

INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR
DE HUATUSCO

IDENTIFICACIÓN Y ETIQUETADO DE LÍNEAS DE CORRIENTE, DISPOSITIVOS DE CONTROL Y DE ACCIONAMIENTO DE CARGAS

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO ELECTROMECÁNICO

PRESENTA:
C. CARLOS DANIEL HERNÁNDEZ REYES

DIRECTORA DE TRABAJO RECEPCIONAL
M.C. Laura Adriana Galicia Galicia

HUATUSCO, VER**.**

Índice general

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS 8

RESUMEN 9

I. INTRODUCCIÓN 10

II. ESTADO DEL ARTE 11

III. MARCO TEÓRICO 13

Voltaje, corriente, resistencia y conductancia 13

Voltaje 13

Corriente 13

Resistencia 15

Conductancia 15

Fuentes de voltaje y corriente 16

La fuente de voltaje ideal 16

Baterías 16

Generadores de C.A. 17

El circuito eléctrico 20

Dirección de la corriente 20

El circuito básico 20

Potencia dentro de un circuito 20

La unidad de energía kilowatt-hora (kWh) 22

Cálculo de la potencia dentro de un circuito 22

Caída de voltaje en una resistencia o una carga 23

Elementos dentro de un circuito eléctrico 25

Sistema eléctrico 25

Interruptores generales 27

Disyuntor diferencial 28

Interruptor termomagnético 28

Interruptor o seccionador de cuchillas 29

Contactor 30

Relé 31

Relé térmico 31

Temporizador 32

Transformador 33

Tableros eléctricos 34

Clasificación de los tableros eléctricos 36
Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas 41
Artículo 408: tableros de distribución, tableros de potencia y tableros de alumbrado y control. 41
Norma oficial mexicana NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.....45
Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.....45
Control de fuentes peligrosas: candadeo y etiquetado; Título 29 del Código de Reglamentos Federales OSHA.....45
Importancia del candadeo y etiquetado 46
Procedimiento a seguir para el bloqueo de una fuente de energía.....46
Permiso de trabajo.....46
Cuando se aplica un permiso de trabajo 48
Cuando es necesario un permiso de trabajo 48
Responsabilidades para el PWT.....49
Tipos de permiso de trabajo.....49
Instrumentos de medición eléctricos, Equipo de Protección Personal (EPP) y sustancias dieléctricas. 49
Multímetro.....49
Localizador Digital de Interruptores/Fusibles y Comprobador de Tomas de Tensión 50
Etiquetadora electrónica.....50
Guantes de protección 51
Casco de protección 52
Botas industriales.....52
Lentes de seguridad industrial 53
Overol de trabajo 54
IV. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....55
V. HIPÓTESIS.....56
VI. OBJETIVOS.....57
Objetivo general.....57
Objetivos específicos.....57
VII. METODOLOGÍA 57
4.1 Planeación y realización del permiso de trabajo 57
Procedimiento para elaborar y solicitar un permiso de trabajo 62

4.2 Procedimiento de mantenimiento a los interruptores de acuerdo con las normas NOM-029 y NOM-017.....64

Delimitación del área, bloqueo y candadeo del centro de carga principal.....65

4.3 Limpieza y mantenimiento en general de los interruptores de cuchilla, canaletas y fusibles 67

4.4 Corrección de fallas encontradas durante el mantenimiento 73

4.5 Identificación y etiquetado de las cajas de fusibles, interruptores termomagnéticos, pastillas en los centros de carga y contactos 75

Identificación y etiquetado de interruptores de cuchillas con su respectivo interruptor termomagnético.....75

Identificación y etiquetado de pastillas o breakers termomagnéticos y contactos de 110 y 220 volts.....77

4.6 Comprobación de los parámetros de los elementos del sistema eléctrico: medidas, materiales, cálculos y cumplimiento de estándares según lo establecido en la NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas.....80

Terminales.....80

Disposición de las fases en corriente alterna. 80

Identificación de tableros de distribución, tablero de potencia y panel de alumbrado y control (Marcado).....81

Directorio del circuito o identificación del circuito. 83

Distancia para el conductor que entra en el envolvente de la barra conductora.....83

Separaciones desde el plafón 84

Conductor - tamaño y ampacidad mínimos. 84

Cálculo y comprobación de los sistemas de alimentación.....85

VIII. RESULTADOS Y DISCUCIÓN 92

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....95

X. REFERENCIAS BIBBLIOGRÁFICAS.....96

Bibliografía 96

Ilustración 1. Movimiento de electrones dentro de un conductor. 14
Ilustración 2. Dirección del movimiento de los electrones 14
Ilustración 3. Símbolos representativos de una fuente de corriente directa (c.d.) y alterna (c.a.) respectivamente. 16
Ilustración 4. Estructura de una celda de batería. 16
Ilustración 5. Principio fundamental de un generador eléctrico de corriente alterna. 17
Ilustración 6. Etapas de alternación de un generador. 19
Ilustración 7. Alimentación de una carga mediante una batería. 20
Ilustración 8. Corriente disipada en forma de calor. 22
Ilustración 9. Energía eléctrica a través de un circuito resistivo. 24
Ilustración 10. Elementos que conforman a un sistema eléctrico. 25
Ilustración 11. Sistema interno de un usuario. 25
Ilustración 12. Interruptor termomagnético general. 27
Ilustración 13. Disyuntor diferencial. 28
Ilustración 14. Interruptor o breaker termomagnético. 29
Ilustración 15. Interruptor de cuchillas 29
Ilustración 16. Contactor 30
Ilustración 17. Diagrama de un relé. 31
Ilustración 18. relé electromagnético o relevador. 31
Ilustración 19. Relé térmico. 32
Ilustración 20. Temporizador digital. 33
Ilustración 21. Transformador 33
Ilustración 22. Transformador seco. 34
Ilustración 23. Tablero eléctrico. 35
Ilustración 24. Tablero eléctrico general. 36
Ilustración 25. Tablero general auxiliar. 36
Ilustración 26. Tablero de distribución. 37
Ilustración 27. Tablero común o de paso. 37
Ilustración 28. Tablero de comando. 38
Ilustración 29. Tablero de control y maniobra. 38
Ilustración 30. Tablero de concentración de cargas alumbrado. 39
Ilustración 31. Tablero de fuerza con interruptores tripolares. 39
Ilustración 32. Tablero de control. 40
Ilustración 33. Tablero de señalización. 41
Ilustración 34. Estructura y formato de un permiso de trabajo. 47
Ilustración 35. Multímetro digital. 50
Ilustración 36. Localizador inalámbrico de interruptores. 50
Ilustración 37. Etiquetadora digital. 51
Ilustración 38. Guates de protección. 51
Ilustración 39. Casco de protección. 52
Ilustración 40. Botas industriales. 53
Ilustración 41. Lentes de seguridad. 53
Ilustración 42. Overol de trabajo. 54
Ilustración 43. Permiso de trabajo firmado y autorizado 59
Ilustración 44. responsable del trabajo en el PWT. 60

Ilustración 45. Supervisor del área en el PWT. 60
Ilustración 46. Personal de seguridad industrial en el PWT. 61
Ilustración 47. Gerente de mantenimiento en el PWT. 61
Ilustración 48. Original del PWT. 62
Ilustración 49. Copia azul del PWT. 63
Ilustración 50. Copia amarilla del PWT y tablero de permiso de trabajo....63
Ilustración 51. Firma de cierre del PWT una vez concluido el trabajo. 64
Ilustración 52. Área de SURFACE o mantenimiento de cabinas. 65
Ilustración 53. Cabina de control.....65
Ilustración 54. Centro de carga principal.....65
Ilustración 55. Cinta delimitadora. 66
Ilustración 56. Desactivación de los interruptores termomagnéticos. 66
Ilustración 57. Candadeo del tablero principal.....66
Ilustración 58. Comprobación y medición de ausencia de energía. 67
Ilustración 59. Canaletas de conductores.....67
Ilustración 60. Bajantes de conductores para alimentación.....68
Ilustración 61. Retiro de fusibles de las cajas de los interruptores.....68
Ilustración 62. Limpieza y verificación de la caja de fusibles. 70
Ilustración 63. Aplicación de agente dieléctrico a los terminales de conexión. 71
Ilustración 64. Apriete de conexiones, tornillería y sopleteo de terminales. 71
Ilustración 65. Limpieza y apriete de cartucho de fusibles.....72
Ilustración 66. Comprobación de continuidad de los fusibles.....72
Ilustración 67. Pochado de terminal con pinza hidráulica.....73
Ilustración 68. Cambio de posición del interruptor principal. 74
Ilustración 69. Reapriete de conexiones de terminales de alimentación a 440 volts. 74
Ilustración 70. Montaje de fusibles dentro de los interruptores de fusibles.....75
Ilustración 71. Retiro del bloqueo del panel principal.....76
Ilustración 72. Identificación de interruptor termomagnético con su respectivo interruptor de cuchillas.....76
Ilustración 73. Identificación general de todos los interruptores.....77
Ilustración 74. Etiquetado del candado de cada interruptor de cuchillas. 77
Ilustración 75. Identificación de contactos a 110 volts.....78
Ilustración 76. Identificación de contactos a 220 volts: tensión = 0 v. 78
Ilustración 77. Identificación de contactos a 220 volts: tensión = 223.4 v. 79
Ilustración 78. Etiquetado de tomacorrientes a 110 volts.....79
Ilustración 79. Puesta a tierra de tablero de cargas. 80
Ilustración 80. Identificación de las fases de alimentación del tablero. 81
Ilustración 81. Etiqueta de información correspondiente con cada tablero. 81
Ilustración 82. Etiqueta de información de un tablero de control.....82
Ilustración 83. Etiqueta de datos técnicos de tablero. 82
Ilustración 84. Directorio de cargas puesto dentro de cada tablero de cargas. 83
Ilustración 85. Distancia para el envolvente que aísla a las terminales eléctricas.....83
Ilustración 86. Distancia que separa al plafón del techo falso.....84
Ilustración 87. Conductor de alimentación de los tableros eléctricos calibre 4. 84
Ilustración 88. Alumbrado de taller y cuarto eléctrico "G".....85

Ilustración 89. Termomagnético de alumbrado. 86
Ilustración 90. Área de Surface y tableros de alimentación de las cabinas. 88
Ilustración 91. Termomagnético de interruptor de cuchillas. 88
Ilustración 92. Torno CNC y calibre de cable de alimentación. 90
Ilustración 93. Termomagnético de alimentación. 91
Ilustración 94. Mantenimiento y etiquetado de interruptores en SURFACE. 92
Ilustración 95. Mantenimiento general de tableros eléctricos. 93
Ilustración 96. Etiquetado de interruptores para equipos dentro del taller. 93
Ilustración 97. Formato de mantenimiento preventivo y correctivo para tableros eléctricos, centros de carga e interruptores. 94

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Primeramente, creo que es necesario el agradecer a la empresa en la cual llevé a cabo mis residencias profesionales, ya que el compartir conmigo algunas de sus necesidades e involucrarme en la solución de las mismas me ha llevado a adquirir un amplio conocimiento de los procedimientos prácticos de ingeniería en el mantenimiento eléctrico específicamente. Así mismo, el capacitarme y otorgarme conocimientos en materia de seguridad industrial, procedimientos eficientes, trabajos y operación con maquinaria ha ampliado mi perspectiva acerca de lo que es trabajar en la industria. También es importante señalar que el aprendizaje como tal se da a partir de la imitación y el trabajo en conjunto con personas que ya tienen experiencia como operadores, técnicos u otros ingenieros, de los cuales también estoy agradecido por compartir conmigo sus conocimientos.

En lo que respecta a la escuela, básicamente la noción que tenía hasta antes de llevar a cabo mis prácticas profesionales era meramente basada en los conocimientos de cálculo y actividades que realizaba en las prácticas de laboratorio o en ambientes controlados, sin embargo, esas son las bases o los pilares sobre los cuales me apoyé para relacionar lo aprendido de forma teórica con lo que desempeñé de forma práctica dentro de la empresa.

Por supuesto está el reconocimiento a todos mis profesores, por sus enseñanzas y la formación me dieron. A mi asesora que en todo momento estuvo disponible para aclarar cualquier duda que surgiera y la cual me guio durante el proceso de desarrollo de mi tesis.

Por último, pero no menos importante, dedico este trabajo y este logro a todas las personas que me dieron siempre ese ánimo cuando más lo necesité, y me refiero a todos en general los que me hicieron fuerte cuando dudé de mí mismo (familiares, amigos, compañeros) y primordialmente a mi esposa y mi hija las cuales fueron mi principal impulso para querer ser mejor cada día. Me reconozco y agradezco a mí mismo por tener el coraje de sobrellevar una vida familiar, sentimental y académica al mismo tiempo, siempre manteniéndome ambicioso y con ganas de seguir avanzando en todos los ámbitos de mi día a día, es una característica con la que aún lucho por mejorar, pero creo que será la que me garantice una vida extraordinaria.

RESUMEN

El mantenimiento correctivo y preventivo para un sistema eléctrico es indispensables en casi todos los aspectos que se refieren y tienen que ver con el asegurar un buen funcionamiento de todos los dispositivos que están conectados y dependen de él para funcionar de forma óptima y sin inconvenientes. La parte que corresponde al accionamiento y control de cargas es de suma relevancia ya que a partir de ahí se derivan todas las conexiones del sistema, esta parte debe de estar correctamente señalizada e identificada para su correcta maniobrabilidad al momento de realizar un mantenimiento, energizar o des energizar un equipo.

El presente proyecto se centra precisamente, en el mantenimiento y etiquetado de los centros de carga y control del sistema eléctrico de la planta de Schlumberger, dentro de la cual, debido a modificaciones o ajuste de cargas, el sistema ha ido cambiando, aunque, sin embargo, las señalizaciones y actualizaciones dentro de los planos o tableros no ha sido la correcta.

Se muestran todas las acciones tomadas a cabo con respecto al correcto mantenimiento de los dispositivos de un sistema eléctrico, a su vez, de las medidas de seguridad tomadas a cabo para asegurar la protección e integridad personal en todo momento. Es importante señalar que todas las acciones llevadas a cabo con respecto al etiquetado y señalización de los tableros se apegan a los estándares de las normas mexicanas que así lo marcan. De las cuales podemos resaltar a la NOM-001 cuyo tema central se refiere al diseño y condiciones óptimas de una instalación o sistema eléctrico; la NOM-027 la cual habla del mantenimiento que debe de tener un dispositivo de control o distribución, en este caso, tableros eléctricos; así como la NOM-017 la cual establece las condiciones y herramientas de equipo de protección personal necesario dentro de un centro de trabajo para mantenerse seguro en todo momento.

I. INTRODUCCIÓN

En las instalaciones de cableado es absolutamente necesario contar con una buena documentación de todos los componentes instalados. Esta documentación para ser efectiva debe de ir acompañada de un correcto etiquetado de dichos componentes, de tal manera que su localización sea rápida y precisa, facilitando al mismo tiempo las labores de mantenimiento y de búsqueda de averías en su caso.

El marcado de cables permite identificar cada conductor respecto al plano de montaje. Eso facilita la construcción y el posterior mantenimiento del centro de carga.

La señalización puede hacerse de forma alfabética, numérica o alfanumérica. Para el marcaje se utilizan etiquetas o bridas de identificación.

Los conductores, además de estar identificados por etiquetas, deben tener una buena terminación que evite las desconexiones o falsos contactos. Para esto se utilizan casquillos (o punteras), terminales de ojal, de horquilla, de pin afilado, de lámina o zapatas de empalme.

La correcta organización de los cables es fundamental para su óptimo funcionamiento y posibles operaciones de mantenimiento. En los centros de carga en los que coexistan circuitos de maniobra y fuerza, se canalizarán independientemente.

Debido a la importancia que tiene este aspecto eléctrico dentro de una edificación, en este proyecto se aborda la resolución de tal problemática, teniendo en cuenta diferentes factores que afectan tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo (en el caso de una falla provocada por algún fenómeno eléctrico) dentro de las instalaciones de la planta de “D&M Schlumberger” Veracruz.

La propuesta contempla la identificación de líneas de contactos de diferentes voltajes (110v, 220v y 440v), las de alumbrado (interno, de taller, perímetro y áreas), así como accionadores (contactores) para una o más cargas conectadas a un elemento de control. Así mismo, el mantenimiento de los centros de carga dentro de los cuartos eléctricos, refiriéndose a su limpieza, balanceo de líneas y reapriete de conexiones.

Todo lo anterior se pretende llevar a cabo con ayuda de herramientas adecuadas para lograr con éxito la tarea encomendada, tales como, multímetro, probador de corriente, equipo de protección personal EPP (lentes, casco, overol, guantes, botas), identificadores

de contactos y la implementación de técnicas como limitaciones de área, candadeo de centros de carga y aislamiento eléctrico (deshabilitando breakers o pastillas).

II. ESTADO DEL ARTE

En el sector industrial o comercial, es una pieza fundamental para alcanzar mayor productividad. Sin ello, se pueden provocar situaciones de peligro, accidentes y problemas de salud.

“El 64% de los desastres están relacionados con fuego; el 22% se debe a fallas en las instalaciones eléctricas”.

Realizar periódicamente el mantenimiento de las instalaciones eléctricas salva vidas, mejora el rendimiento de los equipos, ahorra considerables sumas de dinero y disminuye el consumo de energía. Sin embargo, su puesta en práctica no es tan habitual como se esperaría y los accidentes consecuentes de su omisión siguen en aumento.

De acuerdo con estudios, a escala mundial, más de 20 por ciento de los incendios registrados, ya sean dentro de viviendas u otro tipo de instalaciones, se deben a la falta de mantenimiento o reparaciones inadecuadas dentro del sistema eléctrico.

En México, las cifras no son para nada alentadoras. Según datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en 2009 se presentaron 560 muertes por electrocución, de las cuales, 31.4 por ciento ocurrieron en viviendas. Esto significa que cada 48 horas murió una persona a causa de accidentes eléctricos domésticos. No es para sorprenderse: existe un vacío legal al respecto.

En materia de normas, la NOM-001-SEDE-2005 hace referencia al mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo y sus condiciones de seguridad; pero no existe ninguna ley que obligue inspecciones en los hogares.

Sin mantenimiento, las obras y quienes las habitan corren serio peligro. El problema es que los clientes no suelen comprende su importancia. Como las instalaciones no son visibles, no les hacen caso.

El mantenimiento en instalaciones eléctricas comenzó a registrase durante la Revolución Industrial, pero no fue sino hasta la década de 1960 cuando la industria automotriz japonesa comenzó a popularizarlo y a extenderlo hacia otros sectores.
Las empresas extranjeras se interesan más por estos procesos, siendo frecuente en el sector salud, hotelero y en diversas industrias, como en la del acero o la del petróleo.
Con el mantenimiento se pueden detectar fallas que empiezan a gestarse y que pueden producir en el futuro una parada de planta, en el caso de tratarse de una industria o un siniestro que afecta a las personas y a las instalaciones.

El mantenimiento de instalaciones eléctricas integra diversas acciones que efectivizan el rendimiento de los equipos; entre ellas, se destacan la inspección, el ensayo, la medición, la sustitución y la limpieza.

