



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS” ZACATENCO

“REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA PLANTA INDUSTRIAL QUE PRODUCE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTAN:

**LUIS FERNANDO DIONICIO CRUZ
ANTONIO LOPEZ CASTILLO
CHRISTOPHER JAIR TORIZ NOYOLA**

ASESORES:

**ING. ANDRÉS DANIEL CHÁVEZ SAÑUDO
ING. EDUARDO SILVA DORAY ESPINOSA**



CIUDAD DE MÉXICO, JUNIO 2019

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

T E M A D E T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. LUIS FERNANDO DIONICIO CRUZ
C. ANTONIO LOPEZ CASTILLO
C. CHRISTOPHER JAIR TORIZ NOYOLA

“REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA PLANTA INDUSTRIAL QUE PRODUCE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO”

DISEÑAR LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL PRODUCTORA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO PARA RECONFIGURAR LA INSTALACIÓN ACTUAL CON BASE EN LA NOM-001-SEDE-2012 INSTALACIONES ELÉCTRICA (UTILIZACIÓN).

- ❖ **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**
- ❖ **ARTÍCULOS DE LA NOM APLICADOS EN EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**
- ❖ **CONDICIONES ACTUALES DE LA PLANTA INDUSTRIAL**
- ❖ **DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**
- ❖ **JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

CIUDAD DE MÉXICO, A 18 DE JUNIO DE 2019.

ASESORES


ING. ANDRÉS DANIEL
CHÁVEZ SAÑUDO


ING. EDUARDO SILVA
DORAY ESPINOSA


ING. JUAN DE JESÚS NERI ESCUTIA GÓMEZ
JEFE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA



Autorización de uso de obra

Instituto Politécnico Nacional

Presente

Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **LUIS FERNANDO DIONICIO CRUZ, ANTONIO LÓPEZ CASTILLO y CHRISTOPHER JAIR TORIZ NOYOLA** manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **“REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA PLANTA INDUSTRIAL QUE PRODUCE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO”**, en adelante **“La Tesis”** y de la cual se adjunta copia en un impreso y un cd, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al **Instituto Politécnico Nacional**, en adelante **EI IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; como consulta para apoyar futuros trabajos relacionados con el tema de **“La Tesis”** por un periodo de **1 año** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **EI IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **EI IPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de **“La Tesis”**.

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de **“La Tesis”**, manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto de **“La Tesis”**, por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **EI IPN** en caso de que el contenido de **“La Tesis”** o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México., a 18 de septiembre de 2019.

Atentamente

Luis Fernando Dionicio Cruz

Antonio López Castillo

Christopher Jaír Toriz Noyola



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
JUSTIFICACIÓN	XI
IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	XII
OBJETIVO.....	XIII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XIII
ANTECEDENTES	XIV
CAPÍTULO 1	1
“INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES”	1
1.1 Instalación eléctrica	2
1.2 Instalaciones eléctricas industriales.....	2
1.3 Diagrama unifilar.....	4
1.4 Estructura de una instalación eléctrica industrial	5
1.5 Elementos principales que conforman una instalación eléctrica industrial.....	6
1.6 Estructura general de la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (utilización).....	10
1.6.1 Objetivo de NOM-001-SEDE-2012.....	10
1.6.2 Estructura de NOM-001-SEDE-2012	11
1.7 Título 4: Principios fundamentales NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (utilización).	11
1.7.1 Protección para la seguridad.....	12
1.7.2 Diseño	12
1.7.3 Selección del equipo eléctrico	14
1.7.4 Construcción, prueba inicial y verificación de las instalaciones eléctricas	15
1.7.5 Compatibilidad	15
1.8 Áreas peligrosas clasificadas.....	15
CAPÍTULO 2	19
“ARTÍCULOS DE LA NOM APLICADOS EN EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA”	19
2.1 Capítulo I. Disposiciones generales	20
2.1.1 Artículo 110. Requisitos de las instalaciones eléctricas	20
2.2 Capítulo 2. Alambrado y protección	23
2.2.1 Artículo 200. Uso e identificación de los conductores puestos a tierra .	23
2.2.2 Artículo 210. Circuitos derivados.....	25



2.2.3 Artículo 215. Alimentadores	27
2.2.4 Artículo 220. Protección contra sobrecorriente	29
2.2.5 Artículo 250. Puesta a tierra y unión	31
2.3 Capítulo 3. Métodos de alambrado y materiales	35
2.3.1 Artículo 300. Métodos de alambrado.....	35
2.3.2 Artículo 310. Conductores para alambrado en general	37
2.3.3 Artículo 342. Tubo conduit metálico semipesado (IMC)	38
2.3.4 Artículo 344. Tubo conduit metálico pesado (RMC)	38
2.4 Capítulo 4. Equipo de uso general	39
2.4.1 Artículo 408. Tableros de alumbrado y control	39
2.4.2 Artículo 410. Luminarias, portalámparas y lámparas.....	40
2.5 Capítulo 5. Ambientes especiales.....	47
2.5.1 Artículo 500 Áreas peligrosas (clasificadas), Clases I, II y III, Divisiones 1 y 2.	47
2.5.2 Artículo 501 Áreas Clase I.....	48
CAPÍTULO 3	52
“CONDICIONES ACTUALES DE LA PLANTA INDUSTRIAL”	52
3.1 Descripción general	53
3.2 Distribución de áreas	53
3.2.1 Nave “A”. Almacén	54
3.2.2 Nave “B”. Producción	54
3.2.3 Nave “C”. Inyección de plástico.....	55
3.3 Condiciones actuales de la instalación eléctrica.....	56
3.3.1 Descripción de la acometida	56
3.3.2 Observaciones de las no conformidades con respecto a la NOM.....	58
3.4 Levantamiento eléctrico de la planta industrial.	65
3.5 Cuadro general de cargas	67
3.5.1 Factor de demanda real.....	68
3.5 Requisitos del Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad (PEC).....	69
CAPÍTULO 4	73
“DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA”	73
4.1 Memoria técnico-descriptiva	74
4.2 Propuesta de solución	74
4.2.1 Conservación del transformador actual (112.5 kVA).....	74
4.2.2 Alternativa de solución para un crecimiento a largo plazo	74



4.3 Solución para alimentar las cargas en cada una de las naves	77
4.4 Propuesta de las áreas peligrosas (clasificadas) en la Planta industrial.....	78
4.4 Memoria de cálculo.....	79
4.4.1 Transformador.....	79
4.4.2 Motores	83
4.4.3 Alumbrado y contactos.....	87
4.5 Cálculo de corto circuito.....	98
4.6 Sistema de puesta a tierra	100
PLANOS.....	104
CUADROS DE CARGAS	117
CAPÍTULO 5	124
JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	124
5.1 Costo del proyecto por precios unitarios.....	125
5.2 Programa de obra.....	133
5.3 Análisis costo-beneficio	135
ANEXOS	137
CONCLUSIONES.....	158
REFERENCIAS.....	159
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	160



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1.

Figura 1.1 Diagrama unifilar de una instalación eléctrica en baja tensión.....	4
Figura 1.2 Diagrama unifilar de un transformador tipo pedestal conexión radial.....	6
Figura 1.3 Diagrama unifilar de un transformador tipo pedestal conexión anillo.	6
Figura 1.4 Transformador tipo pedestal con conexión radial. (Cortesía de ZETRAK)	7
Figura 1.5 Transformador tipo pedestal con conexión en anillo. (Cortesía de ZETRAK).....	8
Figura 1.6 Diagrama unifilar de un transformador tipo subestación.	8
Figura 1.7 Transformador tipo subestación. (Cortesía de PROLEC)	9
Figura 1.8 Triángulo de los principales elementos para producir un incendio. En clasificación de áreas peligrosas según el <i>National Electric Code</i> (NEC), cortesía de Crouse-Hinds	16
Figura 1.9 Cuadro sinóptico de clasificación de áreas peligrosas de acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012.....	18

CAPITULO 2.

