	[0,5...4].	[0,5 .. 10].
Calibre del Conductor	1 hilo AWG# 20 - # 12 (UL). 7 hilos AWG# 20 - # 12 (CSA).	AWG# 20 - # 10 (UL). AWG# 20 - # 12 (CSA).
Longitud del aislamiento (mm)	13.	14.
Torque (Ncm)	40.	50.
Capacidad (A)	24.	32.
Voltaje de operación (V)	800.	800.
Voltaje de prueba (V)	3000.	3000.
Espesor (mm)	5,5.	6,5.
ACCESORIOS		
Tapa final	CB2/PT.	CB4/6PT.
Puente permanente		
Puente seccionable	POS/11.	POS/42.
Puente múltiple	PMP/01.	PMP/42.
Placa separadora	DFU/1.	DFU/4.
Riel de montaje	PR/DIN/AS. PR/3/AS.	PR/DIN/AS. PR/3/AS.
Etiqueta de identificación	CNU/8.	CNU/8.



ANEXO 9: Características técnicas del transformador de control.

Transformadores de control y señalización
Monofásicos



642 001/003/004/005



642 007/008



642 009/010/012



642 013/014

Emp.	Ref.	Transformadores monofásicos de control
		Fabricados según la norma UL 506. - Primario: 220 / 440 V~ - Secundario: 127 / 220 V~
1	642 001	50 VA ⁽¹⁾
1	642 003	75 VA ⁽¹⁾
1	642 004	100 VA ⁽¹⁾
1	642 005	180 VA ⁽¹⁾
1	642 007	250 VA ⁽¹⁾
1	642 008	300 VA ⁽¹⁾
1	642 009	400 VA
1	642 010	500 VA
1	642 012	750 VA
1	642 013	1000 VA
1	642 014	1500 VA

(1) Nuevo chasis.

Emp.	Ref.	
5	432-05	Base o placa para montar los transformadores a riel Din TS 35. Para su uso solo en modelos de 50, 75, 100 y 180 VA.



Certificaciones



Transformadores de control y señalización
Monofásicos

■ Características eléctricas.

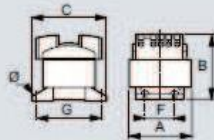
Ref.	Potencia VA	Pérdida al vacío* (W)	Caída de tensión % a plena carga		Rendimiento Potencia	
			cosφ=1	cosφ=0,45	cosφ=1	cosφ=0,45
642 001	50	5,3	12,3	5,6	0,81	0,96
642 003	75	7,8	10,5	4,8	0,82	0,967
642 004	100	9,5	8,1	3,7	0,86	0,73
642 005	180	14,7	7,9	3,6	0,86	0,73
642 007	250	14,7	5,2	2,8	0,91	0,82
642 008	300	15,3	6	3	0,92	0,84
642 009	400	24,6	4,5	2,3	0,91	0,82
642 010	500	26,0	3,5	2,1	0,93	0,86
642 012	750	37,7	2,8	1,7	0,94	0,88
642 013	1000	70,0	1,3	0,9	0,94	0,88
642 014	1500	88,0	2,3	1,6	0,95	0,90

* Pérdida al vacío: potencia que consume el transformador sin carga.

■ Dimensiones (mm)

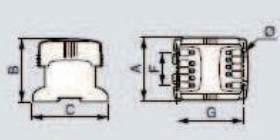
Ref. 642 001/003/004/005

Fig. 1



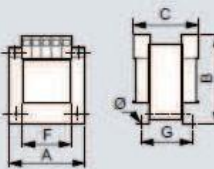
Ref. 642 007/008

Fig. 2



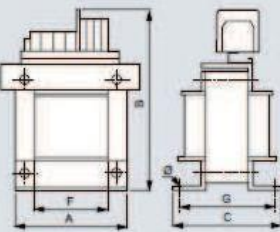
Ref. 642 009/010/012

Fig. 3



Ref. 642 013/014

Fig. 4



Ref.	Dimensiones (mm)			Fijación (mm)			Peso (kg)	Capacidad de conexión del borne primario y secundario Calibre AWG		Fig.
	A	B	C	F	G	Ø		flexible	rígido	
642 001	84	77	98	40	86	4,5	1,3	16 al 10	16 al 10	1
642 003	84	104	98	40	86	4,5	2,4	16 al 10	16 al 10	1
642 004	84	104	98	40	86	4,5	2,4	16 al 10	16 al 10	1
642 005	96	115	110	40	96	4,5	3,4	16 al 10	16 al 10	1
642 007	108	110	100	84	86	6,5	5,4	16 al 10	16 al 10	2
642 008	126	126	93,5	90	79,5	6,5	5,6	16 al 10	16 al 10	2
642 009	126	126	123	90	105	6,5	7,8	16 al 10	16 al 10	3
642 010	126	126	123	90	105	6,5	7,8	16 al 10	16 al 10	3
642 012	150	144	162	122	140	7	14,3	16 al 10	16 al 10	3
642 013	220	231	180	150	136	9	24	20 al 8	20 al 6	4
642 014	300	290	172	200	127	9	35,8	20 al 8	20 al 6	4