Frecuencia de incendios discriminada por equipos eléctricos
• Interruptores 62%
• Transformadores 49%
• Equipos eléctricos varios 45%
• Distribución eléctrica (cables, barras) 29%
• Motores eléctricos 15%
• Computadoras 11% [1]

III. MARCO TEÓRICO

Voltaje, corriente, resistencia y conductancia

Voltaje

Como se ha visto, existe una fuerza de atracción entre una carga positiva y una negativa. Se debe aplicar cierta cantidad de energía, en forma de trabajo, para vencer dicha fuerza y separar las cargas a determinada distancia. Todas las cargas opuestas poseen cierta energía potencial a causa de la separación que hay entre ellas. La diferencia en la energía potencial por carga es la diferencia de potencial o voltaje. En circuitos eléctricos, el voltaje es la fuerza propulsora y es lo que establece la corriente. Como una analogía, considere un tanque de agua que está soportado a varios pies sobre el nivel del suelo. Se debe ejercer una cantidad dada de energía, en forma de trabajo, para subir agua y llenar el tanque. Una vez almacenada en el tanque, el agua tiene cierta energía potencial que, si es liberada, puede utilizarse para realizar trabajo. El voltaje, simbolizado mediante V, se define como energía o trabajo por unidad de carga.

$$V = \frac{W}{Q}$$

Donde:
V= voltaje en volts (V)
W= energía en Joules (J)
Q= carga en coulombs (C)

La unidad de voltaje es el volt, simbolizada mediante V.

Un volt es la diferencia de potencial (voltaje) entre dos puntos cuando se utiliza un joule de energía para mover un coulomb de carga de un punto a otro.

Corriente

El voltaje proporciona energía a los electrones, lo que les permite moverse por un circuito. Este movimiento de electrones es la corriente, la cual produce trabajo en un circuito eléctrico. En todos los materiales conductores y semiconductores están disponibles electrones libres. Estos electrones se mueven al azar en todas direcciones, de un átomo a otro, dentro de la estructura del material (Figura 4).

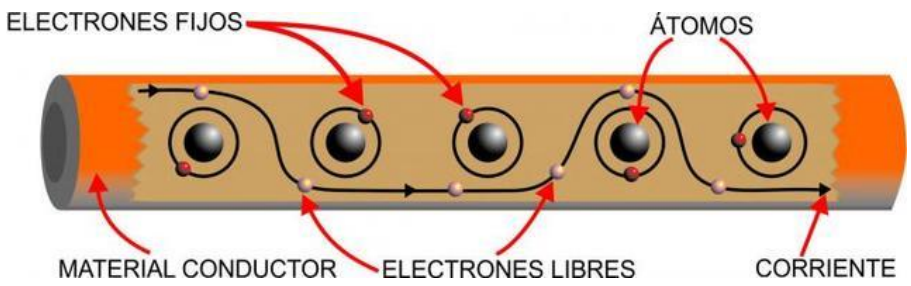


Ilustración 1. Movimiento de electrones dentro de un conductor.

Si en un material conductor o semiconductor se establece voltaje, un extremo del material se vuelve positivo y el otro negativo. La fuerza repulsiva producida por el voltaje negativo en el extremo izquierdo hace que los electrones libres (cargas negativas) se muevan hacia la derecha. La fuerza de atracción producida por el voltaje positivo en el extremo derecho tira de los electrones libres hacia la derecha. El resultado es un movimiento neto de los electrones libres desde el extremo negativo del material hasta el extremo positivo (Figura 5).

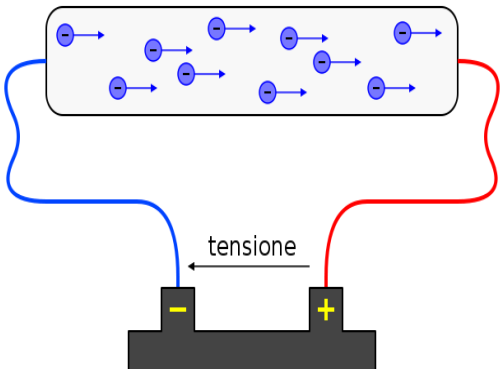


Ilustración 2. Dirección del movimiento de los electrones

.

El movimiento de estos electrones libres del extremo negativo del material al extremo positivo es la corriente eléctrica, simbolizada mediante I. La corriente eléctrica es la velocidad que lleva el flujo de la carga. En un material conductor, el número de electrones (cantidad de carga) que fluyen más allá de cierto punto en una unidad de tiempo determinan la corriente.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Donde:
I= corriente en amperes (A)
Q= cargas en coulombs (C)
t= tiempo en segundos (s)

Un ampere (1 A) es la cantidad de corriente que existe cuando cierto número de electrones, cuya carga total es de un coulomb (1 C), pasa por un área de sección transversal dada en un segundo (1 s).

Resistencia

Cuando en un material existe corriente, los electrones libres se mueven en éste y de vez en cuando chocan con átomos. Estas colisiones provocan que los electrones pierdan algo de su energía, con lo cual se restringe su movimiento. Entre más colisiones haya, más se restringe el flujo de electrones. Esta restricción varía y está determinada por el tipo de material. La propiedad de un material de restringir u oponerse al flujo de electrones se llama resistencia, R. La resistencia es la oposición a la corriente. La resistencia se expresa en ohms, simbolizada mediante la letra griega omega (Ω). Existe un ohm (1 Ω) de resistencia si hay un ampere (1 A) de corriente en un material cuando se aplica un volt (1 V) al material.

$$R = \frac{V}{I}$$

Donde:
R= resistencia (Ohms)
V= voltaje (Volts)
I= Intensidad (Amp)

Conductancia

El recíproco de la resistencia es la conductancia, simbolizada mediante G. La conductancia es una medida de la facilidad con que se establece la corriente.

$$G = \frac{1}{R}$$

Donde:
G= conductancia (siemens)
R= resistencia (Ohms)

La unidad de conductancia es el siemens, abreviada con S. Por ejemplo, la conductancia de un resistor de 22Ω es [2]

$$G = \frac{1}{22K\Omega} = 45.5\ \mu S$$

Fuentes de voltaje y corriente

La fuente de voltaje ideal

Una fuente de voltaje ideal puede proporcionar un voltaje constante para cualquier corriente requerida por un circuito. La fuente de voltaje ideal no existe, pero puede ser aproximada en la práctica. Se supondrá ideal a menos que se especifique lo contrario. Las fuentes de voltaje pueden ser de cd o de ca. Un símbolo común para una fuente de voltaje de cd se muestra en la figura 6, y uno para una fuente de voltaje de ca.



Ilustración 3. Símbolos representativos de una fuente de corriente directa (c.d.) y alterna (c.a.) respectivamente.

Baterías

Es un tipo de fuente de voltaje que convierte energía química en energía eléctrica. Una batería se compone de una o más celdas electroquímicas conectadas eléctricamente. Una celda está constituida por cuatro componentes básicos: un electrodo positivo, un electrodo negativo, un electrolito, y un separador poroso. El electrodo positivo tiene deficiencia de electrones debido a una reacción química, el electrodo negativo tiene electrones en demasía debido a una reacción química, el electrolito proporciona un mecanismo para que fluya la carga entre los electrodos positivo y negativo, y el separador aísla eléctricamente los electrodos positivo y negativo. La figura 7 muestra un diagrama básico de una celda de batería.

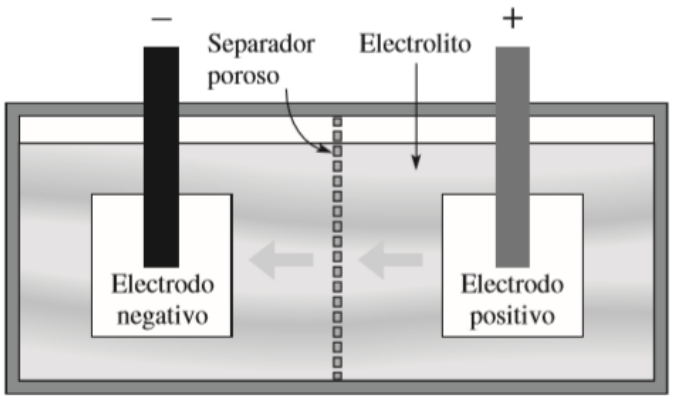


Ilustración 4. Estructura de una celda de batería.

Los materiales utilizados en una celda de batería determinan el voltaje que se produce. En cada uno de los electrodos, la reacción química produce una potencial fijo.

Generadores de C.A.

Los generadores eléctricos convierten la energía mecánica en energía eléctrica por medio de un principio llamado inducción electromagnética. Se hace girar un conductor a través de un campo magnético, y de este modo se produce un voltaje que pasa por el conductor.

La siguiente figura muestra un generador de ca extremadamente simple que consiste en una espira única de alambre conductor en un campo magnético permanente (figura 8). Advierta que cada extremo de la espira de alambre conductor está conectado a un anillo conductor sólido distinto llamado anillo rozante. Un propulsor mecánico, tal como un motor, hace girar la flecha a la cual la espira de alambre conductor está conectada. Conforme la espira gira en el campo magnético entre los polos norte y sur, los anillos rozantes también giran y frotan contra las escobillas que conectan la espira a una carga externa.

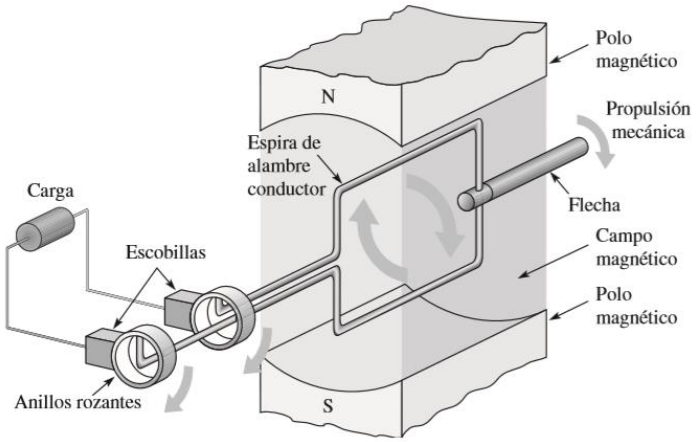
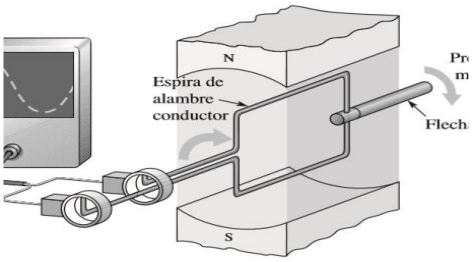


Ilustración 5. Principio fundamental de un generador eléctrico de corriente alterna.

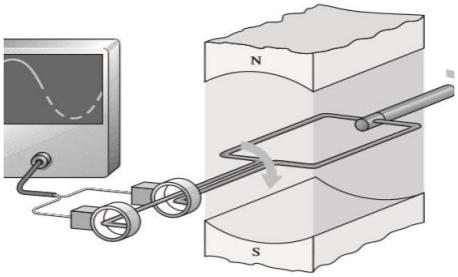
Cuando un conductor se mueve a través de un campo magnético, se induce un voltaje. El diagrama muestra cómo es producido un voltaje sinusoidal por el generador de ca básico a medida que la espira gira va desde una posición horizontal instantánea, donde del voltaje inducido es de cero, hasta una posición vertical instantánea, donde el voltaje es máximo. En la posición horizontal, instantáneamente la espira se mueve en dirección paralela a las líneas de flujo, las cuales existen entre los polos norte (N) y sur (S) del imán. Por tanto, no se están cortando líneas y el voltaje es de cero. Conforme la espira realiza el primer cuarto de ciclo, atraviesa las líneas de flujo a velocidad cada vez más alta hasta que instantáneamente se mueve en dirección perpendicular a las líneas de flujo en la posición

vertical y las atraviesa a máxima velocidad. Por tanto, el voltaje inducido se incrementa desde cero hasta un pico durante el cuarto de ciclo (figura 9). [2]

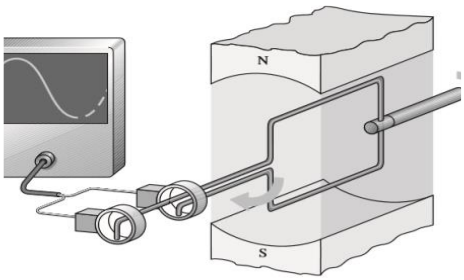
1er cuarto de ciclo (alternación positiva)



2do cuarto de ciclo (alternación positiva)



3er cuarto de ciclo (alternación negativa)



4to cuarto de ciclo (alternación negativa)

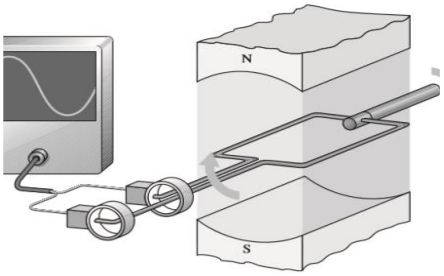


Ilustración 6. Etapas de alternación de un generador.

El circuito eléctrico

Dirección de la corriente

Hoy día, existen dos convenciones aceptadas en cuanto a la dirección de la corriente eléctrica. La dirección del flujo de electrones, preferida por muchos en los campos de la tecnología eléctrica y electrónica, supone para propósitos de análisis que la corriente sale de la terminal negativa de una fuente de voltaje, a través del circuito, y hacia la terminal positiva de la fuente. La dirección convencional de la corriente supone, también para propósitos de análisis, que la corriente sale de la terminal positiva de una fuente de voltaje, a través del circuito, y hacia la terminal negativa de la fuente. Cuando se sigue la dirección convencional de la corriente, el voltaje se eleva a través de una fuente (negativo a positivo) y se reduce al cruzar un resistor (positivo a negativo). Como en realidad no se puede ver la corriente, sólo sus efectos, no importa qué dirección se suponga en tanto sea utilizada consistentemente. Los resultados del análisis de un circuito eléctrico no se ven afectados por la dirección de la corriente supuesta para propósitos analíticos.

El circuito básico

De modo básico, un circuito se compone de una fuente de voltaje, una carga, y una trayectoria para la corriente que haya entre la fuente y la carga. La figura muestra en forma pictórica el ejemplo de un circuito eléctrico simple: una batería conectada a una lámpara con dos conductores (alambres). La batería es la fuente de voltaje, la lámpara es la carga aplicada a la batería porque absorbe corriente de ésta, y los dos alambres proporcionan la trayectoria necesaria para que la corriente vaya desde la terminal positiva de la batería hasta la lámpara y de regreso a la terminal negativa de la batería. La corriente pasa por el filamento de la lámpara (la cual tiene resistencia), ello hace que emita luz visible. En la batería, la corriente ocurre por acción química (Figura 10).

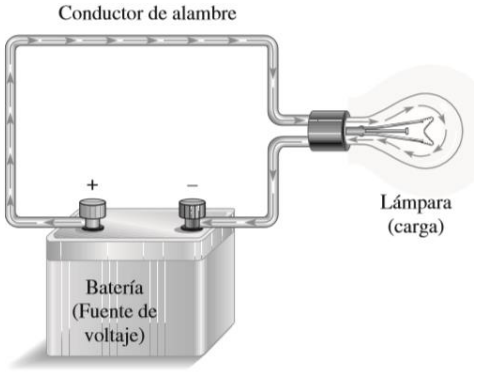


Ilustración 7. Alimentación de una carga mediante una batería.

Potencia dentro de un circuito

Energía es la capacidad de realizar trabajo, y potencia es la razón de cambio a la cual se utiliza la energía.

Potencia (P) es cierta cantidad de energía (W) utilizada en cierto tiempo (t) y expresada como sigue:

$$P = \frac{W}{t}$$

Donde:
R= resistencia (Ohms)
W= energía en Joules (J)
t= tiempo en segundos (s)

Advierta que la W cursiva se utiliza para representar energía en la forma de trabajo y una W no cursiva representa watts, la unidad de potencia. El joule (J) es la unidad SI de energía. La energía en Joules dividida entre el tiempo en segundos da potencia en watts. Por ejemplo, si se utilizan 50 J de energía en 2 s, la potencia es de 50 J/2 s = 25 W. Por definición, Un watt (W) es la cantidad de potencia cuando se utiliza un joule en un segundo.

Por tanto, el número de Joules utilizados en un segundo siempre es igual al número de watts. Por ejemplo, si se utilizan 75 J en 1 s, la potencia es P = W/t = 75 J/1 s =75 W. Cantidades de energía mucho menores que un watt son comunes en ciertas áreas de la electrónica. De igual forma que con valores pequeños de corriente y voltaje, se utilizan prefijos métricos para designar pequeñas cantidades de potencia. Por tanto, en algunas aplicaciones comúnmente se encuentran miliwatts (mW), microwatts (mW), e incluso picowatts (pW). En el campo de las compañías eléctricas, los kilowatts (kW) y megawatts (MW) son unidades comunes. Las estaciones de radio y televisión también utilizan grandes cantidades de potencia para transmitir señales. Los motores eléctricos se clasifican comúnmente en caballos de fuerza (hp), donde 1 hp = 746 W. Dado que potencia es la razón de cambio a la cual se utiliza la energía, tal como se expresa en la ecuación 4-1, la potencia utilizada en un periodo representa el consumo de energía. Si se multiplica la potencia en watts por el tiempo en segundos, se tiene energía en Joules, simbolizada mediante W.

La unidad de energía kilowatt-hora (kWh)

El joule ha sido definido como una unidad de energía. Sin embargo, existe otra forma de expresar la energía. Dado que la potencia se expresa en watts y el tiempo en segundos, se pueden utilizar unidades de energía llamadas watt-segundo (Ws), watt-hora (Wh), y kilowatt-hora (kWh). Cuando paga su recibo de electricidad, le cobran con base en la cantidad de energía que utiliza, no la potencia. Como las compañías de electricidad comercian con enormes cantidades de energía, la unidad más práctica resulta ser el kilowatt-hora. Se consume un kilowatt-hora de energía cuando se utilizan mil watts durante una hora. Por ejemplo, un foco de 100W Que permanezca encendido durante 10 h consume 1 kWh de energía.

$$W = Pt = (100\,W)(10\,h) = 1000\,Wh = 1\,kWh$$

Cálculo de la potencia dentro de un circuito

Cuando circula corriente a través de una resistencia, las colisiones de los electrones producen calor a consecuencia de la conversión de la energía eléctrica, tal como se indica en la figura 11. En un circuito eléctrico, la cantidad de potencia disipada depende de la cantidad de resistencia y de corriente, lo cual se expresa como sigue:

$$P = (I^2)(R)$$

Donde:
P= potencia en Watts (W)
I= intensidad (Amp)
R= resistencia (Ohm)

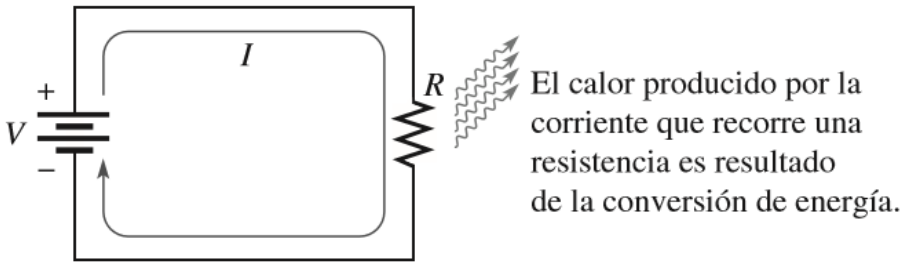


Ilustración 8. Corriente disipada en forma de calor.

Una expresión equivalente para potencia se obtiene, en función de voltaje y corriente, sustituyendo IR por V (I^2 es I * I).

$$P = I^2R = (I * I)R = I(IR) = (IR)I$$

$$P = V * I$$

Donde P está en watts cuando V está en volts e I está en amperes. Sustituyendo I por V/R (ley de Ohm) se obtiene otra expresión equivalente.

$$P = VI = V\left(\frac{V}{R}\right)$$

$$P = V^2 I$$

La relación entre potencia y corriente, voltaje, y resistencia expresada en las fórmulas precedentes se conoce como ley de Watt. En cada caso, I debe estar en amperes, V en volts y R en ohms. Para calcular la potencia en una resistencia, se puede utilizar cualquiera de las tres fórmulas de potencia, según la información que se tenga. Por ejemplo, suponga que se conocen los valores de corriente y voltaje. En este caso, la potencia se calcula con la fórmula P = VI. Si se conocen I y R, se utiliza la fórmula $P = I^2 R$. Si V y R son los valores conocidos, se utiliza la fórmula $P = V^2 /R$.