Figura 2.1 Correcta ejecución de trabajo en una instalación eléctrica. En <i>Understanding the NEC</i> (p.54) Mike Holt´s 2014	20
Figura 2.2 Uso de columna de 75°C para conductores de motores. En <i>Understanding the NEC</i> (p.61) Mike Holt´s 2014	21
Figura 2.3 Señales de advertencia de riesgo eléctrico. En <i>Understanding the NEC</i> (p.63) Mike Holt´s 2014	22
Figura 2.4 Ejemplos de medios de desconexión identificados. En <i>Understanding the NEC</i> (p.64) Mike Holt´s 2014.....	22
Figura 2.5 Ejemplo de tablero sin resguardo de partes energizadas (Tablero propio de la planta industrial en cuestión).	23
Figura 2.6 Conductor neutro para cada circuito derivado. En http://www.ruelsa.com/cime/boletín/2010/bt35b.pdf	24
Figura 2.7 Identificación de los conductores puestos a tierra. En <i>National Electric Code Handbook</i> (p.56) Mark W. Earley 2014.....	24
Figura 2.8 Código de colores para identificación de circuitos derivados. En http://www.ruelsa.com/cime/boletín/2010/bt35b.pdf	25
Figura 2.9 Contacto dúplex con protección de falla a tierra. En <i>National Electric Code Handbook</i> (p.65) Mark W. Earley 2014	26
Figura 2.10 Alumbrado industrial. (Cortesía de Philips)	26
Figura 2.11 Ubicación del alimentador. En <i>National Electric Code Handbook</i> (p.12) Mark W. Earley 2014.....	28
Figura 2.12 Identificación de los conductores de fase. En <i>Cambios NEC</i> (p.21) Ruel S.A de C.V (2014)	28
Figura 2.13 Dispositivo de protección mayor a 800 A. En <i>Understanding the NEC</i> (p.190) Mike Holt´s 2014	29



Figura 2.14 Interruptores termomagnéticos comerciales. (Cortesía de Square D) 30	
Figura 2.15 Interruptor termomagnético con su ampacidad marcada. (Cortesía de Square D).....	31
Figura 2.16 Puente de unión principal. En <i>National Electric Code Handbook</i> (p.169) Mark W. Earley 2014.....	32
Figura 2.17 Sistema de electrodos de puesta a tierra. En <i>Understanding the NEC</i> (p.239) Mike Holt´s 2014.....	32
Figura 2.18 Medición de resistencia a tierra de un electrodo. (Cortesía de Fluke) 33	
Figura 2.19 Espaciamiento entre electrodos. En <i>National Electric Code Handbook</i> (p.191) Mark W. Earley 2014.....	33
Figura 2.20 Requisitos de instalación para electrodos de varilla. En <i>National Electric Code Handbook</i> (p.192) Mark W. Earley 2014.....	34
Figura 2.21 No conformidad con artículo 300-3 b) En <i>Understanding the NEC</i> (p.302) Mike Holt´s 2014.....	36
Figura 2.22 Continuidad eléctrica. En <i>Understanding the NEC</i> (p.316) Mike Holt´s 2014.....	36
Figura 2.23 Porcentaje de la sección transversal en tubo conduit para los conductores. En <i>Understanding the NEC</i> (p.325) Mike Holt´s 2014.....	37
Figura 2.24 Ampacidad de conductores, factor de ajuste y temperatura. En <i>Understanding the NEC</i> (p.340) Mike Holt´s 2014.....	38
Figura 2.25 Comparación de tubos conduit metálicos. En <i>Guía completa sobre instalaciones eléctricas</i> (p.43) Edgar Rojas 2009.....	39
Figura 2.26 Tablero con interruptor principal. (Cortesía de Schneider Electric)	40
Figura 2.27 Conexión de luminaria mediante cable de uso rudo y clavija. En <i>National Electric Code Handbook</i> (p.450) Mark W. Earley 2014.....	41
Figura 2.28 Corriente a plena carga contra corriente nominal de un motor. En <i>Understanding the NEC</i> (p.544) Mike Holt´s 2014.....	42
Figura 2.29 Placa de características de un motor resaltando la letra de código. ..	42
Figura 2.30 Conductores de alimentación de un solo motor. En <i>National Electric Code Handbook</i> (p.489) Mark W. Earley 2014.....	43
Figura 2.31 Detalle ilustrativo de alimentador para un centro de control de motores (CCM).....	44
Figura 2.32 Protección mediante relevador de sobrecarga en cubículo de CCM. (Cortesía de Schneider Electric).....	44
Figura 2.33 Comportamiento de la corriente de un motor de inducción. En “ <i>Corriente de arranque en motores eléctricos</i> ” boletín mensual motor tico, noviembre 2013	45
Figura 2.34 Estación de botones a prueba de explosión. (Cortesía de Crouse-Hinds).....	45
Figura 2.35 Medio de desconexión del motor en un área clasificada. En <i>Understanding the NEC</i> vol. 2 (p.33) Mike Holt´s 2014.....	46
Figura 2.36 Ejemplo de clasificación de áreas peligrosas. En <i>Understanding the NEC</i> vol. 2 (p.26) Mike Holt´s 2014.....	48
Figura 2.37 Métodos de alambrado para áreas clasificadas como peligrosas.	49
Figura 2.38 Ejemplo de uso de sellos en tubo conduit. En https://es.slideshare.net/TNT007X320/161741053-cursoareasclasificadasppt	50
Figura 2.39 Aplicación de compuesto sellador. (Cortesía de Crouse-Hinds)	50
Figura 2.40 Motor aprobado para clase I, división 1. (Cortesía de ABB).....	51
Figura 2.41 Luminaria LED a prueba de explosión modelo XLP4. (Cortesía de Crouse-Hinds).....	51



CAPÍTULO 3.

Figura 3.1 Naves que conforman la planta industrial	53
Figura 3.2 Nave “A” Almacén	54
Figura 3.3 Nave “B” Proceso de producción.....	55
Figura 3.4 Nave “C” En proceso de construcción.....	55
Figura 3.5 Punto de conexión con la CFE	56
Figura 3.6 Transformador tipo pedestal radial de 112.5 kVA.	57
Figura 3.7 Multimetro digital de facturación instalado en baja tensión.	58
Figura 3.8 Tablero de subdistribución	59
Figura 3.9 Tablero de control de un dispersor de barniz para madera.....	60
Figura 3.10 Luminarias instaladas en la planta industrial para madera.....	61
Figura 3.11 Receptáculo doble a 127 V	61
Figura 3.12 Pinza tipo caimán conectado a tierra.	62
Figura 3.13 Único electrodo de puesta a tierra.....	62
Figura 3.14 Área de tableros de subdistribución	63
Figura 3.15 Interruptor general.....	64
Figura 3.16 Compresora de aire.....	64

CAPÍTULO 4.

