DESARROLLO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA LLENADO Y VACIADO DE UN SILO DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS PROCEDENTES DE IMPORTACIÓN DE LA EMPRESA OPERADOR PORTUARIO (OPP) DE BUENAVENTURA, VALLE DEL CAUCA.

DIANA CRISTINA PEREA SANDINO

UNIDAD CENTRAL DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TULUÁ, VALLE
ABRIL DE 2018

DESARROLLÓ DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA LLENADO Y VACIADO DE UN SILO DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS PROCEDENTES DE IMPORTACIÓN DE LA EMPRESA OPERADOR PORTUARIO (OPP) DE BUENAVENTURA, VALLE DEL CAUCA.

DIANA CRISTINA PEREA SANDINO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

DIRECTOR
JHON JAIRO GIRÓN ARBELÁEZ
INGENIERO ELECTRÓNICO Y ELECTROMECÁNICO

UNIDAD CENTRAL DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TULUÁ, VALLE
ABRIL DE 2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el comité de trabajo de grado en cumplimiento con los requisitos exigidos por la Unidad Central del Valle del Cauca para optar por el título de Ingeniero Electrónico.

_____
Firma del presidente del jurado

_____
Firma del jurado

_____
Firma del jurado

Tuluá, abril de 2018

DEDICATORIA

A Dios por darme el entendimiento y la perseverancia necesaria en el desarrollo de mi carrera.

A mi mamá, por haberme apoyado moral y económicamente en todo momento, además de siempre creer en mí y brindarme todo su apoyo.

A mi hermana, por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan, enseñándome a luchar por lo que se quiere

A mis compañeros, especialmente a Karla Crismatt, por estar conmigo en cada momento de la carrera con su actitud de ayuda y comprensión

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a:

Al profesor Wilson Devia Álvarez, quien siempre me brindo fortaleza y colaboración para continuar siempre firme en el desarrollo del proyecto.

Al Ing. Jhon Jairo Girón que con sus conocimientos apoyo el proyecto.

A la empresa Hurtado y M por la confianza brindada, permitiéndome diseñar el sistema.

A la empresa OPP por permitirnos la ejecución de la obra.

A la Unidad Central del Valle, principalmente a todos los docentes del programa de ingeniería electrónica, por brindar sus conocimientos y orientación en momentos de dudas.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

LISTADO DE TABLAS 9
LISTADO DE FIGURAS 10
LISTADO DE ECUACIONES 12
GLOSARIO 13
RESUMEN 22
INTRODUCCIÓN 23
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 25
2. JUSTIFICACIÓN 28
3. OBJETIVOS 30
3.1. General 30
3.2. Específicos 30
4. MARCO REFERENCIAL 31
4.1. Estado del arte 31
4.2. Marco teórico 33
4.2.1. Electricidad 33
4.2.2. Dispositivos de mando 33
4.2.3. Motor eléctrico 36
4.2.4. Silo 37
4.2.5. Elementos accionadores 39
4.2.6. Trasportador de cangilones 42
4.2.7. Tubos Conduit 42
4.2.8. Arrancador suave 43
4.2.9. Disyuntores 44
4.3. Marco legal 47
4.3.1. Norma técnica colombiana 2050 – NTC2050 47
4.3.2. Reglamento técnico para instalaciones eléctricas – RETIE 47
4.3.3. Normas y homologaciones de los equipos usados en el proyecto 47
5. DISEÑO METODOLÓGICO 49

5.1. Metodología 50
5.1.1. Primera fase: diagnóstico de tecnologías disponibles 50
5.1.2. Segunda fase: definición de método a utilizar 50
5.1.3. Tercera fase: diseño e implementación 51
6. RESULTADOS 52
6.1. Diagnostico - fase inicial del proyecto 52
6.2. Diseño de sistema eléctrico 53
6.3. Cálculo por ampacidad 55
6.3.1. Corriente de diseño 55
6.3.2. Cargas Varias 57
6.3.3. Cálculo de Caída de tensión 60
6.3.4. Protección de motores eléctricos 62
6.3.5. Calculo de protecciones para uno o un grupo de motores 67
6.3.6. Definición de circuitos a utilizar 68
6.3.7. Selección del Cable para aterrizar los motores 71
6.4. Método de cálculo (elevador) 72
6.4.1. Factores de Corrección 73
6.4.2. Selección del Cable 73
6.4.3. Definición de protecciones 75
6.4.4. Selección del Cable para aterrizar los motores 75
6.5. Método de cálculo (transportador 1) 76
6.5.1. Factores de Corrección 76
6.5.2. Selección del Cable 76
6.5.3. Protecciones utilizadas 78
6.5.4. Selección del Cable para aterrizar los motores 79
6.6. Método de cálculo (transportador 2 y barredor) 79
6.6.1. Factores de Corrección 79
6.6.2. Selección del Cable 80
6.6.3. Protecciones utilizadas 82
6.7. Método de cálculo (ventiladores) 82
6.7.1. Selección del Cable para aterrizar los motores 82

6.7.2. Selección de la tubería Conduit 82
6.8. Implementación..... 83
CONCLUSIONES 83
8. BIBLIOGRAFÍA..... 99
ANEXOS 103

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones Ambientales del Sitio 54
Tabla 2. Corrientes a Plena Carga de Motores Trifásicos de Inducción.....56
Tabla 3. Factor de Potencia y Eficiencia a Plena Carga de Motores Trifásicos de Inducción 57
Tabla 4. Capacidad de Corriente Permisible de no más de Tres Conductores Monopolares Aislados Para 0 a 2000V Nominales Soportados Sobre un Mensajero, Basado Sobre la Temperatura del Aire de 40°C. 58
Tabla 5. Factores de corrección 59
Tabla 6. Factores de Ajuste Para Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en una Canalización o Cable 59
Tabla 7. Dimensiones de Conduits.....60
Tabla 8. Impedancia Z, para calcular la caída de tensión de circuitos eléctricos ..61
Tabla 9. Valores para elección de protecciones (Tabla 430-150 del cen).....68
Tabla 10. Calibre de conductores de puesta a tierra de los equipos.....72
Tabla 11. Cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit metálica cables THHN/ THWN 83

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Daño en embobinado de un motor en el silo 3.....29
Figura 2. Pulsador normalmente abierto.....34
Figura 3. Símbolo pulsador normalmente abierto 34
Figura 4. Pulsador normalmente cerrado.....35
Figura 5. Símbolo pulsador normalmente cerrado 35
Figura 6. Dispositivo paro de emergencia.....36
Figura 7. Simbología botón paro de emergencia 36
Figura 8. Grafica de corriente con respecto al tiempo de los arrancadores suaves44
Figura 9. Dispositivos de protección de motor probados con contactores o arrancadores combinados para proporcionar coordinación de SCCR hasta 65 kA 45
Figura 10. Uso de disyuntores de protección de motor.....46
Figura 11. Disyuntor 140MF8EC45.....46
Figura 12. Daño generado en el silo 3 52
Figura 13. Protección de motores eléctricos según el C.E.N. 63
Figura 14. Selector de 2 posiciones.....63
Figura 15. Selector eléctrico tipo manecilla.....64
Figura 16. Interruptor magnético. 64
Figura 17. Diagrama interruptor magnético.....65
Figura 18. Contactor 65
Figura 19. Diagrama contactor.....66
Figura 20. Relé térmico.....66
Figura 21. Diagrama relé térmico.....67
Figura 22. Circuito de potencia utilizado para los transportadores y el barredor ..69
Figura 23. Circuito de potencia utilizado para el elevador.....70
Figura 24. Circuito funcional utilizado para los transportadores y el barredor.....71
Figura 25. Circuito funcional utilizado para el elevador.....71
Figura 26. Tubería PVC instalada para alimentación de motor elevador y reservas84
Figura 27. Tubería instalada para alimentación de transportador 1.....85
Figura 28. Pases entre recamara 1 y 2.....85
Figura 29. Pases en tubería PVC entre recamara 1 y 2.....86
Figura 30. Pases transportador 2.....86
Figura 31. Pases de tubería PVC para transportador 2 87
Figura 32. Tubería PVC instalada para alimentación transportador 2 87
Figura 33. Instalación tubería IMC para elevador 88
Figura 34. Tubería IMC instalada para alimentación de elevador.....88
Figura 35. Tubería IMC instalada para alimentación de elevador.....89
Figura 36. Apertura de recamara 1 89
Figura 37. Elevador de cangilones y silo 5 planta 2.....90

Figura 38. Tubería IMC instalada en los túneles (entrando al túnel).....90
Figura 39. Tubería IMC instalada en los túneles (saliendo a elevadores de cangilones) 91
Figura 40. Protecciones de los motores.....91
Figura 41. Conectorización del tablero.....92
Figura 42. Barrajes 440V 93
Figura 43. Representación del control de los motores (transportadores y barredor)94
Figura 44. Tablero del sistema.....94
Figura 45. Medición de voltaje de las fases del arrancador suave.....95
Figura 46. Transformadores y alimentación de ventilador del arrancador suave..95
Figura 47. Parte posterior del sistema de control del silo 5.....96

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Calculo de la corriente de consumo del motor 53
Ecuación 2. Calculo de la corriente de diseño (W: Potencia nominal en Watios).58
Ecuación 3. Cálculo de la corriente de diseño (VA: Potencia nominal den Volt – Amperes) 58
Ecuación 4. Caída de tensión Línea-neutro.....61
Ecuación 5. Caída de tensión trifásica.....61
Ecuación 6. Porcentaje de caída de tensión.....62
Ecuación 7. Resistencia a la temperatura operación.....62
Ecuación 8. Capacidad de corriente cable elevador.....73
Ecuación 9. Caída de voltaje línea neutro elevador (tubería en acero) 74
Ecuación 10. Caída de voltaje línea neutro elevador (tubería PVC).....74
Ecuación 11. Caída de tensión trifásica elevador (tubería en acero) 74
Ecuación 12. Caída de tensión trifásica elevador (tubería PVC) 74
Ecuación 13. Caída de tensión trifásica en porcentaje elevador(tubería en acero)75
Ecuación 14. Caída de tensión trifásica en porcentaje elevador (tubería PVC) ...75
Ecuación 15. Capacidad de corriente requerida transportador 1.....76
Ecuación 16. Caída de voltaje línea neutro transportador 1 (tubería en acero)....77
Ecuación 17. Caída de voltaje línea neutro transportador 1 (tubería en PVC) 77
Ecuación 18. Caída de tensión trifásica transportador 1 (tubería en acero).....77
Ecuación 19. Caída de tensión trifásica transportador 1 (tubería en PVC).....78
Ecuación 20. Caída de tensión trifásica en porcentaje transportador 1 (tubería en acero) 78
Ecuación 21. Caída de tensión trifásica en porcentaje transportador 1 (tubería en PVC) 78
Ecuación 22. Capacidad de corriente cable transportador 2 79
Ecuación 23. Caída de voltaje línea neutro transportador 2 (tubería en acero)....80
Ecuación 24. Caída de voltaje línea neutro transportador 2 (tubería en PVC) 80
Ecuación 25. Caída de tensión trifásica transportador 2 (tubería en acero).....81
Ecuación 26. Caída de tensión trifásica transportador 2 (tubería en PVC).....81
Ecuación 27. Caída de tensión trifásica en porcentaje transportador 2 (tubería en acero) 81
Ecuación 28. Caída de tensión trifásica en porcentaje transportador 2 (tubería en PVC) 81

GLOSARIO

ABRAZADERA: Una pieza de ferretería que se usa para abrazar un conducto o botella en fontanería, en cableado, en montaje de muebles o en transporte y deportes.

ACCESIBLE: Que está al alcance de una persona, sin valerse de medio alguno y sin barreras físicas de por medio.

ACCIDENTE: Evento no deseado incluidos los descuidos y las fallas, de equipos que da por resultado la muerte una lesión personal un daño a la propiedad o deterioro ambiental.

ACOMETIDA: Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble.

ACTUADOR: dispositivo capaz de transformar algún tipo de energía (como hidráulica, neumática o eléctrica) en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

AISLADOR: elemento aislante diseñado de tal forma que soporte un conductor y lo separe eléctricamente de otros conductores.

AISLANTE: Material que impide la propagación de algún fenómeno o agente físico material de tan baja conductividad eléctrica, que puede ser utilizado como no conductor.

ALAMBRE: hilo o filamento de metal, trefilado o laminado, para conducir corriente eléctrica.

ANÁLISIS DE RIESGOS: conjunto de técnicas para definir, clasificar y evaluar los factores de riesgo y la adopción de las medidas para su control.

ARRANCADOR SUAVE: es un dispositivo electrónico usado para ayudar a proteger el motor eléctrico. No todos los motores están equipados con arrancadores suaves, pero se han convertido en algo común, especialmente con motores delicados que pueden ser fácilmente dañados por repentinos aumentos de potencia. Los arrancadores suaves se componen de una serie de rectificadores que trabajan juntos para gestionar el voltaje. Los dispositivos electrónicos de arranque se denominan arrancadores suaves o progresivos.

ARCO ELÉCTRICO: canal conductivo ocasionado por el paso de una gran carga eléctrica, que produce gas caliente de baja resistencia eléctrica y un haz luminoso.
AVISO DE SEGURIDAD: advertencia de prevención o actuación, fácilmente visible, utilizada con el propósito de informar, exigir, restringir o prohibir una actuación.

AWG: Calibre de alambre estadounidense (en inglés american wire gauge) es una referencia de clasificación de diámetros. En muchos sitios de Internet y también en libros y manuales, especialmente de origen norteamericano, es común encontrar la medida de conductores

eléctricos (cables) indicados con la referencia AWG. Cuanto más alto es este número, más delgado es el alambre. El alambre de mayor grosor (AWG más bajo) posee menos resistencia interna y, por lo tanto, soporta mayores corrientes a distancias más grandes.

BARRAJE: también conocidas como barras de colección, son un conjunto de elementos mecánicos (estructuras metálicas), destinados a la estabilidad mecánica de los centros de interconexión de los demás elementos eléctricos que comprenden el sistema de potencia.

BATERÍA DE ACUMULADORES: equipo que contiene una o más celdas electroquímicas recargables.

BIPOLAR: 2 conductores o dos polos.

BORNERA: una clema (también conocido como bornera o ficha de empalme) es un tipo de conector eléctrico en el que un cable se aprisiona contra una pieza metálica mediante el uso de un tornillo. Al cable a veces simplemente se le retira el aislamiento exterior en su extremo, y en otras ocasiones se dobla en forma de U o J para ajustarse mejor al eje del tornillo. Alternativamente, al cable se le puede crimpar un terminal para protegerlo. También se usan prisioneros, pero no son adecuados para su uso con los terminales, ya que no encajan. En cualquier caso, se ha de apretar un tornillo para asegurar la conexión.

BREAKER: Un disyuntor, interruptor automático (España), automático (Chile), breaker o pastilla (México, Ecuador y Panamá), es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática. Los disyuntores se fabrican de diferentes tamaños y características, lo cual hace que sean ampliamente utilizados en viviendas, industrias y comercios.

BUSHING O CASQUILLO: En la energía eléctrica, un casquillo es un dispositivo aislado que permite que un conductor eléctrico pase con seguridad a través de una barrera conductora puesta a tierra tal como el caso de un transformador o de un interruptor de circuito. El manguito está hecho de material de porcelana.

CABLE: conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

CAJA DE CONEXIÓN TIPO CONDULT:es un contenedor de conexiones eléctricas, por lo general destinada a ocultarlas de la vista y desalentar la manipulación. Una pequeña caja de conexiones de metal o de plástico puede formar parte de un conducto eléctrico o cable con funda termoplástica (TPS) del sistema en un edificio. Si se diseñada para su montaje en superficie, se utiliza sobre todo en techos, debajo de los pisos u oculto detrás de un panel de acceso - sobre todo en edificios residenciales o comerciales.

CALIDAD: la totalidad de las características de un ente que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas. Es un conjunto de cualidades o atributos, como disponibilidad, precio, confiabilidad, durabilidad, seguridad, continuidad, consistencia, respaldo y percepción.

CARGA: la potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

CARGABILIDAD: límite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc.

CAPACIDAD DE CORRIENTE: corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

CAPACIDAD O POTENCIA INSTALABLE: se considera como capacidad instalable, la capacidad en kVA que puede soportar la acometida a tensión nominal de la red, sin que se eleve la temperatura por encima de 60 ºC en cualquier punto o la carga máxima que soporta la protección de sobre corriente de la acometida, cuando exista.

CAPACIDAD NOMINAL: el conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo o sistema eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas.

CIRCUITO: lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobretensión. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos.

CONDUCTOR ACTIVO: aquellas partes destinadas, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.

CONDUCTOR ENERGIZADO: todo aquel que no está conectado a tierra.

CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL: conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.

CONFIABILIDAD: capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dados. Equivale a fiabilidad.

CONFINADO: Espacio limitado que no es apropiado para ser ocupado por manera continua o permanente por el ser humano

CONTROL DE CALIDAD: proceso de regulación, a través del cual se mide y controla la calidad real de un producto o servicio.

CORRIENTE ELÉCTRICA: es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro. Es un transporte de energía.

CORRIENTE DE CONTACTO: corriente que circula a través del cuerpo humano, cuando está sometido a una tensión.

CORTOCIRCUITO: fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial de un mismo circuito.

DAÑO: consecuencia material de un accidente.

DISTANCIA DE SEGURIDAD: es la mínima distancia entre una línea energizada y una zona donde se garantiza que no habrá un accidente por acercamiento.

DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: transferencia de energía eléctrica a los consumidores, dentro de un área específica.

DOBLADORA HIDRÁULICA: también conocidas como plegadoras, son máquinas diseñadas especialmente para el plegado de chapas; estas máquinas efectúan varios tipos de plegado: plegado a fondo y plegado al aire, teniendo en cuenta el espesor de la chapa. Se clasifican dependiendo de la fuerza motriz con la que se produzca el plegado, así como también de las diversas formas o actuación de las fuerzas del prensado.

ELECTRICIDAD: el conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos o una forma de energía obtenida del producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio. El suministro de electricidad al usuario debe entenderse como un servicio de transporte de energía, con una componente técnica y otra comercial.

ELÉCTRICO: aquello que tiene o funciona con electricidad.

EMERGENCIA: situación que se presenta por un hecho accidental y que requiere suspender todo trabajo para atenderla.

ENCLAVAMIENTO O LATCH-UP: es un término usado en el mundo de los circuitos integrados para describir un tipo particular de cortocircuito que puede ocurrir en un circuito eléctrico mal diseñado. Más específicamente es la creación inadvertida de una resistencia eléctrica entre el suministro de energía de un circuito MOSFET, creando así una estructura parásita la cual inhabilita su correcto funcionamiento, y da lugar a un posible daño debido a una sobrecarga. Un reinicio del sistema es necesario para corregir esa situación.

EPP: Los elementos de protección personal es cualquier equipo utilizado para la mitigación de un riesgo.

EQUIPO: conjunto de personas o elementos especializados para lograr un fin o realizar un trabajo.

ERROR: acción desacertada o equivocada. Estado susceptible de provocar avería.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: documento que establece características técnicas mínimas de un producto o servicio.

EXPLOSIÓN: expansión rápida y violenta de una masa gaseosa que genera una onda de presión que puede afectar sus proximidades.

FALLA: degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir una función requerida.

FASE: designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN: o factor de rechazo (o PSRR, de las siglas en inglés Power Supply Rejection Ratio) es un término ampliamente utilizado en electrónica de amplificadores (especialmente amplificadores operacionales) o en hojas de datos de reguladores de voltaje; usado para describir la cantidad de ruido de una fuente de alimentación que un dispositivo en particular puede rechazar. El PSRR se define como la relación entre el cambio en la tensión de alimentación a la tensión de entrada equivalente (diferencial) que se produce en el amplificador operacional, a menudo expresada en decibelios. Un amplificador operacional ideal tendría un valor de PSRR infinito. La tensión de salida dependerá del circuito de realimentación, como es el caso de tensiones de offset de entrada regulares. Pero la prueba no se limita a DC (frecuencia cero); a menudo un amplificador operacional también tendrá su PSRR dado en varias frecuencias (en cuyo caso la relación es uno de los valores eficaces de las amplitudes de las ondas senoidales presentes en la fuente de alimentación comparadas con la salida, teniendo en cuenta la ganancia).

FRENO PARA BORNERA: Se utiliza en el riel omega para mantener la posición de los elementos instalados en él.

FUENTE DE ENERGÍA: todo equipo o sistema que suministre energía eléctrica.

HP: Denominado caballo de fuerza o de potencia, es una medida de potencia que se creó para comparar la potencia de las máquinas de vapor con la potencia de los caballos de tiro, luego el concepto se amplió para incluir la potencia de salida de motores.

IMC: conducto metálico intermedio, término formal en los códigos eléctricos para el conducto metálico de un grosor de pared menor que el RMC de tubo de agua, pero mayor que el EMT (tubo de pared delgada).

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO: dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada.

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO AJUSTABLE: calificativo que indica que el interruptor automático se puede ajustar para que se dispare a distintas corrientes, tiempos o ambos, dentro de un margen predeterminado.

INTERRUPTOR DE USO GENERAL: dispositivo para abrir y cerrar o para conmutar la conexión de un circuito, diseñado para ser operado manualmente, su capacidad se establece en amperios y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión nominal, cumple funciones de control y no de protección.