Caída de voltaje en una resistencia o una carga

La figura ilustra la carga en la forma de electrones que fluyen desde la terminal negativa de una batería, a través de un circuito, hasta la terminal positiva. Conforme emergen de la terminal negativa, los electrones se encuentran en su nivel de energía más alto. Los electrones fluyen por cada uno de los resistores que están conectados para formar una trayectoria para la corriente. A medida que los electrones fluyen por cada resistor, ceden algo de su energía en forma de calor. Por consiguiente, los electrones tienen más energía cuando entran a un resistor que cuando salen de él, tal como se ilustra en la figura mediante la disminución de la intensidad del tono. Cuando los electrones han recorrido el circuito y regresan a la terminal positiva de la batería, están en su nivel de energía más bajo.

Recuerde que voltaje es igual a energía por carga (V = W/Q), y la carga es una propiedad de los electrones. Con base en el voltaje de la batería, cierta cantidad de energía es impartida a todos los electrones que salen de la terminal negativa. Igual cantidad de electrones fluye en cada punto por todo el circuito, pero su energía disminuye a medida que se mueven a través de la resistencia del circuito (figura 12).

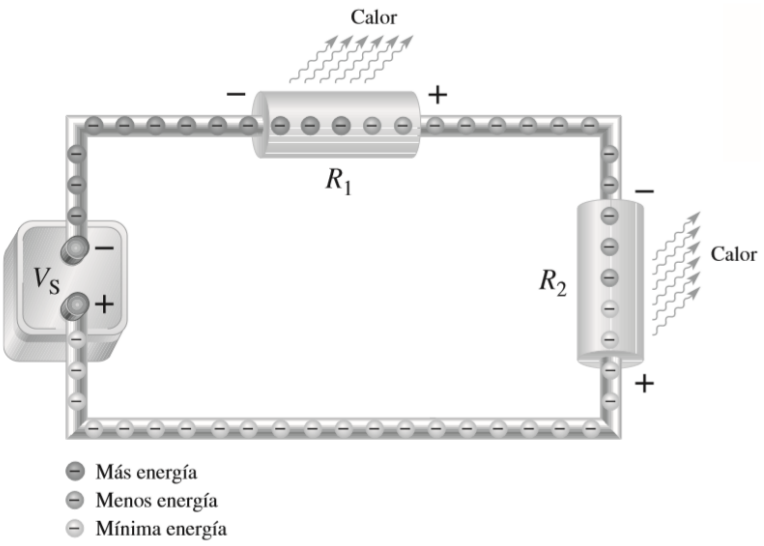


Ilustración 9. Energía eléctrica a través de un circuito resistivo.

Recuerde que voltaje es igual a energía por carga (V = W/Q), y la carga es una propiedad de los electrones. Con base en el voltaje de la batería, cierta cantidad de energía es impartida a todos los electrones que salen de la terminal negativa. Igual cantidad de electrones fluye en cada punto por todo el circuito, pero su energía disminuye a medida que se mueven a través de la resistencia del circuito. En la figura, el voltaje en el extremo izquierdo de R1 es igual a W entrante/Q, y el voltaje en el extremo derecho de R1 es igual a W saliente/Q. La misma cantidad de electrones que entra a R1 también sale de R1, por lo cual Q es constante. Sin embargo, la energía W saliente es menor que W entrante, de modo que el voltaje en el extremo derecho de R1 es menor que en el extremo izquierdo. Esta disminución del voltaje a través del resistor provocada por una pérdida de energía se llama caída de voltaje. El voltaje presente en el extremo derecho de R1 es menos negativo (o más positivo) que en el extremo izquierdo. La caída de voltaje se indica mediante signos (-) y (+) (el signo (+) implica un voltaje menos negativo o más positivo). Los electrones han perdido algo de energía en R1 y ahora entran a R2 con un nivel de energía reducido. Al fluir a través de R2, pierden más energía, lo que provoca otra caída de voltaje a través de R2. [2]

Elementos dentro de un circuito eléctrico

Sistema eléctrico

El sistema eléctrico típico para la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica está dado por los siguientes putos y se ilustra en la figura 13:

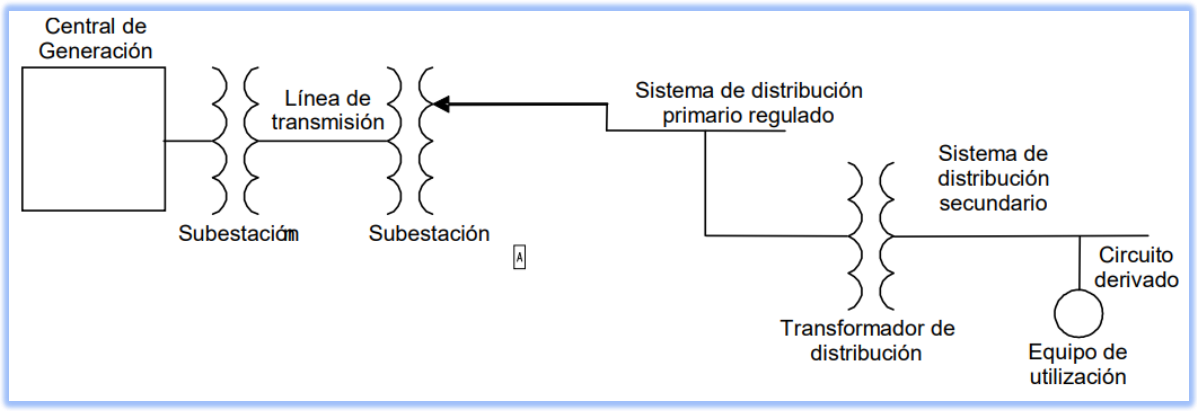


Ilustración 10. Elementos que conforman a un sistema eléctrico.

1) En lo general, el sistema de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica (sistema externo) es competencia exclusiva de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

2) En lo particular, el sistema interno del usuario corresponde a la parte utilitaria de los sistemas eléctricos (figura 14).

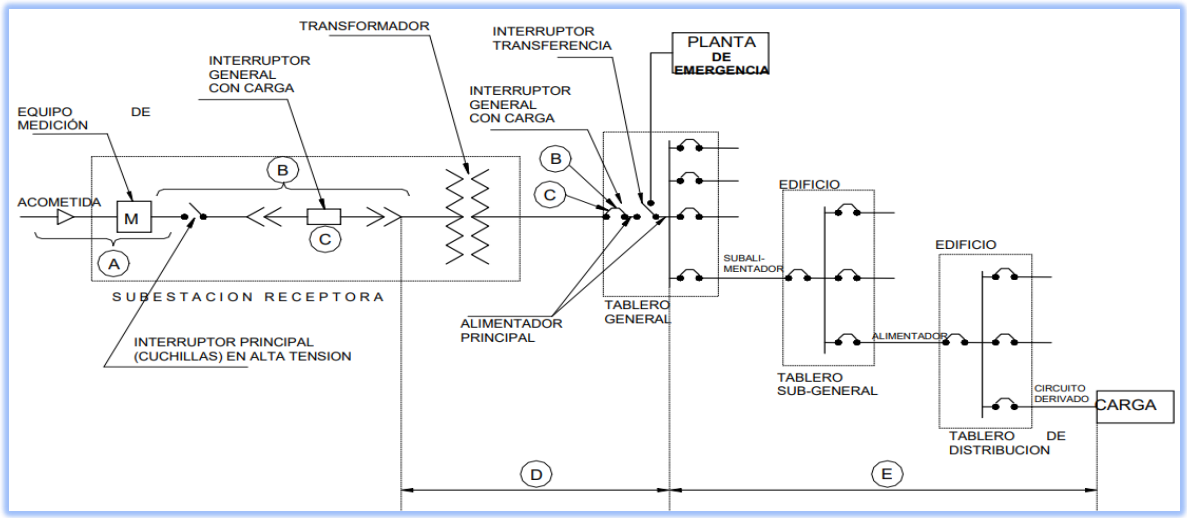


Ilustración 11. Sistema interno de un usuario.

A. Dispositivos de recepción de la energía
B. Dispositivos principales de desconexión
C. Dispositivos principales de protección
D. Sistema de protección primario

3) Comprende usualmente: El sistema de recepción y medición de la energía eléctrica, dispositivo principal de desconexión, dispositivo principal de protección y sistema de distribución primario y secundario (Transformador y Tablero General de Distribución).

4) Corresponde diseñar y proyectar el equipo de recepción de la energía (subestación en su caso), tablero general, alimentadores, circuitos derivados y protecciones eléctricas calculadas para proteger contra sobrecarga y corto circuito.

Para un sistema en baja tensión se tiene que las características, aplicación y diagramas están dados por la siguiente tabla (tabla 1):

Tabla 1. Cálculos correspondientes para un sistema eléctrico según su potencia y configuración.

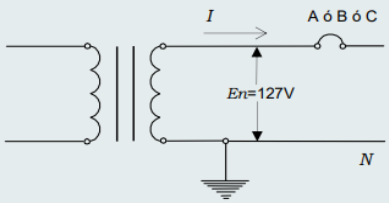
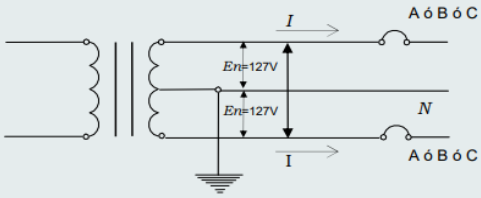
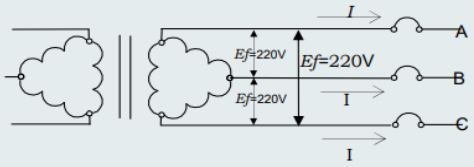
DIAGRAMA	CARACTERÍSTICAS		APLICACIÓN
A) 1 FASE – 2 HILOS 	Monofásico, 1 Fase-2 Hilos-127 volts		Cargas de 0 a 4,000 watts
	CORRIENTE	SECCIÓN COBRE mm²	CAÍDA DE VOLTAJE
	$I = \frac{W}{En \times \cos\phi}$	$S = \frac{4 \times L \times I}{e\% \times En}$	$e\% = \frac{Z \times I \times L}{5 \times En}$
B) 1 FASE – 3 HILOS 	Monofásico, 1 Fase–3 Hilos–220/127 volts		Cargas de 4,000 a 8,000 watts. Alumbrado, contactos y fuerza.
	CORRIENTE	SECCIÓN COBRE mm²	CAÍDA DE VOLTAJE
	$I = \frac{W}{2En \times cos\,\phi}$	$S = \frac{2 \times L \times I}{e\% \times En}$	$e\% = \frac{Z \times I \times L}{10 \times En}$,(127V) $e\% = \frac{Z \times I \times L}{5 \times Ef}$,(220V)

DIAGRAMA	CARACTERÍSTICAS		APLICACIÓN
C) 3 FASES – 3 HILOS 	Trifásico, 3 Fases–3 Hilos–220 volts		Fuerza
	Monofásico, 1 Fase–2 Hilos–220 volts		Alumbrado Público
	CORRIENTE	SECCIÓN COBRE mm²	CAÍDA DE VOLTAJE
	$I = \frac{W}{\sqrt{3} \times Ef \times \cos Ø}$	$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{e\% \times Ef}$	$e\% = \frac{\sqrt{3} \times Z \times I \times L}{10 \times Ef}$

En donde	W = carga en watts I = corriente en amperios En = voltaje al neutro E*f* = voltaje entre fases	Cos Ø = factor de potencia. L = longitud del alimentador en metros. *e*% = caída de voltaje en %. S = sección de cobre en mm^2. Z = impedancia del conductor en ohms/km.

Interruptores generales

El interruptor general automático, o sus siglas correspondientes IGA, es un elemento que tiene la función de proteger la vivienda de posibles sobrecargas o cortocircuitos que se pueden producir en una instalación eléctrica (figura 15).

Cuando se produce una sobrecarga o un cortocircuito, el interruptor general automático corta inmediatamente el suministro de luz para evitar cualquier tipo de incidente. Además, se trata de apagar este interruptor cuando se decide realizar una reparación en el suministro eléctrico. [3]



Ilustración 12. Interruptor termomagnético general.

Disyuntor diferencial

El disyuntor diferencial es un dispositivo electromecánico, es decir que su funcionamiento involucra tanto energía eléctrica como mecánica, que se utiliza como un sistema de protección automático en caso de haber fallas en el circuito eléctrico, con el fin de proteger a las personas (figura 16).

Funciona mediante potencia de la señal, y si una persona queda electrocutada significa que la persona 'hace tierra '; hacer tierra significa que deriva la potencia eléctrica al piso, y como el disyuntor recibe menor señal, entonces corta la corriente. [3]



Ilustración 13. Disyuntor diferencial.

Interruptor termomagnético

Es un dispositivo que como su nombre indica combina dos efectos, el magnetismo y el calor, para interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando se detectan valores mayores a ciertos límites. Puede ser por golpes de tensión (mucha corriente eléctrica en un instante), ya sea por un mal servicio de la red eléctrica, o por ejemplo por un rayo.

Lo que hacer es interrumpir el paso de la corriente cuando detecta que esta sobrepasa ciertos límites. Es por esto que un interruptor termomagnético sirve para proteger un circuito eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos (figura 17).

Cumple la función de fusible en un circuito eléctrico integrado a la red eléctrica, es decir ante el hecho de superar los máximos de corriente eléctrica recibidos, cumple la función de evitar que continúe pasando corriente y así protege los componentes conectados al circuito. [4]



Ilustración 14. Interruptor o breaker termomagnético.

Interruptor o seccionador de cuchillas

Un seccionador es un componente electromecánico que permite separar de manera mecánica un circuito eléctrico de su alimentación, garantizando visiblemente una distancia satisfactoria de aislamiento eléctrico. El objetivo puede ser, por ejemplo, asegurar la seguridad de las personas que trabajen sobre la parte aislada del circuito eléctrico o bien eliminar una parte averiada para poder continuar el funcionamiento con el resto del circuito.

Un seccionador, a diferencia de un disyuntor o de un interruptor, no tiene mecanismo de supresión del arco eléctrico y por tanto carece de poder de corte (figura 18). Es imperativo detener el funcionamiento del circuito con anterioridad para evitar una apertura en carga.



Ilustración 15. Interruptor de cuchillas

En caso contrario, se pueden producir daños severos en el seccionador debidos al arco eléctrico. [5]

Contactor

Este dispositivo electromecánico permite establecer o interrumpir el paso de la corriente tanto en un circuito de potencia, como en uno de mando, una vez se origina la tensión en la bobina, para abrir o cerrar una parte del motor, basándose en circuitos abiertos (figura 19).

Resumiendo, los contactores dan la posibilidad de cortar la corriente de un receptor, para ser accionados a distancia.

El objetivo principal del contactor es efectuar maniobras de cierre y de apertura de circuitos eléctricos que se encuentren relacionados con las instalaciones de motores. Sin embargo, para pequeños motores se recomienda accionarlos de modo manual o por relés.

Como característica básica, los contactores permiten maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy fuertes, con pequeñas corrientes en el circuito de mando. Con una pequeña corriente (circuito de mando) podemos accionar un circuito de fuerza con mucha potencia o corriente. [6]



Ilustración 16. Contactor

Relé

Es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor, abrir y cerrar el paso de la corriente eléctrica, pero accionado eléctricamente. El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán (figura 20), por eso también se llaman relés electromagnéticos o relevador.

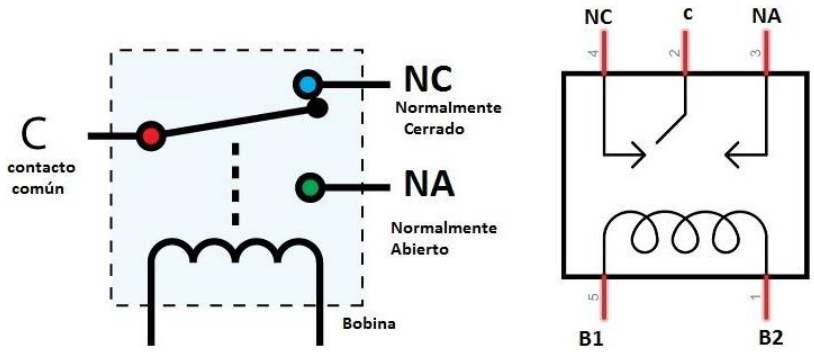


Ilustración 17. Diagrama de un relé.

Tiene 2 contactos, una abierto (NC) y otro cerrado (NO) (pueden tener más). Cuando metemos corriente por la bobina, esta crea un campo magnético creando un electroimán que atrae los contactos haciéndolos cambiar de posición, el que estaba abierto se cierra y el que estaba normalmente cerrado se abre. El contacto que se mueve es el C y es el que hace que cambien de posición los otros dos (figura 21).



Ilustración 18. relé electromagnético o relevador.

Relé térmico

Se emplea como protección de los motores eléctricos y basa su funcionamiento en el calentamiento de los conductores por los que circula la corriente eléctrica (figura 22).

basa su funcionamiento en la dilatación específica de cada metal cuando es calentado. Si se calientan láminas de iguales metales, su deformación (alargamiento) será el mismo para ambas; pero si es una lámina de diferentes metales, esta deformación será desigual, combándose la lámina hacia el metal con menor dilatación térmica.

En el momento en que el motor reciba una sobrecarga, y, por tanto, tome de la red una cantidad de corriente mayor que la normal (pudiendo quemarse su devanado), comienza a funcionar la protección brindada por el relé. [7]



Ilustración 19. Relé térmico.

Temporizador

Un temporizador es un dispositivo que se utiliza para controlar la conexión o desconexión de un circuito, todo dependiendo del tipo que sea ya que pueden ser eléctricos, neumáticos, hidráulicos, mecánicos, etc., (figura 23)

En cuanto a su funcionamiento se asemeja mucho al de un relevador ya que los relés al recibir un pulso inmediatamente cambian la posición de sus contactos y en cuanto a los temporizadores necesita agotarse el tiempo programado para intercambiar sus contactos. [8]



Ilustración 20. Temporizador digital.

Transformador

El transformador es un dispositivo que permite modificar potencia eléctrica de corriente alterna con un determinado valor de tensión y corriente en otra potencia de casi el mismo valor, pero, generalmente con distintos valores de tensión y corriente (figura 24).

Es una máquina estática de bajas pérdidas y tiene un uso muy extendido en los sistemas eléctricos de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Cuando se requiere transportar energía eléctrica, desde los centros de generación (Centrales eléctricas) a los centros de consumo, se eleva la tensión (desde unos 15 kV hasta 132, 220 o 500 kV) y se efectúa la transmisión mediante líneas aéreas o subterráneas con menor corriente, ya que la potencia en ambos lados del trasformador es prácticamente igual, lo cual reduce las pérdidas de transmisión (R I2). En la etapa de distribución se reduce la tensión a los valores normales (380/220 V), mediante los transformadores adecuados.



Ilustración 21. Transformador

.

Transformadores secos

Es aquel que no precisa de ningún líquido para su refrigeración de forma natural (figura 25).

Son especialmente indicados para su instalación en:

- Interior gracias a su autoextinguibilidad, o nulo riesgo de provocar un incendio o derrame de sustancias peligrosas.
- Zonas contaminadas o con alta humedad por los materiales empleados
- Ambientes industriales por su escaso mantenimiento y su elevada fiabilidad y seguridad. [9]



Ilustración 22. Transformador seco.

Tableros eléctricos

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico (figura 26). La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados.



Ilustración 23. Tablero eléctrico.