Figura 4.1 Conector múltiple de 4 vías tipo “J” en murete para media tensión.....	75
Figura 4.2 Medición en media tensión con transformadores integrados de medición (TIM’s).....	76
Figura 4.3 Arreglo en media tensión para alimentación de dos transformadores tipo pedestal.....	77
Figura 4.4 Dimensiones del área de trabajo en función del plano de la luminaria y del plano de trabajo.....	87
Figura 4.5 Conexión del transformador trifásico tipo pedestal al punto de suministro de la CFE.	98
Figura 4.6 Medición realizada en campo con un telurómetro de la marca METREL modelo MI3123.....	100



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tarifas de energía eléctrica actualizada de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación publicado el 18 enero de 2018.....	3
Tabla 3.1 Cargas en la Nave A	65
Tabla 3.2 Cargas en la Nave B	65
Tabla 3.3 Cargas en la Nave C	66
Tabla 3.4 Cuadro general de cargas	68
Tabla 3.5 Resumen del cuadro general de cargas.....	68
Tabla 4.1 Resumen de protecciones del transformador	81
Tabla 4.2 Área de los conductores aislados y del conductor de puesta a tierra del secundario del transformador.....	83
Tabla 4.3 Área de los conductores aislados y del conductor de puesta a tierra para motor	86
Tabla 4.4 Cálculo de iluminación por el Método de Lumen: Nave “B”	88
Tabla 4.5 Área de los conductores aislados y del conductor de puesta a tierra para contactos	94
Tabla 4.6 Área de los conductores aislados y del conductor de puesta a tierra para contactos	98
Tabla 4.7 Valores de resistividad promedio por secciones de la planta industrial	101
Tabla 5.1 Catálogo de conceptos de lista de materiales y equipos eléctricos.....	126
Tabla 5.2 Mano de obra calificada	132
Tabla 5.3 Servicio de ingeniería eléctrica.....	133
Tabla 5.4 Resumen del costo total de la propuesta	133
Tabla 5.5 Programa de obra.....	134
Tabla 5.6 Gastos generados ante una catástrofe.....	136
Tabla 5.7 Comparación entre la inversión total del proyecto y gastos generados ante una catástrofe.....	136

ÍNDICE DE PLANOS

Plano IE-01. Diagrama unifilar actual	104
Plano IE-02. Diagrama unifilar proyecto	105
Plano IE-03. Centro de control de motores	106
Plano IE-04. Tablero de subdistribución “TS_01”	107
Plano IE-05. Tablero de subdistribución “TS_02”	108
Plano IE-06. Tablero de alumbrado y contactos “TAC_01”	119
Plano IE-07. Tablero de alumbrado y contactos “TAC_02”	110
Plano IE-08. Tablero de alumbrado y contactos “TAC_03”	111
Plano IE-09. Clasificación de áreas.....	112
Plano IE-10. Distribución de alumbrado y contactos	113
Plano IE-11. Distribución de motores	114
Plano IE-12. Distribución de áreas	115
Plano IE-13. Detalle del sistema de puesta a tierra.....	116



ÍNDICE DE CUADROS DE CARGAS

Cuadro de carga CC-01. Centro de control de motores CCM_01	118
Cuadro de carga CC-02. Tablero de subdistribución TS_01	119
Cuadro de cargas CC-03. Tablero de subdistribución TS_02	120
Cuadro de cargas CC-04. Tablero de alumbrado y contactos TAC_01	121
Cuadro de cargas CC-05. Tablero de alumbrado y contactos TAC_02	122
Cuadro de cargas CC-06. Tablero de alumbrado y contactos TAC_03	123



JUSTIFICACIÓN

Es muy común encontrar instalaciones eléctricas en industrias pequeñas que se realizaron sin los requisitos fundamentales que conlleva un proyecto de carácter técnico y sin tomar en cuenta una de las prioridades más importantes a considerar que es la seguridad humana.

Actualmente la instalación eléctrica de la planta industrial productora de recubrimientos para madera y pegamento blanco de este caso en cuestión, en adelante será mencionada como planta industrial, se encuentra en malas condiciones, ya que la mayoría de los circuitos derivados carecen de canalizaciones, algunos tableros eléctricos tanto de distribución, alumbrado y control no cuentan con tapas o puertas propias del envoltorio metálico que evite el contacto con las partes vivas de la instalación, además no se tiene algún tipo de señalamiento de advertencia o precaución adecuadas en este tipo de equipos, entre otros aspectos.

Con base en las condiciones actuales en las que se encuentra la instalación eléctrica de esta planta industrial, y debido al manejo de diferentes líquidos inflamables tales como el thinner, metanol, tolueno, xilol y tolvól, representan riesgos altamente peligrosos para las personas y para el inmueble en donde se desarrollan ciertas funciones de trabajo.

Por lo anterior, se considera necesario llevar a cabo un rediseño de la instalación eléctrica ya que la importancia de este proyecto estriba en la necesidad de garantizar el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso de producción, así como también garantizar la seguridad de las personas contra los riesgos que puedan resultar de la utilización de la instalación eléctrica antes y durante el desarrollo de sus actividades laborales.

La principal diferencia que caracteriza esta instalación eléctrica ante otras instalaciones industriales radica en la utilización de líquidos inflamables en el proceso de producción, teniendo un alto riesgo de incendio, por lo tanto, el diseño de las instalaciones eléctricas en este tipo de áreas debe ser empleando equipos eléctricos especiales de acuerdo con una determinada clasificación del área peligrosa teniendo como prioridad el garantizar la seguridad de las personas.



IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

La instalación eléctrica actual de la planta industrial se encuentra en condiciones totalmente fuera de norma debido a las anomalías descritas en la justificación de este proyecto.

Estas condiciones son producto de la falta de planeación en la ejecución de la instalación eléctrica, debido a que los trabajos se fueron realizando por personal con conocimiento empírico conforme la empresa iba creciendo, sin consultar a ninguna empresa dedicada a proyectos eléctricos ni mucho menos cumpliendo con los requisitos fundamentales de la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (Utilización) en adelante NOM.

Es evidente que la instalación eléctrica representa un riesgo para la seguridad de las personas y el inmueble en general, la razón principal es el uso de líquidos y materiales inflamables como materia prima en la elaboración de los recubrimientos para madera, lo cual aumenta el riesgo al presentarse una falla en la instalación. Por las razones anteriores, se justifica el objetivo de este trabajo, el cual se presenta a continuación.



OBJETIVO

Diseñar la instalación eléctrica de la planta industrial productora de recubrimientos para madera y pegamento blanco, para reconfigurar la instalación actual con base en la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (Utilización).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un levantamiento eléctrico de las cargas instaladas en la planta industrial.
- Comprobar si el transformador actual es capaz de alimentar la carga total de la instalación eléctrica.
- Clasificar las áreas peligrosas de acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (Utilización).
- Evaluar el sistema de puesta a tierra actual.
- Analizar la viabilidad económica, mediante la elaboración de un catálogo de conceptos.



ANTECEDENTES

En estos últimos años, el mundo ha sufrido evoluciones tecnológicas inimaginables, pero sobre todo muy importantes, por ejemplo, para los usuarios de la energía eléctrica de los años 50's, 60's, 70's e incluso 80's, se tenían diferentes métodos y técnicas para la aplicación de la energía eléctrica en el hogar o en el sector industrial, de acuerdo con la demanda y las actividades que se realizaban en ese tiempo. Con el desarrollo tecnológico, el hombre busca constantemente nuevos métodos que simplifiquen las actividades en cualquiera de las aéreas de producción o aplicación de la energía eléctrica. Es por ello que, las viviendas, comercios e industrias se diseñaron bajo las necesidades específicas de aquellas épocas, en donde se contaba con muy pocos aparatos eléctricos y la necesidad de separar cargas y adicionar circuitos que resultaban innecesarios y poco seguros.

Hoy en día, vivimos con una tecnología avanzada y sofisticada en donde existen instalaciones automatizadas para vivienda, comercio e industria y seguimos utilizando las mismas instalaciones que fueron proyectadas y construidas hace 20, 40 e incluso 70 años atrás, en donde la mayoría de estos proyectos, eran ejecutados por arquitectos o técnicos con conocimientos mínimos en instalaciones eléctricas o con base en sus años de experiencia, por lo que la responsabilidad de difundir y concientizar acerca de la seguridad en las instalaciones eléctricas se convierte en una prioridad en todos los sectores. Por tal motivo, es necesario darles mantenimiento y, en consecuencia, adecuarlas a las necesidades que hoy en día se requieren y se exigen para el cumplimiento de la normatividad vigente en materia de energía eléctrica.