INTERRUPTOR ELÉCTRICO: es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, desde un simple interruptor que apaga o enciende una bombilla, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas, controlado por computadora.

KCMIL: kilo circular mil es una identificación del área en el sistema inglés de medida para el calibre del alambre, debido a que son calibres de mayor grosor. Se le llaman kcmil, para secciones de mayor área. Estas siglas también eran conocidas hasta finales del siglo XX como MCM o KCM.

MANIOBRA: conjunto de procedimientos tendientes a operar una red eléctrica en forma segura.

MANHOLE: es una abertura cubierta en una carretera que un trabajador puede entrar para alcanzar tuberías subterráneas, cables o drenajes que necesitan ser examinados o reparados.

MÁQUINA: conjunto de mecanismos accionados por una forma de energía, para transformarla en otra más apropiada a un efecto dado.

NEUTRO: conductor activo conectado intencionalmente a una puesta a tierra, bien sólidamente o a través de una impedancia limitadora.

NIVEL DE RIESGO: valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

NOMINAL: término aplicado a una característica de operación, indica los límites de diseño de esa característica para los cuales presenta las mejores condiciones de operación. Los límites siempre están asociados a una norma técnica.

NORMA: documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

NORMA DE SEGURIDAD: toda acción encaminada a evitar un accidente.

NORMA TÉCNICA: documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que suministra, para uso común y repetido, reglas, directrices y características

para las actividades o sus resultados, encaminados al logro del grado óptimo de orden en un contexto dado. Las normas técnicas se deben basar en los resultados consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia y sus objetivos deben ser los beneficios óptimos para la comunidad.

NORMALIZAR: establecer un orden en una actividad específica.

PEGANTE PVC: El adhesivo es una sustancia que puede mantener unidos dos o más cuerpos por contacto superficial. Es sinónimo de cola y pegamento. Su importancia en la industria moderna es considerable. Los adhesivos líquidos, comúnmente conocidos como colas blancas (en su mayoría tienen un color blanco o crema), utilizan en su composición un vehículo líquido (normalmente agua o disolvente) que, una vez usado, tiende a perder, hasta obtener un secado que hace que la unión sea resistente. Se emplean en la construcción (adhesivos para pavimentos y revestimientos como moquetas, PVC, linoleum, etc.).

PELIGRO: exposición incontrolada a un riesgo.

PERNO DE ANCLAJE: barra o perno embutido en el hormigón para sujetar, fijar o asegurar un elemento estructural.

PILOTOS ELECTRÓNICOS: Denominados testigos luminosos son indicadores de tipo ópticos que proporcionan una señal luminosa relativa al funcionamiento de un sistema.

PRECAUCIÓN: actitud de cautela para evitar o prevenir los daños que puedan presentarse al ejecutar una acción.

PREVENCIÓN: Evaluación predictiva de los riesgos y sus consecuencias. Conocimiento a priori para controlar los riesgos. Acciones para eliminar la probabilidad de un accidente.

PREVISIÓN: anticipación y adopción de medidas ante la posible ocurrencia de un suceso, en función de los indicios observados y de la experiencia.

REMACHE POP: POP es una marca registrada por el inventor del remache, Tucker Fasteners Ltd (Birmingham), actualmente Emhart Teknologies) o remache ciego consta del cuerpo del remache (perno, pieza hueca) y una pieza alargada llamada vástago, espiga o mandril (maciza, en el interior del perno). Es un artefacto diseñado para unir o sujetar firmemente piezas (principalmente en forma de lámina) entre sí.

RIEL OMEGA: Se utilizan en el interior de los tableros para el montaje de regletas, rieles contactores, mini breakers. etc.,

SACABOCADOS: En inglés nibbler, es una herramienta para cortar chapa de metal con distorsión mínima. Opera como una perforadora y dado, con una hoja que movimientos en una moda lineal contra un dado fijo, sacando bits pequeños de metal y dejando un kerf aproximadamente 6 mm ancho. Otro tipo opera similar a tijeretazos de lata, pero cizalla la hoja a lo largo de dos pistas paralelas 3–6 mm aparte, enrollando los residuos en una espiral estanca cuando corta. Nibblers Puede ser manual (la mano operada) o powered.

SEGURIDAD: estado de riesgo aceptable o actitud mental de las personas.

SEÑALIZACIÓN: conjunto de actuaciones y medios dispuestos para reflejar las advertencias de seguridad en una instalación.

SERVICIO: prestación realizada a título profesional o en forma pública, en forma onerosa o no, siempre que no tenga por objeto directo la fabricación de bienes.

SÍMBOLO: imagen o signo que describe una unidad, magnitud o situación determinada y que se utiliza como forma convencional de entendimiento colectivo.

SILO: es una construcción diseñada para almacenar grano y otros materiales a granel; son parte del ciclo de acopio de la agricultura. Los más habituales tienen forma cilíndrica, asemejándose a una torre, construida de madera, hormigón armado o metal.

SISTEMA: conjunto de componentes interrelacionados e interactuantes para llevar a cabo una misión conjunta. Admite ciertos elementos de entrada y produce ciertos elementos de salida en un proceso organizado.

SISTEMA DE POTENCIA AISLADO (IT): un sistema con el punto neutro aislado de tierra o conectado a ella a través de una impedancia. Cuenta con un transformador y un monitor de aislamiento. Se utiliza especialmente en hospitales, minas, embarcaciones, vehículos, ferrocarriles y plantas eléctricas.

SOBRECARGA: funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

SOBRETENSIÓN: tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

SOLDADURA DE TUBOS: La soldadura blanda se distingue de la soldadura dura por la temperatura de fusión del material de aporte. La soldadura blanda utiliza aportaciones con punto de fusión por debajo de los 450 °C y la soldadura fuerte por encima de los 450 °C. La soldadura blanda tiene gran cantidad de aplicaciones, desde la fabricación de juguetes hasta de motores de aviones y vehículos espaciales. En general se utiliza para la unión de piezas de pequeño tamaño, piezas de diferentes materiales, donde sería muy difícil utilizar un proceso de soldadura por fusión. La soldadura blanda se suele utilizar en componentes electrónicos, como circuitos impresos o transistores, piezas ornamentales y piezas de intercambiadores de calor.

SUBESTACIÓN: conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

TENSIÓN: la diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. También es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”.

TENSIÓN NOMINAL: valor convencional de la tensión con el cual se designa un sistema, instalación o equipo y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento, para el caso de sistemas trifásicos, se considera como tal la tensión entre fases.

TERMINAL: es el punto en que un conductor de un componente eléctrico, dispositivo o red llega a su fin y proporciona un punto de conexión de circuitos externos. El terminal puede ser simplemente el final de un cable o puede estar equipado con un conector o tornillo. En teoría de circuitos, terminal significa punto donde teóricamente se pueden hacer conexiones a una red. No se refiere necesariamente a ningún objeto físico real.

THHN: Significa Thermoplastic High Heat-resistant Nylon-coated o Cable recubierto de Nylon termoplástico de alta resistencia al calor. Es adecuado para lugares secos y húmedos y tiene el mismo uso del cable tipo THWN. Muchos conductores son clasificados como THWN y THHN y son adecuados para su uso en sitios secos con temperaturas de hasta 90 °C o húmedos con temperaturas de hasta 75 °C.

TIERRA: para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. El término “masa” sólo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos y los carros.

TRANSFORMADOR: es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

TRIPOLAR: 3 conductores. Es unifase (marrón o negro), un neutro (azul) y tierra (verde y amarillo).

UNIPOLAR: Un solo conductor, un solo polo o un solo electrodo.

UNIVERSALES: Se usan para unir dos tramos de tubería IMC, en aplicaciones en las que no puede girar la tubería, además su diseño permite fácil instalación ahorrando mano de obra en comparación con los otros accesorios tradicionales.

VIDA ÚTIL: tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue concebido.

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en el desarrollo e implementación de un sistema eléctrico para llenado y vaciado de un silo, para una empresa almacenadora de granos.

Inicialmente se estudiaron las diferentes formas de llenado de un silo cilíndrico, teniendo en cuenta todas las variables que afectan los materiales granulados para así no alterar su estado físico en el proceso y las condiciones del entorno, seguidamente se expone el sistema elegido con sus cálculos teóricos.

Posteriormente, se explica cada una de las fases involucradas en el desarrollo del proyecto y sus cálculos teóricos.

En el capítulo 1, el planteamiento del problema se basa en la necesidad que tiene la empresa de implementar este sistema con el fin de mantener la integridad física del grano en la fases anteriores y posteriores al almacenamiento en el silo 5, de la Empresa Operador Portuario (en adelante *OPP)*, teniendo en cuenta que el llenado del silo es una de las pocas operaciones agrícolas con tantas oportunidades para que ocurran accidentes[1].

En el capítulo 2, se justifica el desarrollo e implementación del sistema, conservando la estructura física del silo.

En el capítulo 3, se plantea el objetivo que es “Desarrollar un sistema eléctrico para llenado y vaciado de silos de almacenamiento de granos, procedentes de importación de la empresa Operador Portuario (OPP) de Buenaventura, Valle del Cauca” y los objetivos específicos, con los cuales se alcanzará el objetivo general.

En el capítulo 4, se presenta el marco teórico del proyecto, en este se habla de la importancia de la conservación de alimentos, formas de almacenamiento utilizadas y como emplearlas, tipos de controladores eléctricos y las normatividades eléctricas con las que se debe cumplir.

En el capítulo 5, se describe el tipo de investigación y la metodología con la que se desarrolló el proyecto.

Finalmente, en el capítulo 6, se muestra el desarrollo del proyecto, desde el estado inicial de la obra, implementos y materiales utilizados, mostrando las actividades en un cuadro hasta llegar al final de la obra, planos eléctricos, descripción del funcionamiento del sistema, inversión y cronograma.

[1] MURPHY, Dennis. Seguridad en el llenado del silo [en línea]. <http://extension.psu.edu/business/ag-safety/espanol/hojas-de-dator-follestos/seguridad-en-el llenado-del-silo> [Citado en 01 de agosto del 2017].

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento de granos surge de la necesidad de conservar los alimentos para poder consumir en todas las épocas del año, sin importar que no haya producción en esa temporada, ya que consumir alimentos en mal estado puede ocasionar desde dolores estomacales hasta infecciones graves, enfermedades y, en casos extremos, incluso la muerte[2].

La intoxicación por el mal estado de los alimentos es una problemática vigente principalmente en países subdesarrollados, siendo Colombia uno de los afectados, una prueba de esto es que en tan solo cinco meses, comprendidos entre Marzo y Julio del 2017, se intoxicaron al menos 202 personas (50 estudiantes en colegio de barranquilla entre los 7 a los 12 años[3], 31 internas de la cárcel de San Diego Cartagena[4], 25 detenidos en la estación de policía la Candelaria de Medellín[5], más de 96 alumnos de la institución educativa Padre Manyanet[6]), lo que genera una gran preocupación en temas de salubridad.

Este proyecto, además de generar nuevos aportes en materia de desarrollo, procuró ser parte de la solución a una problemática que, como se ha dicho antes, pone en riesgo la salud y la vida de los habitantes del país y, además, la productividad y competitividad de las empresas colombianas.

En el primer trimestre del año 2016, los puertos marítimos colombianos, incluyendo operadores y sociedades portuarias del sector público y privado, transportaron más de 46.9 millones de toneladas; según el boletín estadístico de tráfico portuario en Colombia en el año 2016, consolidado por la Superintendencia de Puertos y Transporte, la zona portuaria de Buenaventura movilizó 1.4 millones de toneladas de carga a granel diferente del carbón, siendo esta cantidad un 45% del total movilizado en este tipo de carga.[7]

---

[2] FUENTE SALUDABLE. Daños que puede causar ingerir alimentos en mal estado [en línea]. <http://www.fuentesaludable.com/que-danos-puede-causar-ingerir-alimentos-en-mal-estado/> [Citado en 01 de agosto del 2017].

[3] EL UNIVERSAL. 50 estudiantes intoxicados por ingerir alimentos en colegio de Barranquilla [en línea]. <http://www.eluniversal.com.co/regional/atlantico/50-estudiantes-intoxicados-por-ingerir-alimentos-en-colegio-de-barranquilla> [Citado en 01 de agosto del 2017].

[4] EL UNIVERSAL. Se intoxicaron 31 internas de la cárcel de San Diego [en línea]. <http://www.eluniversal.com.co/sucesos/se-intoxicaron-31-internas-de-la-carcel-de-san-diego-250520> [Citado en 01 de agosto del 2017]

[5] EL TIEMPO. Personal médico atendió intoxicación de 25 detenidos en estación de policía de Medellín. [en línea]. <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/personal-medico-atendio-intoxicacion-de-25-detenidos-en-estacion-de-policia-de-medellin-105740> [Citado en 01 de agosto del 2017].

[6] EL TIEMPO. Atienden a más de 96 personas en Medellín por posible intoxicación [en línea]. <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/atienden-a-mas-de-96-personas-en-medellin-por-posible-intoxicacion-89698> [Citado en 01 de agosto del 2017].

[7]SUPERINTENDENCIA DE PUERTOS Y TRANSPORTE, MINISTERIO DE TRANSPORTE. Boletín estadístico, tráfico portuario en Colombia, primer trimestre del 2016 [en línea]. <http://www.supertransporte.gov.co/documentos/2016/Julio/Puertos_11/2016-0627_Boletin%20 Puertos%202016_PrimTrim_V4_123.pdf> [Citado el 01 de agosto del 2017]

En los principales productos importados se encuentran el maíz, la soya y el trigo, los tres suman 710.948 toneladas transportadas por toda la zona portuaria, de las cuales 112.445 toneladas fueron transportadas por el grupo portuario.

De acuerdo con la Sociedad de Agricultores de Colombia, SAC (2017), el país paga anualmente alrededor de US$ 6000 millones para traer productos básicos y procesados[8]. Posteriormente, las empresas realizan su respectivo almacenamiento y transporte, procurando conservar la calidad de los productos de manera óptima, incidiendo positivamente en la salud de los consumidores y de la misma manera en la economía de las empresas colombianas.

Dichas empresas están en constante búsqueda de maneras más eficientes de realizar sus labores, entre las soluciones que se plantean, se encuentra la posibilidad de formar asociaciones que permitan ampliar el portafolio de servicios de las diferentes marcas; Grupo ventura es una asociación de cinco empresas enfocadas en ofrecer un servicio integral en los diferentes segmentos de la cadena logística, Grupo Portuario y OPP Gráneles hacen parte de este grupo empresarial. Una de las labores de grupo portuario es el transporte de granos, mientras que OPP realiza el almacenamiento de ellos, ambas empresas operan en el Terminal Marítimo de Buenaventura. [9]

Como consecuencia de las necesidad mencionada anteriormente, de buscar soluciones para hacer más eficientes los procesos llevados a cabo por estas empresas especializadas en el transporte y almacenamiento de granos, se planteó la implementación de un diseño eléctrico para el llenado y vaciado de un silo, buscando una forma práctica y eficiente de almacenar granos y tener un control físico de estos, evitando así la contaminación y el deterioro ocasionado por la inadecuada conservación de los mismos.

[8]EL PAÍS. Conozca cuales son los alimentos importantes que más consumen los colombianos. [en línea]. <http://www.elpais.com.co/economia/conozca-cuales-son-los-alimentos-importados-que-mas-consumen-los-colombianos.html> [Citado en 01 de agosto del 2017]

[9] VENTURA GROUP, OPP. Gráneles somos [en línea]. <http://www.venturagroup.com/opp/somos/> [Citado en 01 de agosto del 2017].

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los inicios de la humanidad, la alimentación era obtenida mediante la recolección de frutos, la caza y la pesca, posteriormente el ser humano se inicia en la agricultura y la ganadería, y surge la necesidad de guardar reservas para épocas de escasez; el deterioro y la pérdida de los frutos cosechados, causados por condiciones climáticas, guerras, plagas, entre otros, llevó a la búsqueda de métodos para la conservación de los alimentos.

Lo anterior es confirmado por autores como Antonio Quesada Díaz y Antonio Ortega Díaz (2011), de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. Entre sus expresiones señalan que, durante la Edad Media se presentaron intoxicaciones masivas por consumo de pan de centeno contaminado con Claviceps purpúrea, debido al inadecuado mantenimiento. Así pues, sin la conservación de los alimentos, la supervivencia del ser humano a través de los tiempos habría sido imposible.

El grano se debe cuidar en todos los procesos (cosecha, transporte, almacenamiento, entre otros); el descuido en alguno de estos puede contaminar los productos; Los comerciantes y los consumidores aceptan pagar el “precio justo” con la condición de que el producto corresponda a sus necesidades.

De acuerdo al artículo “La ingeniería en el desarrollo – Manejo y tratamiento de los granos poscosecha”, publicado por el Departamento de Agricultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la calidad de los productos depende principalmente de los siguientes factores:

- Contenido de humedad: Si es elevado implica un aumento del riesgo de pérdida de granos por la aparición de insectos y moho durante el almacenamiento. El moho altera el olor, sabor, color y además causa aparición de sustancias toxicas en los granos por lo cual ya no serían aptos para consumo humano.

- Adulteración y contaminación: son todos los cuerpos extraños encontrados en el producto (impurezas), la presencia de ellas influye negativamente en la calidad y conservación del producto.

- Infestación: La presencia de insectos puede provocar pérdida de peso, perdida de nutrientes entre otros, estos factores se pueden tener tanto en el almacenamiento como en el embalaje de los granos[10].

Las primeras formas de almacenamiento de granos, fueron los silos antiguos u hoyos excavados en el suelo, enlucidos con arcilla y quemador para su endurecimiento; sin embargo, debido a la cantidad de roedores, insectos y aves que ingresaban, se inició una

[10] DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE FAO. La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de los granos pos cosecha [en línea]. <http://www.fao.org/docrep/X5041S/X5041S00.htm> [Citado en 01 de agosto del 2017]

búsqueda de nuevas formas de almacenamiento, con el objetivo de que fueran cada vez más herméticas, hasta llegar a las actuales.

Hoy existen dos formas comunes para el almacenamiento de granos; silos en bolsa y en torre. El silo en bolsa es la opción más económica, pero tiene muchas limitaciones frente a los silos de torre, entre estas están:

- El silo en bolsa no se puede equipar con un sistema de control de temperatura por lo que no puede asegurar el mantenimiento del grano en óptimas condiciones.

- Ocupa más superficie por lo que la bolsa es de almacenamiento horizontal y no puede ir una sobre otra, mientras que los silos en torre ocupan menos almacenamiento horizontal, permitiendo que se almacene más producto en menos espacio.

- Frecuentes rupturas de la bolsa, normalmente causadas por ataques de roedores lo que puede ocasionar alto contenido de humedad, provocando el deterioro de su calidad.

- Posible contaminación del producto, mayores costos y procesos más demorados en la descarga de granos, por el contrario en el silo torre, se puede instalar un sistema.[11]

Se puede concluir que la forma de almacenamiento más adecuada es la torre, debido a que este tipo de silo facilita el ingreso y salida de granos, mayor almacenamiento y menor alteración en la calidad del producto.

También es importante mencionar que este tipo de silo, contribuye a suplir diferentes necesidades de la empresa respecto a los productos; como la alta capacidad de transporte, larga vida útil, y la baja rotura del grano.

Un llenado adecuado contribuye a la disminución de pérdidas, sobre todo en Buenaventura que es región tropical, porque las condiciones climáticas de esta ciudad aumentan los riesgos de deterioros.

Las principales funciones del embalaje son:

- Facilitar la manipulación
- Reducir perdidas de producto por robo
- Proteger el producto contra la humedad, insectos, sol entre otros.
- Reduce el costo de la mano de obra.[12]

[11] DE LA CRUZ, Juan Luis. Ventajas del silo metálico frente al silo bolsa para almacenar el grano [en línea]. <http://siloscordoba.com/es/2013/07/11/ventajas-del-silo-metalico-frente-al-silo-bolsa-para-almacenar-el-grano/> [Citado en 01 de agosto del 2017]

[12] DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE FAO. La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de los granos pos cosecha [en línea]. <http://www.fao.org/docrep/X5041S/X5041S00.htm> [Citado en 01 de agosto del 2017].

La elección del tipo de sistema para el llenado y vaciado de silo se debe realizar teniendo en cuenta su resistencia, la acción contra la humedad, el tipo de silo, la temperatura y humedad del lugar o ciudad donde se almacena, los roedores y el tipo de manipulación. Por eso cada sistema varía dependiendo de sus necesidades.

Para comprobar que el producto se encuentra bien, se elaboran pruebas de calidad al ingresar y salir de cada proceso, todos los procesos deben garantizar el cuidado del producto y, por tal razón, este proyecto tiene como finalidad desarrollar un sistema eléctrico para llenado y vaciado de silos de almacenamiento de granos, para esto se debe tener en cuenta que el silo va a ser en forma de torre y su modo de ingreso es por la parte superior, por lo que el sistema debe ser eléctrico, contener un elevador y como Buenaventura es zona tropical, se debe tener en cuenta el tipo de cable y tubería para así poder tener alta durabilidad.