Clasificación de los tableros eléctricos

Según su ubicación y función

TABLEROS GENERALES (T.G.): Son los tableros principales de las instalaciones. En ellos estarán montados los dispositivos de protección y maniobra que protegen los alimentadores y que permiten operar sobre toda la instalación interior en forma conjunta o fraccionada (figura 27).



Ilustración 24. Tablero eléctrico general.

TABLEROS GENERALES AUXILIARES (T.G.A.): Son tableros que serán alimentados desde un tablero general y desde ello se protegen y operan sub-alimentadores que alimentan tableros de distribución (figura 28).



Ilustración 25. Tablero general auxiliar.

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN (T. D.): Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos en que está dividida la instalación o una parte de ella. Pueden ser alimentados desde un tablero general, desde un tablero general auxiliar o directamente desde el empalme (figura 29).



Ilustración 26. Tablero de distribución.

TABLERO DE PASO (T. P.): Son tableros que contienen fusibles cuya finalidad es proteger derivaciones que por su capacidad de transporte no pueden ser conectadas directamente al alimentador, sub-alimentador o línea de distribución de la cual está tomada (figura 30).



Ilustración 27. Tablero común o de paso.

TABLERO DE COMANDO (T. COM.): Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar en forma simultánea sobre artefactos individuales o grupos de artefactos pertenecientes a un mismo circuito (figura 31).



Ilustración 28. Tablero de comando.

TABLEROS CENTRO DE CONTROL (T. C.C.): Son tableros que contienen dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permiten la operación de grupos de artefactos en forma individual, en conjunto, en subgrupos en forma programada o no programada (figura 32).

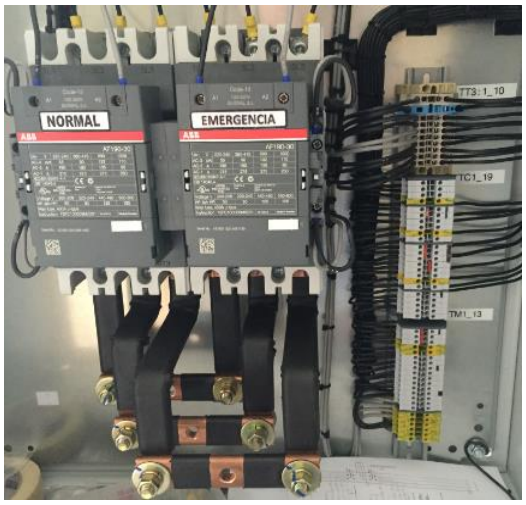


Ilustración 29. Tablero de control y maniobra.

Según el uso de la energía eléctrica

TABLEROS DE ALUMBRADO (T. A.) Es un elemento que sirve para controlar y dividir circuitos de una instalación eléctrica, en la cual también es posible alimentar y controlar diversos centros de carga; esta protección está controlada por interruptores termomagnéticos de uno, dos y tres polos. Los tableros van dirigidos a pequeños y grandes negocios, oficinas, centros comerciales donde se requiere dividir la instalación por zona (figura 33).



Ilustración 30. Tablero de concentración de cargas alumbrado.

TABLEROS DE FUERZA (T. F.): En el caso de que en un tablero eléctrico se concentre exclusivamente interruptores para alumbrado, se conoce como "tablero de alumbrado"; si concentra otros tipos de cargas, se conoce como "tablero de fuerza". pueden ser monofásicos o trifásicos, razón por la cual pueden soportar interruptores termomagnéticos monopolares, bipolares o tripolares (figura 34).



Ilustración 31. Tablero de fuerza con interruptores tripolares.

EL TABLERO DE CONTROL (T.C.) es una herramienta, el diagnóstico y monitoreo permanente de determinados indicadores e información ha sido y es la base para mantener un buen control de situación en muchas de las disciplinas de la vida (figura 35).

Como ejemplo de estos podemos señalar a la: medicina, basada en mediciones para el diagnóstico de la salud de los pacientes, a la aviación, cuyos indicadores de tablero de control sintetiza la información del avión y del entorno para evitar sorpresas y permite a los pilotos dirigir el avión a buen puerto; el tablero de un sistema eléctrico o de una represa son otros ejemplos. En todos estos casos el Tablero permite a través del color de las luces y alarmas ser el disparador para la toma de decisiones. En todos estos ejemplos es fundamental definir los indicadores a monitorear.



Ilustración 32. Tablero de control.

TABLEROS DE SEÑALIZACION (T. S.) En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos son la parte principal. En los tableros eléctricos se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de dicha instalación (figura 36).

En términos generales, los tableros eléctricos son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente. [10]



Ilustración 33. Tablero de señalización.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Las descargas eléctricas
- Los efectos térmicos
- Las sobrecorrientes
- Las corrientes de falla
- Las sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM promueve el uso de la energía eléctrica en forma segura. [11]

Artículo 408: tableros de distribución, tableros de potencia y tableros de alumbrado y control.

Terminales.

En los tableros de distribución, tablero de potencia y tableros de alumbrado y control, las terminales de carga para el alambrado en campo, incluyendo las terminales de carga del conductor puesto a tierra del circuito y las conexiones a la barra del conductor de puesta a

tierra de equipos para los conductores de puesta a tierra de equipos de la carga, se deben localizar de manera que no sea necesario extenderse a través o más allá de una barra conductora no aislada y no puesta a tierra con el fin de hacer las conexiones.

Disposición de las fases en corriente alterna.

La disposición de las fases de corriente alterna en las barras conductoras trifásicas debe ser A, B, C desde el frente hacia atrás, desde arriba hacia abajo o de izquierda a derecha, visto desde el frente del tablero de distribución, tablero de potencia o panel de alumbrado y control. La fase B debe ser aquella que tenga la tensión más alta a tierra en sistemas trifásicos, 4 hilos conectados en delta. Se permitirán otras disposiciones de las barras colectoras para adiciones a las instalaciones existentes y deben estar marcadas.

Identificación del tablero de distribución, tablero de potencia y panel de alumbrado y control (Marcado).

Cuando en la presente NOM se requieran señales o etiquetas de precaución, advertencia o peligro, las etiquetas deberán cumplir los siguientes requisitos:

1) La marca debe advertir de los peligros utilizando palabras, colores, símbolos o cualquier combinación de los mismos.
2) La etiqueta deberá estar permanentemente adherida al equipo o método de cableado y no deberá ser escrita a mano.

Los tableros de control industrial se deben marcar con la siguiente información que sea totalmente visible después de la instalación:

1) Nombre del fabricante, marca comercial u otras marcas descriptivas mediante las cuales la organización responsable del producto se pueda identificar.
2) Tensión de alimentación, número de fases, frecuencia y corriente de plena carga para cada circuito de alimentación que ingresa.
3) Los tableros de control industrial, alimentados por más de una fuente de energía eléctrica de tal manera que se requiera más de un medio de desconexión para desconectar la energía a todos los circuitos de 50 volts o más dentro del panel de control, se deben marcar para indicar que se requiere más de un medio de desconexión para des energizar el equipo. La ubicación de los medios necesarios de desconexión de todos los circuitos de 50 volts o más, deberán estar documentados y disponible

Directorio del circuito o identificación del circuito.

Cada circuito y modificación del circuito se debe identificar de forma legible con su propósito o uso específico, evidente y claro. La identificación debe incluir detalles suficientes que permitan que cada circuito se diferencie de los otros. Las posiciones de reserva que contienen dispositivos de protección contra sobrecorrientes o interruptores sin utilizar se deben describir según corresponda. La identificación se debe incluir en un directorio del circuito que se localiza en la parte frontal o interior de la puerta del tablero en el caso de un panel de alumbrado y control y en cada desconectador o interruptor automático en un tablero de distribución. Ningún circuito se debe describir en una manera que dependa de condiciones provisionales de ocupación.

Distancia para el conductor que entra en el envolvente de la barra conductora.

Cuando los tubos Conduit u otras canalizaciones entran por abajo de un tablero de distribución, tablero de potencia, un tablero de alumbrado y control auto soportado o un envolvente similar, debe haber espacio suficiente que permita la instalación de los conductores en el envolvente. El espacio del cableado no debe ser menor al que se indica en la Tabla 2 en donde el tubo Conduit o la canalización entra o sale de la envolvente por debajo de las barras colectoras, sus soportes u otras obstrucciones. El tubo Conduit o la canalización, incluyendo sus accesorios terminales, no se deben elevar a más de 7.50 centímetros por encima de la base de la envolvente.

Tabla 2. Distancia mínima entre el envolvente y las barras conductoras de cobre..

Conductor	**Espacio mínimo entre la base de la envolvente y las barras conductoras, sus soportes u otros obstáculos milímetros (mm)**
Barras colectoras aisladas, sus soportes u otros obstáculos	200
Barras colectoras no aisladas	250

Separaciones desde el plafón

Para tableros de distribución o tableros de potencia que no estén totalmente encerrados, debe existir un espacio no menor a 90 centímetros entre la parte superior del tablero de distribución o tablero de potencia y cualquier techo combustible, a menos que se

proporcione una barrera no combustible entre el tablero de distribución o equipos de tableros de distribución y el techo.

Protección contra sobrecorrientes.

Un panel de alumbrado y control debe estar protegido por un dispositivo de protección contra sobrecorrientes que tenga un valor nominal no mayor que la del panel de alumbrado y control. Este dispositivo de protección contra sobrecorrientes se debe ubicar dentro o en cualquier punto en el lado de alimentación del panel de alumbrado y control.

Conductor - tamaño y ampacidad mínimos.

El tamaño del conductor de alimentación del panel de control industrial debe tener una ampacidad no menor al 125 por ciento del valor nominal de corriente de plena carga de todas las cargas de calefacción por resistencia, más el 125 por ciento de la valor nominal de corriente de plena carga del motor con valor nominal más alto, más la suma de los valores nominales de corriente de plena carga de todos los otros motores y aparatos conectados basados en su ciclo de trabajo que puedan estar en funcionamiento al mismo tiempo. [12]

Norma oficial mexicana NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.

Establecer las condiciones de seguridad para la realización de actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo, a fin de evitar accidentes al personal responsable de llevarlas a cabo y a personas ajenas a dichas actividades que pudieran estar expuestas.

La presente Norma aplica en todos los centros de trabajo del territorio nacional en donde se realicen actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas permanentes o provisionales, las que se desarrollen en las líneas eléctricas aéreas y subterráneas, así como las que se lleven a cabo con líneas energizadas. [13]

Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.

Esta Norma aplica en todos los centros de trabajo del territorio nacional en que se requiera el uso de equipo de protección personal para proteger a los trabajadores contra los riesgos derivados de las actividades que desarrollen. [14]

Control de fuentes peligrosas: candadeo y etiquetado; Título 29 del Código de Reglamentos Federales OSHA.

Trata de las prácticas y de los procedimientos necesarios para la desactivación de maquinaria o equipo, con el fin de evitar la emisión de energía peligrosa durante las actividades de revisión y mantenimiento realizadas por los empleados.

La norma describe las medidas de control de energías peligrosas—sea eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, química y térmica, entre otras fuentes de energía. Además, establece los requisitos de protección de empleados que trabajan con equipos o circuitos eléctricos. Dicha sección requiere que los trabajadores observen prácticas de trabajo seguras, incluyendo los procedimientos de candado y etiqueta. Se aplican estas disposiciones

cuando los empleados se exponen a peligros eléctricos mientras trabajan con o cerca de conductores o sistemas alimentados por energía eléctrica.

Importancia del candadeo y etiquetado

La norma de candado y etiqueta establece la responsabilidad del empleador con el objeto de proteger a empleados contra fuentes de energía peligrosa en máquinas y equipo durante la revisión y el mantenimiento. La norma le da a cada empleador la flexibilidad deseada para elaborar un programa de control de energía que cumpla con las necesidades del lugar de trabajo particular y de los tipos de máquinas o equipos que se deban mantener o revisar. Esto se logra mediante la colocación de equipo apropiado de candado y etiqueta en los dispositivos de aislamiento de fuentes de energía y al quitarle la energía a máquinas y equipo.

Procedimiento a seguir para el bloqueo de una fuente de energía

1) Desarrollo, implementación y aplicación de un programa de control de energía.

2) Uso de equipo de candado que se puede cerrar. Equipos de etiqueta pueden utilizarse en vez de equipo de candado únicamente si el programa de etiqueta brinda protección al empleado equivalente al que brinda el programa de candado.

3) Cerciorarse que el equipo nuevo o revisado pueda quedar cerrado.

4) Desarrollo, implementación y aplicación de un programa de etiqueta eficaz si las máquinas o el equipo no pueden cerrarse.

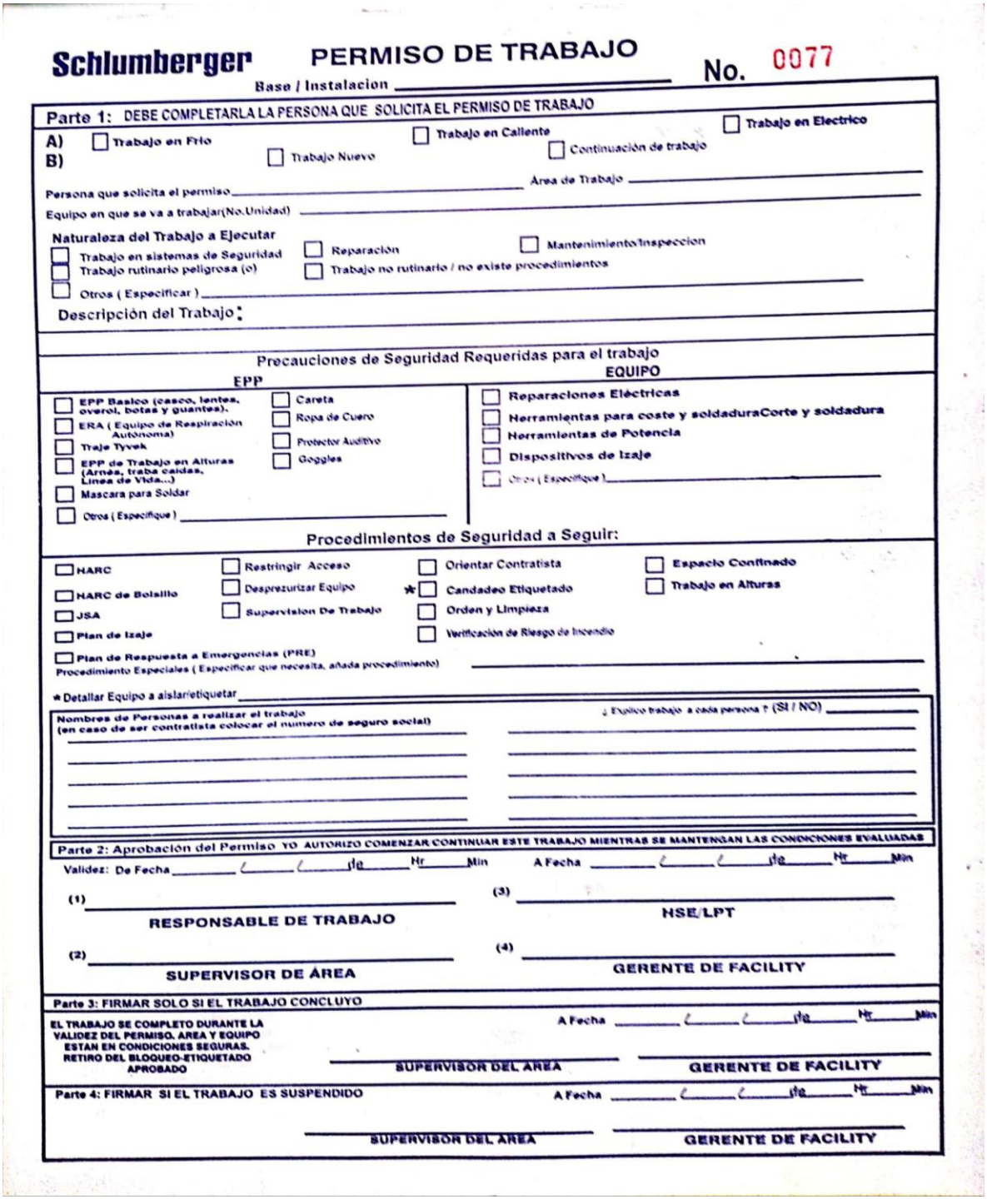
5) Uso único de candado y etiqueta autorizados para un equipo o una maquinaria particular y cerciorarse de que son durables, normalizados e importantes.

6) Cerciorarse de que los equipos de candado y etiqueta identifican a los usuarios individuales se puedan desmontar al término del trabajo sólo por el operario y ningún personal ajeno. [15]

Permiso de trabajo

Un Permiso para trabajar (PTW) se refiere al “permiso” o “permiso de trabajo”: un documento formal utilizado para comunicar la intención de trabajo e instrucciones a los trabajadores y la gerencia para los controles necesarios cuando se trabaja en un entorno

potencialmente peligroso. Un sistema PTW escrito es esencial parte del sistema de gestión para ayudar a garantizar operaciones seguras (figura 37).



Schlumberger PERMISO DE TRABAJO No. 0077

Base / Instalacion _____

Parte 1: DEBE COMPLETARLA LA PERSONA QUE SOLICITA EL PERMISO DE TRABAJO

A) ☐ Trabajo en Frio ☐ Trabajo en Caliente ☐ Trabajo en Electrico
B) ☐ Trabajo Nuevo ☐ Continuación de trabajo

Persona que solicita el permiso _____ Area de Trabajo _____

Equipo en que se va a trabajar(No.Unidad) _____

Naturaleza del Trabajo a Ejecutar

☐ Trabajo en sistemas de Seguridad ☐ Reparación ☐ Mantenimiento/Inspeccion
☐ Trabajo rutinario peligrosa (o) ☐ Trabajo no rutinario / no existe procedimientos
☐ Otros (Especificar) _____

Descripción del Trabajo:

Precauciones de Seguridad Requeridas para el trabajo

EPP

☐ EPP Basico (casco, lentes, overol, botas y guantes).
☐ ERA (Equipo de Respiración Autonoma)
☐ Traje Tyvek
☐ EPP de Trabajo en Alturas (Arnés, traba caidas, Linea de Vida...)
☐ Mascara para Soldar
☐ Otros (Especifique) _____
☐ Careta
☐ Ropa de Cuero
☐ Protector Auditivo
☐ Goggles

EQUIPO

☐ Reparaciones Eléctricas
☐ Herramientas para coste y soldaduraCorte y soldadura
☐ Herramientas de Potencia
☐ Dispositivos de Izaje
☐ Otros (Especifique) _____

Procedimientos de Seguridad a Seguir:

☐ HARC ☐ Restringir Acceso ☐ Orientar Contratista ☐ Espacio Confinado
☐ HARC de Bolsillo ☐ Desprezurizar Equipo ★☐ Candadeo Etiquetado ☐ Trabajo en Alturas
☐ JSA ☐ Supervision De Trabajo ☐ Orden y Limpieza
☐ Plan de Izaje ☐ Verificación de Riesgo de Incendio
☐ Plan de Respuesta a Emergencias (PRE)
Procedimiento Especiales (Especificar que necesita, añada procedimiento) _____

★ Detallar Equipo a aislar/etiquetar _____

Nombres de Personas a realizar el trabajo (en caso de ser contratista colocar el numero de seguro social) | ¿ Explico trabajo a cada persona ? (SI / NO) _____

Parte 2: Aprobación del Permiso YO AUTORIZO COMENZAR CONTINUAR ESTE TRABAJO MIENTRAS SE MANTENGAN LAS CONDICIONES EVALUADAS

Validez: De Fecha ____ / ____ / ____ Hr ____ Min A Fecha ____ / ____ / ____ Hr ____ Min

(1) _____ RESPONSABLE DE TRABAJO
(3) _____ HSE/LPT
(2) _____ SUPERVISOR DE ÁREA
(4) _____ GERENTE DE FACILITY

Parte 3: FIRMAR SOLO SI EL TRABAJO CONCLUYO

EL TRABAJO SE COMPLETO DURANTE LA VALIDEZ DEL PERMISO, AREA Y EQUIPO ESTAN EN CONDICIONES SEGURAS. RETIRO DEL BLOQUEO-ETIQUETADO APROBADO

A Fecha ____ / ____ / ____ Hr ____ Min
_____ SUPERVISOR DEL AREA
_____ GERENTE DE FACILITY

Parte 4: FIRMAR SI EL TRABAJO ES SUSPENDIDO

A Fecha ____ / ____ / ____ Hr ____ Min
_____ SUPERVISOR DEL AREA
_____ GERENTE DE FACILITY

Ilustración 34. Estructura y formato de un permiso de trabajo.