En México, el diseño de las instalaciones eléctricas se debe realizar bajo las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 relativa al uso y utilización de la energía eléctrica, y en ese sentido las disposiciones en materia de instalaciones eléctricas acatan los requerimientos de esta, así como criterios básicos de ingeniería para tener instalaciones eléctricas seguras, flexibles y económicas. Sin embargo, en esta planta industrial no se realizó debido a la falta de planeación en la ejecución de la instalación eléctrica y por personal no calificado.

La seguridad de las instalaciones y los componentes eléctricos que protejan y preserven la vida y los bienes de las personas debe ser un compromiso permanente y un objetivo estratégico del profesional electricista. A tal efecto, está obligado en primer lugar, a conocer las normas técnicas de instalaciones eléctricas y de seguridad vigentes en nuestro país y aplicarlas estrictamente en la elaboración de proyectos de los diferentes tipos de instalaciones, en el montaje y operación de máquinas, y en la utilización de equipos y materiales diversos.



CAPÍTULO 1

“INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES”



1. INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

1.1 Instalación eléctrica

Una instalación eléctrica se define como el conjunto de elementos y equipos eléctricos destinados a generar, transportar, distribuir y utilizar la energía eléctrica de una manera segura y confiable, garantizando así la calidad de la energía en cuanto su aprovechamiento y utilización en comercios, industrias, unidades de vivienda entre otras.

1.2 Instalaciones eléctricas industriales

Las instalaciones eléctricas industriales, se encuentran realizadas y apegadas estrictamente bajo los requerimientos de la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (Utilización) la cual se describe en el apartado 1.6 de este trabajo.

Una instalación eléctrica industrial está conformada por una serie de elementos y equipos eléctricos que la hacen distintiva de las residenciales y comerciales, como, por ejemplo, cuenta con la instalación de circuitos de fuerza y control, alumbrado y contactos, canalizaciones con tubería que puede ser tubo conduit y charola, instalación de pararrayos, conexiones a tierra física, instalaciones subterráneas, electroductos, plantas de emergencia, por mencionar algunos.

Uno de los principales componentes de este tipo de instalaciones es la subestación eléctrica, la cual recibe de forma segura la energía proveniente de la red de suministro, la transforma y la distribuye en los diferentes niveles de tensión que se requieran en toda la industria. La ingeniería a detalle para este tipo de instalaciones dependerá del espacio de trabajo y de las actividades que se realizarán, ya que de estas se derivan el tipo de instalación a realizar y de los materiales que se utilizarán para la ejecución de éste, las cuales pueden ser instalaciones especiales a prueba de explosiones, instalaciones eléctricas para el ahorro de energía y de emergencia, etc.

Otra de las características de las instalaciones eléctricas industriales es que tienen una demanda mayor a 25 kW ubicándose en una tarifa de media tensión. En la Tabla 1.1 se muestra la clasificación de tarifas eléctricas, con las tensiones normalizadas de suministro y los kilowatts de demanda que abarca.



Tabla 1.1 Tarifas de energía eléctrica actualizada de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación publicado el 18 enero de 2018

CATEGORÍA TARIFARIA	DESCRIPCIÓN	TENSIONES [V]		KILOWATTS DE DEMANDA
DB1	Domestico Baja Tensión hasta 150 kWh-mes	127	1F, 2H	$kW_D \leq 3$
		120	1F, 2H	$kW_D \leq 3$
		220/127	2F, 3H	$3 < kW_D \leq 10$
		220/127	3F, 4H	$10 < kW_D$
		240/120	2F, 3H	
PDBT (2)	Pequeña demanda (hasta 25 kW-mes) en baja Tensión	Mismas tensiones de suministro que la tarifa 1		$0 < kW_D \leq 25$
GDBT (3)	Gran demanda (mayor a 25 kW-mes) en baja tensión.	Mismas tensiones de suministro que la tarifa 1		$25 < kW_D \leq 100$ No es viable para la CFE debido a que debe construir redes en baja tensión más robustas.
GDMTO (OM)	Gran demanda en media tensión ordinaria	13,200 (Provincia, redes en centro de ciudad)		$25 < kW_D \leq 100$
		23,000 (CDMX+ZM)		
		34,500 (Provincia, zonas industriales y rurales)		
GDMTH (HM)	Gran demanda en media tensión horaria	Mismas tensiones de suministro que la tarifa GDMTO		$100 < kW_D \leq 6,750$
DIST (HS)	Demanda industrial en subtransmisión	85 kV (CDMX+ZM)		$6,750 < kW_D \leq$ No hay límite
		115 kV (Resto del país)		
DIT (HT)	Demanda industrial en transmisión (HT)	230 kV		$6,750 < kW_D \leq$ No hay límite

Donde:

kW_D : kilowatts de demanda

ZM: Zona Metropolitana

1.3 Diagrama unifilar

El diagrama unifilar es aquel que identifica y suministra información sobre las dimensiones de los componentes principales del sistema de alambrado eléctrico y muestra cómo la potencia es distribuida de la acometida, hasta la carga a alimentar. Se representan equipos tales como tableros de distribución, subestaciones, centros de control de motores, motores, equipos de emergencia, interruptores de transferencia, equipo de calefacción, equipo de ventilación, aire acondicionado, entre otros.

En la Figura 1.1 se muestra un diagrama unifilar en donde se detalla cada una de las partes que lo conforman y las características principales de estos.