Por lo tanto, se debe buscar la mejor forma para transportar el material desde el camión hasta el silo y después de definir la forma de transporte, se elaborará el diseño eléctrico para este silo. Para el control del silo se debería instalar un tablero para que los trabajadores puedan intervenir en el transporte sin necesidad de estar en cada proceso y así no tengan atrapamientos, este silo es el número cinco de la planta dos de OPP Gráneles, el cual es un operador portuario con más de 20 años de experiencia, especializado en soluciones logísticas en cargue, descargue mecanizado, almacenamiento y ensaque de granel sólido[9]. La empresa está comprometida con el control de calidad total y se encuentra ubicada en sociedad portuaria hace parte del grupo Ventura en Buenaventura Valle del cauca.

Este proyecto tiene como finalidad desarrollar un sistema eléctrico para llenado y vaciado de un silo de almacenamiento de granos procedentes de importación, en la empresa operador portuario (OPP) de la ciudad de Buenaventura, entendiéndose como una organización que brinda soluciones para la conservación y mantenimientos de granos.

2. JUSTIFICACIÓN

Según un reporte de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) de 1993, el 25% de los cereales alimenticios pos-cosecha se pierde en los países en desarrollo a causa de manipulación inadecuada, deterioro y plagas[13], además del daño o desgaste del producto, en todos los lugares donde se carga y descarga material se libera polvo, el cual resulta dañino para el trabajador; otro aspecto importante es el elevado riesgo de atrapamiento o de explosión, por lo cual se recomienda operar desde un lugar distante al sitio de llenado[14].

En cuanto a las funciones cumplidas por cada empresa dentro del proceso de logística llevado a cabo por el grupo Ventura, a OPP le corresponde, principalmente, el almacenamiento de los granos. Para verificar que el grano se encuentre en buen estado después del transporte, se realiza un análisis de una muestra inmediatamente después de ingresar, de este modo se verifica que es viable su almacenamiento y, de ser así, se procede a movilizarlo de la motonave a un camión, y del camión al sistema de transporte del silo, en el cual se debe almacenar el producto sin alterarlo y generando el menor desperdicio posible.

Así, un sistema eléctrico para el llenado y vaciado de granos de un silo es de gran importancia para los diversos procesos de calidad, productividad y competitividad para la empresa OPP, porque optimiza los procesos en gran medida, haciendo que el sistema sea más eficiente y que se desgaste menos el material a almacenar, porque disminuye la ruptura del grano, el ingreso de roedores y la probabilidad de contaminación, además permite que solo una persona se haga cargo de operar el ingreso, y esto se traduce en un ahorro a largo plazo, de igual manera garantiza el control de calidad, siendo esto una medida necesaria para la contratación con sus clientes externos, entre los cuales se encuentran Contegral, Solla, Monómeros, Yara, Ingredion.[15]

Por lo anterior, este proyecto buscó desarrollar e implementar un sistema eléctrico de llenado y vaciado de un silo de almacenamiento de granos procedentes de importación que, además de la seguridad que brinda a sus clientes y comunidades, favorecerá al *GOOD WILL* de OPP, lo que podrá hacerle más reconocida en el mercado y por ende más competitiva y productiva.

Después de un importante análisis de las formas de almacenamiento utilizadas por la empresa, se realizó un diagnóstico de los sistemas eléctricos utilizados en silos de almacenamiento de granos en OPP, a partir de eso se pudo notar las falencias existentes, en este análisis solo se tuvieron en cuenta los 9 sistemas eléctricos de los silos existentes de la planta 2, encontrando falla en dos de ellos.

---

[13] BOLÍVAR, Mario. Manejo de granos en almacenamiento, causas de deterioro y prevención [en línea]. <http://www.bioline.org.br/pdf?la07050> [Citado en 01 de agosto del 2017]

[14] SCHRAGE. Carga y descarga del material a granel [en línea]. <http://www.schrage.de/es/know-how/tecnologia-aplicada/carga-de-material-a-granel.html> [Citado en 01 de agosto del 2017]

[15] OPP GRÁNELES. Nuestros clientes [en línea]. <http://www.oppgraneles.com/zona-clientes> [Citado en 01 de agosto del 2017].

En el silo 7 se evidenció un desequilibrio de tensión en el tablero, esto generó una inestabilidad de corriente en el motor, elevando por encima de los límites la temperatura de trabajo de las bobinas del motor y los conductores, este defecto se pudo corregir a tiempo, a diferencia de lo sucedido en el silo 3; en este se produjo un cortocircuito porque el tablero contaba con varios puntos calientes, uno de los cuales se encontraba en una fase de uno de los motores, ocasionando pérdida de fase y calentamiento excesivo y, debido a que el personal no se percató a tiempo, se produjo un daño grave en el embobinado del motor, como se evidencia en la figura 1.

Figura 1. Daño en embobinado de un motor en el silo 3

Fuente: Autor

Después de esto se procedió a verificar los motores con los que contaba OPP, para comprobar que cumplieran con las necesidades del silo y, una vez confirmado, se diseñó el sistema eléctrico de acuerdo a las especificaciones del silo5.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Desarrollar un sistema eléctrico para llenado y vaciado de silos de almacenamiento de granos procedentes de importación de la empresa Operador Portuario (OPP) de Buenaventura, Valle del Cauca.

3.2. Específicos

- Realizar un diagnóstico de los sistemas eléctricos utilizados en silos de almacenamiento de granos en OPP.
- Diseñar el sistema eléctrico seleccionado de acuerdo a las especificaciones del silo 5 de OPP.
- Implementar el sistema eléctrico seleccionado de acuerdo a las especificaciones del silo 5 de OPP.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Estado del arte

A continuación se presentan los resúmenes de dos trabajos de investigación relacionados con el almacenamiento de granos.

NOMBRE: Seminario de trabajo de investigación: diseño de un sistema para la planta de almacenamiento de granos básicos para los sistemas de pesaje, almacenamiento y control de inventarios en EX–IRA San Martín.

AUTORES: EVA ELIZABETH GARAY LEIVA Y MIKEL SMELYN PORTILLO AYALA

RESUMEN:

> En la presente tesis se realiza una propuesta para el diseño de un sistema de control para la planta de almacenamiento de granos básicos EX-IRA, Ubicada en el municipio de San Martin, departamento de San Salvador.
>
> El diseño se basa para los sistemas de pesaje, almacenamiento y control de inventarios únicamente para los granos de maíz y arroz. En este documento se establece el diagrama de flujo de los granos para su almacenamiento desde el ingreso a la planta de los mismo hasta su despacho, se describe el mecanismo de monitoreo y control continuo de los silos para asegurar la buena conservación de los granos.
>
> Se determina para esta propuesta de diseño su viabilidad financiera para diagnosticar su rentabilidad, este análisis se realiza tomando en cuenta dos posibles opciones, tener una fuente inversionista y sin ella. Al mismo tiempo se elabora una evaluación de impacto social y ambiental en las etapas de implementación de este proyecto.
>
> Finalmente se estudiaron consideraciones generales, como los riesgos que el proyecto pudieses tener desde su etapa de diseño hasta la finalización de la etapa de implementación del mismo y establecer un cronograma de actividades para garantizar la optimización del tiempo[16].

[16] GARAY LEIVA EVA ELIZABETH & PORTILLO AYALA MIKEL SMELYN. Seminario de trabajo de investigación: Diseño de un sistema para la planta de almacenamiento de granos básicos para los sistemas de pesaje, almacenamiento y control de inventarios en ex-ira San Martin. Antiguo Cuscatlán (El Salvador), 2016, 194 pág. Trabajo de grado (Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones). Universidad Dr. José Matías Delgado. Facultad de Ingeniería. Disponible en el catálogo en línea de la Universidad Dr. José Matías Delgado: <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/05/INI/0002281-ADTESGD.pdf>

NOMBRE: Estudio de un sistema dosificador de granos en la tolva de un molino de piedra para optimizar el proceso de molienda de cebada y maíz.

AUTOR: JUAN CARLOS CHADÁN YANCHAPANTA

RESUMEN:

Partiendo de la necesidad de facilitar la operación del molino de piedra ubicada en la parroquia de Quisapincha se realizó el estudio del problema que tenía dicha máquina; con la observación se pudo sacar varias conclusiones del cual se optó por una de ellas, como es la implementación de un mecanismo automático de dosificación de granos en la tolva del molino.

Se realizó el diseño del mecanismo que se implementó, como son los cálculos y los planos, para luego proceder a la construcción del implemento de dosificado de granos.

El implemento consiste en un sistema de control que facilita la operación de la máquina, tal implementación consta de un PLC FlexiLogics, el cual consta de ocho entradas un común también ocho salidas con dos comunes, este controla al motor del molino y al motor que ayuda a la apertura y cierre de la compuerta, esto por medio de dispositivos eléctricos como son relés, rectificadores, estabilizadores y dos transformadores veinte y cuatro voltios, uno a un amperio el cual alimenta a los circuitos y al PLC, el otro a tres Amperios el cual activa al contactor. Con la implementación automática de dosificación de granos, se facilitó la operación ya que con solo oprimir un pulsador la máquina se enciende y se regula al producto que se desea procesar[17].

[17] CHADÁN, Juan. Estudio de un sistema dosificador de granos en la tolva de un molino de piedra para optimizar el proceso de molienda de cebada y maíz. Ambato (Ecuador), 2011, 150 pág. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería. Disponible en el catálogo en línea de la Universidad Técnica de Ambato: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1357>

4.2. Marco teórico

4.2.1. Electricidad

La electricidad es la propiedad física de la materia que consiste en la interacción producida entre protones y electrones. La palabra “electricidad” tiene su origen etimológico en el griego que significa “ámbar”; los griegos lo llamaron de este modo por el color versátil y luminoso que presentaba, pero fue el científico inglés William Gilbert quien introdujo oficialmente el termino en la sociedad científica en el siglo XVI, refiriéndose al fenómeno de interacción de energía entre partículas. [18]

4.2.2. Dispositivos de mando

Los elementos de mando son componentes que permiten al operario ordenar la ejecución de operaciones diversas, tales como el arranque, la parada, etc., de diferentes máquinas eléctricas, como por ejemplo los motores.

Aunque los dispositivos de mando son variados y de diferente naturaleza, actualmente podemos dividirlos en dos grandes grupos, elementos de mando manuales y automáticos[19], en este caso nos centraremos en los de mando manual que se utilizaron en la obra.

4.2.2.1. Elementos de mando manuales.

Dispositivos los cuales activan manualmente un proceso de automatismo eléctrico, se accionan para conectar, desconectar en general gobernar instalaciones eléctricas.

Los más importantes son: interruptores, pulsadores, conmutadores y selectores.

- <u>Pulsadores</u>

Es un dispositivo que conecta y desconecta por presión, el contacto posee una posición estable. Al pulsarlo cambia de posición, y al dejar de pulsarlo, retorna a su posición primitiva.

Los pulsadores se clasifican según la naturaleza de su contacto en posición de no pulsados, las cuales son:

---

[18] CONCEPTODEFINICION.DE. Definición de electricidad [en línea]. <http://conceptodefinicion.de/electricidad/> [Citado el 06 de Octubre del 2017]

[19] SARMIENTO, Martín. Automatismos cableados: Aparatos de maniobra manual [en línea]. <https://todoclase.files.wordpress.com/2011/11/2-aparatos-de-maniobra-manual.pdf >[Citado en 06 de Octubre del 2017]

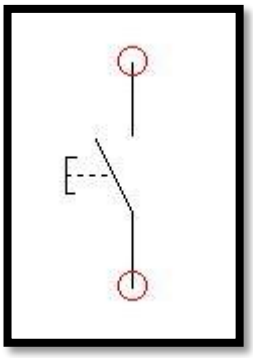
Pulsador normalmente abierto (NA).

Cuando se pulsa se realiza la conexión interna de sus dos terminales. Su condición sin pulsar es abierta (es decir, sin conexión eléctrica entre ellos) véase en la figura 3, y se utilizan generalmente para la puesta en marcha o el arranque de máquinas e instalaciones eléctricas. Los contactos no suelen ser verdes como se ve en la figura 2.

Figura 2. Pulsador normalmente abierto

Fuente: CETRONIC. Pulsadores [en línea] <www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/Catalogo.jsp?idIdioma=&idTienda=93&cPath=1177> [citado en 13 de marzo de 2018]

Figura 3. Símbolo pulsador normalmente abierto



Fuente: SIMBOLOGIA ELECTRONICA. Símbolos de interruptores, pulsadores [en línea] <www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-interruptores-electricos.htm> [citado en 13 de marzo de 2018]

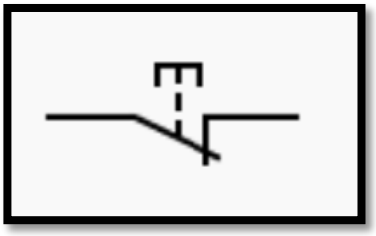
Pulsador normalmente cerrado (NC).

Cuando se pulsa se realiza la desconexión de sus dos terminales. En reposo los contactos estarán cerrados (con conexión eléctrica entre ellos) véase en la figura 5. Se utilizan generalmente para el paro de máquinas e instalaciones eléctricas, como se utiliza para parar su color distintivo es el rojo como esta en la figura 4.

Figura 4. Pulsador normalmente cerrado

Fuente: CETRONIC. Pulsadores [en línea] <www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/Catalogo.jsp?idIdioma=&idTienda=93&cPath=1177> [citado en 13 de marzo de 2018]

Figura 5. Símbolo pulsador normalmente cerrado

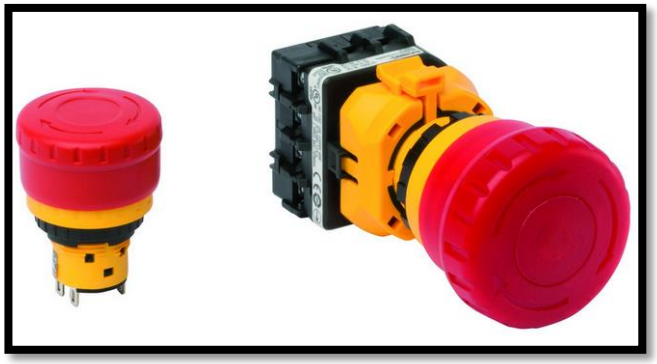


Fuente: SIMBOLOGIA ELECTRONICA. Símbolos de interruptores, pulsadores [en línea] <www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-interruptores-electricos.htm> [citado en 13 de marzo de 2018]

Pulsador de paro de emergencia

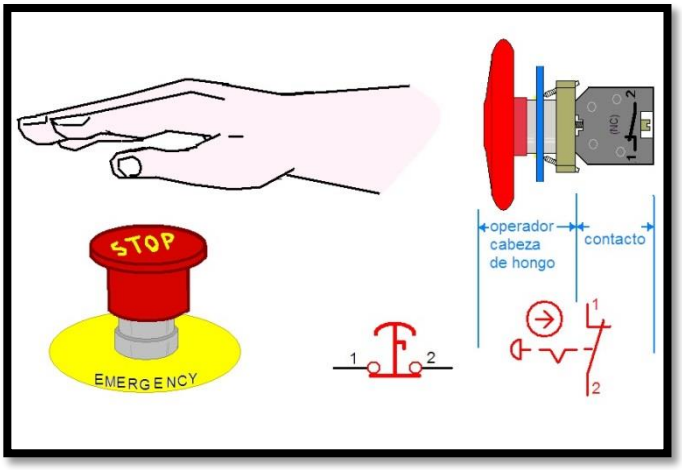
Un tipo de pulsador muy utilizado en la industria es el llamado pulsador de paro de emergencia véase figura 6, sirve para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, evitar daños en la máquina o en trabajos en curso, se activa con una sola maniobra de una persona véase figura 7 y es utilizada como medida de seguridad ya que permite la parada inmediata de la instalación eléctrica.

Figura 6. Dispositivo paro de emergencia



Fuente: EUCHNER DEUTSCHLAND. Dispositivo de parada de emergencia [en línea] <www.euchner.de/es-es/Productos/Dispositivos-de-parada-de-emergencia/Dispositivo-de-parada-de-emergencia-ES> [citado en 13 de marzo de 2018]

Figura 7. Simbología botón paro de emergencia



Fuente: COPAROMAN. Botón de paro de emergencia [en línea] <coparoman.blogspot.com.co/2015/08/boton-de-paro-de-emergencia.html> [citado en 13 de marzo de 2018]

4.2.3. Motor eléctrico

Aparato que permite la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, esto se logra mediante la rotación de un campo magnético alrededor de unas espiras o bobinado[20].

4.2.3.1. Comportamiento de un motor trifásico

El funcionamiento de un motor asíncrono de inducción se basa en la acción del flujo giratorio generado en el circuito estatórico sobre las corrientes inducidas por dicho flujo en el circuito

[20] GLOSARIO SENER ELECTRICIDAD. Glosario de términos de electricidad [en línea]. <http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_elec_es.pdf> [Citado en 23 de agosto del 2017]

del rotor. El flujo giratorio creado por el bobinado estatórico corta los conductores del rotor, por lo que se generan fuerzas electromotrices inducidas. Suponiendo cerrado el bobinado rotórico, es de entender que sus conductores serán recorridos por corrientes eléctricas. La acción mutua del flujo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor originan fuerzas electrodinámicas sobre los propios conductores que arrastran al rotor haciéndolo girar (Ley de Lenz).

La velocidad de rotación del rotor en los motores asíncronos de inducción es siempre inferior a la velocidad de sincronismo (velocidad del flujo giratorio). Para que se genere una fuerza electromotriz en los conductores del rotor ha de existir un movimiento relativo entre los conductores y el flujo giratorio. A la diferencia entre la velocidad del flujo giratorio y del rotor se le llama deslizamiento[21].

La velocidad de estos motores, según el principio de funcionamiento y la frecuencia industrial, tiene que ser una velocidad fija, algo menor que la de sincronismo. Gracias a los avances en la electrónica de potencia, actualmente se fabrican arrancadores estáticos que pueden regular la velocidad de estos motores actuando sobre la frecuencia de la alimentación del motor, es decir, convierten la frecuencia industrial de la red en una distinta que se aplica al motor. De ahí que reciban el nombre de convertidores de frecuencia, pudiendo regular la velocidad, amortiguar el arranque e incluso el frenado.

4.2.3.2. Alimentación de un motor trifásico

Los motores trifásicos son motores en los que el bobinado inductor colocado en el estator está formado por tres bobinados independientes desplazados 120° eléctricos entre si y alimentador por un sistema trifásico de corriente alterna**¡Error! Marcador no definido.**. Los odemos encontrar de dos tipos: de rotor bobinado y de rotor en corto circuito (jaula de ardilla).

4.2.4. Silo

Es un elemento de almacenamiento estático donde se depositan mercancías a granel, como arroz o trigo, o bien materiales de construcción, como cemento o yeso. Estos tienen un orificio de entrada, que se encuentra en la parte superior del silo y el orificio de salida, que se encuentra en la parte baja [22].

Existen varios tipos de silos:

- Según las unidades de almacenamiento. Pueden ser: simples y múltiples. Los primeros están constituidos por una unidad para almacenar, y los múltiples están formados por varias unidades para almacenar.

---

[21] MCGRAW-HILL. Motores eléctricos [en línea]. <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf> [Citado en 23 de agosto del 2017]

[22] MCGRAW-HILL. Distribución interna de productos [en línea]. <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448146980.pdf> [Citado en 23 de agosto del 2017]

- Según la forma. Pueden ser: cilíndricos y poligonales.
- Según el material de que están construidos. Son los metálicos, de obra y de otros materiales, como el poliéster.

4.2.4.1. Silo metálico vertical

Son silos de almacenamiento de montaje vertical, aplicables para necesidades de gran capacidad. Su geometría puede ser circular u ortogonal, en función del material a almacenar, así como los materiales de fabricación[23].

En la parte inferior del silo, para materiales de difícil extracción se realizan cono de paredes en flujo másico, verticales e incluso divergentes. Para este tipo de geometrías, es necesaria la instalación de equipos especiales de extracción debido a las grandes cargas aplicadas a éstos. En función de cada tipo de aplicación, se instalará el equipo apropiado.

Aplicaciones

- Almacenamiento de materiales granulosos o pulverulentos como materias primas de un proceso o producto acabado.
- Almacenamiento de materiales pegajosos con altos grados de humedad.
- Almacenamiento de materiales abrasivos, tales como clínker o vidrio triturado.

Características generales: Fabricados en aceros al carbono, inoxidables u otro material antidesgaste en función del material a almacenar.

En función de su tamaño, pueden ser suministrados de una sola pieza, o en virolas para poder ser autotransportados en contenedores de 40 pies o por carretera.

Accesorios:

- Extractores rotativos de tornillo sinfín.
- Extractores / dosificadores metálicos o de banda.
- Cierres de barras o tajadera.
- Sinfín removedor.
- Fondos vibrados.
- Filtro de mangas.
- Válvula de seguridad de presión / depresión.
- Niveles de llenado.
- Pesaje para medición de nivel.
- Cargas de transporte neumático.
- Bocas de hombre.
- Paneles de explosión.

---

[23] VIDMAR. Almacenaje y transporte, Silos Verticales y Horizontales [en línea]. <https://vidmargroup.com/productos-servicios/almacenaje-transporte-materiales/silos-verticales-y-horizontales/> [Citado en 23 de agosto del 2017]

4.2.4.2. Estrategias de llenado de un silo metálico vertical

Sistema de llenado mecánico: en el cual el producto es introducido mediante elementos mecánicos como son elevadores de cangilones y roscas o cintas trasportadoras. El llenado produce en el silo el efecto de montón y si el caudal es muy importante, la caída del producto puede apelmazar la materia que ya se encuentra en el silo o en caso de granulometrías diferentes puede producirse importantes desmezcles durante el vaciado[24].