El PTW se emite antes de realizar cualquier trabajo peligroso y:

- Define el alcance del trabajo a realizar
- Identifica los peligros y evalúa el riesgo
- Establece medidas de control para prevenir y mitigar los
- Vincula el trabajo a cualquier otro asociado permisos de trabajo
- Está autorizado por la (s) persona (s) responsable (s)
- Asegura un control adecuado antes de regresar a las operaciones normales

Cuando se aplica un permiso de trabajo

Las actividades con un riesgo potencial por encima de los niveles aceptables requieren la implementación de medidas preventivas y de mitigación adecuadas. El Sistema de Permiso para Trabajar se aplicará en los siguientes casos:

- El Análisis realizado para una actividad particular define el Sistema de Permiso para Trabajar como un control adecuado - Las actividades son parte de la lista de actividades genéricas o específicas de la ubicación del segmento que requieren PTW.

- El riesgo asociado con las actividades requiere comunicación y coordinación con otros grupos de trabajo (Operaciones Simultáneas 'SIMOPS').

Cuando es necesario un permiso de trabajo

- Cuando el trabajo previsto puede afectar negativamente al personal, el entorno o el sitio / instalación
- Actividades no rutinarias
- Actividades complejas multigrupo o SIMOPS (Operaciones simultáneas)
- Trabajo de mantenimiento en andamios
- En las instalaciones del cliente, SLB siempre trabaja bajo el PTW del cliente, a menos que el cliente no tenga un PTW, en cuyo caso el PTW de SLB se usará solo para el personal de SLB
- En un proyecto "administrado", todas las actividades de PTW son administrado para TODO el personal en el sitio.

Responsabilidades para el PWT

El titular de PTW es la persona que supervisa el trabajo bajo PTW, jefe de equipo, perforador, mecánico jefe, capataz. El titular de PTW deberá:

- Solicitud de PTW completa
- Visitar el lugar de trabajo para supervisar el trabajo que se realiza
- Publicar el PTW en el tablón de anuncios de PTW
- Revisar los riesgos potenciales y los controles seleccionados para el trabajo actividades - Coordinar el cierre de PTW con la Autoridad de PTW

Tipos de permiso de trabajo

Permiso de trabajo en caliente:

- Todo el trabajo en áreas peligrosas si el trabajo involucra una fuente potencial de ignición.
- Si la tarea involucra el uso o la producción de una llama u otra fuente de ignición.

Permiso de trabajo en frío:

- Para trabajar en áreas peligrosas donde no hay una fuente razonable de ignición
- La entrada a espacios confinados requiere un permiso de trabajo en frío

Permiso de trabajo eléctrico

- Realizado por electricistas calificados
- Para todo el trabajo eléctrico donde hay una amenaza para la vida [16]

Instrumentos de medición eléctricos, Equipo de Protección Personal (EPP) y sustancias dieléctricas.

Multímetro

Un multímetro, también denominado polímetro o tester, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas, como corrientes y potenciales (tensiones), o pasivas, como resistencias, capacidades y otras (figura 38).

Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. Los hay analógicos y posteriormente se han introducido los digitales cuya función es la misma, con alguna variante añadida. [17]



Ilustración 35. Multímetro digital.

Localizador Digital de Interruptores/Fusibles y Comprobador de Tomas de Tensión

Dispositivo inalámbrico cuyas funciones se basan en los siguientes puntos (figura 39):

- Indica automáticamente el disyuntor adecuado para una identificación rápida y fácil
- Funciona en circuitos 120/220V
- Sensor de voltaje sin contacto incluido
- Verifica la presencia de tensión
- Incluye probador de receptáculo GFCI
- Verifica el cableado correcto
- Indicador de batería baja [18]



Ilustración 36. Localizador inalámbrico de interruptores.

Etiquetadora electrónica

Dispositivo con el cual se crean variedades de etiquetas autoadhesivas de alta calidad para el marcado e identificación de distintos elementos (figura 40).

- Utiliza cartuchos de etiquetas de 12mm
- Se pueden añadir estilos de subrayado, recuadros y símbolos. [19]



Ilustración 37. Etiquetadora digital.

Guantes de protección

Está incluido como EPI (Equipo de Protección Individual, conforme a la definición del Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. BOE núm. 311, de 28 de diciembre) protegiendo la parte del cuerpo que más lesiones sufre como es la mano (cortes, golpes. abrasiones, infecciones) (figura 41).

Muchas veces no solo es utilizado para proteger la mano, sino que también es utilizado para proteger el producto (memorias, pantallas, cristales, alimentos, etc.).

En este caso resaltan guantes de protección anticorte, de alto impacto, de alto impacto de carnaza y de látex. [20]



Ilustración 38. Guates de protección.

Casco de protección

Un casco es una forma de prenda protectora usada en la cabeza y hecha generalmente de metal o de algún otro material resistente, típicamente para la protección de la cabeza contra objetos que caen o colisiones a alta velocidad (figura 42).

Un casco cubre mínimamente la coronilla, la frente y las sienes. Se usan en la industria, en el oficio del bombero, en paracaidismo, en las competiciones deportivas de alta velocidad y otras modalidades con riesgo de golpes o colisión. También son habituales en el oficio policíaco, militar, fuerzas de seguridad, construcción, explotación minera, etc. Los cascos para conducir motocicletas son prenda obligatoria en la mayoría de jurisdicciones, los de bicicletas, en cambio, son obligatorios en muy pocos países y muy discutido por los ciclistas. [21]



Ilustración 39. Casco de protección.

Botas industriales

La bota industrial, también conocida como bota de seguridad, es un tipo de calzado que pretende proteger al trabajador de los peligros de su oficio (figura 43). Dependiendo de las diferentes áreas de trabajo, estos zapatos pueden ser llamados botas mineras, botas navieras, botas dieléctricas, botas farmacéuticas y botas ejecutivas.

El propósito de las botas industriales es proteger a los obreros de peligros como:

- Accidentes mecánicos: caída de objetos, golpes sobre el pie, objetos punzocortantes.
- Percances eléctricos y térmicos: baja, media y alta tensión, además de frío y calor.
- Accidentes químicos: derrame de líquidos agresivos o metales derretidos.
- Percances corporales: luxaciones, esguinces y resbalones.

- Este tipo de calzado está regulado por las disposiciones normativas de cada país. [22]



Ilustración 40. Botas industriales.

Lentes de seguridad industrial

Para el caso de la protección ocular se suelen utilizar gafas de protección antirreflejantes, entre las cuales podemos tener diferentes variantes según el trabajo o la actividad a llevar a cabo (figura 44).

- Con patillas (montura universal o integral)
- Aislantes de un ocular
- De protección contra los rayos X, láser, ultravioletas, infrarrojos y visibles (v.g. entre ellas las gafas de sol)
- Pantallas faciales
- Máscaras y cascos para soldadura por arco (pantalla de soldador)
- Pantallas faciales contra salpicaduras de líquidos [23]



Ilustración 41. Lentes de seguridad.

Overol de trabajo

El mono, overol, mameluco3 o braga es una prenda de faena de una sola pieza. Suele ponerse sobre la ropa para protegerla, aunque ideado originalmente como prenda de trabajo (figura 45). [24]



Ilustración 42. Overol de trabajo.

IV. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de la planta se tiene la incertidumbre de equivocarse al momento de realizar el mantenimiento de un panel llevando a cabo una maniobra no deseada tal como el bajar o subir un interruptor, accionamiento o dispositivo de control de una carga específica o especializada que se encuentre funcionando en ese momento, y en consecuencia provocar una falla del proceso, una pérdida de tiempo o incluso un accidente en el caso de energizar un equipo que se encuentre en reparación.

Es por lo anterior que el llevar a cabo una correcta identificación de los componentes de control y maniobra dentro de un panel es indispensable para asegurar la integridad tanto de los equipos como del personal colaborador.

La identificación, así como la verificación del balanceo de las líneas permitirá dar mantenimientos preventivos y correctivos a los centros de carga, o en su caso, realizar modificaciones a la instalación agregando nodos de conexión o alguna otra carga adicional a las líneas. Además de eso, es posible mejorar los tiempos de respuesta en caso de algún problema relacionado con alguna sobrecarga eléctrica, aterrizamiento de conductores o la causa de por qué se sobrecarga y abre una pastilla o breaker. Todo lo anterior de acuerdo con los criterios establecidos dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2018, con respecto a las instalaciones eléctricas.

V. HIPÓTESIS

De acuerdo con lo comentado por el gerente de mantenimiento de la planta, en los últimos años en los que él ha estado en ese puesto se han llevado a cabo diferentes modificaciones a las conexiones, ramas y líneas de toda la instalación eléctrica, ya sea porque se necesitaba energizar un área, algún equipo o simplemente por los requerimientos de energía en un sector en específico. Lo anterior sólo en el tiempo en el que esta persona ha estado a cargo, es decir, no contamos las modificaciones anteriores que se han hecho y con ello tenemos como resultado una transformación totalmente diferente a la mostrada en los planos originales de la instalación. Debido a esto es indispensable identificar las líneas que alimentan a las diferentes cargas dentro de la base y en su caso, confirmar aquellos arreglos que si están marcados en los centros de carga y en los planos eléctricos originales.

De acuerdo con la prioridad de las actividades se pretenden llevar a cabo en un orden específico, el cual contempla las siguientes acciones.

1) Identificar cuantos cuartos eléctricos y cuantos centros de carga hay dentro de la base para establecer un plazo aproximado del tiempo que se requerirá para darles mantenimiento.
2) Una vez identificados, comenzar por orden alfabético, es decir, comenzaremos por el cuarto “A”, luego el “B” y así sucesivamente. Se abrirán los centros de carga y de primer momento se limpiarán y verificará que se encuentren en buen estado tanto sus componentes eléctricos como de infraestructura (caja de registro, rieles, cables, buses de tierra, fusibles, conectores, tubo, entro otros.)
3) Proceder a comprobar y checar la carga por cada línea de corriente dentro del centro de carga para comprobar que estas se encuentren correctamente balaceadas y de no ser así que no sobrepasen de 1 a 3 amperes como máximo de diferencia entre ellas.
4) Llevar a cabo un apriete de conexiones entre los componentes eléctricos y los cables de alimentación o distribución. Lo anterior con el fin de evitar que haya un aumento de temperatura y con ello una sobrecarga en las líneas principales del centro de carga.
5) Comenzar con la identificación de los componentes: en el caso de los contactos con pruebas de voltaje y con ayuda de un identificador de línea en las áreas que correspondan, para el alumbrado se corroborará que enciendan los dispositivos

conectados para cada accionador, y para los contactores que todas sus cargas se activen de forma eficiente.

VI. OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar un análisis de las líneas de corriente que salen de los centros de carga eléctricos hacia los diferentes dispositivos conectados, con el fin de realizar una identificación y etiquetado, de igual forma, se pretende llevar a cabo lo mismo con otros dispositivos de control y accionamiento dentro de los centros de carga.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de las cargas de dispositivos no especializados y así poder identificar sus accionamientos eléctricos.
- Señalizar los dispositivos a partir de etiquetas que muestren información tal como su corriente, voltaje, carga o cargas conectadas y/o condiciones de operación.
- Documentar las señalizaciones para así facilitar futuros mantenimientos, cambios, reparaciones o modificaciones que se requieran.

VII. METODOLOGÍA

4.1 Planeación y realización del permiso de trabajo

En primer lugar, se debe de planificar la actividad que se va a llevar a cabo, esto es exponerle a nuestro manager las circunstancias en las cuales trabajaremos, así como los procedimientos que seguiremos, las precauciones que serán tomadas en cuenta y los planes de respuesta en caso de algún siniestro que pueda ocurrir durante la realización del trabajo esto es bajo los estándares establecidos dentro de la normativa interna de la empresa y bajo las indicaciones establecidas dentro de la NOM- 029 .

Uno de nuestros requisitos internos en la empresa es el realizar un “permiso de trabajo” cuando se necesita llevar a cabo actividades que tienen que ver con diferentes fenómenos

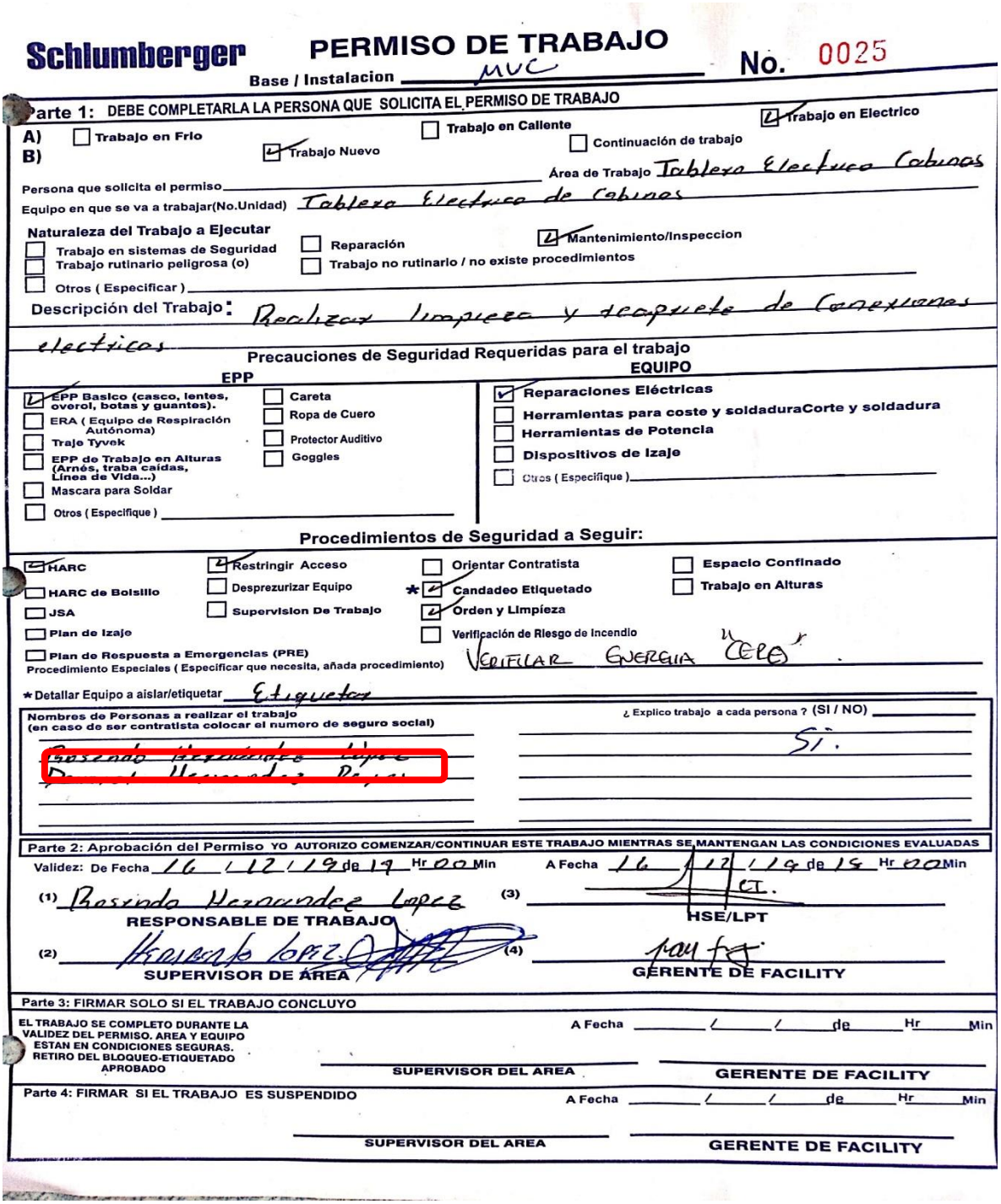
y variables a los cuales nos exponemos al trabajar con presión, fuego, trabajo en alturas, espacios confinados, levantamiento mecánico y en este caso trabajo con corriente eléctrica.

El documento consta de diferentes apartados en los cuales se especifica desde la naturaleza del trabajo, así, como los procedimientos que se seguirán, el equipo de protección personal que utilizará y las condiciones en las cuales estaremos, así como una estimación del tiempo que se empleará para esa actividad.

Las secciones de las cuales está elaborado el documento son las siguientes:

1) Persona responsable y que solicita el trabajo
2) Naturaleza del trabajo
3) Descripción del trabajo
4) Precauciones de seguridad requeridas para el trabajo
5) Equipo de protección personal con el que contará durante la actividad
6) Procedimientos de seguridad a seguir
7) Personal involucrado en la actividad
8) Aprobación del permiso de trabajo el cual debe ser consentido por cuatro personas, las cuales deben de estar informadas y en su defecto autorizar con su firma.

El documento antes mencionado se muestra en la siguiente imagen la cual contiene todas las características anteriormente expuestas (figura 46).



Schlumberger — **PERMISO DE TRABAJO** — No. 0025

Base / Instalacion: MVC

Parte 1: DEBE COMPLETARLA LA PERSONA QUE SOLICITA EL PERMISO DE TRABAJO

A) ☐ Trabajo en Frio ☐ Trabajo en Caliente ☑ Trabajo en Electrico
B) ☑ Trabajo Nuevo ☐ Continuación de trabajo

Persona que solicita el permiso: _____ Área de Trabajo: Tablero Electrico Cabinas

Equipo en que se va a trabajar(No.Unidad): Tablero Electrico de Cabinas

Naturaleza del Trabajo a Ejecutar

☐ Trabajo en sistemas de Seguridad ☐ Reparación ☑ Mantenimiento/Inspeccion
☐ Trabajo rutinario peligrosa (o) ☐ Trabajo no rutinario / no existe procedimientos
☐ Otros (Especificar) _____

Descripción del Trabajo: Realizar limpieza y reapriete de conexiones electricas

Precauciones de Seguridad Requeridas para el trabajo

EPP

☑ EPP Basico (casco, lentes, overol, botas y guantes).
☐ ERA (Equipo de Respiración Autónoma)
☐ Traje Tyvek
☐ EPP de Trabajo en Alturas (Arnés, traba caídas, Línea de Vida...)
☐ Mascara para Soldar
☐ Otros (Especifique) _____
☐ Careta
☐ Ropa de Cuero
☐ Protector Auditivo
☐ Goggles

EQUIPO

☑ Reparaciones Eléctricas
☐ Herramientas para coste y soldaduraCorte y soldadura
☐ Herramientas de Potencia
☐ Dispositivos de Izaje
☐ Otros (Especifique) _____

Procedimientos de Seguridad a Seguir:

☑ HARC ☑ Restringir Acceso ☐ Orientar Contratista ☐ Espacio Confinado
☐ HARC de Bolsillo ☐ Desprezurizar Equipo ☑ Candadeo Etiquetado ☐ Trabajo en Alturas
☐ JSA ☐ Supervision De Trabajo ☑ Orden y Limpieza
☐ Plan de Izaje ☐ Verificación de Riesgo de Incendio
☐ Plan de Respuesta a Emergencias (PRE)
Procedimiento Especiales (Especificar que necesita, añada procedimiento) VERIFICAR ENERGIA CERO

★ Detallar Equipo a aislar/etiquetar: Etiquetas

Nombres de Personas a realizar el trabajo (en caso de ser contratista colocar el numero de seguro social)

Rosendo Hernandez Lopez
Daniel Hernandez Reyes

¿ Explico trabajo a cada persona ? (SI / NO)

Si.