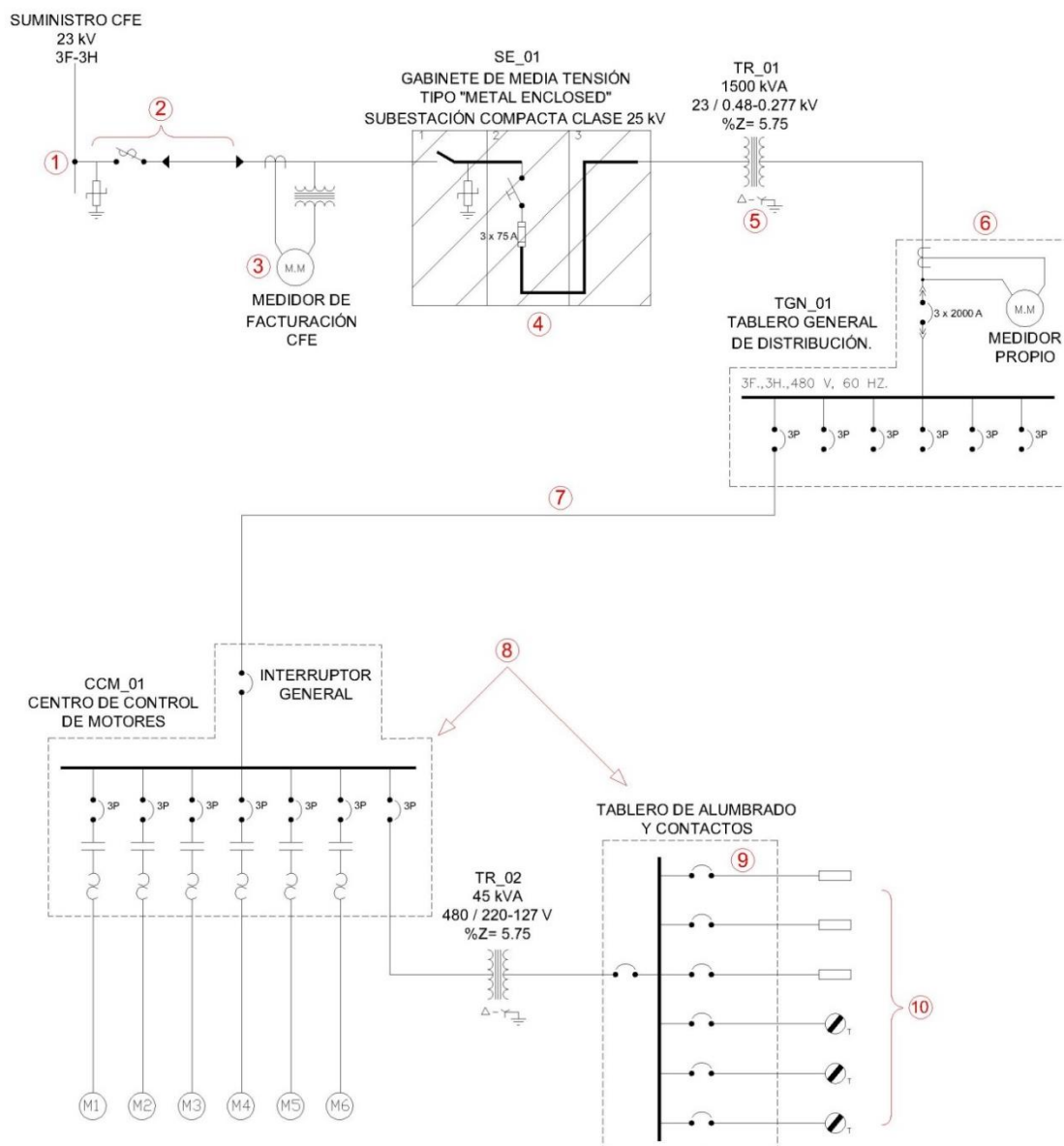


Figura 1.1 Diagrama unifilar de una instalación eléctrica en baja tensión.



1.4 Estructura de una instalación eléctrica industrial

Tomando como referencia la Figura 1.1 a continuación se describen de manera general la estructura de una instalación eléctrica industrial.

1. Punto de conexión a la red de media tensión del suministrador la cual es definido por la compañía suministradora de energía, en este caso Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Se deben considerar las bases de diseño de la CFE para desarrollar las instalaciones de esa empresa en la vía pública conforme con las normas de la CFE.

2. Acometida (propiedad de la CFE), la cual incluye una serie de elementos para su correcta operación, además se encuentra certificados por el Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales (LAPEM), estos son: apartarrayos, corta circuito fusible, terminales aéreas y cable de energía.

3. Equipo de medición de la CFE para facturación, la cual debe de estar fuera del inmueble o ser de tipo de medición remota por radio o por Power Line Communication (PLC).

4. Gabinete de media tensión (tipo “Metal Enclosed”), también llamado subestación compacta, contiene elementos para la apertura y cierre de energía eléctrica como lo son: cuchilla de paso tripolar sin carga y el rupto-fusible (parte fundamental del gabinete) que comprende al seccionador tripolar de operación con carga y al fusible limitador de corriente.

5. Transformador de media a baja tensión.

6. Tablero general de distribución en baja tensión (tablero general normal o tablero principal en baja tensión).

7. Circuitos alimentadores.

8. Tableros de alumbrado y contactos, tableros de subdistribución, centro de control de motores (CCM), etc.

9. Circuitos derivados.

10. Cargas.

1.5 Elementos principales que conforman una instalación eléctrica industrial.

Transformador:

Es una máquina eléctrica estática que consta de dos o más devanados eléctricamente aislados y magnéticamente acoplados que reducen la media tensión de la compañía suministradora a un nivel de baja tensión para ser distribuido y utilizado por los equipos dentro de la industria.

Por lo general, en instalaciones eléctricas industriales se utilizan transformadores tipo pedestal y tipo subestación los cuales se describirán a continuación. Cabe mencionar que toda la carga instalada de la planta industrial en cuestión es alimentada por un transformador del tipo pedestal.

Transformador de distribución tipo pedestal: son utilizados en redes de distribución subterránea para montaje en base de concreto, el cual integra en el mismo gabinete el transformador, un fusible del tipo expulsión y un fusible limitador de corriente que se encuentran conectados en serie, así como también cuenta con accesorios y terminales de conexión.

En las siguientes figuras, se muestra un diagrama unifilar con los dos tipos de conexión para este tipo de transformador:

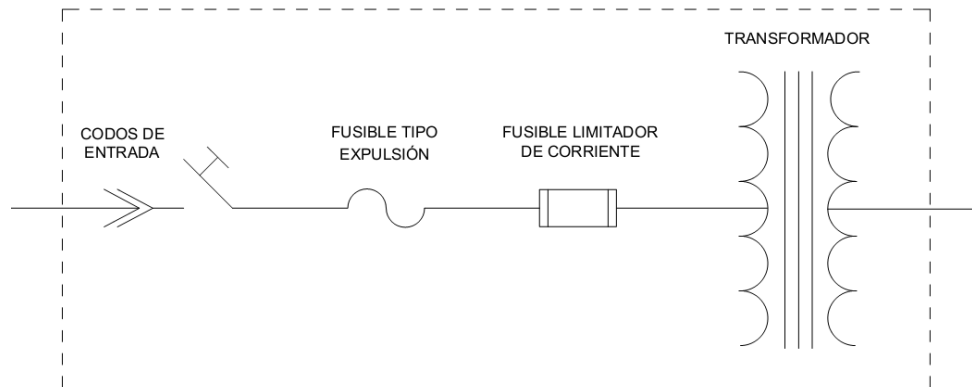


Figura 1.2 Diagrama unifilar de un transformador tipo pedestal conexión radial.

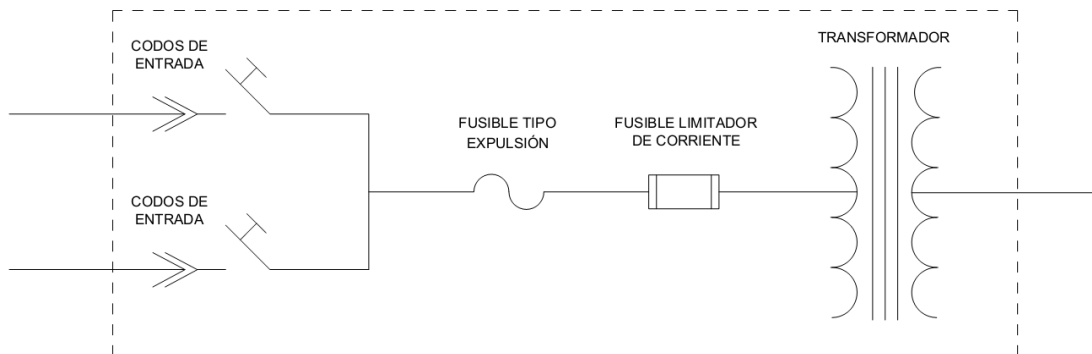


Figura 1.3 Diagrama unifilar de un transformador tipo pedestal conexión anillo.

Existen dos tipos de configuraciones en su conexión tipo radial y en anillo dependiendo el tipo de circuito que vaya a ser instalado.

Configuración radial: para este caso, el transformador es alimentado por una sola línea ya que particularmente estos transformadores solo cuentan con tres boquillas en media tensión y poseen un solo seccionador de operación con carga.



Figura 1.4 Transformador tipo pedestal con conexión radial. (Cortesía de ZETRAK)

Configuración en anillo: en este tipo de conexión, el transformador puede ser energizado por dos fuentes de alimentación diferente con lo cual puede formar parte de un sistema de distribución que interconecte varios transformadores entre sí, ya que particularmente estos transformadores cuentan con dos boquillas de media tensión por fase y con un seccionador de operación con carga de tipo anillo de cuatro posiciones.