Sistema de llenado neumático: el llenado del silo produce mediante una corriente de aire, por lo que el sólido entra mezclado con el aire y se produce una semifluidificación por lo que la presión lateral y vertical aumentan de forma importante, según se ha podido comprobar Piepper en ensayos realizados en laboratorio. A medida que el tiempo trascurre el aire se va desprendiendo y la presión empieza a disminuir.

4.2.5. Elementos accionadores

Un accionador o actuador es el elemento final de control que actúa sobre la variable o elemento final del proceso en respuesta a la señal de mando que recibe, su función es realizar la participación física de la tarea de dos formas[25]:

- Ejecutando o haciendo ejecutar un efecto físico (movimiento)
- Enviando la energía eléctrica hacia un transductor que intervendrá en una transformación física o química.

4.2.5.1. Clasificación de actuadores

Los actuadores se pueden de acuerdo a varias características, a continuación se describen las dos formas más comunes de clasificarlos.

- <u>Según la magnitud controlada</u>:

  - Eléctricos: Los motores eléctricos son, actualmente, los más utilizados, debido a que la energía que consumen se puede obtener de forma sencilla y económica, presentan unas buenas prestaciones de par y velocidad, son pequeños y su regulación es fácil.
  - Neumáticos: Son los movidos por aire comprimido. El aire se comprime en un compresor y se envía a pistones o cilindros de distintos tipos.

---

[24] RAVENET, Juan. Silos para almacenamiento de cemento [en línea]. <imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Silos/4%20Silos%20para%20almecenamiento%20de%20cemento.pdf> [Citado en 23 de agosto del 2017]

[25] CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL. Accionadores y Preaccionadores [en línea]. <http://ceiisa.blogspot.com.co/2015/01/accionadores-y-preaccionadores.html> [Citado en 23 de agosto del 2017]

- Hidráulicos: Son los movidos por fluido incomprensible, que permite una mayor capacidad de esfuerzos y una más fácil regulación.

- Según el tipo de señal de entrada:

  - Todo / Nada
  - Digital
  - Analógico

Accionadores eléctricos

Los accionadores eléctricos transforman energía eléctrica en mecánica. Son el tipo de accionamiento mayormente usado[26], a continuación se mencionan los actuadores eléctricos más comunes.

- Motores

Los motores transforman la energía eléctrica en mecánica de rotación. Se emplean en electrodomésticos, también en equipos electrónicos como: equipos de música, ordenadores, vídeos, etc. Por último, también se usan en máquinas industriales como tornos, fresadores, robots, manipuladores, etc.

- Motores de corriente continúa a los que se les puede incorporar una reducción mecánica, aunque su principal inconveniente es que, aunque su giro es estable, debido a su inercia no se les puede exigir que su movimiento tenga una gran precisión sobre todo al pararse.
- Motores paso a paso se emplean cuando la precisión en el movimiento es fundamental, ya que, al estar formados por varios bobinados, se puede hacer que su movimiento sea escalonado. De este modo, se irán activando y desactivando bobinas, haciendo que el rotor gire de una forma controlada, pudiendo incluso activarlas o desactivarlas el número de veces que sea preciso.

- Relés

El relé es un dispositivo de conmutación. Una de las principales ventajas de un relé sobre un simple interruptor es que permite operaciones remotas. Un relé al que se acciona con una baja tensión y baja corriente puede controlar un circuito de alto voltaje o elevada corriente.

El relé realiza también las funciones de un amplificador de potencia, pues, con una acción muy pequeña, que consiste simplemente en permitir el paso de una pequeña corriente,

[26] ITE EDUCACIÓN. Tipos de actuadores eléctricos [en línea]. <http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/47/cd/mod2/2d_2.htm> [Citado en 23 de agosto del 2017]

produce a su vez una acción superior, al activar el electroimán que mueve el interruptor de control de una gran corriente o tensión. Es decir, con una pequeña potencia, podemos controlar el funcionamiento de una gran potencia. Por supuesto que el relé no aporta energía. La energía la aporta la fuente de alimentación controlada por el relé. Pero éste es el caso general de la mayoría de amplificadores. La gran potencia la aporta un elemento exterior que es la fuente de alimentación.
Los relés se emplean para controlar potencias altas con señales débiles, por lo que se puede considerar como un actuador; pero el relé es algo más que un actuador: se puede emplear como: elemento de enclavamiento, elemento de memoria, inversor, o para relacionar varias señales eléctricas.

Características generales:

- Los terminales de entrada y de salida permanecen aislados.
- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida, lo que les hace adecuados para trabajo en el aula.

Para los relés de estado sólido tienen además las siguientes características:

- Larga vida útil por la posibilidad de realzar un elevado número de conmutaciones.
- Conexión en el paso de tensión por cero, desconexión en el paso de intensidad por cero.
- Ausencia de ruido mecánico de conmutación, lo que no es posible en los electromecánicos.
- Trabajo con potencias bajas, compatible con niveles TTL y MOS.
- Frente a los electromecánicos son insensibles a las sacudidas y a los golpes.
- Cerrado al exterior por un recubrimiento plástico.

Los relés pueden ser electromecánicos, estos a su vez se dividen en los cuatro tipos mencionados:

- Tipo armadura: básicamente se trata de un interruptor que está accionado por una corriente eléctrica que produce un campo magnético.
- De núcleo móvil. Éstos tienen un émbolo en lugar de la armadura anterior. Se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos, debido a su mayor fuerza atractiva (por ello es útil para manejar altas corrientes).
- De tipo Reed. Formados por una ampolla de vidrio, en cuyo interior están situados los contactos (pueden ser múltiples), y van montados sobre delgadas láminas metálicas; los contactos se cierran por medio de la excitación de una bobina, que está situada alrededor de dicha ampolla.
- Polarizados. Llevan una pequeña armadura, unida a un imán permanente. La otra parte puede girar dentro de los polos de un electroimán y el otro lleva una cabeza de contacto. Si se excita al electroimán, se mueve la armadura y cierra los contactos. Si la polaridad es la opuesta girará en sentido contrario, abriendo los contactos o cerrando otro u otros circuitos.

También existen relés de estado sólido, cuyo circuito de entrada o de control puede ser activado mediante corriente continua o corriente alterna.

- Por Corriente Continua, teniendo el circuito de entrada un LED o fotodiodo, solo o con una resistencia en serie. También puede tener un diodo en antiparalelo para evitar la inversión de la polaridad por accidente.
- Por Corriente Alterna, suele ser como el caso anterior, incorporando además un puente rectificador integrado y una fuente de corriente continua para polarizar el diodo LED.

4.2.6. Trasportador de cangilones

Son máquinas de transporte continuo que se emplean para la manipulación de materiales a granel como talcos granulados y en pedazos pequeños por una traza vertical o inclinada (más de 60 grados sobre la horizontal, sin que se produzcan paradas entre la carga y descarga del material transportado[27].

Los transportadores o elevadores de cangilones están compuestos por un órgano de tracción que puede ser de banda o cadenas, en el cual se fijan los cangilones. Todo el conjunto se moverá alrededor de la tambora motriz y de atezado, colocadas en el extremo superior e inferior respectivamente. En el caso de emplearse cadenas como lo órgano de tracción, en lugar de tamboras se emplearán catalinas. Todo lo anterior va encerrado una armadura metálica compuesto de tres partes: superior, intermedia e inferior. En la parte superior se coloca el sistema propulsor compuesto por reductor, el freno y el motor eléctrico; en la parte inferior se sitúa el sistema de atezado.

Estos se construyen estacionarios e inmóviles. En ocasiones, además de elevar la carga, garantizan un determinado proceso tecnológico, por ejemplo, la extracción del material sumergido en el fluido separando de él. Solamente pueden transportar la carga desde un punto inferior hasta el final del elevador sin entradas o salida de este entre puntos intermedios.

4.2.7. Tubos Conduit

El tubo Conduit es usado para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones y pueden ser de varios tipos[28]:

4.2.7.1. Tubo flexible

Frecuentemente atribuyese este término al Poliducto comercial, sin embargo, también el termino flexible es aplicable industrialmente a corazas plásticas y metálicas.

---

[27] ECURED. Transportador de cangilones [en línea]. <https://www.ecured.cu/Transportador_de_cangilones> [Citado el 23 de agosto del 2017]

[28] GARCÍA, Sergio. Guía N° 5: Canalización [en línea]. <https://es.scribd.com/document/348856825/Guia-5-PDF-Conduit > [Citado 29 de Agosto del 2017]

4.2.7.2. Tubo rígido

Puede ser conduit de acero galvanizado o conduit de aluminio de secciones normalizadas (circuitos industriales).

Estos tubos conduit se encuentran en el mercado ya sea en forma galvanizada o bien con recubrimiento negro esmaltado, normalmente en tramos de 3.05 metros de longitud con rosca en ambos extremos. Se usan como conectores para este tipo de tubo los llamados coples, niples (corto y largo), así como niples cerrados o de rosca corrida. El tipo de herramienta que se usa para trabajar en los tubos conduit de pared gruesa es el mismo que se utiliza para tuberías de agua en trabajos de plomería.

Estos tubos se fabrican en secciones circulares con diámetros que van desde los 13 mm (0.5 pulgadas) hasta 152.4 mm (6 pulgadas). La superficie interior de estos tubos como en cualquiera de los otros tipos debe ser liza para evitar daños al aislamiento o a la cubierta de los conductores. Los extremos se deben limar para evitar bordes cortantes que dañen a los conductores durante el alambrado.

Los tubos rígidos de pared gruesa del tipo pesado y semipesado pueden emplearse en instalaciones visibles u ocultas, ya sea embebido en concreto o embutido en mampostería, en cualquier tipo de edificios y bajo cualquier condición atmosférica. También se pueden usar directamente enterrados, recubiertos externamente para satisfacer condiciones más severas.

En los casos en que sea necesario realizar el doblado del tubo metálico rígido, éste debe hacerse con la herramienta apropiada para evitar que se produzcan grietas en su parte interna y no se reduzca su diámetro interno en forma apreciable.

4.2.7.3. Tubo pvc

Diseñado originalmente para uso hidráulico, pronto los ingenieros electricistas reconocieron en estas importantes ventajas: bajo coeficiente de rozamiento interno durante el cableado, costo relativamente bajo, peso liviano.

El tubo rígido de PVC no debe ser usado en las siguientes condiciones:

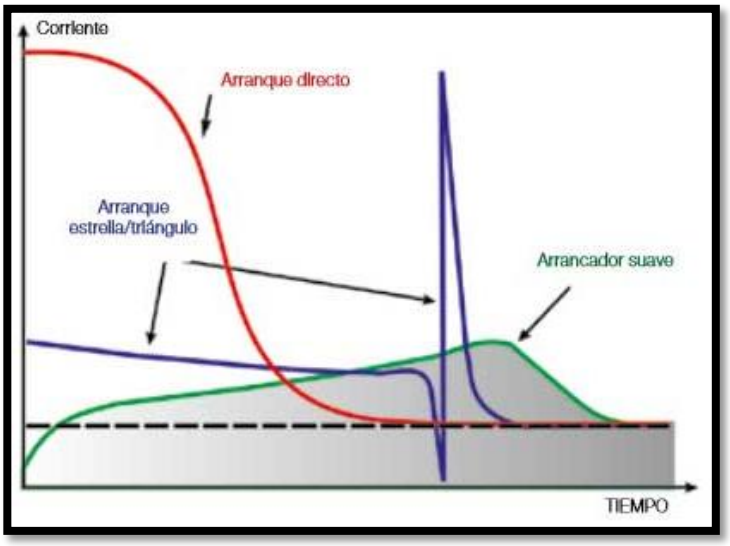
- Locales o áreas consideradas como peligrosos
- Soportando luminarias y otros equipos
- En lugares en donde la temperatura del medio ambiente más la producida por los conductores exceda los 70 ºC

4.2.8. Arrancador suave

Los arrancadores suaves limitan la corriente y el par de arranque permitiendo ejercer un control de la tensión desde 0 hasta la nominal para el arranque y al revés para la parada.

Regula el voltaje de modo que el motor recibe primero una oleada de baja tensión, que va ascendiendo hasta que el motor empieza a girar véase figura 8, ahorrando en el desgaste y a menudo colaborando a que los componentes electrónicos duren más tiempo comparativa-arranque-motor

Figura 8. Grafica de corriente con respecto al tiempo de los arrancadores suaves



Fuente: IGUREN. Como funciona un arrancador suave [en línea] <iguren.es/blog/como-funciona-un-arrancador-suave/> [citado en 13 de marzo de 2018]

Mediante el control progresivo de la tensión de alimentación, se logra la adaptación del motor al comportamiento de la carga de la máquina accionada. El arranque y parada suave cuida de los dispositivos y máquinas acopladas y proporciona un proceso productivo sin incidencias.

4.2.9. Disyuntores

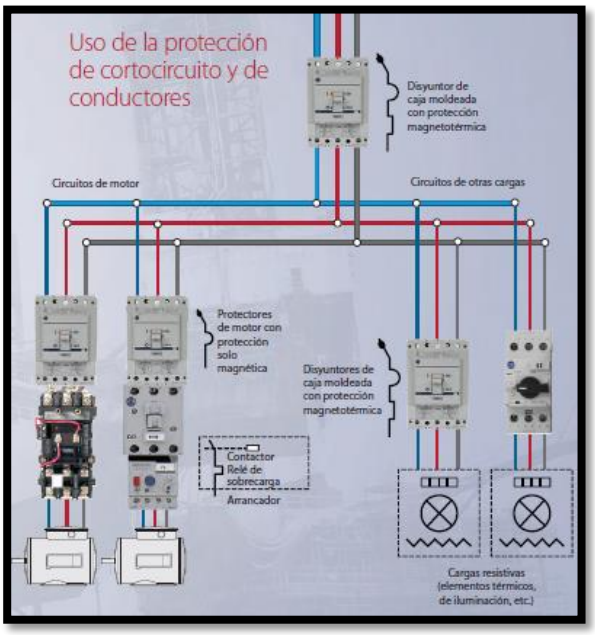
4.2.9.1. Normas y certificaciones

Para proporcionar una gama de productos global que se adecúe a todas las industrias en todas las regiones, los productos de protección mediante disyuntores están certificados conforme a una variedad de normas.

- Los disyuntores de caja moldeada y de protección de motor cuentan con certificaciones UL y CE, e incluyen detectores de fallo a tierra, véase figura 9.
- Todos los productos de protección mediante disyuntores cumplen con las normas de restricción de sustancias peligrosas (RoHS), para ayudar a limitar sustancias que pueden perjudicar el medio ambiente. Mayores poderes de corte ante cortocircuitos (SCCR)
- Mayor protección contra cortocircuito – Desconexión magnética estándar (fi ja a 13…14 x Ie) y desconexión magnética alta (fi ja a 16…21 x Ie).

- Disponible coordinación de cortocircuitos para motores desde 0.1 a 630 kW, intensidades de fallo de hasta 100 kA y voltajes de funcionamiento de hasta 690 V.
- Altos poderes de corte (por ejemplo hasta a 150 kA).
- Amplia variedad de unidades de protección.

Figura 9. Dispositivos de protección de motor probados con contactores o arrancadores combinados para proporcionar coordinación de SCCR hasta 65 kA

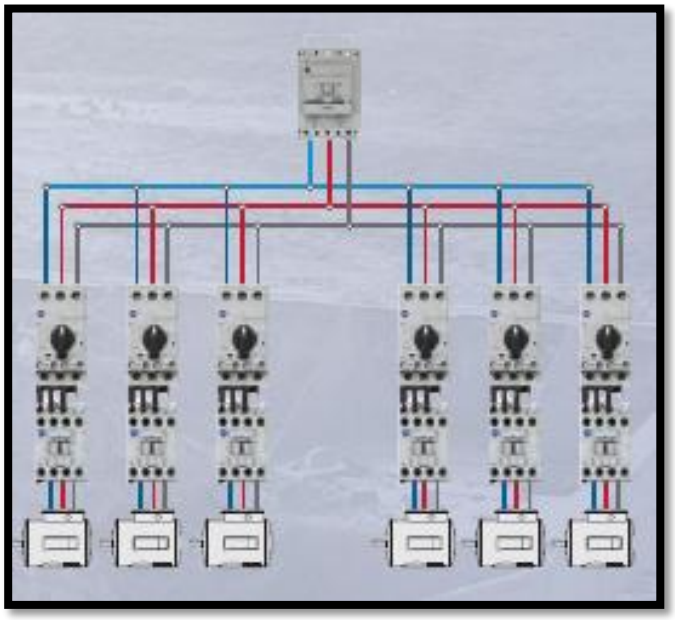


Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. Disyuntores [en línea] <ab.rockwellautomation.com/es/Circuit-and-Load-Protection/Circuit-Breakers [citado en 13 de marzo de 2018]

- <u>Protección de motor de hasta 90 A – Con o sin protección contra sobrecarga, Boletín 140M – opción económica para aplicaciones de menor tamaño como se ve en la figura 10.</u>

  - Rango de intensidades de 0.1…45 A
  - Modelos de hasta 45 A disponibles con protección bimetálica contra sobrecarga para aplicaciones de motor estándar
  - Estos modelos también pueden usarse con contactores Boletín 100 para crear arrancadores combinados UL Tipo E o Tipo F, uno de estos modelos es el disyuntor 140MF8EC45 que se ve en la figura 11.
  - Hay disponibles bobinas de disparo por emisión y mínima tensión
  - Los contactos auxiliares de montaje frontal no requieren espacio de panel adiciona
  - Las barras de bus compactas simplifican el cableado trifásico de múltiples circuitos derivados
  - Posición de desconexión: la posición de la maneta indica que se produjo una desconexión
  - Indicación de desconexión por cortocircuito: identifica una desconexión por cortocircuito, lo que permite a los operadores identificar rápidamente un fallo, reduciendo así el tiempo improductivo.

Figura 10. Uso de disyuntores de protección de motor



Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. Disyuntores [en línea] <ab.rockwellautomation.com/es/Circuit-and-Load-Protection/Circuit-Breakers [citado en 13 de marzo de 2018]

Figura 11. Disyuntor 140MF8EC45

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. Disyuntores [en línea] <ab.rockwellautomation.com/es/Circuit-and-Load-Protection/Circuit-Breakers [citado en 13 de marzo de 2018]

4.3. Marco legal

4.3.1. Norma técnica colombiana 2050 – NTC2050

El Código Eléctrico Colombiano es la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad en instalaciones eléctricas basado en parámetros aplicados y validados mundialmente garantizando al usuario una utilización segura y confiable de ellas, optando por la racionalización de la energía, obedeciendo a la necesidad imperiosa de preservar sus fuentes, como uno de los objetivos medioambientales que se deben lograr para evitar su agotamiento.[29]

4.3.2. Reglamento técnico para instalaciones eléctricas – RETIE

El reglamento técnico para instalaciones eléctricas – RETIE fue expedido mediante la resolución 90708 del ministerio de minas y energía, con el objetivo principal de establecer medidas que permitan prevenir, minimizar o eliminar los riesgos eléctricos, garantizando la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente[30].

4.3.3. Normas y homologaciones de los equipos usados en el proyecto

El sistema satisface los requisitos y objetivos relacionados con la seguridad según las directivas CEN, IEEE, RETIE, ISO indicadas a continuación.

4.3.3.1. IEEE-841

Es un estándar de motores eléctricos para ambientes severos desarrollado por un comité de usuarios, consultores y suplidores de la industria petroquímica en Estados Unidos, y adoptado por la industria de pulpa y papel y minería y otras industrias que requieren motores de alta confiabilidad y desempeño.

4.3.3.2. Código eléctrico colombiano NTC 2050

Es la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basadas en parámetros aplicados y validados mundialmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas.

---

[29] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Código Eléctrico Colombiano. Bogotá: ICONTEC, 1998. 847 pág.: il. (NTC 2050)

[30] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Bogotá: MINMINAS, 2013. 211 pág.: il (ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES)

Los tubos conduit IMC cuentan con la certificación UL 1242, se fabrican en instalaciones certificadas por ISO 9001-2000 y cumplen con todos los requisitos técnicos exigidos para las instalaciones eléctricas.

Tabla 430-150 Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de c.a, estos valores son típicos para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes listadas deben usarse parasistemas de tensiones eléctricas nominales de 110 V hasta 120 V, 220 V hasta 240 V, 440 V hasta 480 V y 550 V hasta 600 V

4.3.3.3. Norma técnica colombiana NTC1332

Esta norma es modificada con respecto a la norma UL 83, en los siguientes aspectos:

En los requisitos y especificaciones aplicables a Estados Unidos se incluyó el nombre de Colombia de tal forma que aplique los mismos requisitos (por esto se utiliza la corriente de diseño basada en la tabla 430.250 del NEC).

En el numeral 1. “Objeto” y en el texto de la norma se hace mención a la NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano, ya que es la norma que establece el uso de este tipo de conductores en las instalaciones internas en Colombia.

Esta norma específica los requisitos para los alambres y cables monoconductores con aislamiento termoplástico para 600 V, para utilizarse en instalaciones eléctricas de acuerdo con las normas de Canadá, México, Estados Unidos y Colombia.