Parte 2: Aprobación del Permiso YO AUTORIZO COMENZAR/CONTINUAR ESTE TRABAJO MIENTRAS SE MANTENGAN LAS CONDICIONES EVALUADAS

Validez: De Fecha 16 / 12 / 19 de 19 Hr 00 Min — A Fecha 16 / 12 / 19 de 15 Hr 00 Min

(1) Rosendo Hernandez Lopez — RESPONSABLE DE TRABAJO
(2) Rosendo Lopez — SUPERVISOR DE ÁREA
(3) C.I. — HSE/LPT
(4) — GERENTE DE FACILITY

Parte 3: FIRMAR SOLO SI EL TRABAJO CONCLUYO

EL TRABAJO SE COMPLETO DURANTE LA VALIDEZ DEL PERMISO. AREA Y EQUIPO ESTAN EN CONDICIONES SEGURAS. RETIRO DEL BLOQUEO-ETIQUETADO APROBADO

A Fecha ___ / ___ / ___ de ___ Hr ___ Min

SUPERVISOR DEL AREA — GERENTE DE FACILITY

Parte 4: FIRMAR SI EL TRABAJO ES SUSPENDIDO

A Fecha ___ / ___ / ___ de ___ Hr ___ Min

SUPERVISOR DEL AREA — GERENTE DE FACILITY

Ilustración 43. Permiso de trabajo firmado y autorizado

.

En el apartado número 2 (Aprobación del permiso de trabajo), como ya se mencionó, se debe de autorizar por cuatro personas que desempeñan un cargo en específico dentro de la empresa, esas personas se cercioran de que las condiciones sean adecuadas para el trabajo, la seguridad del personal involucrado, y el acceso o permanencia dentro de un área en específico durante el tiempo que se llevará a cabo la actividad.

Los cargos que se involucran dentro del permiso de trabajo se explican de la siguiente manera:

- ✓ **Responsable del trabajo:** es la persona que solicita la realización de la actividad debido a una intervención causada por una falla, reparación, mantenimiento o inspección. Es el encargado y principal responsable de que el trabajo se lleve a cabo y se concluya de una manera segura y eficiente (figura 47).

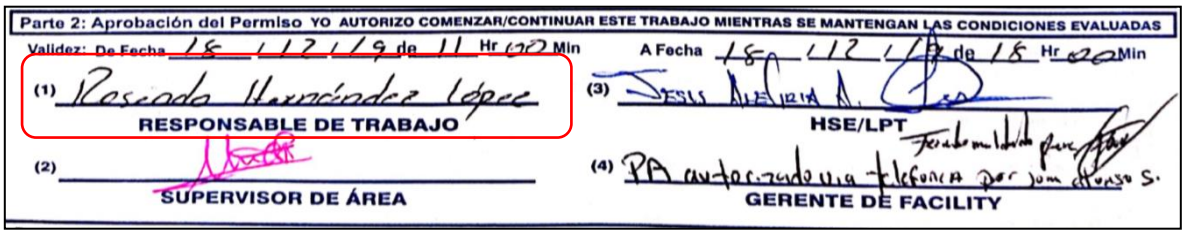


Ilustración 44. responsable del trabajo en el PWT.

- ✓ **Supervisor del área:** es la persona que se encuentra a cargo de la zona, área o sector en la cual se trabajará por un periodo de tiempo específico. Es la primera persona a la cual se reportarán las actividades, contratiempos, condiciones o finalización del trabajo (figura 48).

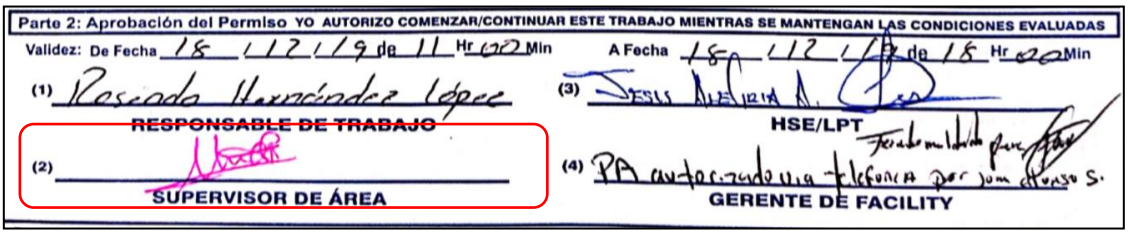


Ilustración 45. Supervisor del área en el PWT.

- ✓ **HSE (Health Security and Environment):** La persona que tiene este cargo es aquella responsable de la integridad del personal dentro de la base, así como de

verificar que las condiciones y factores de riesgo involucrados dentro de la actividad se mantengan controlados (figura 49).

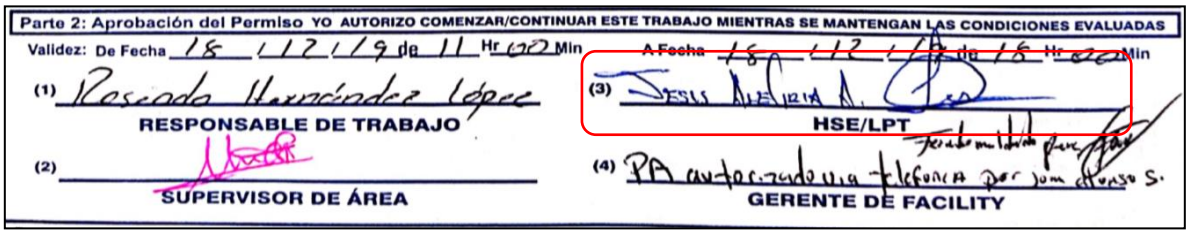


Ilustración 46. Personal de seguridad industrial en el PWT.

- ✓ **Gerente de facility:** es el manager o gerente del mantenimiento de la base, quien está al tanto de implementar planes y actividades para sacar a flote a la planta en cuestión de reparaciones, correcciones e inspecciones de las áreas, máquinas y dispositivos que se utilizan dentro de la base (figura 50) .

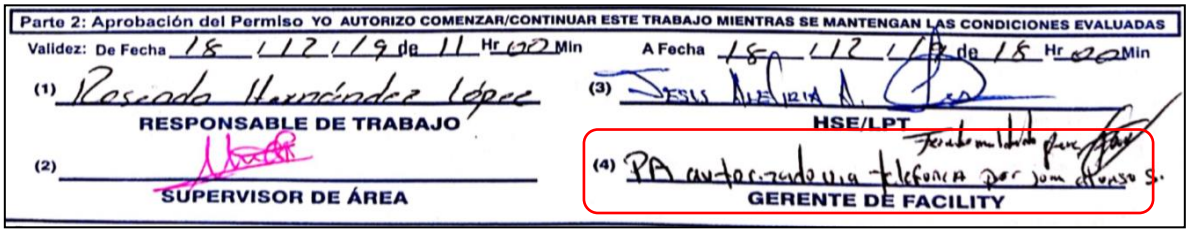


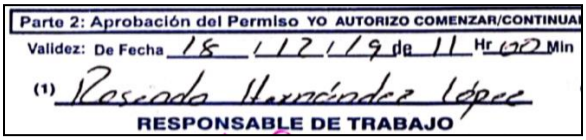
Ilustración 47. Gerente de mantenimiento en el PWT.

Nota: es indispensable tener la autorización y firma de todas estas personas para poder proceder con el trabajo, de no ser así, el no tener el consentimiento de una sola de ellas significa en la cancelación momentánea o temporal de la actividad hasta que todas las condiciones se mantengas cubiertas y controladas.

Procedimiento para elaborar y solicitar un permiso de trabajo

A. Prepare y emita el permiso de trabajo y procedimientos de seguridad en caso de ser necesarios.

B. El responsable del trabajo firma el permiso de trabajo indicando en el formato del PWT el procedimiento de seguridad que será utilizado (fig. 47).



C. El supervisor verifica físicamente cualquier dispositivo de aislamiento o cierre/identificación instalada, además, la compatibilidad de la actividad a desarrollar, en caso de haber otras actividades en el sitio.

D. El supervisor firma el permiso de trabajo (fig. 48).



E. HSE verifica el permiso de trabajo y procedimientos de seguridad que serán usados (fig. 49).



F. Facility autoriza el permiso de trabajo (fig. 50).



a. **Original del PWT**: sitio de trabajo (figura 51).



Ilustración 48. Original del PWT.

b. **Copia azul del PWT**: Solicitante (figura 52).



Ilustración 49. Copia azul del PWT.

c. **Copia amarilla del PWT**: tablero de control del PWT (figura 53)

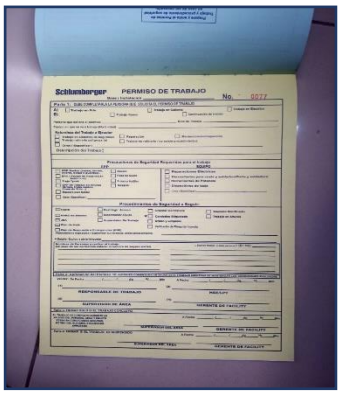




Ilustración 50. Copia amarilla del PWT y tablero de permiso de trabajo

G. Inicie el trabajo.

¿Se completó el trabajo o la actividad dentro del periodo de validez del permiso?

En caso de ser así:

1) Restaure el área de trabajo y/o equipo a sus condiciones operativas normales.
2) Retire cualquier dispositivo de aislamiento o cierre/identificación implementado durante la realización del trabajo.
3) El permiso de trabajo es firmado por el supervisor del área de Facility.
4) El permiso es cerrado.

En caso de no haber concluido en el tiempo planeado:

1) Asegurar y acordonar el área de trabajo, no retirar los dispositivos de aislamiento, cierre o identificación.
2) El permiso de trabajo es firmado por el supervisor del área de Facility.
3) El permiso es cerrado (figura 54).



Ilustración 51. Firma de cierre del PWT una vez concluido el trabajo.

Para ambos casos:

- **Original del PWT**: Facility
- **Copia azul del PWT**: Solicitante
- **Copia amarilla del PWT**: Facility

Nota: En caso de trabajo suspendido, cualquier trabajo adicional será cubierto por un permiso de trabajo nuevo.

4.2 Procedimiento de mantenimiento a los interruptores de acuerdo con las normas NOM-029 y NOM-017.

A partir de las normas anteriormente citadas se comenzó con el mantenimiento del cual tiene como objetivo mi proyecto.

Primeramente, se procedió con la ubicación del área en la cual se llevaría a cabo la actividad, esta es “SURFACE” (figura 55), sector que se dedica al mantenimiento cabinas de control y mando que se envían a los pozos en las locaciones terrestres principalmente.



Ilustración 52. Área de SURFACE o mantenimiento de cabinas.

En dicho lugar se encuentra una serie de interruptores con un centro de carga principal (Figura 56) los cuales se encargan de suministrar energía a las cabinas para que estas puedan trabajar y accionar diferentes equipos de control, medición, cómputo, aire acondicionado, luminaria, entre otros (Figura 57).



Ilustración 54. Centro de carga principal.



Ilustración 53. Cabina de control.

Delimitación del área, bloqueo y candadeo del centro de carga principal

Una vez estando en el área se procede con la delimitación de la misma con una cinta de plástico, está puede ser con una leyenda de “peligro” o “precaución” (figura 58), esto es para que el personal externo o ajeno a la actividad a realizar pueda acceder mientras se está trabajando con la corriente.



Ilustración 55. Cinta delimitadora.

Una vez delimitada la zona, se ubica el interruptor principal y se continua con el corte de corriente de los interruptores termomagnéticos hacia los interruptores de cuchillas (figura 59). Además de colocó el candadeo de protección sobre la chapa del centro de carga a efecto de garantizar que el circuito permanezca des energizado cuando se realizan actividades de mantenimiento para comenzar de forma segura (figura 60).



Ilustración 56. Desactivación de los interruptores termomagnéticos.



Ilustración 57. Candadeo del tablero principal.

Posteriormente a esto verificamos que realmente se halla bloqueado el flujo de corriente hacia los alimentadores tal y como se marca en la NOM-029. La cual indica que toda instalación eléctrica se considere energizada hasta que se realice la comprobación de ausencia de tensión eléctrica, mediante equipos o instrumentos de medición destinados para tal efecto (figura 61).




Ilustración 58. Comprobación y medición de ausencia de energía.

4.3 Limpieza y mantenimiento en general de los interruptores de cuchilla, canaletas y fusibles

Una vez verificado y comprobado que no haya corriente circulando en el sistema se comienza con las actividades de mantenimiento, las cuales comprenden con los siguientes puntos.

1) Se destapan las canaletas por donde pasa el cable de corriente y se sopletea para retirar toda la suciedad y el polvo que se halla acumulado durante el tiempo transcurrido entre la instalación o último mantenimiento y el actual (figura 62).




Ilustración 59. Canaletas de conductores.

2) Esto es a todas las secciones por donde pasa el cable para asegurarnos de que no se deterioren o se acumulen insectos o suciedad indeseada para posteriores intervenciones (figura 63).



Ilustración 60. Bajantes de conductores para alimentación.

3) Ahora se hará un sopleteo de los interruptores de cuchillas para lo cual procederemos a retirar con cuidado los fusibles de cada una de las cajas (figura 64).

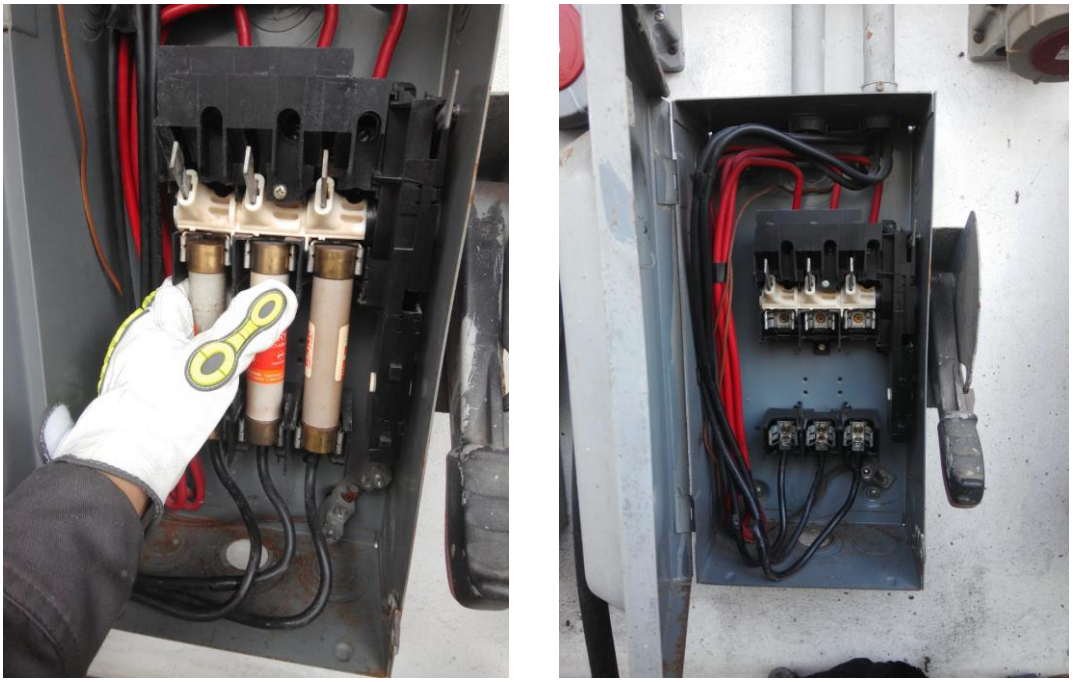


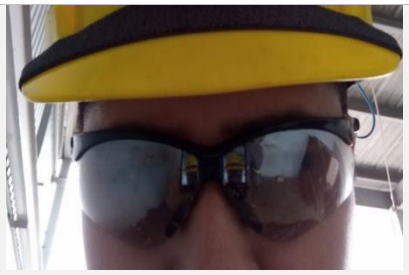
Ilustración 61. Retiro de fusibles de las cajas de los interruptores.

Nota: es importante contar con las herramientas y el equipo de protección adecuado para poder realizar las tareas de la mejor manera y cuidando siempre nuestra integridad física

en contra de alguna descarga, corto, sustancia peligrosa o golpe, esto de acuerdo con lo que marca la norma NOM-017-STPS-2008.

La anterior norma cual contempla el uso de protección personal para los trabajadores proporcionada por el patrón (Tabla):

Tabla 3. Elementos que conforman el equipo de protección personal para intervenciones eléctricas.

Guantes de alto impacto	**Guantes anticorte**
	
De carnaza	**Protección ocular**
	
Casco	**Overol**
	
Calzado dieléctrico	**Herramienta aislada**





4) Retirados los fusibles de los interruptores se procede a limpiar con un trapo seco dentro de la caja, los cables, los bornes de conexión y checar que las zonas de contacto se encuentren en buen estado (figura 65), así como que la tornillería se mantenga sin óxido y apriete correctamente, lo anterior de acuerdo a los procedimientos marcados por la norma NOM-029 la cual marca los procedimientos para el mantenimiento de sistemas eléctricos.





Ilustración 62. Limpieza y verificación de la caja de fusibles.

Además, se puede aplicar un poco de limpiador dieléctrico a los bornes de conexión para retirar suciedad acumulada, óxido o sulfato (figura 66).

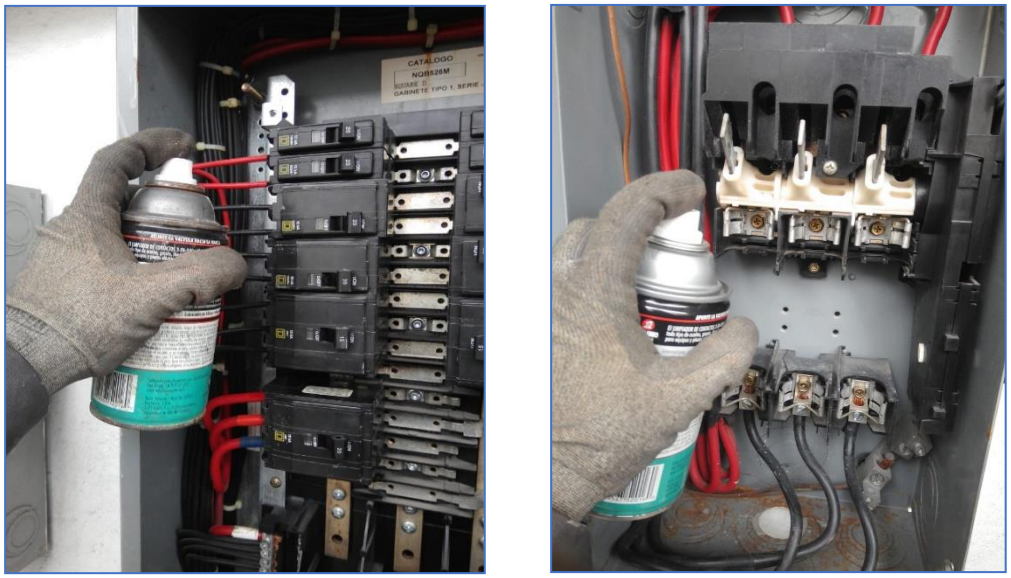


Ilustración 63. Aplicación de agente dieléctrico a los terminales de conexión.

5) Volveremos a sopletear para asegurarnos de haber retirado toda la suciedad y secar el líquido dieléctrico que haya quedado y apretaremos las conexiones para prevenir cualquier calentamiento o que alguna conexión se suelte dentro de los interruptores y los centros de carga también (figura 67).