Figura 1.5 Transformador tipo pedestal con conexión en anillo. (Cortesía de ZETRAK)

Transformador de distribución tipo subestación: Los transformadores tipo subestación se distinguen principalmente por sus opciones versátiles de conexión en sus terminales, entre la más utilizada esta la garganta de acoplamiento tanto en las terminales de baja y mediana tensión. La cual facilita el integrarse al conjunto gabinete de media tensión – transformador – tablero general de distribución como se observa en el siguiente esquema.

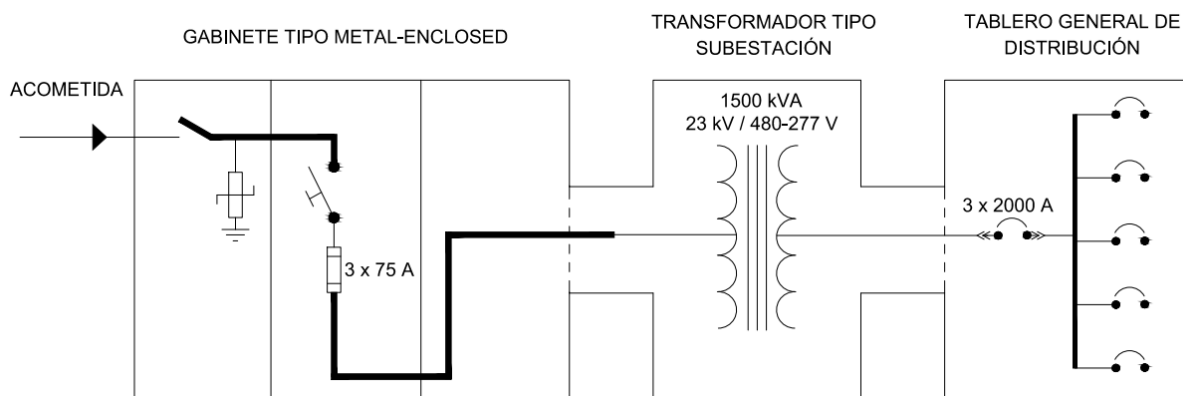


Figura 1.6 Diagrama unifilar de un transformador tipo subestación.

En la Figura 1.7, se presenta un transformador tipo subestación de 225 kVA sin el acoplamiento físico al gabinete de media tensión y a un tablero general de distribución.



Figura 1.7 Transformador tipo subestación. (Cortesía de PROLEC)

Tablero general de distribución: Es un gabinete grande de baja tensión que contiene dispositivos de protección contra sobrecorriente y se utiliza para distribuir la energía eléctrica al interior de las diferentes áreas de una instalación eléctrica industrial.

Alimentador: Se considera alimentador a los conductores eléctricos que van desde la acometida hasta el último dispositivo de protección contra sobrecorriente de un circuito derivado.

Dispositivos de protección: Son el conjunto de elementos diseñados para interrumpir un circuito eléctrico en un tiempo determinado cuando se hace circular por él una sobrecorriente que puede dañar a los equipos. La sobrecorriente puede ser ocasionada por sobrecarga o cortocircuito.

Circuito derivado: Los circuitos derivados son los conductores que van desde el dispositivo de protección contra sobrecorriente hasta la carga.

Canalizaciones: Una canalización eléctrica se define como un canal cerrado diseñado para contener, proteger y direccionar cables o barras conductoras de una instalación eléctrica.



Sistema de puesta a tierra: Es el conjunto de elementos tales como electrodos, conductores de puesta a tierra, mallas de cobre desnudo enterrados que tienen la finalidad de poner a tierra partes y estructuras metálicas de la instalación, pararrayos, canalizaciones y envolventes que protejan conductores energizados y el terreno en general para que no presenten una tensión peligrosa cuando ocurran fallas a tierra o descargas atmosféricas.

Los elementos del sistema de puesta a tierra al estar en contacto con la humedad propia de la tierra y a cierta profundidad, se encuentran expuestos a la corrosión, es por ello que, cuentan con un medio de protección conocido como protección catódica, la cual es una técnica usada para controlar la corrosión galvánica de un metal protegiéndolo con otro metal más fácilmente corroible.

Un claro ejemplo de esto, son los electrodos de puesta a tierra, que están hechos principalmente de acero con revestimiento de cobre.

Centro de control de motores: Mejor conocidos como CCM es básicamente un tablero de distribución que contiene a los dispositivos de control y protección para alimentar motores. Entre estos dispositivos se encuentran los arrancadores (contactor y relevador térmico de sobrecarga), elementos de señalización, estación de botones y variadores de frecuencia si es el caso.

Cargas: es cualquier elemento eléctrico que se encuentra al final de un circuito derivado que demanda potencia eléctrica.

1.6 Estructura general de la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (utilización)

La NOM-001-SEDE-2012, es el documento oficial que especifica los requisitos fundamentales que deben cumplir las instalaciones eléctricas del país. La NOM tiene diferentes actualizaciones con la finalidad de incrementar la seguridad en el uso de la energía eléctrica.

En México, el diseño de las instalaciones eléctricas se realiza bajo las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 de acuerdo con el uso y utilización de la energía eléctrica, así como criterios básicos de ingeniería para garantizar instalaciones eléctricas seguras, flexibles y económicas.

1.6.1 Objetivo de NOM-001-SEDE-2012

“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; así mismo esta NOM no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.” [1]

1.6.2 Estructura de NOM-001-SEDE-2012

La NOM-001-SEDE 2012 (utilización) está conformada por 8 títulos, 10 capítulos y 924 artículos, en donde se desarrollan diferentes aspectos referentes a las necesidades técnicas que se requieren para la utilización de la energía eléctrica en las diferentes instalaciones eléctricas en el ámbito nacional, además de la terminología empleada en cada uno de ellos. Estos artículos y capítulos se encuentran distribuidos en el título quinto de forma parcial, ya que es el título que contiene más información específica con referente al objetivo de la NOM-001-SEDE-2012. Al final de dicho documento se encuentra un apartado de Anexo informativo clasificado de la letra A - E y los transitorios.

- El Título 1: Objetivo y campo de aplicación referente a la NOM-001-SEDE-2012.
- El Título 2: Muestra las referencias con base en los documentos necesarios para la correcta interpretación y utilización de la NOM-001-SEDE-2012.
- El Título 3: Contiene los lineamientos para la aplicación de las especificaciones en las instalaciones eléctricas (utilización), en donde se establece la metodología para la apropiada aplicación de las disposiciones y una guía general para su interpretación correcta.
- El Título 4: Establece los principios fundamentales.
- El Título 5: Denominado especificaciones, se exponen los requisitos técnicos con la finalidad de asegurar la conformidad de las instalaciones eléctricas con base en el Título 4 de esta NOM-001-SEDE-2012.

1.7 Título 4: Principios fundamentales NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (utilización).

Debido a que este proyecto se sustenta con las especificaciones técnicas del Título 5, es importante conocer los principios fundamentales que justifican la aplicación de



los artículos contenidos en este título, motivo por el cual se presentan a continuación los aspectos más relevantes del Título 4 de la NOM-001-SEDE-2012.

1.7.1 Protección para la seguridad

El propósito principal es garantizar la seguridad de las personas y bienes contra riesgos eléctricos que puedan resultar de la utilización de las instalaciones eléctricas. En las instalaciones eléctricas existen dos tipos de riesgos mayores:

- Las corrientes de choque
- Las temperaturas excesivas capaces de provocar quemaduras, incendios u otros efectos peligrosos.

1) Protección contra choque eléctrico: es la protección principal contra contacto directo con las partes vivas de la instalación.