UL 1581, Estándar de referencia para cables eléctricos, cables y cordones flexibles.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

El método implementado se basó en el libro “Metodología de la investigación de Roberto Hernández Sampieri & Carlos Fernández Callado & Pilar Baptista Lucio”, en el cual se plantea un proceso de investigación cuantitativa como se puede ver a continuación:

- El planteamiento del problema de investigación cuantitativa consiste en la estructuración de la idea de investigación, a través de los objetivos, las preguntas, la justificación, la viabilidad y la evaluación de las deficiencias.

- La investigación cuantitativa tiene que ser una investigación concreta y con la posibilidad de pruebas empíricas.

- El planteamiento del problema de la investigación se inicia a través de la revisión de la literatura y el resto del proceso de investigación. Este proceso puede modificar el planteamiento original.

- Los objetivos y las preguntas de investigación deben ir bien encaminadas al propósito de la investigación, debido a que los objetivos nos establece que se pretende con la investigación y las preguntas nos indican que soluciones buscamos.

- La justificación de la investigación indica el por qué y el para qué de la investigación, la viabilidad determina la posibilidad de realizar el proyecto y la evaluación de deficiencias ubica la evolución del estudio del problema.

- Los principales criterios de evaluación de la importancia potencial de la investigación son: conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, valor teórico y utilidad metodológica. También se debe considerar las posibles consecuencias del proyecto.

- El planteamiento del problema de investigación no puede incluir juicios morales ni estéticos, pero el investigador debe cuestionarse si es o no ético llevarlo a cabo.

El método implementado está enfocado a una serie de objetivos a realizar los cuales permiten desarrollar diversas pruebas con el fin de obtener unos resultados, teniendo en cuenta lo anterior podemos decir que según el libro *“metodología de la investigación de Roberto Hernández Sampieri & Carlos Fernández Callado & Pilar Baptista Lucio”* estaríamos desarrollando un proceso de investigación cuantitativa debido a que:

- “*Plantear el problema de investigación cuantitativa consiste en afinar y estructurar más formalmente la idea de investigación, desarrollando cinco elementos de la investigación: objetivos, preguntas, justificación, viabilidad y evaluación de las deficiencias.*
- *En la investigación cuantitativa los cinco elementos deben ser capaces de conducir hacia una investigación concreta y con posibilidad de prueba empírica.*

- *En el enfoque cuantitativo el planteamiento del problema de investigación precede a la revisión de la literatura y al resto del proceso de investigación; sin embargo, esta revisión puede modificar el planteamiento original.*
- *Los objetivos y las preguntas de investigación deben ser congruentes entre sí e ir en la misma dirección.*
- *Los objetivos establecen qué se pretende con la investigación; las preguntas nos dicen qué respuestas deben encontrarse mediante la investigación; la justificación nos indica por qué y para qué debe hacerse la investigación; la viabilidad nos señala si es posible realizarla y la evaluación de deficiencias nos ubica en la evolución del estudio del problema.*
- *Los criterios principales para evaluar la importancia potencial de una investigación son: conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, valor teórico y utilidad metodológica. Además de analizarse la viabilidad de la investigación deben considerarse sus posibles consecuencias.*
- *El planteamiento de un problema de investigación no puede incluir juicios morales ni estéticos, pero el investigador debe cuestionarse si es o no ético llevarlo a cabo."* [31]

5.1. Metodología

Se diseñó e implementó un nuevo sistema eléctrico para el llenado y vaciado de un silo. La metodología para llevar a cabo este proyecto estuvo dividida en tres fases:

5.1.1. Primera fase: diagnóstico de tecnologías disponibles

En la primera fase se realizó un diagnóstico de las tecnologías disponibles para el llenado y vaciado de silos verticales, teniendo en cuenta las necesidades del proyecto; para esto se realizaron reuniones con el ingeniero encargado del área donde se encuentra el silo inutilizado, para poder establecer las necesidades del proyecto y el funcionamiento esperado de las mismas. También se elaboró una lista de los motores disponibles para confirmar su utilidad en el sistema, se realizó reuniones con los operarios de los sistemas de los otros silos para conocer su funcionamiento y las fallas eléctricas generadas a través de los años de uso, de este modo, poder optimizar el sistema. Teniendo en cuenta dicha información se comenzó el diseño del circuito

5.1.2. Segunda fase: definición de método a utilizar

En la segunda fase del proyecto se definió la forma de llenado y vaciado adecuada para el silo 5 de OPP de acuerdo al diagnóstico realizado anteriormente; para esto se realizó una inspección del terreno disponible para transportadores, revisión del silo que se va a utilizar en el sistema, motores disponibles que se adecuen a nuestras necesidades (los motores los proporciona OPP)

---

[31] ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI & CARLOS FERNÁNDEZ CALLADO & PILAR BAPTISTA LUCIO. Metodología de la investigación. (2010). Editorial McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Quinta edición. Capítulo 3, página #44. México DF.

5.1.3. Tercera fase: diseño e implementación

En la tercera fase se diseñó e implementó el sistema eléctrico para el llenado y vaciado del silo 5; se elaboraron los planos eléctricos requeridos para este, así mismo se realizó el montaje de equipos y cableado necesario para el sistema.

6. RESULTADOS

Los resultados del presente proyecto se expresan según las etapas metodológicas planteadas;

6.1. Diagnostico - fase inicial del proyecto

La empresa OPP Gráneles detectó puntos de calor en el silo 3 de planta 2 el cual causo una falla de fase y provocó daño en uno de sus motores como se puede ver en la figura 12, además se localizó un desequilibrio de tensión en el silo 7 el cual estaba provocando aumento de temperatura en las bobinas de un motor, por esto OPP decidió cambiar los diseños eléctricos para el silo 5, además el diseño civil varió porque el terreno para el sistema de este silo es más pequeño, por esto, la tolva del piso quedó algo retirada del elevador por lo cual se tuvo que implementar un transportador para el llenado del silo.

Figura 12. Daño generado en el silo 3

Fuente: Autor

6.2. Diseño de sistema eléctrico

Los motores instalados fueron entregados por OPP (Previamente se realizaron pruebas en los otros silos para decidir los caballos de fuerzas necesarios para el correcto funcionamiento del sistema), para el sistema del silo 5 de OPP se necesitó dos transportadores, un elevador y un barredor, para ello se recibieron 1 motor de 75 HP y 3 motores de 20 HP.

Un conductor eléctrico debe seleccionarse cumpliendo con los requerimientos técnicos y normativos de cada país.

Para calcular el diámetro y calibre de un cable en instalaciones de baja tensión se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Capacidad de conducción permisible o de calentamiento.
- Tipo de aislante del cable
- Caída de tensión
- Corriente de cortocircuito
- Corriente de consumo del motor

6.2.1. Corriente de consumo del motor

La ecuación 1 corresponde a la fórmula para calcular la corriente de consumo del motor, de acuerdo a las características del elevador mencionadas a continuación.

- HP: 75
- V: 440
- η: 0.947
- FP: 0.77

Ecuación 1. Calculo de la corriente de consumo del motor

$$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{hp} * 746}{\sqrt{3} * \mathrm{v} * \eta * \mathrm{FP}}$$

$$\mathrm{I} = \frac{75 * 746}{\sqrt{3} * 440 * 0.947 * 0.77} = \frac{55950}{555.717} = 100.681$$

6.2.2. Capacidad de conducción permisible o de calentamiento

Al circular una corriente eléctrica a través de un conductor se produce calor por el efecto Joule, por lo tanto se selecciona el valor de corriente adecuado para que el conducto no llegue a deteriorarse.

Se selecciona el material cobre o aluminio, en este caso cobre por no se trabajó con alta potencia y la temperatura ambiente estimada.

Las condiciones ambientales aproximadas del sitio de montaje se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones Ambientales del Sitio

PARÁMETRO	VALOR
TEMPERATURA AMBIENTE EXTERIOR	
Temperatura media anual	28 °C
Temperatura mínima absoluta	20 °C
Temperatura máxima absoluta	35 °C
HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE EXTERIOR	
Humedad relativa máxima (mes más cálido)	99 %
Humedad relativa mínima (mes más frío)	84 %
ALTURA MEDIA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	0 m
VIENTOS	
Velocidad del viento máxima registrada	40 /sec

Fuente: El autor

6.2.2.1. Tipo de aislante del cable

En este caso el aislante es de THW porque es un conductor con aislamiento PVC resistente a la humedad, calor y a la propagación del incendio

Para los motores de 20 HP se usó cables tipo ST.C 75ºC 600 V con chaqueta elastomérica retardante a la llama con cumplimiento de normas RETIE, NTC2050, para los motores mayores a esta capacidad se utilizará cable monopolar THHN/THWN 90ºC 600V aislado con PVC y chaqueta en NYLON con cumplimientos de norma RETIE, NTC1332, UL 83.

6.2.2.2. Características del cable y método de instalación

Los cables serán instalados en tubería metálica de acero galvanizado tipo IMC, en las zonas descubiertas por la alta humedad de Buenaventura y dentro de la tierra va a ir en tubo tipo PVC.

Los tubos IMC, está fabricados para proteger cables eléctricos en instalaciones industriales, en áreas clasificadas de clase 1, división 1 y 2 de la norma NTC-2050 (Código Eléctrico Nacional) y en zonas de ambiente corrosivo (zonas tropicales).

Los tubos IMC, todos los extremos cortados de los tubos se deben devastar o acabar para dejar los bordes lisos, como establece la sección 345[29]

Los tubos conduit IMC cuentan con la certificación UL 1242, se fabrican en instalaciones certificadas por ISO 9001-2000 y cumplen con todos los requisitos técnicos exigidos para las instalaciones eléctricas.[32]

Para los motores de 20 HP se usará cables tipo ST.C 75ºC 600 V con chaqueta elastomérica retardante a la llama con cumplimiento de normas RETIE, NTC2050, para los motores mayores a esta capacidad se utilizará cable monopolar THHN/THWN 90ºC 600V aislado con PVC y chaqueta en NYLON con cumplimientos de norma RETIE, NTC1332, UL 83.

Para la elección del cable se tuvo en cuenta la corriente del motor, voltaje de operación, longitud del cableado, ampacidad y las condiciones del ambiente donde va a efectuar el sistema, el sistema fue instalado en Buenaventura por lo cual se mostrara en la tabla 1 sus condiciones ambientales aproximadas.

6.3. Cálculo por ampacidad

La ampacidad es la corriente máxima que puede circular a través de un conductor de manera continua, sin que este sufra daños.

6.3.1. Corriente de diseño

La corriente de diseño se calcula como se indica a continuación:

6.3.1.1. Motores eléctricos

La corriente de diseño usada para calcular los conductores asociados a motores fue tomada de la tabla 430.250 del NEC 2005 (Ver Tabla 2), los valores correspondientes de factor de potencia y eficiencia para obtener dichas corrientes se muestran en la tabla 3.

Las eficiencias fueron tomadas del estándar IEEE-841 para motores de 4 polos y los factores de potencia calculados a partir de las corrientes y eficiencias.

[32]UNDERWRITER LABORATORIES INC. Colmena Conduit [en línea]. <http://www.nalelectricos.com.co/archivos//Ficha-Tecnica-IMC-ColmenaConduit40.pdf> [Citado en 24 de agosto del 2017]

Tabla 2. Corrientes a Plena Carga de Motores Trifásicos de Inducción

Potencia(HP) /Voltaje (V)	115	200	208	230	460	575	2300
½	4.4	2.5	2.4	2.2	**1.1**	0.9	—
¾	6.4	3.7	3.5	3.2	**1.6**	1.3	—
1	8.4	4.8	4.6	4.2	**2.1**	1.7	—
1½	12.0	6.9	6.6	6.0	**3.0**	2.4	—
2	13.6	7.8	7.5	6.8	**3.4**	2.7	—
3	—	11.0	10.6	9.6	**4.8**	3.9	—
5	—	17.5	16.7	15.2	**7.6**	6.1	—
7½	—	25.3	24.2	22	**11**	9	—
10	—	32.2	30.8	28	**14**	11	—
15	—	48.3	46.2	42	**21**	17	—
20	—	62.1	59.4	54	**27**	22	—
25	—	78.2	74.8	68	**34**	27	—
30	—	92	88	80	**40**	32	—
40	—	120	114	104	**52**	41	—
50	—	150	143	130	**65**	52	—
60	—	177	169	154	**77**	62	16
75	—	221	211	192	**96**	77	20
100	—	285	273	248	**124**	99	26
125	—	359	343	312	**156**	125	31
150	—	414	396	360	**180**	144	37
200	—	552	528	480	**240**	192	49
250	—	—	—	—	**302**	242	60
300	—	—	—	—	**361**	289	72
350	—	—	—	—	**414**	336	83
400	—	—	—	—	**477**	382	95
450	—	—	—	—	**515**	412	103
500	—	—	—	—	**590**	472	118

Fuente: NEC 2005. Tabla 430.250 [en línea] <www.ustaxcourt.gov/opinions/2017/TCMemo_2017-147_nec.pdf> [citado en 13 de marzo de 2018]

Tabla 3. Factor de Potencia y Eficiencia a Plena Carga de Motores Trifásicos de Inducción

Potencia(HP)	Eficiencia	Factor de Potencia FP
½	75.0	57
¾	75.0	59
1	84.0	53
1½	85.5	55
2	85.5	64
3	88.5	66
5	88.5	70
7½	90.2	71
10	90.2	74
15	91.7	73
20	91.7	76
25	93.0	76
30	93.0	76
40	93.6	77
50	93.6	77
60	94.1	78
75	94.5	77
100	95.0	79
125	95.0	79
150	95.4	82
200	95.4	82
250	95.0	82
300	95.4	82

Fuente: IEEE ESTANDARS ASSOCIATION. IEEE Std 841- 2009[en línea] <standards.ieee.org/findstds/standard/841-2009.html> [citado en 13 de marzo de 2018]

6.3.2. Cargas Varias

Con la ecuación 2 se calcula la corriente de diseño a partir de la potencia nominal en watios, y con la ecuación 3 se hace a partir de la potencia en voltio amperios.

Ecuación 2. Cálculo de la corriente de diseño (W: Potencia nominal en Watios)

$$Corriente\ de\ diseño = \frac{W}{\sqrt{3} * V_{LL} * Fp}$$

Ecuación 3. Cálculo de la corriente de diseño (VA: Potencia nominal den Volt – Amperes)

$$Corriente\ \ de\ \ diseño\ = \frac{VA}{\sqrt{3} * V_{LL}}$$

En la tabla 4 se puede observar la capacidad de corriente permisible para máximo tres conductores y sus respectivos valores de corrección en la tabla 5.

Tabla 4. Capacidad de Corriente Permisible de no más de Tres Conductores Monopolares Aislados Para 0 a 2000V Nominales Soportados Sobre un Mensajero, Basado Sobre la Temperatura del Aire de 40°C.

Sección transversal	**75° C (140 °F)**	**90°C (167°F**
	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, ZW.	**Tipos MI, TN, THHW, THW-2,THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2**
	COBRE	
8	57	66
6	76	89
4	101	117
2	135	158
1/0	183	214
2/0	212	247
3/0	245	287
4/0	287	335
250	320	374
300	359	419
350	397	464
400	430	503
500	496	580
600	553	647
700	610	714
750	638	747
800	660	773
900	704	826
1000	748	879

Fuente: NEC 2005. Tabla 310-20 [en línea] <www.ustaxcourt.gov/opinions/2017/TCMemo_2017-147_nec.pdf> [citado en 13 de marzo de 2018]

Tabla 5. Factores de corrección

Temp. Ambiente (°C)	Para temperaturas ambientes distintas de 40 °C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes	
21 – 25	1.20	1.14
26 – 30	1.13	1.10
31 – 35	1.07	1.05
36 – 40	1.00	1.00
41 – 45	0.93	0.95
46 – 50	0.85	0.89
51 – 55	0.76	0.84
56 – 60	0.65	0.77
61 – 70	0.38	0.63
71 – 80	-	0.45

Fuente: NEC 2005. Tabla 310-20 [en línea] <www.ustaxcourt.gov/opinions/2017/TCMemo_2017-147_nec.pdf> [citado en 13 de marzo de 2018]

.

Cuando hay más de tres fases en una tubería conduit se debe hacer un ajuste respecto con la tabla 6.

Tabla 6. Factores de Ajuste Para Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en una Canalización o Cable

Número de Conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las tablas, ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 en adelante	35

Fuente: NEC 2005. Tabla 310.15 (B) (2) (a) [en línea] <www.ustaxcourt.gov/opinions/2017/TCMemo_2017-147_nec.pdf> [citado en 13 de marzo de 2018]

Los conduits serán seleccionados de acuerdo a la Tabla 1 del capítulo 9 de la NEC 2005. Las dimensiones de los Conduits tipo metal intermedio (IMC) son mostradas en la Tabla 7.

Tabla 7. Dimensiones de Conduits

Tamaño comercial	Diámetro Interno In.	Área Total In.^{2}	Más de 2 conductores 40% In.^{2}
¾	0.836	0.549	0.220
1	1.063	0.887	0.355
1 ½	1.624	2.071	0.829
2	2.083	3.408	1.363
3	3.090	7.499	3.000
4	4.05	12.882	5.153

Fuente: NEC 2005. Tabla No. 1, capitulo 9 [en línea] <www.ustaxcourt.gov/opinions/2017/TCMemo_2017-147_nec.pdf> [citado en 13 de marzo de 2018]

6.3.3. Cálculo de Caída de tensión

A continuación se describen los parámetros que se tuvieron en cuenta para el cálculo de la caída de tensión.

6.3.3.1. Límite de caída de tensión

El tamaño de los conductores será seleccionado en tal forma que la caída de tensión en los terminales del usuario no exceda los siguientes valores:

Para los motores eléctricos:

- *Corriente*: corriente nominal del motor
- *Caída de tensión en marcha (plena carga)*: 5% máx.
- *Caída de tensión en marcha (arranque)*: 10% máx.

6.3.3.2. Valores de Caída de Tensión

La NEC recomienda que la caída de voltaje máxima combinada para el alimentador más el circuito ramal no debe superar el 5% y el máximo en el circuito alimentador o ramal no debe superar el 3%, en la tabla 8 se pueden ver la impedancia Z y así poder calcular la caída de voltaje.

Tabla 8. Impedancia Z, para calcular la caída de tensión de circuitos eléctricos

Calibre	Reactancia (60Hz) Ω/km		Resistencia AC (60Hz) Ω/km	
	Conduit PVC	Conduit en Acero	Conduit PVC	Conduit en Acero
12	0.1772	0.2231	6.5617	6.5617
10	0.1640	0.2067	3.9370	3.9370
8	0.1706	0.2133	2.5591	2.5591
6	0.1673	0.2100	1.6076	1.6076
4	0.1575	0.1969	1.0171	1.0171
2	0.1476	0.1870	0.6234	0.6562
1	0.1509	0.1870	0.5052	0.5085
1/0	0.1444	0.1804	0.3937	0.3987
2/0	0.1411	0.1772	0.3281	0.3281
3/0	0.1378	0.1706	0.2526	0.2270
4/0	0.1345	0.1673	0.2034	0.2067
250	0.1345	0.1706	0.1706	0.1772
300	0.1345	0.1673	0.1444	0.1476
350	0.1312	0.1640	0.1247	0.1280
400	0.1312	0.1608	0.1083	0.1148
500	0.1280	0.1575	0.0886	0.0951

Fuente: NEC 2005. Capítulo 9 [en línea] <www.ustaxcourt.gov/opinions/2017/TCMemo_2017-147_nec.pdf> [citado en 13 de marzo de 2018]

A continuación se muestra las ecuaciones para la calcular la caída de tensión línea-neutro (ecuación 4), caída de tensión trifásica (ecuación 5) y el porcentaje de caída de tensión.

Ecuación 4. Caída de tensión Línea-neutro

$$AU = \mathrm{I} \times \mathrm{L}\left(\mathrm{R_L} \times \left(\mathrm{Cos}(\varphi)\right) + \mathrm{X_L} \times \left(\mathrm{Cos}\ (\varphi)\right)\right)$$

Ecuación 5. Caída de tensión trifásica

$$3PHV_{drop} = \sqrt{3} \times V_{drop}$$

Ecuación 6. Porcentaje de caída de tensión

$$\%3PHV_{drop} = \frac{3PHV_{drop}}{V_{LL(RATE)}} \times 100\%$$

Dónde:

L: Longitud del cable en m/1000.
R_L: Resistencia del cable en ohmios.
X_L: Reactancia del cable a la frecuencia del sitio en ohmios.
I_{RATE}: Corriente de la carga en amperios
$V_{LL\ (RATE)}$: Voltaje línea-línea
φ: Factor de potencia

La resistencia AC es corregida para temperaturas de operación según la

Ecuación 7.