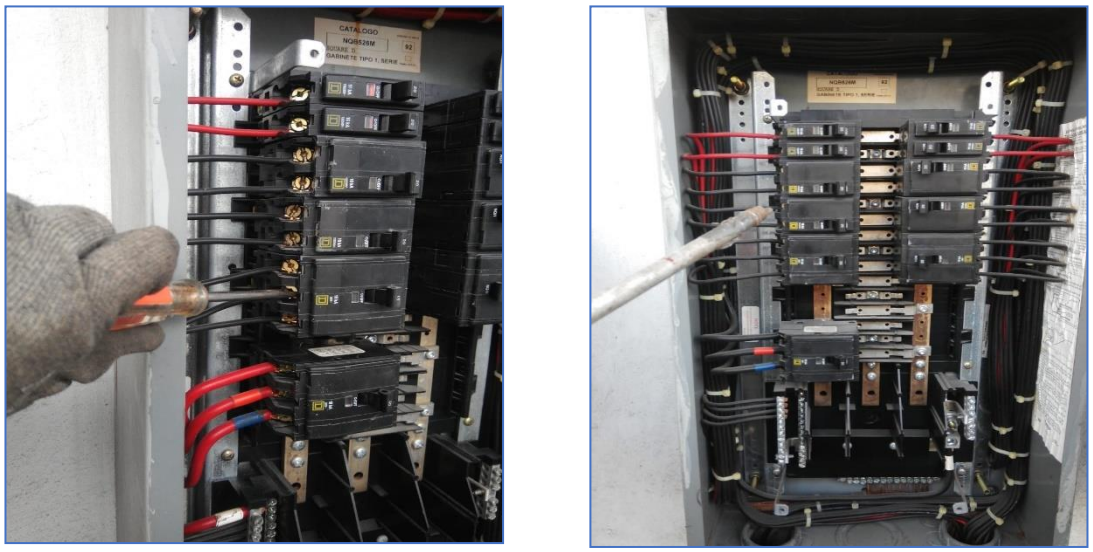


Ilustración 64. Apriete de conexiones, tornillería y sopleteo de terminales.

6) Para el caso de los fusibles retirados, se recomienda limpiarlos con liquido dieléctrico, en este caso como son fusibles de uso industrial, se aprieta la rosca del cartucho que contiene al bimetal (figura 68). Una vez



Ilustración 65. Limpieza y apriete de cartucho de fusibles.

Para verificar el funcionamiento de los bimetales internos de los fusibles se comprueba la continuidad en todos y cada uno de ellos, para esta prueba se espera el “pitido” al medir de punta a punta con el multímetro (figura 69).



Ilustración 66. Comprobación de continuidad de los fusibles.

4.4 Corrección de fallas encontradas durante el mantenimiento

Para este caso en el cual se detectaron diferentes problemas o fallas en algunos elementos que conforman al sistema, por lo cual, se llevaron a cabo las siguientes maniobras de mantenimiento correctivo:

1) En primer lugar, se detectó una oxidación excesiva en una de las terminales de entrada de un interruptor de cuchillas, además de que en la punta del cable de alimentación había mucho sulfato producto de la excesiva humedad de la zona. Debido a lo anterior se cambió la zapata mecánica que de conexón por una de ojillo y se cortó el pedazo de cable dañado hasta una sección en buenas condiciones en donde se ponchó con una pinza hidráulica .



Ilustración 67. Pochado de terminal con pinza hidráulica.

2) El segundo de los problemas encontrados fue que una de las secciones de los rieles de plástico que sujetan al interruptor termomagnético principal de uno de los centros de carga estaba roto, lo cual provocaba un movimiento indeseado al momento de retirar o poner la tapa del centro ya que podía haber provocado un corto circuito si los bornes de conexión tocaban la lámina, tierra física o baquelita de neutros. A partir de esto se reubicó el interruptor principal unos lugares arriba de donde estaba originalmente en una parte del riel en buenas condiciones para que permaneciera estático y sin ningún riesgo (figura 71).

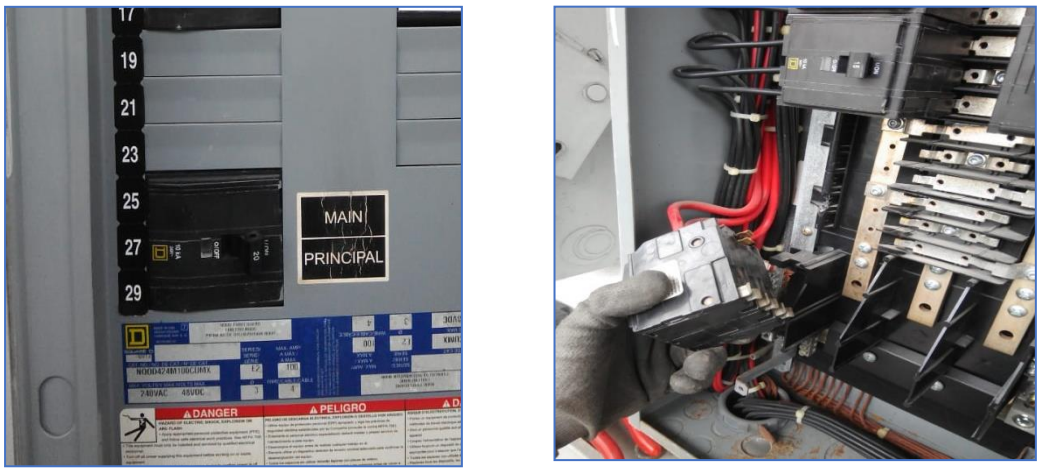


Ilustración 68. Cambio de posición del interruptor principal.

3) Al revisar las tomas de corriente a 440 volts que alimentan a las cabinas se detectó que algunas de ellas estaban flojas en los bornes de conexión e incluso una de ellas se encontraba trozada, por lo cual se apretaron los tornillos sujetadores y en el caso de la que se encontraba dañada se habilitó de nuevo para su uso (figura 72).



Ilustración 69. Reapriete de conexiones de terminales de alimentación a 440 volts.

4) Finalmente procederemos a ingresar los fusibles de nuevo a sus respectivas cajas y a dar una última inspección de que no haya fuera nada de lo normal (figura 73).



Ilustración 70. Montaje de fusibles dentro de los interruptores de fusibles.

4.5 Identificación y etiquetado de las cajas de fusibles, interruptores termomagnéticos, pastillas en los centros de carga y contactos

Una vez realizado el mantenimiento de todos los elementos del sistema y de haber corregido los problemas o fallas encontrados procedemos con la identificación y el marcado de los mismos para su mejor comprensión al indicar sus respectivas alimentaciones y dispositivos de corte de energía para el centro de carga principal y el centro de carga de contactos.

Identificación y etiquetado de interruptores de cuchillas con su respectivo interruptor termomagnético

1) Primeramente, desactivaremos el bloqueo asignado al centro de carga principal para poder abrir la tapa y tener acceso a los termomagnéticos (figura 74).

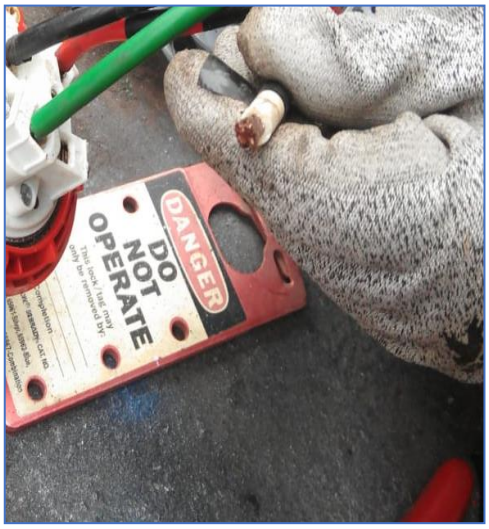




Ilustración 71. Retiro del bloqueo del panel principal.

2) Continuaremos activando uno de los interruptores y mediremos el voltaje en los bornes de entrada o alimentación de cada una de las cajas hasta encontrar aquella que nos marque una tensión de 440 volts, y es entonces cuando a esa caja le corresponderá ese termomagnético (figura 75).





Ilustración 72. Identificación de interruptor termomagnético con su respectivo interruptor de cuchillas.

Así sucesivamente haremos con todos y cada uno de los pares de interruptores hasta identificar y etiquetar todos, las leyendas que se asignaron fueron unas iniciales que indican que son alimentados del tablero (TAB), seguido del número de carga (en un rango del 1 al 5) y la letra del lado en el que está: izquierda (Izq.) o derecha (D) (figura 76). [11]



Ilustración 73. Identificación general de todos los interruptores.

3) De igual manera se le hará una pequeña etiqueta al candado de cada uno de los interruptores la cual compartirá el mismo nombre que los anteriores (figura 77).



Ilustración 74. Etiquetado del candado de cada interruptor de cuchillas.

Identificación y etiquetado de pastillas o breakers termomagnéticos y contactos de 110 y 220 volts

1) Primeramente, utilizaremos el identificador de contactos para localizar las pastillas correspondientes con cada uno de los contactos con tensión de 110 volts, para esto, se conectará el emisor a uno contacto y el receptor se pasará por encima de cada uno de los breakers hasta escuchar un pitido constante el cual indicará que habremos localizado su accionador (figura 78).



Ilustración 75. Identificación de contactos a 110 volts.

2) De igual manera que en la identificación de los interruptores de cuchillas activaremos una a una las pastillas dentro del centro de carga de contacto y mediremos la tensión en cada una de las tomas hasta encontrar la que le corresponda para encontrar los contactos a 220 volts (figuras 79 y 80).



Ilustración 76. Identificación de contactos a 220 volts: tensión = 0 v.

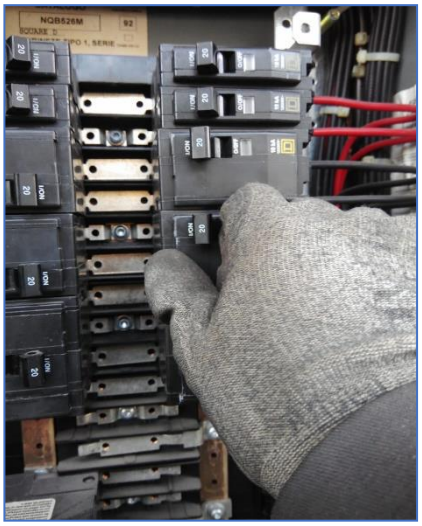




Ilustración 77. Identificación de contactos a 220 volts: tensión = 223.4 v.

Una vez que se localizaron entonces se agregó una pequeña etiqueta a la pastilla y al tubo de alimentación del contacto respectivamente, esta tendrá la inicial de la palabra (cont.) seguida del número que le corresponde (1,2,3…n) (figura 81).





Ilustración 78. Etiquetado de tomacorrientes a 110 volts.

4.6 Comprobación de los parámetros de los elementos del sistema eléctrico: medidas, materiales, cálculos y cumplimiento de estándares según lo establecido en la NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas.

Ya que no se está desarrollando el diseño como tal de un sistema eléctrico desde su construcción, este proyecto se limita a la evaluación e inspección de los elementos e instalaciones eléctricas dentro de la planta de mantenimiento, apegados a los criterios que se dictan en la norma oficial mexicana anteriormente expuesta.

Terminales.

Las terminales de carga del conductor puesto a tierra del circuito y las conexiones a la barra del conductor de puesta a tierra de equipos para los conductores de puesta a tierra de equipos de la carga, se deben localizar de manera que no sea necesario extenderse a través o más allá de una barra conductora no aislada y no puesta a tierra con el fin de hacer las conexiones (figura 82).



Ilustración 79. Puesta a tierra de tablero de cargas.

Disposición de las fases en corriente alterna.

La disposición de las fases de corriente alterna en las barras conductoras trifásicas debe ser A, B, C desde el frente hacia atrás, desde arriba hacia abajo o de izquierda a derecha, visto desde el frente del tablero de distribución, tablero de potencia o panel de alumbrado y control (figura 83).

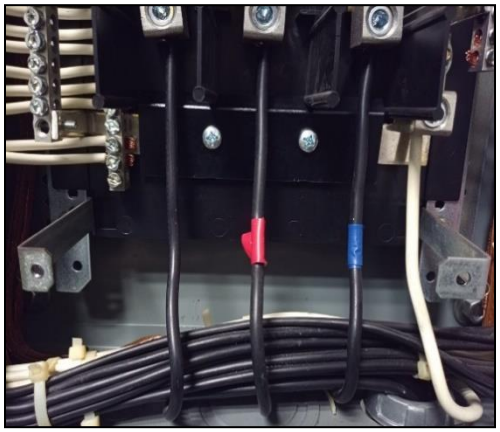


Ilustración 80. Identificación de las fases de alimentación del tablero.

Identificación de tableros de distribución, tablero de potencia y panel de alumbrado y control (Marcado).

Cuando en la presente NOM se requieran señales o etiquetas de precaución, advertencia o peligro, las etiquetas deberán cumplir los siguientes requisitos (figura 84):



Ilustración 81. Etiqueta de información correspondiente con cada tablero.

Los tableros de control industrial se deben marcar con la siguiente información que sea totalmente visible después de la instalación:

1) Nombre del fabricante, marca comercial u otras (figura 85).



Ilustración 82. Etiqueta de información de un tablero de control.

2) Tensión de alimentación, número de fases, frecuencia y corriente de alimentación que ingresa (figura 86).



Ilustración 83. Etiqueta de datos técnicos de tablero.

Directorio del circuito o identificación del circuito.

Cada circuito y modificación del circuito se debe identificar de forma legible con su propósito o uso específico, evidente y claro. La identificación debe incluir detalles suficientes que permitan que cada circuito se diferencie de los otros. La identificación se debe incluir en un directorio del circuito que se localiza en la parte frontal o interior de la puerta del tablero en el caso de un panel de alumbrado y control (figura 87).



Ilustración 84. Directorio de cargas puesto dentro de cada tablero de cargas.

.

Distancia para el conductor que entra en el envolvente de la barra conductora.

Cuando los tubos Conduit u otras canalizaciones entran por abajo de un tablero de distribución, tablero de potencia, un tablero de alumbrado y control auto soportado o un envolvente similar, debe haber espacio suficiente que permita la instalación de los conductores en el envolvente (figura 88).

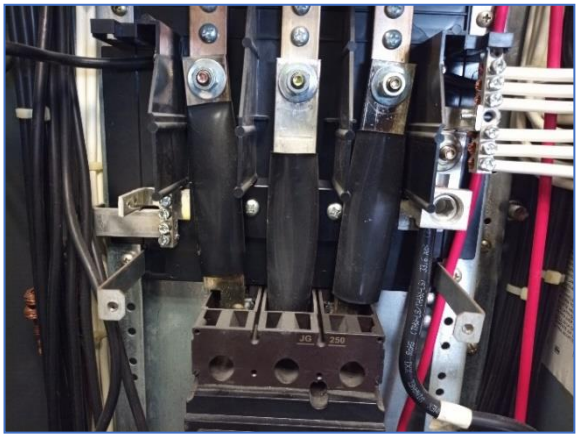


Ilustración 85. Distancia para el envolvente que aísla a las terminales eléctricas.

Separaciones desde el plafón

Para tableros de distribución o tableros de potencia que no estén totalmente encerrados, debe existir un espacio no menor a 90 centímetros entre la parte superior del tablero de distribución o tablero de potencia y cualquier techo combustible (figura 89).



Ilustración 86. Distancia que separa al plafón del techo falso.

Conductor - tamaño y ampacidad mínimos.

El tamaño del conductor de alimentación del panel de control industrial debe tener una ampacidad no menor al 125 por ciento del valor nominal de corriente de plena carga de todas las cargas (figura 90).

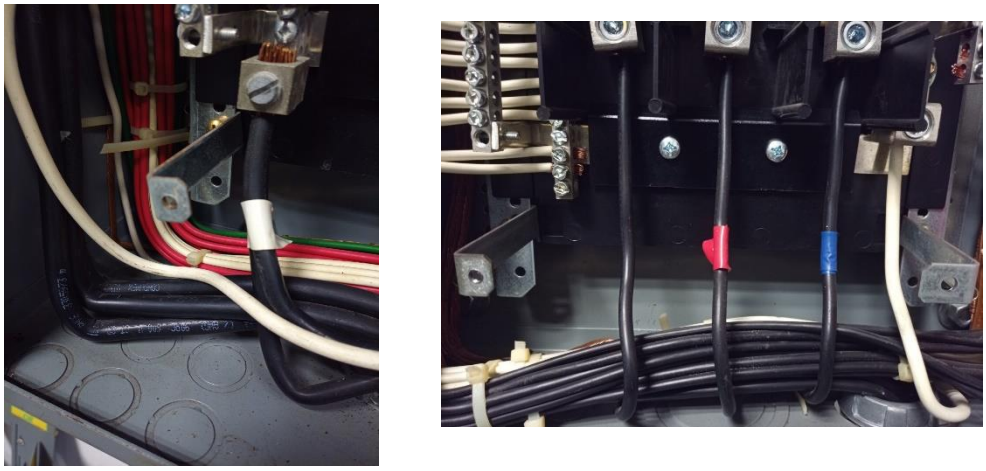
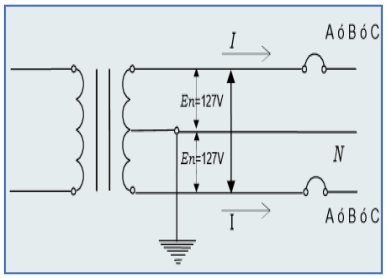


Ilustración 87. Conductor de alimentación de los tableros eléctricos calibre 4.

Cálculo y comprobación de los sistemas de alimentación

Alumbrado de taller (tabla 4):

Tabla 4. Configuración eléctrica del alumbrado de taller.

<table>
<tr><th>DIAGRAMA</th><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th><th>APLICACIÓN</th></tr>
<tr><td>1 FASE – 3 HILOS

</td><td colspan="2">Monofásico, 1 Fase–3 Hilos– 220/127 volts</td><td>Cargas de 4,000 a 8,000 watts. Alumbrado, contactos y fuerza.</td></tr>
<tr><td></td><td>CORRIENTE</td><td>SECCIÓN COBRE mm2</td><td>CAÍDA DE VOLTAJE</td></tr>
<tr><td></td><td>$I = \frac{W}{(2)(En)}$</td><td>$S = \frac{(2)(L)(I)}{(e\%)(En)}$</td><td>$e\%(127v) = \frac{(Z)(I)(L)}{(10)(En)}$
$e\%(220v) = \frac{(Z)(I)(L)}{(5)(Ef)}$</td></tr>
</table>

Para este circuito se tomaron las siguientes lecturas de variables, se muestra la ubicación (figura 91), así como la carga a la cual alimenta, además, los respectivos cálculos de comprobación.





Ilustración 88. Alumbrado de taller y cuarto eléctrico "G".

1) En primer lugar, comprobaremos la corriente del circuito, para ello mediremos el voltaje (que se encuentra indicado en el tablero), la intensidad del circuito y el voltaje al neutro. En base a esto se comprueba que el valor de la pastilla instalada sea el adecuado para corriente corregida (del 1.25%) (figura 92).

$$I = \frac{W}{(2)(En)}$$

$$I = \frac{(14.9\ amp)(127v)}{(2)(119v)}$$

$$I = \frac{(1892.3\ amp * v)}{238\ v}$$

$$I = 7.95\ amp * 1.25$$

$$I = 9.93\ amp$$



Ilustración 89. Termomagnético de alumbrado.

2) Procedemos a calcular la caída de voltaje, y para eso nos apoyaremos de la tabla de impedancias según el conductor instalado (tabla 5).

Tabla 5. Impedancia de acuerdo al calibre de un conductor.