2) Protección contra falla o protección contra contacto indirecto: debe proporcionarse protección contra contacto indirecto con las partes conductoras expuestas en caso de falla.

3) Protección contra los efectos térmicos: la instalación eléctrica debe diseñarse de forma tal que minimice el riesgo de daño o ignición de materiales inflamables, que se originan por altas temperaturas o por arcos eléctricos.

4) Protección contra sobrecorriente: con la finalidad de proporcionar protección contra temperaturas excesivas o esfuerzos electromecánicos que se originan por cualquier sobrecorriente en los conductores.

5) Protección contra las corrientes de falla: los conductores que no sean los conductores activos, y las otras partes que se diseñan para conducir una corriente de falla, deben poder conducir estas corrientes sin alcanzar una temperatura excesiva.

6) Protección contra disturbios de tensión y contra influencias electromagnéticas.

7) Protección contra interrupciones de la fuente de suministro.

1.7.2 Diseño

Para el diseño de las instalaciones eléctricas se deberá proporcionar:

- Protección de las personas y los bienes.
- Funcionamiento satisfactorio de la instalación eléctrica acorde a la utilización prevista.

1) Características de la fuente de suministro o del suministrador disponible



Las instalaciones eléctricas deben diseñarse de acuerdo con las características de la fuente de suministro y demostrar el cumplimiento con la presente NOM-001-SEDE-2012.

- Naturaleza de la corriente: corriente alterna o corriente continua.
 - Función de conductores: para corriente alterna o corriente continua.
- 2) Naturaleza de la demanda: indica el número y tipo de los circuitos alimentadores y derivados necesarios para iluminación, calefacción, fuerza motriz, control, señalización, telecomunicaciones, etc.
- 3) Sistemas de emergencia o de reserva como:
- Fuente de alimentación (naturaleza, características).
 - Circuitos que alimentar por el sistema de emergencia.
 - Circuitos que alimentar por el sistema de reserva.
- 4) Condiciones ambientales: deben considerarse las condiciones ambientales a las que va a estar sometida la instalación eléctrica.
- 5) Área de la sección transversal de los conductores: estará en función de los siguientes puntos.
- Temperatura máxima admisible.
 - Caída de tensión admisible.
 - Esfuerzos electromecánicos que puedan ocurrir en caso de falla a tierra y corrientes de cortocircuito.
 - Esfuerzos mecánicos a los que puedan estar sometidos los conductores.
 - Valor máximo de la impedancia que permita asegurar el funcionamiento de la protección contra el cortocircuito.
 - Método de instalación.
- 6) Tipo de canalización y métodos de instalación de canalizaciones, los cuales dependerán de:
- La naturaleza del lugar.
 - La naturaleza de las paredes u otras partes de los edificios que soportan el alambrado.
 - La accesibilidad de las canalizaciones a las personas y animales domésticos.
 - La tensión eléctrica.
 - Los esfuerzos electromecánicos que puedan ocurrir en caso de falla a tierra y corrientes de cortocircuito.
 - Otros esfuerzos a los cuales puedan ser expuestos los conductores durante la construcción de las instalaciones eléctricas o cuando están en servicio.
- 7) Dispositivos de protección: las características de los dispositivos de protección deben determinarse con respecto a su función, la cual puede ser, por ejemplo, la protección contra los efectos de:



- Sobrecorrientes (sobrecargas, cortocircuito).
- Corrientes de falla a tierra.
- Sobretensiones.
- Bajas tensiones o ausencia de tensión.

8) Control de emergencia: en caso de peligro, si existe la necesidad de interrumpir el suministro de energía eléctrica, se deberá instalar un dispositivo de interrupción con la finalidad de que sea fácil y rápido de operar en ese instante.

9) Dispositivos de seccionamiento: deben proveerse dispositivos de desconexión para desconectar los circuitos o los aparatos del sistema principal con el propósito de brindar la seguridad y confiabilidad para llevar a cabo el mantenimiento, la comprobación, localización de fallas y reparaciones.

10) Prevención de las influencias perjudiciales mutuas: la instalación eléctrica debe estar dispuesta de tal forma que no haya influencia perjudicial mutua entre la Instalación eléctrica y las instalaciones no eléctricas del edificio.

11) Accesibilidad de los equipos eléctricos: los equipos eléctricos deben estar dispuestos para permitir:

- Realizar la instalación inicial y el eventual reemplazo del equipo eléctrico.
- Para la operación, pruebas, inspección, mantenimiento y reparación.

12) Proyecto eléctrico: toda instalación eléctrica debe contar con un proyecto eléctrico (planos y memorias técnico-descriptivas), algunos incluyendo planos de control y de conexiones, planos de distribución de la energía, pero principalmente, debe de contar con un diagrama unifilar del sistema en general desde el punto conexión del suministro de energía hasta el equipo de utilización.

1.7.3 Selección del equipo eléctrico

Los materiales y equipos (productos) utilizados en las instalaciones eléctricas deben cumplir con las normas oficiales mexicanas u ostentar las especificaciones internacionales del país de origen o las expedidas por el fabricante.

Cada producto eléctrico que se selecciona debe tener características acordes con los valores y las condiciones para los cuales está previsto el diseño de la instalación eléctrica y deben cumplir con los requisitos que se señalan a continuación:

- Tensión
- Corriente
- Frecuencia
- Factor de carga

Todo equipo eléctrico debe seleccionarse para soportar con seguridad los esfuerzos y condiciones ambientales características de su ubicación a las que puede estar sometido, así como también deben seleccionarse de manera tal que no causen



efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación durante condiciones normales de operación, incluyendo las maniobras de conexión y desconexión.

1.7.4 Construcción, prueba inicial y verificación de las instalaciones eléctricas

1) Construcción: la construcción de instalaciones eléctricas debe ejecutarse por personas calificadas y con productos aprobados. El equipo eléctrico debe instalarse de acuerdo con sus instrucciones de instalación.

- Las conexiones entre conductores y otros equipos eléctricos, debe realizarse de tal manera que los contactos sean seguros y duraderos, de acuerdo con el Título 5 “Especificaciones”.
- Los equipos eléctricos deben instalarse de tal forma que no se afecten las condiciones de diseño de dispersión de calor de dichos equipos.
- Se deben instalar señales o advertencias de precaución adecuadas.
- Las conexiones a tierra y arreglos de puesta a tierra necesarios serán apropiadas a las medidas de protección seleccionadas para la seguridad.

2) Prueba Inicial y periódica: las instalaciones eléctricas deben probarse e inspeccionarse antes de ponerlas en servicio y después de cualquier modificación importante, para comprobar la adecuada ejecución de los trabajos de acuerdo con esta NOM-001-SEDE-2012.

1.7.5 Compatibilidad

Es conveniente que durante la etapa de diseño de la instalación se tomen en cuenta las características de compatibilidad, así como posibles emisiones electromagnéticas generadas por los equipos. Es por ello que se debe garantizar que sean adecuados en condiciones seguras de utilización, por ejemplo:

- Sobretensiones transitorias.
- Caídas de tensión.
- Cargas desequilibradas.
- Cargas con fluctuaciones rápidas.
- Corrientes de arranque.
- Corrientes armónicas.
- Componentes de corriente continua.
- Oscilaciones de alta frecuencia.
- Corrientes de fuga.
- Necesidad para conexiones adicionales a tierra.
- Corrientes excesivas en el conductor de protección, PE, pero no debidas a fallas.

1.8 Áreas peligrosas clasificadas

Las áreas peligrosas (clasificadas) son aquellos lugares en donde puede presentarse un incendio o explosión debido a la presencia de gases, vapores o



líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras inflamables al ser expuestas a una fuente de ignición.