Ecuación 7. Resistencia a la temperatura operación

$$R_{T2} = R_{T1} \frac{T_{ref} + T_2}{T_{ref} + T_1}$$

Dónde:

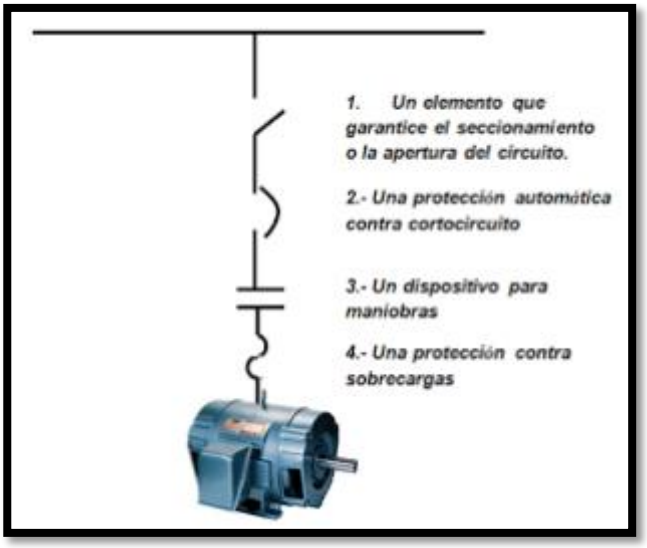
T_1 = Temperatura de Referencia (Según sea el Fabricante)
R_{T1} = Resistencia del conductor a la temperatura T_1
T_2 = Temperatura de operación (75 °C o 90 °C según tipo de cable)
Tref= Temperatura de referencia (a resistencia cero ohmios);
-234.5 para cobre o -236.0 para aluminio.

6.3.4. Protección de motores eléctricos

El código eléctrico nacional establece requisitos mínimos para los motores en baja tensión, al menos debe tener cuatro protecciones (véase figura 13), las cuales nos permiten proteger y manejar manualmente el motor, ellos son:

- Protector termomagnético
- Contactor
- Accionadores
- Relé térmico

Figura 13. Protección de motores eléctricos según el C.E.N.



Fuente: ELECTRICIDAD PRACTICA. Protección de motores eléctricos [en línea] <autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com.co/2011/07/proteccion-de-motores-electricos.html> [citado en 13 de marzo de 2018]

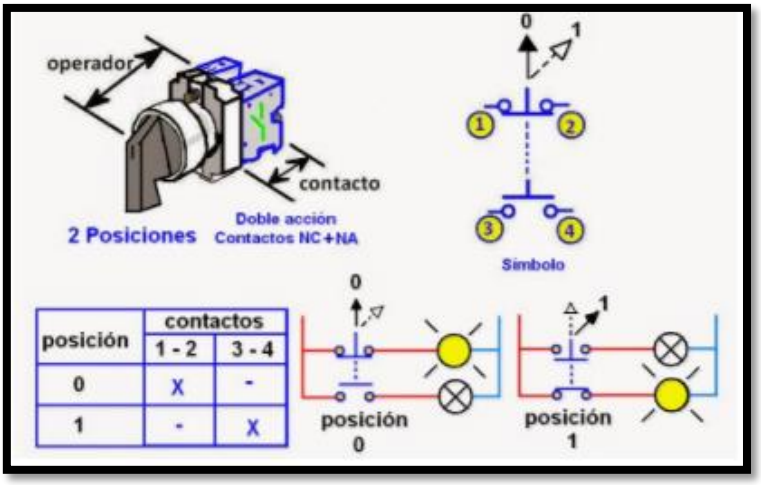
6.3.4.1. El Seccionamiento

Lo provee un dispositivo que sea capaz de abrir el circuito con indicación visual de ON – OFF, como la figura 14. El propósito es garantizar la apertura del circuito ramal con seguridad, para proteger a los usuarios y operadores, en la figura 15 se muestra la simbología de este selector.

Figura 14. Selector de 2 posiciones

Fuente: INDUELECTRO. Selector de dos posiciones [en línea] < www.induelectro.cl/> [citado en 13 de marzo de 2018]

Figura 15. Selector eléctrico tipo manecilla



Fuente: COPAROMAN. Selector eléctrico rotativo [en línea] <coparoman.blogspot.com.co/2014/08/selector-electrico-rotativo.html> [citado en 13 de marzo de 2018]

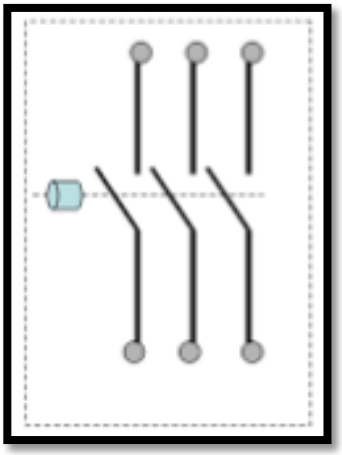
6.3.4.2. La Protección Automática contra Cortocircuito

Se trata de un dispositivo de acción instantánea magnético capaz de detectar y cortar cualquier corriente superior a la corriente de arranque del motor, la cual puede ser varias veces la corriente nominal. La protección puede ser de fusible, bobina magnética o relé electrónico acoplado a un transformador de corriente (véase figura 16) y en la figura 17 se puede ver su esquema de funcionamiento.

Figura 16. Interruptor magnético.

Fuente: COREINJM. Interruptor Magnetico [en línea] <www.coreinjm.com/marca_im-27_imc-82_n-interructor__termico_tipo_riel_din> [citado en 13 de marzo de 2018]

Figura 17. Diagrama interruptor magnético



Fuente: ELECTRICIDAD PRACTICA. Interruptor Magnético [en línea] <http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com.co> [citado en 13 de marzo de 2018]

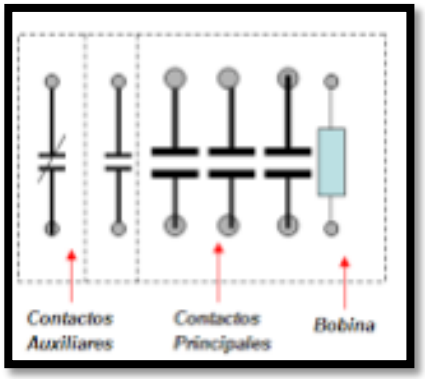
6.3.4.3. El Dispositivo para Maniobras

Habitualmente se utilizan contactores electromagnéticos o arrancadores de compuerta electrónica (véase figura 18). No es una protección pero debe soportar la corriente de arranque porque controla el arranque y parada del motor, abre y cierra el circuito del motor tanto en operación normal como en sobrecarga, en la figura 19 se muestra su diagrama.

Figura 18. Contactor

Fuente: CDTECHNOLOGIA. Contactor trifásico [en línea] <cdtechnologia.net/sensores/583-contactor-trifasicomonofasico-32a-220v.html > [citado en 13 de marzo de 2018]

Figura 19. Diagrama contactor



Fuente: ELECTRICIDAD PRACTICA. Contactor [en línea] < http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com.co> [citado en 13 de marzo de 2018]

6.3.4.4. La Protección contra Sobrecarga

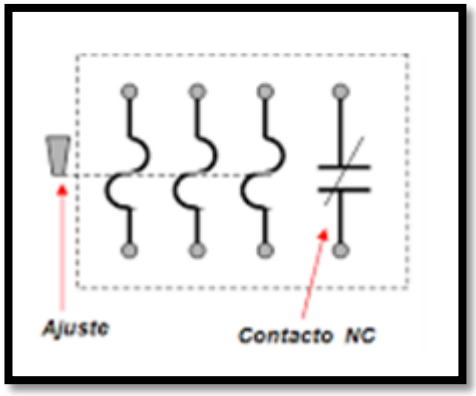
Este dispositivo está llamado a detectar las corrientes de sobrecarga comprendidas por encima de la corriente nominal; pero inferiores a las corrientes de cortocircuito (véase figura 20) y en la figura 21 se muestra su respectivo diagrama. Aunque sensa también a estas últimas, su accionamiento es retardado y no actúa suficientemente rápido para despejarlas. Esto lo debe hacer la protección de cortocircuito. En este caso suelen utilizarse relés bimetálicos, fusibles de acción retardada y relés electrónicos.[33]

Figura 20. Relé térmico

Fuente: SIEMENS. Catálogo general de productos [en línea] <www.industry.siemens.com/home/aan/es/argentina/Documents/CatalogoProductosSiemens_MAY2015.pdf> [citado en 13 de marzo de 2018]

[33] ELECTRICIDAD PRÁCTICA. Protección de motores eléctricos [en línea]. <http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com.co/2011/07/proteccion-de-motores-electricos.html> [Citado en 3 de Septiembre del 2017]

Figura 21. Diagrama relé térmico



Fuente: ELECTRICIDAD PRACTICA. Relé térmico [en línea] < http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com.co> [citado en 13 de marzo de 2018]

6.3.5. Calculo de protecciones para uno o un grupo de motores

A continuación se muestra como calcular la protección para un motor.

6.3.5.1. Calcular protección para un motor

Para el cálculo del dispositivo de protección, se utiliza la SECCION 430.52 del CEN (Capacidad nominal o ajuste para circuitos de un solo motor), el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito ramal del motor, será capaz de soportar la corriente de arranque del motor y será seleccionado de acuerdo a los factores indicado en Tabla 9, según el tipo de motor el tipo de dispositivo de protección. Cuando los valores del dispositivo de protección obtenido, no corresponda con la valuación estándar de dispositivos de protección, usted debe usar el siguiente dispositivo más alto. Para ilustrar esto.

Por ejemplo:

- Por CEN, Tabla 430-150, multiplique: 34 AMPS. × 140 % = 47,6 AMPS.
- Por tanto se selecciona un Fusible con retardo de tiempo de 50 AMPS.

Tabla 9. Valores para elección de protecciones (Tabla 430-150 del cen)

Tabla 430-150	Motores *Trifasico* de induccion jaula de ardilla y rotor devanado (A)							Motores sincronicos con factor de potencia unitario * (A)			
Horsepower	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1½	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	—	—	—	—	—
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
3	—	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
7½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
10	—	32.2	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—
50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

* Para factores de potencia de 90 y 80 %, las cifras anteriores se deben multiplicar respectivamente por 1,1 y 1,25

Fuente: Ingeniero Ovidio

6.3.6. Definición de circuitos a utilizar

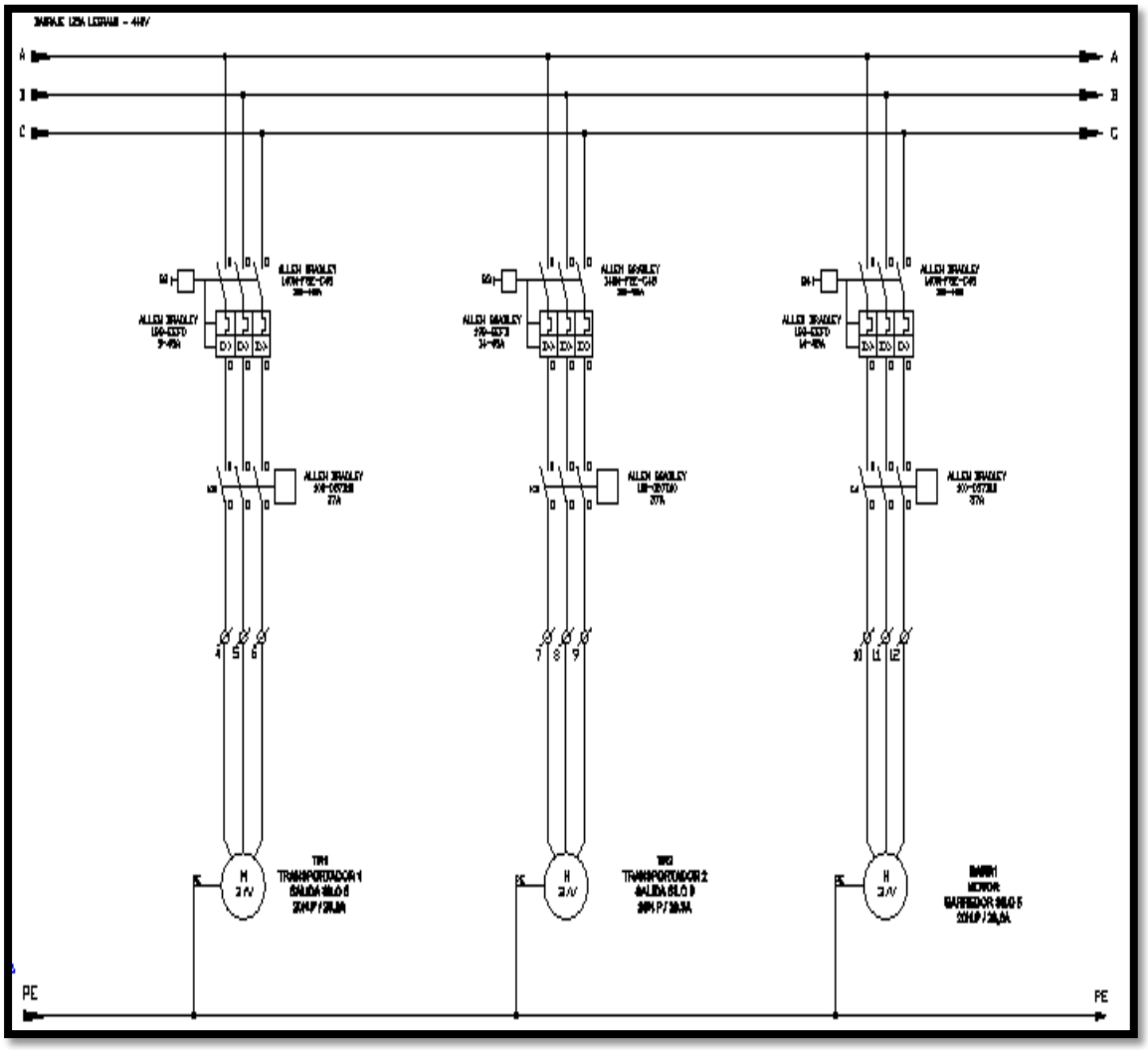
Para todo el proyecto se utilizaron cuatro motores, uno de 75HP y tres de 20HP, el primer motor necesita un arrancador suave por lo cual se implementaron dos tipos de circuitos, a continuación, se mostrarán los circuitos utilizados en automatismo eléctrico.

6.3.6.1. Circuito de potencia o fuerza

L1, L2 y L3 corresponden con las tres fases R, S y T de la corriente alterna trifásica que alimenta el circuito. En cuanto al motor se trata de un motor asíncrono trifásico, que deberá estar conectado en “estrella” o “triangulo”, según sea necesario. Es conveniente indicar las letras o números correspondientes a los terminales de cada mecanismo.

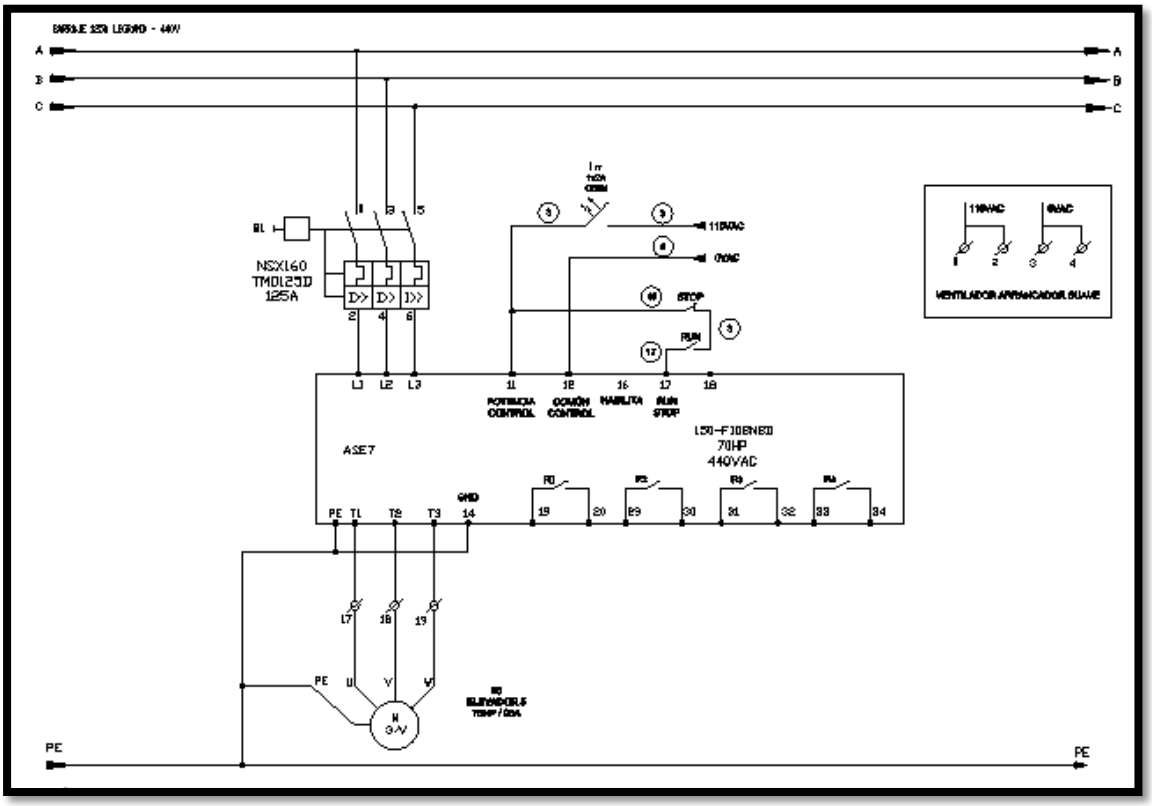
El circuito de potencia utilizado en este sistema para los transportadores y barredores es el indicado en la figura 22 y en la figura 23 está el circuito de potencia del elevador.

Figura 22. Circuito de potencia utilizado para los transportadores y el barredor



Fuente: el autor

Figura 23. Circuito de potencia utilizado para el elevador.

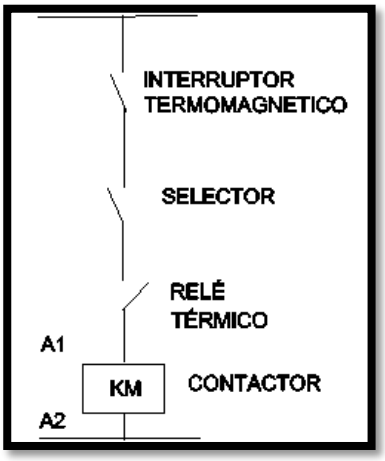


Fuente: el autor

6.3.6.2. Circuito de maniobra o funcional

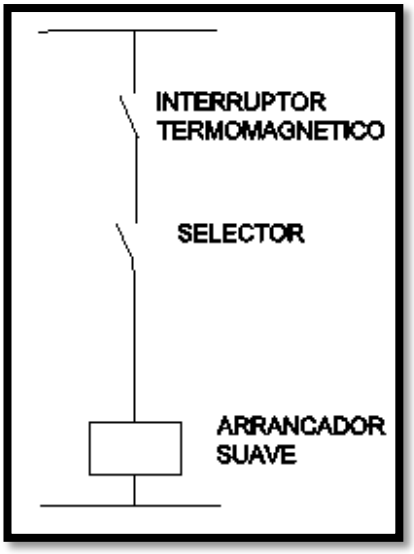
El circuito de maniobras es el que estará sometido a la menor tensión posible. Teniendo en cuenta que el receptor de este circuito es la bobina (A1-A2) del contactor, la intensidad que circulará por él será muy inferior a la del circuito de fuerza, por lo tanto, la sección de los conductores puede ser inferior a la del circuito anterior, en la figura 24 es el circuito de maniobras utilizados para los transportadores y el barredor y la figura 25 es el circuito utilizado en el elevador.

Figura 24. Circuito funcional utilizado para los transportadores y el barredor



Fuente: el autor

Figura 25. Circuito funcional utilizado para el elevador



Fuente: el autor

6.3.7. Selección del Cable para aterrizar los motores

Las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de los equipos fijos que se puedan llegar a energizar por esto se deben aterrizar a tierra[29].

Las carcasas de motores, como establece el Artículo 430-12 tabla 10. Conductor de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos. El calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos, no debe ser menor al especificado en la tabla

Tabla 10. Calibre de conductores de puesta a tierra de los equipos

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección, tubos conduit,, etc. (A)	Sección transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre	
	Mm2	AWG o kcmil	Mm2	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250Kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350Kcmil
2.000	126,67	250Kcmil	202,68	400Kcmil
2.500	177,34	350Kcmil	304,02	600Kcmil
3.000	202,68	400Kcmil	304,02	600Kcmil
4.000	253,25	500Kcmil	405,36	800Kcmil
5.000	354,69	700Kcmil	608,04	1200Kcmil
6.000	405,36	800Kcmil	608,04	1200Kcmil

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Código eléctrico colombiano. Bogotá: ICONTEC, 1998. 847h: il. (NTC 2050).

NOTA: Para cumplir lo establecido en el artículo 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor calibre que el especificado en esta tabla [29]**.**

6.4. Método de cálculo (elevador)

Para un motor con los siguientes datos:

- Potencia nominal: 75 HP
- Eficiencia: 94.5 % (Ver Tabla 3)
- Factor de potencia: 77 % (Ver Tabla 3)
- Voltaje nominal: 460 V
- Fases: 3
- Longitud: 30 m

Corriente de motor (I_m) = 96 A (Ver Tabla 2).

La capacidad mínima del cable, después de aplicar los factores de corrección, debe ser igual a 1.25 x I_m, lo que para nuestro caso sería 120 A.

6.4.1. Factores de Corrección

La corriente de diseño se ve afectada por los siguientes factores de corrección:

- Por temperatura ((36°C - 40°C): 0.88 (Ver Tabla 4)

El cable requerido necesita tener una capacidad de corriente igual a la mostrada en la ecuación 8.