Calibre AWG o kcmil	Ohms al neutro / km													
	Reactancia inductiva (X_L) para todos los conductores Ohm/km		Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de cobre Ohm / km			Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de aluminio Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de cobre fp=0,9 Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de aluminio fp=0,9 Ohm / km		
	Conduit de PVC o aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero
14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	9.3	9.3	9.3	—	—	—
12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	6.0	6.0	6.0	—	—	—
10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—
8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.38	2.38	2.40	—	—	—
6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.52	1.52	1.54	2.47	2.47	2.49
4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.99	0.99	1.00	1.57	1.57	1.59
2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.66	0.68	1.01	1.01	1.03
1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.41	0.45	0.43	0.66	0.68	0.67
2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.37	0.53	0.53	0.55
3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.288	0.302	0.308	0.45	0.45	0.46
4/0	0.135	0.167	0.203	0.22	0.207	0.33	0.36	0.33	0.242	0.257	0.259	0.36	0.38	0.37
250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.213	0.227	0.234	0.310	0.324	0.328
300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.188	0.204	0.206	0.269	0.283	0.285
350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.170	0.184	0.187	0.237	0.252	0.258
400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.154	0.170	0.174	0.216	0.232	0.232
500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.136	0.150	0.154	0.183	0.197	0.202
600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.123	0.139	0.142	0.162	0.177	0.181
750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.110	0.126	0.131	0.140	0.155	0.160
1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.097	0.109	0.119	0.120	0.133	0.140

$$e\%(127v) = \frac{(Z)(I)(L)}{(10)(En)}$$

$$e\%(127v) = \frac{(1.02)(9.93\ amp)(3\ mts)}{(10)(127)}$$

$$e\%(127v) = \frac{30.3858}{1270}$$

$$e\%(127v) = 0.02392 = 2.39\%$$

3) Con el valor anterior tenemos los datos para calcular y comprobar el calibre del conductor del circuito.

$$S = \frac{(2)(L)(I)}{(e\%)(En)}$$

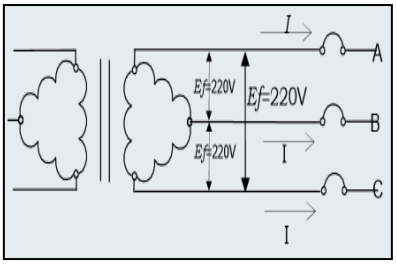
$$S = \frac{(2)(3\ mts)(9.93\ amp)}{(0.02393)(127v)}$$

$$S = \frac{59.58}{3.0391}$$

$$S = 19.6044\ mm^2 = calibre\ 4$$

Alimentación de cabinas de SURFACE (tabla 6):

Tabla 6. Configuración eléctrica del área de cabinas o SURFACE.

<table>
<tr><th>DIAGRAMA</th><th colspan="2">CARACTERISTICAS</th><th>APLICACIÓN</th></tr>
<tr><td rowspan="2">3 FASES – 3 HILOS

</td><td colspan="2">Trifásico, 3 Fases–3 Hilos–220 volts</td><td>Fuerza</td></tr>
<tr><td colspan="2">Monofásico, 1 Fase–2 Hilos–220 volts</td><td>Alumbrado</td></tr>
<tr><td>CORRIENTE</td><td>SECCIÓN COBRE mm2</td><td>CAÍDA DE VOLTAJE</td></tr>
<tr><td>$I = \frac{W}{\left(3^{\frac{1}{2}}\right)(Ef)}$</td><td>$S = \frac{(2)(3^{\frac{1}{2}})(L)(I)}{(e\%)(Ef)}$</td><td>$e\% = \frac{(Z)(3^{\frac{1}{2}})(I)(L)}{(10)(Ef)}$</td></tr>
</table>

Para este circuito se tomaron las siguientes lecturas de variables, se muestra la ubicación (figura 93), así como la carga a la cual alimenta, además, los respectivos cálculos de comprobación.





Ilustración 90. Área de Surface y tableros de alimentación de las cabinas.

1) En primer lugar, comprobaremos la corriente del circuito, para ello mediremos el voltaje (que se encuentra indicado en el tablero), la intensidad del circuito y el voltaje al neutro. En base a esto se comprueba que el valor de la pastilla instalada sea el adecuado para corriente corregida (del 1.25%) (figura 94).

$$I = \frac{W}{\left(3^{\frac{1}{2}}\right)(Ef)}$$

$$I = \frac{(20\ amp)(440v)}{\left(3^{\frac{1}{2}}\right)(220v)}$$

$$I = \frac{(8800\ amp * v)}{381.05\ v}$$

$$I = 23.09 amp * 1.25$$

$$I = 28.862\ amp$$



Ilustración 91. Termomagnético de interruptor de cuchillas.

2) Procedemos a calcular la caída de voltaje, y para eso nos apoyaremos de la tabla 5 de impedancias según el conductor instalado.

Tabla 7. Identificación de parámetros

Calibre AWG o kcmil	Ohms al neutro / km													
	Reactancia inductiva (X_L) para todos los conductores Ohm/km		Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de cobre Ohm / km			Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de aluminio Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de cobre fp=0,9 Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de aluminio fp=0,9 Ohm / km		
	Conduit de PVC o aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero
14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	9.3	9.3	9.3	—	—	—
12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	6.0	6.0	6.0	—	—	—
10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—
8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.38	2.38	2.40	—	—	—
6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.52	1.52	1.54	2.47	2.47	2.49
4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.99	0.99	1.00	1.57	1.57	1.59
2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.66	0.68	1.01	1.01	1.03
1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.41	0.45	0.43	0.66	0.68	0.67
2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.37	0.53	0.53	0.55
3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.288	0.302	0.308	0.45	0.45	0.46
4/0	0.135	0.167	0.203	0.22	0.207	0.33	0.36	0.33	0.242	0.257	0.259	0.36	0.38	0.37
250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.213	0.227	0.234	0.310	0.324	0.328
300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.188	0.204	0.206	0.269	0.283	0.285
350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.170	0.184	0.187	0.237	0.252	0.258
400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.154	0.170	0.174	0.216	0.232	0.232
500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.136	0.150	0.154	0.183	0.197	0.202
600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.123	0.139	0.142	0.162	0.177	0.181
750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.110	0.126	0.131	0.140	0.155	0.160
1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.097	0.109	0.119	0.120	0.133	0.140

$$e\%(127v) = \frac{(Z)(I)(3^{\frac{1}{2}})(L)}{(10)(Ef)}$$

$$e\%(127v) = \frac{(1.02)(28.862\ amp\ )(10\ mts)}{(10)(220)}$$

$$e\%(127v) = \frac{509.902}{2200}$$

$$e\%(127v) = 0.2317 = 23.17\%$$

3) Con el valor anterior tenemos los datos para calcular y comprobar el calibre del conductor del circuito.

$$S = \frac{(2)(L)\left(3^{\frac{1}{2}}\right)(I)}{(e\%)(Ef)}$$

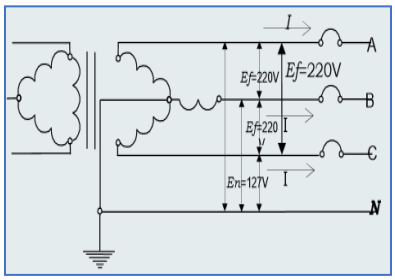
$$S = \frac{(2)(10\ mts)\left(3^{\frac{1}{2}}\right)(28.862\ amp)}{(0.2317)(220v)}$$

$$S = \frac{999.809}{50.974}$$

$$S = 19.6140\ mm^2 = calibre\ 4$$

Alimentación a contactores de torno CNC (tabla 7)

Tabla 8. Configuración eléctrica de alimentación a torno CNC.

DIAGRAMA	CARACTERISTICAS		APLICACIÓN
3 FASES – 4 HILOS 	Trifásico, 3 Fases–4 Hilos– 220/127 volts		Cargas de 4,000 a 8,000 watts. Alumbrado, contactos y fuerza.
	CORRIENTE	SECCIÓN COBRE mm2	CAÍDA DE VOLTAJE
	$I = \frac{W}{(2)(En)}$	$S = \frac{(2)(L)(I)}{(e\%)(En)}$	$e\% = \frac{(Z)(3^{\frac{1}{2}})(I)(L)}{(10)(Ef)}$

Para este circuito se tomaron las siguientes lecturas de variables, se muestra la ubicación (figura 95), así como la carga a la cual alimenta, además, los respectivos cálculos de comprobación.





Ilustración 92. Torno CNC y calibre de cable de alimentación.

1) En primer lugar, comprobaremos la corriente del circuito, para ello mediremos el voltaje (que se encuentra indicado en el tablero), la intensidad del circuito y el voltaje al neutro. En base a esto se comprueba que el valor de la pastilla instalada sea el adecuado para corriente corregida (del 1.25%) (figura 96).

$$I = \frac{W}{(2)(En)}$$

$$I = \frac{(67.9\ amp)(220v)}{(2)(220v)}$$

$$I = \frac{(14938\ amp * v)}{440\ v}$$

$$I = 33.95\ amp * 1.25$$

$$I = 42.43\ amp$$



Ilustración 93. Termomagnético de alimentación.

2) Procedemos a calcular la caída de voltaje, y para eso nos apoyaremos de la tabla 5 de impedancias según el conductor instalado.

Calibre	Ohms al neutro / km													
	Reactancia inductiva (X_L) para todos los conductores Ohm/km		Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de cobre Ohm / km			Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de aluminio Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de cobre fp=0,9 Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de aluminio fp=0,9 Ohm / km		
AWG o kcmil	Conduit de PVC o aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero
14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	9.3	9.3	9.3	—	—	—
12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	6.0	6.0	6.0	—	—	—
10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—
8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.38	2.38	2.40	—	—	—
6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.52	1.52	1.54	2.47	2.47	2.49
4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.99	0.99	1.00	1.57	1.57	1.59
2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.66	0.68	1.01	1.01	1.03
1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.41	0.45	0.43	0.66	0.68	0.67
2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.37	0.53	0.53	0.55
3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.288	0.302	0.308	0.45	0.45	0.46
4/0	0.135	0.167	0.203	0.22	0.207	0.33	0.36	0.33	0.242	0.257	0.259	0.36	0.38	0.37
250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.213	0.227	0.234	0.310	0.324	0.328
300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.188	0.204	0.206	0.269	0.283	0.285
350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.170	0.184	0.187	0.237	0.252	0.258
400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.154	0.170	0.174	0.216	0.232	0.232
500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.136	0.150	0.154	0.183	0.197	0.202
600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.123	0.139	0.142	0.162	0.177	0.181
750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.110	0.126	0.131	0.140	0.155	0.160
1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.097	0.109	0.119	0.120	0.133	0.140

$$e\%(127v) = \frac{(Z)(I)(3^{\frac{1}{2}})(L)}{(10)(Ef)}$$

$$e\%(127v) = \frac{(0.39)(42.43\ amp\ )(30\ mts)}{(10)(220)}$$

$$e\%(127v) = \frac{496.431}{2200}$$

$$e\%(127v) = 0.2256 = 22.56\%$$

3) Con el valor anterior tenemos los datos para calcular y comprobar el calibre del conductor del circuito.

$$S = \frac{(2)(L)(I)}{(e\%)(En)}$$

$$S = \frac{(2)(30\ mts)(42.43\ amp)}{(0.2256)(220v)}$$

$$S = \frac{2545.8}{49.632}$$

$$S = 51.29\ mm^2 = calibre\ 1/0$$

VIII. RESULTADOS Y DISCUCIÓN

Después de haber llevado a cabo las actividades comprendidas de mi proyecto dentro de la empresa se pueden observar diferentes resultados los cuales se muestran y numeran a continuación, cabe mencionar que esto es de manera general, ya que de manera específica s ha participado en otras tareas, actividades y/o proyectos, sin embargo y por fines prácticos, se limitan al mantenimiento eléctrico en este documento.

1) Etiquetado, mantenimiento preventivo y correctivo en el área de cabinas o SURFACE (figura 97).



Ilustración 94. Mantenimiento y etiquetado de interruptores en SURFACE.

2) Mantenimiento de los centros de carga y de distribución de los cuartos eléctricos (figura 98).

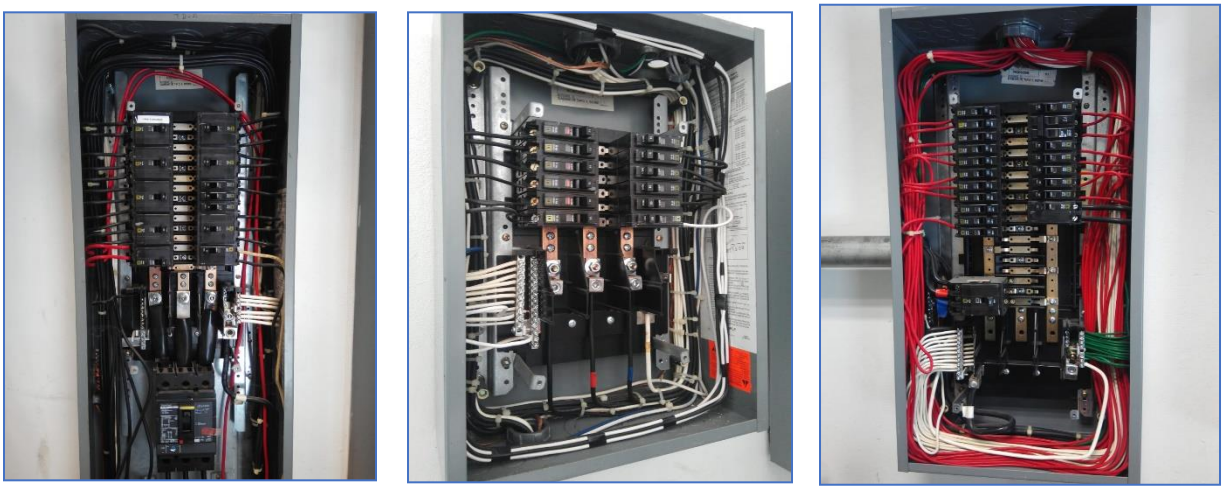


Ilustración 95. Mantenimiento general de tableros eléctricos.

3) Re etiquetado de algunas cargas ya identificadas cuya señalización no era legible (figura 99).



Ilustración 96. Etiquetado de interruptores para equipos dentro del taller.

4) Formato de mantenimiento elaborado a partir de las actividades realizadas, el cual se tomará en cuenta para posteriores intervenciones eléctricas (figura 100).

Checklist de inspección y mantenimiento preventivo/correctivo de tableros eléctricos, centros de carga y/o interruptores de cuchillas.

DATOS GENERALES

FECHA	DD	MM	AA		TIPO DE DISPOSITIVO	TABLERO	CENTRO DE CARGA	INTERRUPTOR DE CUCHULLAS
REALIZA LA INSPECCIÓN					N° TABLERO Y TIPO			
					UBICACIÓN			

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Voltaje de alimentación			
Corriente en lineas del interruptor principal	A:	B:	C:
N° de breakers o cargas instaladas			
Cuenta condirectorio de cargas	SI		NO
N° de cargas faltantes de identificar			

ACTIVIDADES PREVENTIVAS

ACTIVIDAD	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
1.- Limpieza general de polvo o suciedad				
2.- Termografía del elemento				
3.- Apriete de conexiones en breakers, bus de neutros y tierra				
4.- Medición de voltaje y corriente en termomagnético principal (especificaciones técnicas)				
5.- Limpieza con agente dieléctrico en terminales				

ACTIVIDADES CORRECTIVAS (si es que aplica)

Problema encontrado
Acciones o maniobras de corrección
Observaciones (equipo operativo o no opertaivo, deshabilitación de algún circuito, entre otras acciones tomadas

Firma de inspector

Gerente de Facility

Ilustración 97. Formato de mantenimiento preventivo y correctivo para tableros eléctricos, centros de carga e interruptores.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De forma general se puede decir que el contar con un mantenimiento preventivo a cualquier dispositivo independientemente de que sea eléctrico, mecánico, informático o de infraestructura otorga cierto margen maniobra con respecto a una posible falla o desperfecto que pueda ocurrir en un futuro. Así mismo, el documentar cada intervención preventiva o correctiva en forma de una memoria, bitácora o lista de verificación permite comparar el tiempo transcurrido, la severidad y el daño de una falla con respecto al último mantenimiento realizado.

Al no contar con una programación periódica de mantenimiento de los centros de carga, tableros de distribución, de contactos, luminaria y control se recomienda el establecimiento de dicha actividad ya que de primer vistazo las condiciones generales en las cuales se encuentran estos dispositivos parecen ser buena y optima dentro de lo que cabe, de este modo, el tomar a cabo acciones que garanticen el buen funcionamiento y prevención de fallas asegura una máxima durabilidad en el tiempo de vida.

X. REFERENCIAS BIBBLIOGRÁFICAS

[1] FM GLOBAL INSURANCE COMPANY, «Importancia del mantenimiento industrial,» 2013.

[2] T. L. Floyd, Principios de circuitos eléctricos, México: Pearson Educación, 2007.

[3] Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, «Normas y especificaciones par estudios, proyectos, construcciones e instalaciones,» México, 2014.

[4] Sindicato argentino de técnicos en escenarios, «Prevención de riesgos en escenarios,» Buenos Aires, 2016.

[5] J. Trashorras Montecelos, «Subestaciones eléctricas,» Madrid, Paraninfo, 2015, p. 52.

[6] «Central electroventas,» [En línea]. Available: file:///E:/Reportes/Recursos/Ligas/C%C3%B3mo%20funciona%20un%20contactor_%20_%20Central%20ElectroVentas.html. [Último acceso: 25 NOV 2019].

[7] «EcuRed,» [En línea]. Available: file:///E:/Reportes/Recursos/Ligas/Rel%C3%A9%20t%C3%A9rmico%20-%20EcuRed.html. [Último acceso: 2019 NOV 29].

[8] Asociación de Jóvenes Empresarios de la Región de Murcia, Guía de prevención de riesgos eléctricos, Murcia: Baltasara.

[9] M. A. R. Pozueta, Transformadores, Cantabria, 2017.

[10] ABB, « Tablero de distribución y comando, celdas, gabinetes,» *Ingeniería eléctrica,* nº 312, p. 78, 2016.

[11] Secretaría de energía, «NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas,» México, 2018.

[12] Secretaría de energía, «Tableros de distribución, tableros de potencia y tableros de alumbrado y control,» de *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas*, México, <, 2018, p. 1171.

[13] Diario Oficial de la Federación, «NORMA Oficial Mexicana NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.,» México, 2011.

[14] Diario Oficial de la Federación, «NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.,» México, 2008.

[15] Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA, «Candado/etiqueta,» EUA, 1999.

[16] Información proporcionada por HSE, «Permiso de trabajo nivel 2,» 2019.

[17] WiKipedia, «https://es.wikipedia.org/,» 12 Diciembre 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Mult%C3%ADmetro. [Último acceso: 30 12 2019].

[18] IDEAL, «Ideal productos,» 2013. [En línea]. Available: http://www.idealind.mx/products/pruebas-medicion-electrica/probadores-electricos/61-534-localizador-digital-de-interruptores-con-gfci.aspx. [Último acceso: 30 12 2019].

[19] Brildor, «Marcadora Dymo Letratag LT100-H,» *Revista de compras,* Actual.

[20] Guía de normativas europeas sobre guantes de protección, «WiKipedia,» 14 11 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Guante. [Último acceso: 30 12 2019].

[21] WiKipedia, «https://es.wikipedia.org,» 17 12 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Casco. [Último acceso: 30 12 2019].

[22] J. Uribe, « Manual de Seguridad en Construcciones Livianas,» Colombia, 2014.

[23] D. O. d. l. federación, «Prevención de riesgos laborales de la NOM-017-STPS,» México, 2008.

[24] WiKipedia, «https://es.wikipedia.org/,» 22 10 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Overol. [Último acceso: 30 12 2019].