Ecuación 8. Capacidad de corriente cable elevador

$$I = \frac{1.25 \times I_m}{0.88} = \frac{120}{0.88} = 136.36A$$

6.4.2. Selección del Cable

Teniendo en cuenta la capacidad mínima de corriente el cable seleccionado según la Tabla 4 es un 1/0, monopolar con capacidad de corriente de 150A. Las características eléctricas a 75 °C de este cable, se toman de la Tabla 8.

6.4.2.1. Corrección de resistencia por temperatura (TUBERÍA EN ACERO)

Impedancia Cable (Tabla 8):

- Resistencia = 0.3987Ω/km
- Reactancia = 0.1804Ω/km

6.4.2.2. Corrección de resistencia por temperatura (TUBERÍA PVC)

Impedancia Cable (Tabla 8):

- Resistencia = 0.3937Ω/km
- Reactancia = 0.1444 Ω/km

6.4.2.3. Caída de voltaje línea neutro (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 9 se calcula la caída de voltaje en el neutro del sistema, con tubería en acero.

Ecuación 9. Caída de voltaje línea neutro elevador (tubería en acero)

$$V_{drop} = 96 \times 0.03\left(0.3987 \times \mathrm{Cos}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.77)\right) + 0.1804 \times \mathrm{Sin}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.77)\right)\right) = 0.7969$$

6.4.2.4. Caída de voltaje línea neutro (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 10 se calcula la caída de voltaje en el neutro del sistema, con tubería en PVC.

Ecuación 10. Caída de voltaje línea neutro elevador (tubería PVC)

$$V_{drop} = 96 \times 0.03\left(0.3937 \times \mathrm{Cos}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.77)\right) + 0.1444 \times \mathrm{Sin}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.77)\right)\right) = 0.6929$$

6.4.2.5. Caída de tensión trifásica (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 11 se calcula la caída de tensión trifásica, con tubería en acero.

Ecuación 11. Caída de tensión trifásica elevador (tubería en acero)

$$3PH\,V_{drop} = \sqrt{3} \times 0.7969 = 1.3803\ \mathrm{V}$$

6.4.2.6. Caída de tensión trifásica (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 12 se calcula la caída de tensión trifásica, con tubería en PVC.

Ecuación 12. Caída de tensión trifásica elevador (tubería PVC)

$$3PH\,V_{drop} = \sqrt{3} \times 0.6929 = 1.2001\ \mathrm{V}$$

6.4.2.7. Caída de tensión trifásica en porcentaje (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 13 se calcula la caída de tensión trifásica en porcentaje, con tubería en acero.

Ecuación 13. Caída de tensión trifásica en porcentaje elevador (tubería en acero)

$$\%3PHVdrop = \frac{1.3803}{460} \times 100 = 0.3\%$$

%3PH Vdrop < 3%

6.4.2.8. Caída de tensión trifásica en porcentaje (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 14 se calcula la caída de tensión trifásica en porcentaje, con tubería en PVC.

Ecuación 14. Caída de tensión trifásica en porcentaje elevador (tubería PVC)

$$\%3PHVdrop = \frac{1.2001}{460} \times 100 = 0.26\%$$

%3PH Vdrop < 3%

La caída de tensión a carga nominal, está por dentro de los valores requeridos por lo cual cumple con las condiciones de corriente y caída de tensión indicados en la sección 4.4.1.

6.4.3. Definición de protecciones

A continuación, se calcula las protecciones termomagnéticas respecto a la tabla 9 del archivo, se buscan con respecto a su voltaje de alimentación y sus hp, esa corriente ahí mostrada se multiplica por 1,25 y ese va a ser el valor de la protección. Los motores son alimentados a 440V y son de 75HP (Elevador), 3 de 20HP (transportadores y barredor), 2 de 10HP (Ventiladores)

- Elevador: 75HP a 460V es 96A, 96*1,25= 120A se busca su valor comercial más cercano el cual es 125ª (Totalizador NSX 160) , como el elevador es de tantos HP se utilizó un arrancador suave 150-F108NBD

6.4.4. Selección del Cable para aterrizar los motores

Para la selección del cable de tierra se tiene en cuenta la corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo de protecciones, que en este caso es 134A y se elige con respecto a la tabla 10, en este el valor es mayor de 100A por lo cual se eligió un calibre #6

6.5. Método de cálculo (transportador 1)

Para un motor con los siguientes datos:

- Potencia nominal: 20 HP
- Eficiencia: 91.7 % (Ver Tabla 3)
- Factor de potencia: 76 % (Ver Tabla 3)
- Voltaje nominal: 460 V
- Fases: 3
- Longitud: 15 m

Corriente de motor (I_m) = 27 A (Ver Tabla 2).

La capacidad mínima del cable, después de aplicar los factores de corrección, debe ser igual a 1.25 x I_m, lo que para nuestro caso sería 33.75 A

6.5.1. Factores de Corrección

La corriente de diseño se ve afectada por los siguientes factores de corrección:

- Por temperatura ((36°C - 40°C): 0.88

El cable requerido necesita tener una capacidad de corriente igual a la calculada con la ecuación 15.

Ecuación 15. Capacidad de corriente requerida transportador 1

$$I = \frac{1.25 \times I_m}{0.88} = \frac{33.75}{0.88} = 38.35A$$

6.5.2. Selección del Cable

Teniendo en cuenta la capacidad mínima de corriente el cable seleccionado, según la Tabla 4, es un 8, multipolar con capacidad de corriente de 50A. Las características eléctricas a 75 °C de este cable, se toman de la Tabla 8.

6.5.2.1. Corrección de resistencia por temperatura (TUBERÍA EN ACERO)

Impedancia Cable (Tabla 8):

- Resistencia = 2.5591Ω/km

- Reactancia = 0.2133Ω/km

6.5.2.2. Corrección de resistencia por temperatura (TUBERÍA PVC)

Impedancia Cable (Tabla 8):

- Resistencia = 2.5591 Ω/km
- Reactancia = 0.1706 Ω/km

6.5.2.3. Caída de voltaje línea neutra (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 16 se calcula la caída de voltaje en el neutro del sistema, con tubería en acero.

Ecuación 16. Caída de voltaje línea neutro transportador 1 (tubería en acero)

$$V_{drop} = 27 \times 0.015 \left(2.5591 \times \mathrm{Cos}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.76)\right) + 0.2133 \times \mathrm{Sin}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.76)\right)\right) = 0.3576 \text{ V}$$

6.5.2.4. Caída de voltaje línea neutra (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 17 se calcula la caída de voltaje en el neutro del sistema, con tubería en PVC.

Ecuación 17. Caída de voltaje línea neutro transportador 1 (tubería en PVC)

$$V_{drop} = 27 \times 0.015 \left(2.5591 \times \mathrm{Cos}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.76)\right) + 0.1706 \times \mathrm{Sin}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.76)\right)\right) = 0.3409 \text{ V}$$

6.5.2.5. Caída de tensión trifásica (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 18 se calcula la caída de tensión trifásica, con tubería en acero.

Ecuación 18. Caída de tensión trifásica transportador 1 (tubería en acero)

$$3\mathrm{PH}\,V_{drop} = \sqrt{3} \times 0.3576 = 0.6194 \text{ V}$$

6.5.2.6. Caída de tensión trifásica (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 19 se calcula la caída de tensión trifásica, con tubería en PVC.

Ecuación 19. Caída de tensión trifásica transportador 1 (tubería en PVC)

$$3PH\,V_{drop} = \sqrt{3} \times 0.3409 = 0.5905\ V$$

6.5.2.7. Caída de tensión trifásica en porcentaje (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 20 se calcula la caída de tensión trifásica en porcentaje, con tubería en acero.

Ecuación 20. Caída de tensión trifásica en porcentaje transportador 1 (tubería en acero)

$$\%3PH\,Vdrop = \frac{0.6194}{460} \times 100 = 0.14\%$$

%3PH Vdrop < 3%

6.5.2.8. Caída de tensión trifásica en porcentaje (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 21 se calcula la caída de tensión trifásica en porcentaje, con tubería en PVC.

Ecuación 21. Caída de tensión trifásica en porcentaje transportador 1 (tubería en PVC)

$$\%3PH\,Vdrop = \frac{0.5905}{460} \times 100 = 0.13\%$$

%3PH Vdrop < 3%

La caída de tensión a carga nominal, está por encima de los valores requeridos, se buscará por tanto la combinación de 2 o más cables en paralelo que cumplan con las condiciones de corriente y caída de tensión indicados en la sección 4.4.1.

6.5.3. Protecciones utilizadas

Transportador: 20Hp a 460V es 27A, 27A*1,25= 33,75A buscando el valor comercial se encontró uno que maneja de 32-45A, ya teniendo el protector termomagnético se eligen el resto de protecciones dentro de su mismo rango de operación. A continuación, se describen las protecciones utilizadas:

- Allen bradley 140M-F8E-C45 32-45A protección magnética
- Allen bradley 100-C37D10 3*37A Contactor

- Allen bradley 193-EEFD 9-45A relé térmico

6.5.4. Selección del Cable para aterrizar los motores

Para la selección del cable de tierra se tiene en cuenta la corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo de protecciones, que en este caso es 45A y se elige con respecto a la tabla 10, en este el valor es mayor de 40A y menor de 60A, por lo cual se puede utilizar calibre #10 pero se implementó calibre #8 para facilitar el cableado ya que como sus fases están en calibre #8 se puede implementar un encauchetado de 4*8 (3 fases y tierra)

6.6. Método de cálculo (transportador 2 y barredor)

Para un motor con los siguientes datos:

- Potencia nominal: 20 HP
- Eficiencia: 91.7 % (Ver Tabla 3)
- Factor de potencia: 76 % (Ver Tabla 3)
- Voltaje nominal: 460 V
- Fases: 3
- Longitud: 30 m

Corriente de motor (I_m) = 27 A (Ver Tabla 2).

La capacidad mínima del cable, después de aplicar los factores de corrección, debe ser igual a 1.25 x I_m, lo que para nuestro caso sería 120 A

6.6.1. Factores de Corrección

La corriente de diseño se ve afectada por los siguientes factores de corrección:

- Por temperatura ((36°C - 40°C): 0.88
- Por Agrupamiento: 0.80

El cable requerido necesita tener una capacidad de corriente igual a la calculada con la ecuación 22.

Ecuación 22. Capacidad de corriente cable transportador 2

$$I = \frac{1.25 \times I_m}{0.8 \times 0.88} = \frac{33.75}{0.704} = 47.94A$$

6.6.2. Selección del Cable

Teniendo en cuenta la capacidad mínima de corriente el cable seleccionado según la Tabla 4 es un 4*8, multipolares con capacidad de corriente de 50A. Se utiliza de 4*8 porque los motores no llevan neutros y están alimentados de un sistema trifásico por lo cual su alimentación solo lleva cuatro líneas, tres fases y la tierra.

6.6.2.1. Corrección de resistencia por temperatura (TUBERÍA EN ACERO)

Impedancia Cable (Tabla 8)

- Resistencia = 2.5591 Ω/km
- Reactancia = 0.2133 Ω/km

6.6.2.2. Corrección de resistencia por temperatura (TUBERÍA PVC)

Impedancia Cable (Tabla 8)

- Resistencia = 2.5591 Ω/km
- Reactancia = 0.1706 Ω/km

6.6.2.3. Caída de voltaje línea neutro (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 23 se calcula la caída de voltaje en el neutro del sistema, con tubería en acero.

Ecuación 23. Caída de voltaje línea neutro transportador 2 (tubería en acero)

$$V_{drop} = 27 \times 0.030 \left(2.5591 \times \mathrm{Cos}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.76)\right) + 0.2133 \times \mathrm{Sin}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.76)\right)\right) = 0.7151 \text{ V}$$

6.6.2.4. Caída de voltaje línea neutro (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 24 se calcula la caída de voltaje en el neutro del sistema, con tubería en PVC.

Ecuación 24. Caída de voltaje línea neutro transportador 2 (tubería en PVC)

$$V_{drop} = 27 \times 0.030 \left(2.5591 \times \mathrm{Cos}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.76)\right) + 0.1706 \times \mathrm{Sin}\left(\mathrm{Cos}^{-1}(0.76)\right)\right) = 0.6818 \text{ V}$$

6.6.2.5. Caída de tensión trifásica (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 25 se calcula la caída de tensión trifásica, con tubería en acero.

Ecuación 25. Caída de tensión trifásica transportador 2 (tubería en acero)

$$3\mathrm{PH}\,\mathrm{V}_{\mathrm{drop}} = \sqrt{3} \times 0.7151 = 1.2386\ \mathrm{V}$$

6.6.2.6. Caída de tensión trifásica (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 26 se calcula la caída de tensión trifásica, con tubería en PVC.

Ecuación 26. Caída de tensión trifásica transportador 2 (tubería en PVC)

$$3\mathrm{PH}\,\mathrm{V}_{\mathrm{drop}} = \sqrt{3} \times 0.6818 = 1.1809\ \mathrm{V}$$

6.6.2.7. Caída de tensión trifásica en porcentaje (TUBERÍA EN ACERO)

Con la ecuación 27 se calcula la caída de tensión trifásica en porcentaje, con tubería en acero.

Ecuación 27. Caída de tensión trifásica en porcentaje transportador 2 (tubería en acero)

$$\%3PH\,Vdrop = \frac{1.2386}{460} \times 100 = 0.27\%$$

%3PH Vdrop < 3%

6.6.2.8. Caída de tensión trifásica en porcentaje (TUBERÍA PVC)

Con la ecuación 28 se calcula la caída de tensión trifásica en porcentaje, con tubería en PVC.

Ecuación 28. Caída de tensión trifásica en porcentaje transportador 2 (tubería en PVC)

$$\%3PH\,Vdrop = \frac{1.1809}{460} \times 100 = 0.26\%$$

%3PH Vdrop < 3%

La caída de tensión a carga nominal, está por encima de los valores requeridos, se buscará por tanto la combinación de 2 o más cables en paralelo que cumplan con las condiciones de corriente y caída de tensión indicados en la sección 4.4.1.

6.6.3. Protecciones utilizadas

Transportador y barredor: 20Hp a 460V es 27A, 27A*1,25= 33,75A buscando el valor comercial se encontró uno que maneja de 32-45A, con el protector termomagnético se eligen las protecciones restantes dentro de su mismo rango de operación. A continuación, se describen las protecciones utilizadas:

- Allen bradley 140M-F8E-C45 32-45A protección magnética
- Allen bradley 100-C37D10 3*37A Contactor
- Allen bradley 193-EEFD 9-45A relé térmico

6.7. Método de cálculo (ventiladores)

Ventiladores: 10HP a 460V es 14A, 14A*1,25= 17,5A su valor comercial más próximo manejo el rango de 18-25A, como los ventiladores no se van a accionar constantemente no manejaran contactor ni relé.

6.7.1. Selección del Cable para aterrizar los motores

Para la selección del cable de tierra se tiene en cuenta la corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo de protecciones, que en este caso es 45A y se elige con respecto a la tabla 10, en este el valor es mayor de 40ª y menor de 60 A, por lo cual se puede utilizar calibre #10 pero se implementó calibre #8 para facilitar el cableado ya que como sus fases están en calibre #8 se puede implementar un encauchetado de 4*8 (3 fases y tierra).

6.7.2. Selección de la tubería Conduit

Para la implementación de este sistema se implementaron cuatro tuberías:

- Acometida de alimentación principal, llega desde barraje principal de la subestación hasta aguas arriba del totalizador del tablero del sistema
- Acometida de alimentación del elevador
- Acometida de alimentación transportador 1
- Acometida de alimentación transportador 2 y barredor

Para la implementación de la tubería primero debemos tener en cuenta que, los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la

Tabla 11 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de conductores o cables a conducir.

Tabla 11. Cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit metálica cables THHN/ THWN

	DIAMETRO DEL TUBO (Pulgadas)						
CALIBRE AWG O KCMIL	**½”**	**¾”**	**1”**	**1 ¼”**	**1 ½”**	**2”**	**2 ½”**
14	12	22	35	61	84	138	241
12	9	16	26	45	61	101	176
10	5	10	16	28	38	63	111
8	3	6	9	16	22	36	64
6	2	4	7	12	16	26	46
4	1	2	4	7	10	16	28
2	1	1	3	5	7	11	20
1	1	1	1	4	5	8	15
1/0	1	1	1	3	4	7	12
2/0	—	1	1	2	3	6	10
3/0	—	1	1	1	3	5	8
4/0	—	1	1	1	2	4	7
250	—	—	1	1	1	3	6

Fuente: MP MAINTPROG. INGENIERÍA ELÉCTRICA INDUSTRIAL. Cantidad de conductores admisible en tubería Conduit metálica cables TW Y THW [en línea] www.maintprog.com.co/wp-content/uploads/2014/11/Cantidad_de_Conductores_Admisible_en_Tubera_Conduit_Metlica-1.pdf [Citado el 24 de Octubre del 2017]

La tubería instalada fue:

- Acometida de alimentación principal, llega desde barraje principal de la subestación hasta aguas arriba del totalizador del tablero del sistema

- Para acometida de alimentación del elevador se instaló tubería de 1 ½” porque contiene cuatro conductores, las tres fases calibre 1/0 y la tierra calibre #6.

- Para acometida de alimentación transportador 1 se instaló tubería de ¾” porque contiene un conductor de 4*8.

- Acometida de alimentación transportadora 2 y barredor se instaló tubería de 1” porque contiene dos conductor de 4*8.

6.8. Implementación

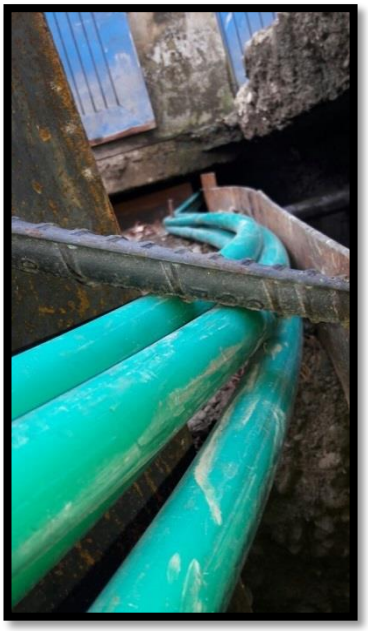
La primera actividad desarrollada fue la definición de posición de los motores; acto seguido se establecieron las rutas de tubería para dar paso a la medición del trayecto, desde el

tablero principal hasta la ubicación de cada motor. Lo anterior es necesario para la elección del calibre del cable; dependiendo de este resultado se eligen las protecciones necesarias. Después de obtener toda esta información se continuó con la elaboración de los planos.

La primera tubería utilizada fue la de PVC, esta se instaló en dos tramos, el primero fue desde el tablero de nuestro sistema hasta la pared de los pasadizos. Se aclara que antes de dar inicio al proceso se realizó una inspección del área para reconocer los riesgos potenciales y definir las estrategias de intervención, esto se hizo todos los días durante el trabajo en la obra (Ver figura 6). La ruta seleccionada para la instalación de esta tubería fue el tramo más corto y con pocas curvas, con la intención de que el tramo tuviera rutas limitadas para facilitar el cableado. También se tuvo en cuenta las sondas de la empresa H y M las cuales tenían una medida de 30 metros, al ser considerado un tramo largo, se implementaron recamaras y sus respectivas campanas. La tubería PVC fue soldada para su correcta unión. (Ver figuras 27-29)

Cuando se implementó la tubería PVC se dejaron tubos de reserva porque el terreno se fundió en cemento.

Figura 26. Tubería PVC instalada para alimentación de motor elevador y reservas



Fuente: el autor

Figura 27. Tubería instalada para alimentación de transportador 1

Fuente: el autor

Figura 28. Pases entre recamara 1 y 2

Fuente: el autor

Figura 29. Pases en tubería PVC entre recamara 1 y 2

Fuente: el autor

El segundo tramo de tubería fue desde el tablero de nuestro sistema hasta la pared del transportador dos, véase figuras 30-32.

Figura 30. Pases transportador 2

Fuente: **el autor**

Figura 31. Pases de tubería PVC para transportador 2

Fuente: el autor

Figura 32. Tubería PVC instalada para alimentación transportador 2

Fuente: el autor

El tercer tramo de tubería instalada fue tipo IMC en el elevador de cangilones para la alimentación de este, en la figura 33 se puede ver a personal de HyM asegurando la tubería a un riel por medio de una abrazadera teniendo en cuenta sus elementos de protección personal, y en las figuras 34, 35 y 37 se puede apreciar esta tubería ya fija.

Figura 33. Instalación tubería IMC para elevador

Fuente: el autor

Figura 34. Tubería IMC instalada para alimentación de elevador

Fuente: el autor

Figura 35. Tubería IMC instalada para alimentación de elevador

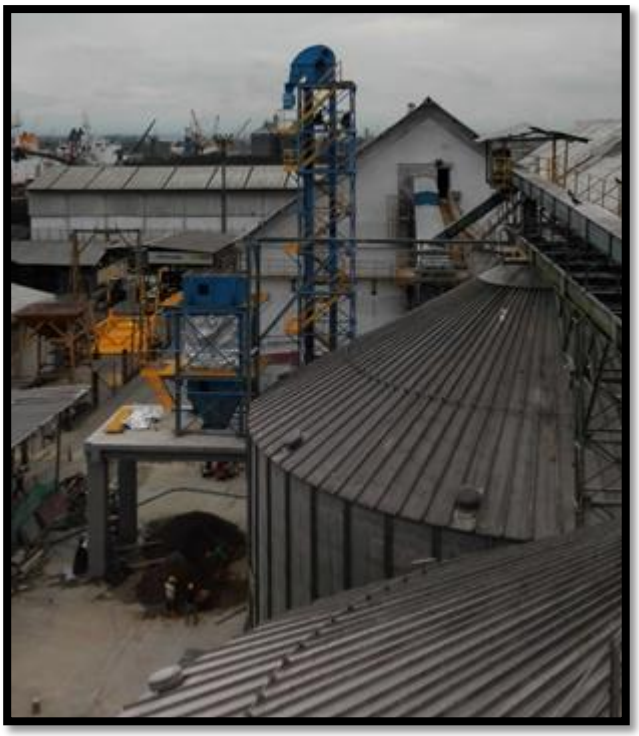
Fuente: el autor

Luego de estar instalada la tubería se continuó con su respectivo cableado para lo cual se necesitó la apertura de recamaras (véase figura 36)

Figura 36. Apertura de recamara 1

Fuente: el autor

Figura 37. Elevador de cangilones y silo 5 planta 2



Fuente: el autor

Figura 38. Tubería IMC instalada en los túneles (entrando al túnel)

Fuente: el autor

Figura 39. Tubería IMC instalada en los túneles (saliendo a elevadores de cangilones)

Fuente: el autor

Después de tener instalada la tubería, se continuó con el armado del tablero, instalación del riel omega y de las respectivas protecciones (véase figura 41) y sus accesorios.

Figura 40. Protecciones de los motores

Fuente: el autor

El armado del tablero inició con la implementación del riel, en el cual fueron instalados los siguientes equipos:

- 1 Fuente de alimentación de modo conmutado compacto Ref. 1606XLP72E
- 1 Totalizador NSX 160 125A

- 1 Totalizador NSX 160 160A
- 1 Arrancador suave 150-F108NBD
- 3 Allen bradley 140M-F8E-C45 32-45A protección magnética
- 3 Allen bradley 100-C37D10 3*37A Contactor
- 3 Allen bradley 193-EEFD 9-45A relé térmico
- 6 pilotos (4 en uso, 2 de reserva)
- 6 selectores (4 en uso, 2 de reserva)
- 2 Transformador 3KVA 440/ 220-110

Y se realizó su respectivo cableado (véase figuras 41-46)

Los transportes y el barredor son motores de 20hp cada uno, para los cuales se utilizó protección magnética Allen bradley 140M-F8E-C45, contactor Allen bradley 100-C37D10 y rele magnético 193-EEFD, así dándole un perfecto funcionamiento y protección a cada uno de estos motores

Los pilotos son indicadores luminosos los cuales sirven para demostrar de manera visual cuando uno de los motores se encuentran prendidos, cada uno de los motores tiene un piloto y además hay dos pilotos de reserva.

Los selectores son los que dan la orden de prender a los motores por medio de los contactores.

El arrancador suave 150-F108NBD y el totalizador NSX 160 125A, son los encargados del control del motor del elevador de cangilones

Un totalizador NSX 160 160, el cual es el encargado de la protección general del circuito

Los dos transformadores fueron instalados para que la empresa OPP pueda tomar energía de ahí para un sistema de iluminación

La fuente de alimentación de modo conmutado compacto Ref. 1606XLP72E va a ser utilizada para la alimentación del sistema automatizado el cual se instalara en enero del 2019

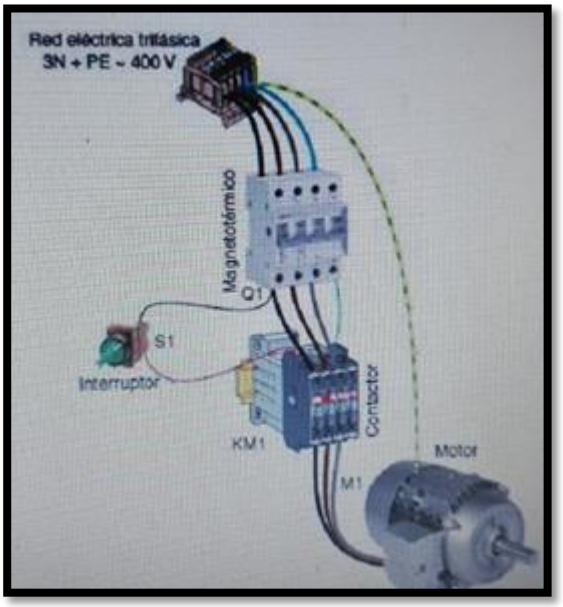
Figura 41. Conectorización del tablero

Fuente: el autor

Figura 42. Barrajes 440V

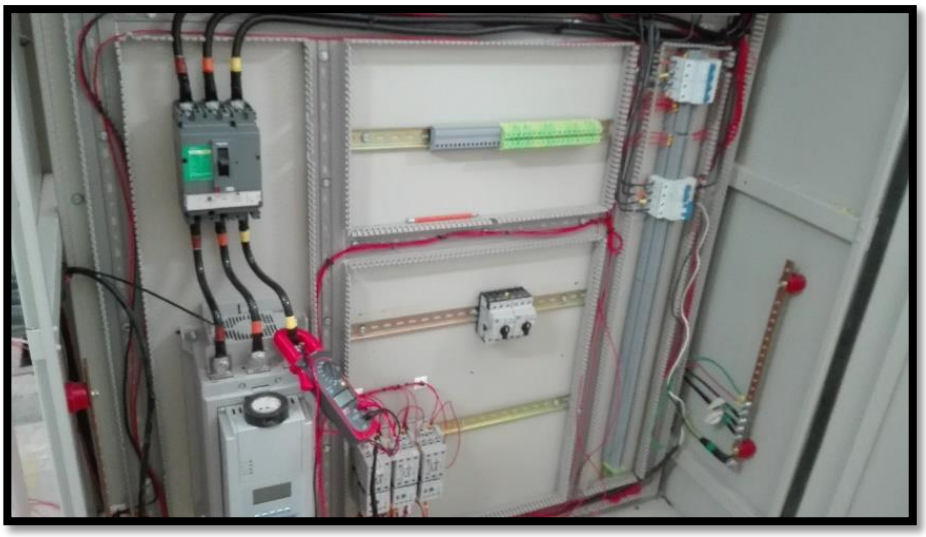
Fuente: el autor

Figura 43. Representación del control de los motores (transportadores y barredor)



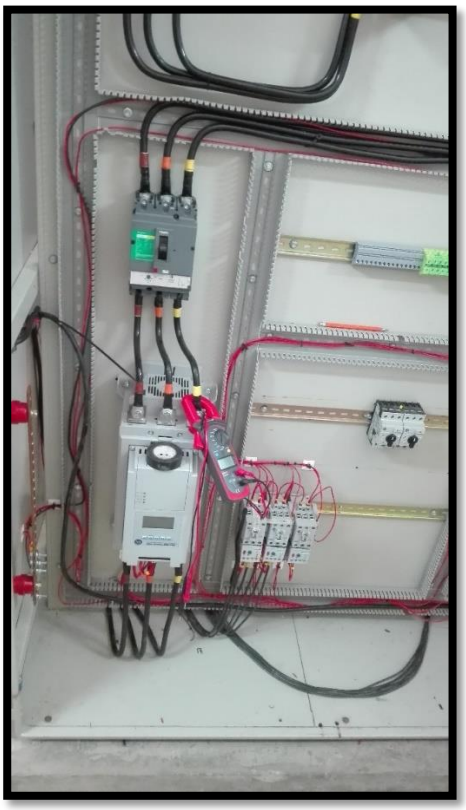
Fuente: AUTOMATISMO INDUSTRIAL. Funcionamiento de un motor asíncrono mediante selector [en línea] <automatismoindustrial.com/d-automatizacion/1-6-logica-cableada/funcionamiento-de-un-motor-asincrono-mediante-selector/> [citado en 16 de marzo de 2018]

Figura 44. Tablero del sistema



Fuente: el autor

Figura 45. Medición de voltaje de las fases del arrancador suave



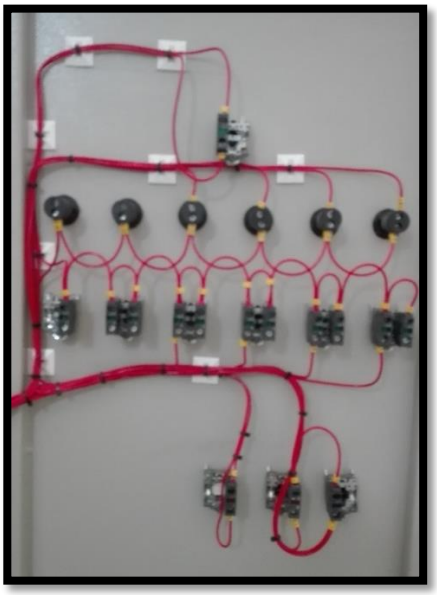
Fuente: el autor

Figura 46. Transformadores y alimentación de ventilador del arrancador suave

Fuente: el autor

En la figura 47 se muestra el cableado de control y de los pilotos, realizado para el sistema.

Figura 47. Parte posterior del sistema de control del silo 5



Fuente: el autor

CONCLUSIONES

El proyecto cumplió con el objetivo propuesto, ya que se realizó un adecuado diagnóstico de los sistemas utilizados en la empresa y de las características favorables y desfavorables de cada uno y, a partir de esto, se diseñó un sistema eléctrico para llenado y vaciado de silos, teniendo en cuenta las necesidades del proceso.

La vida útil del sistema se alargó, debido a que los dispositivos y equipos seleccionados son aptos para trabajar en ambientes abrasivos, evitando el deterioro prematuro de los mismos.

Para retrasar la oxidación y prevenir los puntos calientes, teniendo en cuenta el análisis realizado en los silos tres y siete de la planta dos, se zincaron barajes y terminales, y se equipotenciaron las fases para evitar las fallas presentadas en los silos mencionados.

En el diseño del sistema se tuvo especial cuidado en características del lugar en el cual se lleva a cabo el proceso, como temperatura y humedad, y las necesidades del mismo, de este modo se previenen fallas relacionadas con problemas de corrosión, ya que estas pueden ocasionar paros y mantenimientos no programados, pérdida de confianza en el sistema, accidentes generados por mal contacto, entre otras situaciones que se traducen en un aumento de los costos de operación, y por lo tanto una baja en el nivel de competitividad de la empresa.

La inversión del sistema eléctrico del silo puede considerarse costosa debido al alto valor de los equipos usados, sin embargo, la implementación del sistema reduce el riesgo de atrapamiento de empleados, la mano de obra requerida para el proceso y el deterioro de los granos, por lo tanto representa un ahorro a largo plazo y garantiza la calidad del producto.

7. RECOMENDACIONES

- Debido al alto nivel de humedad de la ciudad de Buenaventura, se sugiere realizar mantenimiento a todas las instalaciones anualmente, evitando la oxidación de los terminales y las fallas que esto podría ocasionar en el sistema.

- Se recomienda capacitar adecuadamente al personal que va a utilizar el sistema y percatarse de la apropiada utilización de los elementos de protección personal, para mitigar los riesgos.

- Cuando se realiza trabajos en alturas, superiores a 1.50 metros, se debe tener en cuenta un protocolo que regule estos tipos de trabajos, dicho protocolo debe estar documentado y ser divulgado, y en él se debe incluir la obligatoriedad de demarcar el área de trabajo y utilizar los elementos de protección personal necesarios, respecto a la resolución 00001409 por la cual se estableció el reglamento de seguridad para protección de caídas en los trabajos en alturas en caso de no cumplir con este reglamento se procede a realizar su llamado de atención por parte de la empresa respectiva.

- Todos los trabajadores que realicen trabajos en alturas deben tener vigente la certificación en trabajo seguro en alturas, esta se renueva cada año, la cual sirve como constancia de que conocen los protocolos para realizar estos trabajos de la mejor manera y afirma que el trabajador tiene las condiciones físicas óptimas para realizarlos[34].

- Para realizar trabajos en espacios confinados[35] se debe planificar por escrito el procedimiento a realizar, este procedimiento debe ser revisado por un supervisor, el cual determinara si es correcto o si es necesario realizar modificaciones.

- Se deben establecer recomendaciones de seguridad a tener en cuenta durante los trabajos en espacios confinados. Mientras se llevó a cabo el proyecto era necesario salir a hidratarse cada media hora, este es un ejemplo de medida o recomendación de seguridad.

- Para futuras intervenciones en el silo, se debe realizar una revisión de gases; mientras se llevó a cabo el proyecto no se realizó porque el silo se encontraba nuevo y el riesgo era mínimo.

---

[34] ARL SURA. Trabajos en alturas y a la altura de la seguridad [en línea] <https://www.arlsura.com/index.php/noticias/173-noticias/2044-trabajos-en-alturas-y-a-laaltura-de-la-seguridad> [citado en 16 de marzo de 2018]

[35] ACHS. Labores en espacios cerrados o confinados [en línea] <http://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/1-labores-espacios-confinados.pdf> [citado en 16 de marzo de 2018]

BIBLIOGRAFÍA

MURPHY, Dennis. Seguridad en el llenado del silo [en línea]. <http://extension.psu.edu/business/ag-safety/espanol/hojas-de-dator-follestos/ seguridad-en-el llenado-del-silo> [Citado en 01 de agosto del 2017]

FUENTE SALUDABLE. Daños que puede causar ingerir alimentos en mal estado [en línea]. <http://www.fuentesaludable.com/que-danos-puede-causar-ingerir-alimentos-en-mal-estado/> [Citado en 01 de agosto del 2017]

EL UNIVERSAL. 50 estudiantes intoxicados por ingerir alimentos en colegio de Barranquilla [en línea]. <http://www.eluniversal.com.co/regional/atlantico/50-estudiantes-intoxicados-por-ingerir-alimentos-en-colegio-de-barranquilla> [Citado en 01 de agosto del 2017]

EL UNIVERSAL. Se intoxicaron 31 internas de la cárcel de San Diego [en línea]. <http://www.eluniversal.com.co/sucesos/se-intoxicaron-31-internas-de-la-carcel-de-san-diego-250520> [Citado en 01 de agosto del 2017]

EL TIEMPO. Personal médico atendió intoxicación de 25 detenidos en estación de policía de Medellín [en línea]. <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/personal-medico-atendio-intoxicacion-de-25-detenidos-en-estacion-de-policia-de-medellin-105740> [Citado en 01 de agosto del 2017].

EL TIEMPO. Atienden a más de 96 personas en Medellín por posible intoxicación [en línea]. <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/atienden-a-mas-de-96-personas-en-medellin-por-posible-intoxicacion-89698> [Citado en 01 de agosto del 2017].

SUPERINTENDENCIA DE PUERTOS Y TRANSPORTE, MINISTERIO DE TRANSPORTE. Boletín estadístico, tráfico portuario en Colombia, primer trimestre del 2016 [en línea]. <http://www.supertransporte.gov.co/documentos/2016/Julio/Puertos_11/2016-0627_Boletin%20 Puertos%202016_PrimTrim_V4_123.pdf> [Citado el 01 de agosto del 2017]

EL PAÍS. Conozca cuales son los alimentos importantes que más consumen los colombianos [en línea]. <http://www.elpais.com.co/economia/conozca-cuales-son-los-alimentos-importados-que-mas-consumen-los-colombianos.html> [Citado en 01 de agosto del 2017]

VENTURA GROUP, OPP. Gráneles somos [en línea]. <http://www.venturagroup.com/opp/somos/> [Citado en 01 de agosto del 2017].

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE FAO. La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de los granos pos cosecha [en línea]. <http://www.fao.org/docrep/X5041S/X5041S00.htm> [Citado en 01 de agosto del 2017]

DE LA CRUZ, Juan Luis. Ventajas del silo metálico frente al silo bolsa para almacenar el grano [en línea]. <http://siloscordoba.com/es/2013/07/11/ventajas-del-silo-metalico-frente-al-silo-bolsa-para-almacenar-el-grano/> [Citado en 01 de agosto del 2017]

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE FAO. La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de los granos pos cosecha [en línea]. <http://www.fao.org/docrep/X5041S/X5041S00.htm> [Citado en 01 de agosto del 2017].

BOLÍVAR, Mario. Manejo de granos en almacenamiento, causas de deterioro y prevención [en línea]. <http://www.bioline.org.br/pdf?la07050> [Citado en 01 de agosto del 2017]

SCHRAGE. Carga y descarga del material a granel [en línea]. <http://www.schrage.de/es/know-how/tecnologia-aplicada/carga-de-material-a-granel.html> [Citado en 01 de agosto del 2017]

OPP GRÁNELES. Nuestros clientes [en línea]. <http://www.oppgraneles.com/zona-clientes> [Citado en 01 de agosto del 2017].

GARAY LEIVA EVA ELIZABETH & PORTILLO AYALA MIKEL SMELYN. Seminario de trabajo de investigación: Diseño de un sistema para la planta de almacenamiento de granos básicos para los sistemas de pesaje, almacenamiento y control de inventarios en ex-ira San Martin. Antiguo Cuscatlán (El Salvador), 2016, 194 pág. Trabajo de grado (Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones). Universidad Dr. José Matías Delgado. Facultad de Ingeniería. Disponible en el catálogo en línea de la Universidad Dr. José Matías Delgado: <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/05/INI/0002281-ADTESGD.pdf>

CHADÁN JUAN. Estudio de un sistema dosificador de granos en la tolva de un molino de piedra para optimizar el proceso de molienda de cebada y maíz. Ambato (Ecuador), 2011, 150 pág. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería. Disponible en el catálogo en línea de la Universidad Técnica de Ambato: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1357>

CONCEPTODEFINICION.DE. Definición de electricidad [en línea]. <http://conceptodefinicion.de/electricidad/> [Citado en 06 de Octubre del 2017]

SARMIENTO, Martín. Automatismos cableados: Aparatos de maniobra manual [en línea]. <https://todoclase.files.wordpress.com/2011/11/2-aparatos-de-maniobra-manual.pdf > [Citado en 06 de Octubre del 2017]

GLOSARIO SENER ELECTRICIDAD. Glosario de términos de electricidad [en línea]. <http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_elec_es.pdf> [Citado en 23 de agosto del 2017]

MCGRAW-HILL. Motores eléctricos [en línea]. <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf> [Citado en 23 de agosto del 2017]

MCGRAW-HILL. Distribución interna de productos [en línea]. <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448146980.pdf> [Citado en 23 de agosto del 2017]

VIDMAR. Almacenaje y transporte, Silos Verticales y Horizontales [en línea]. <https://vidmargroup.com/productos-servicios/almacenaje-transporte-materiales/silos-verticales-y-horizontales/> [Citado en 23 de agosto del 2017]

RAVENET, Juan. Silos para almacenamiento de cemento [en línea]. <imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Silos/4%20Silos%20para%20almecenamiento%20de%20cemento.pdf> [Citado en 23 de agosto del 2017]

CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL. Accionadores y Preaccionadores [en línea]. <http://ceiisa.blogspot.com.co/2015/01/accionadores-y-preaccionadores.html> [Citado en 23 de agosto del 2017]

ITE EDUCACIÓN. Tipos de actuadores eléctricos [en línea]. <http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/47/cd/mod2/2d_2.htm> [Citado en 23 de agosto del 2017]

ECURED. Transportador de cangilones [en línea]. <https://www.ecured.cu/Transportador_de_cangilones> [Citado el 23 de agosto del 2017]

GARCÍA, Sergio. Guía N° 5: Canalización [en línea]. <https://es.scribd.com/document/348856825/Guia-5-PDF-Conduit > [Citado 29 de Agosto del 2017]

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Código Eléctrico Colombiano. Bogotá: ICONTEC, 1998. 847 pág.: il. (NTC 2050)

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Bogotá: MINMINAS, 2013. 211 pág.: il (ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES)

ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI & CARLOS FERNÁNDEZ CALLADO & PILAR BAPTISTA LUCIO. Metodología de la investigación. (2010). Editorial McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Quinta edición. Capítulo 3, página #44. México DF.

UNDERWRITER LABORATORIES INC. Colmena Conduit [en línea]. <http://www.nalelectricos.com.co/archivos//Ficha-Tecnica-IMC-ColmenaConduit40.pdf> [Citado en 24 de agosto del 2017]

ELECTRICIDAD PRÁCTICA. Protección de motores eléctricos [en línea]. <http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com.co/2011/07/proteccion-de-motores-electricos.html> [Citado en 3 de Septiembre del 2017]

ARL SURA. Trabajos en alturas y a la altura de la seguridad [en línea] <https://www.arlsura.com/index.php/noticias/173-noticias/2044-trabajos-en-alturas-y-a-laaltura-de-la-seguridad> [citado en 16 de marzo de 2018]

ACHS. Labores en espacios cerrados o confinados [en línea] <http://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/1-labores-espacios-confinados.pdf> [citado en 16 de marzo de 2018]

ANEXOS

Anexo A. Documento DWG: “Diagrama fuerza y control CCM SILO 5 ASBUILT”

Anexo B. Documento DWG: “Diagramas funcionales”

Anexo C. Documento: “Presup Electr OPP Gran Bvtura HyM”