En la siguiente figura se muestra una relación entre elementos para provocar un incendio:



Figura 1.8 Triángulo de los principales elementos para producir un incendio. En clasificación de áreas peligrosas según el *National Electric Code* (NEC), cortesía de Crouse-Hinds

En donde:

- Material combustible: pueden ser gases o vapores inflamables, polvos combustibles y fibras/partículas inflamables.
- Oxígeno: aire u otras partículas oxidantes.
- Fuentes de ignición: arcos eléctricos o chispas, equipos que producen calor como luminarias y motores, aislamiento de conductores, fallas de transformadores, electricidad estática.

Las áreas peligrosas (clasificadas) normalmente están presentes en plataformas petroleras, refinerías, plantas químicas y petroquímicas, casetas de pintura, plantas productoras de alimento, industrias textilera, etc.

Algunas recomendaciones dentro de la instalación eléctrica en áreas peligrosas (clasificadas) está el uso de equipos a prueba de explosión, equipos a prueba de polvos combustibles, uso de sellos y equipos intrínsecamente seguros, por mencionar algunos.

La clasificación de los lugares peligrosos depende de las propiedades de los gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables y por líquidos combustibles, polvos combustibles, o fibras / partículas que puedan estar presentes, y de la probabilidad de que una concentración inflamable o combustible esté presente en una sección o área determinada.



Así mismo, la determinación de la clasificación apropiada requiere de la consideración de los equipos instalados, procesos desarrollados, materiales utilizados, ya sea en condiciones normales y condiciones anormales de operación.

En el siguiente diagrama se muestra un resumen de la clasificación de áreas peligrosas de acuerdo con el tipo de Clase y División con base en el **Artículo 500** de la NOM-001-SEDE-2012, Áreas peligrosas (clasificadas) Clases I, II y III, Divisiones 1 y 2.

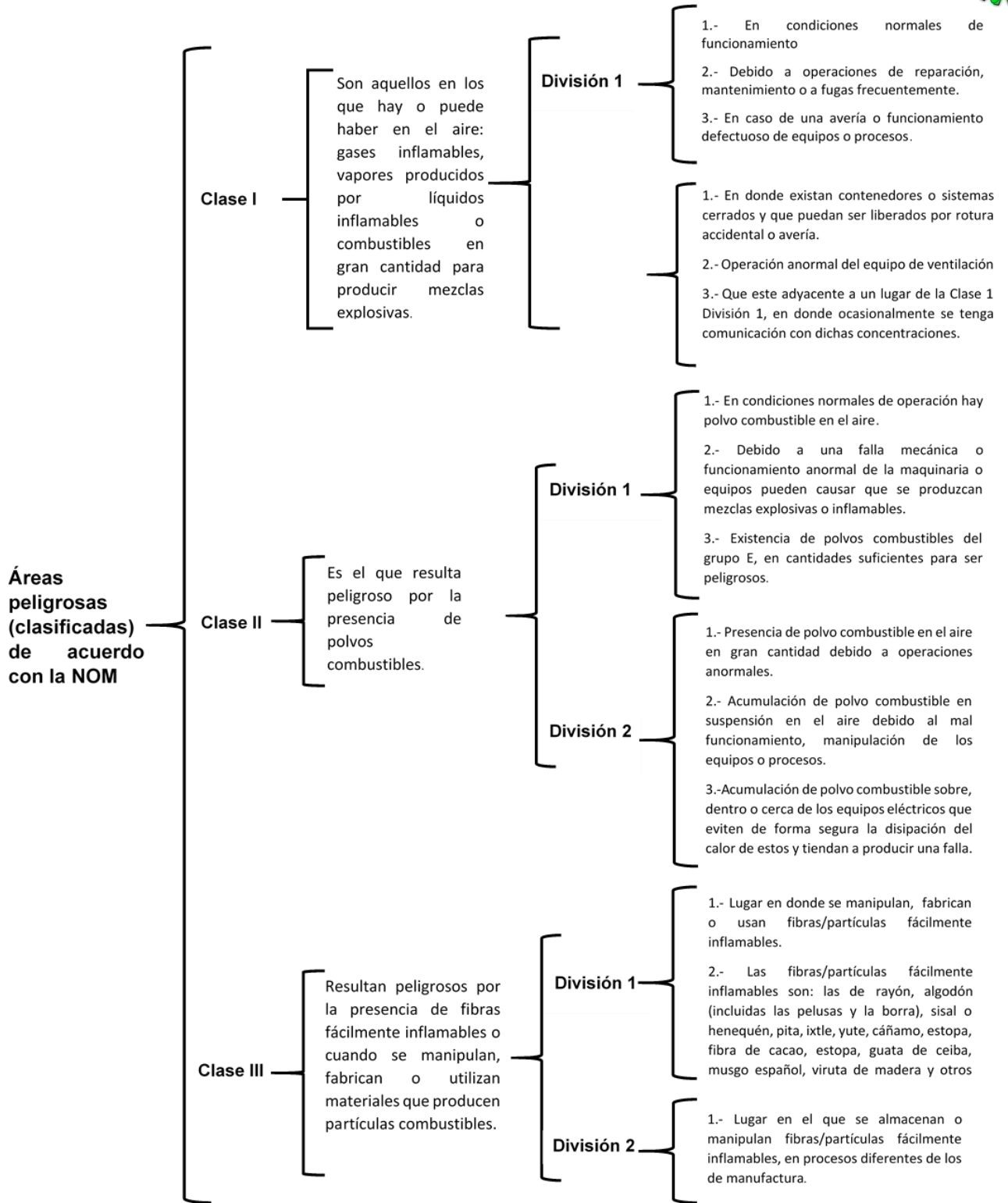


Figura 1.9 Cuadro sinóptico de clasificación de áreas peligrosas de acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012



CAPÍTULO 2

“ARTÍCULOS DE LA NOM APLICADOS EN EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA”

2. ARTÍCULOS DE LA NOM APLICADOS EN EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2.1 Capítulo I. Disposiciones generales

2.1.1 Artículo 110. Requisitos de las instalaciones eléctricas

“110-8. Métodos de alambrado. En esta NOM sólo se consideran métodos de alambrado reconocidos como adecuados. Estos métodos de alambrado se permitirán en cualquier tipo de edificio u ocupación, siempre que en esta NOM no se indique lo contrario.” [1, p.32]

Aplicación: Con este artículo se justifica que, todos los conductores de la planta industrial deben ser correctamente canalizados e instalados para garantizar la protección de estos.

“110-12. Ejecución mecánica de los trabajos. Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y competente.” [1, p.32]

Aplicación: Es importante señalar que la ejecución del trabajo debe llevarse a cabo por personal capacitado y con experiencia para obtener como resultado final una instalación eléctrica presentable y de calidad, evitando dejar aberturas en los tableros eléctricos y libres de cualquier material ajeno contaminante o corrosivo.



Figura 2.1 Correcta ejecución de trabajo en una instalación eléctrica. En *Understanding the NEC* (p.54) Mike Holt's 2014

“110-14. Conexiones eléctricas.

c) Limitaciones por temperatura: La temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su ampacidad, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura nominal más baja de cualquier terminal, conductor o dispositivo conectado. Se permite el uso de conductores con temperatura nominal mayor que la especificada para las terminales, cuando se utilizan factores de ajuste por temperatura o de corrección por ampacidad o ambos.” [1, p.33]

Aplicación: Esta sección y sus demás subsecciones se aplicarán para utilizar la columna adecuada de temperatura al seleccionar los conductores en las tablas del artículo 310-15. Para circuitos con una corriente menor o igual a 100 A se utiliza la columna de 65°C y para mayores a 100 A la columna de 75°C. Para motores con letras de diseño B, C, D o E se permite utilizar la columna de 75°C independientemente de la corriente del circuito.

NOM-001-SEDE-2012

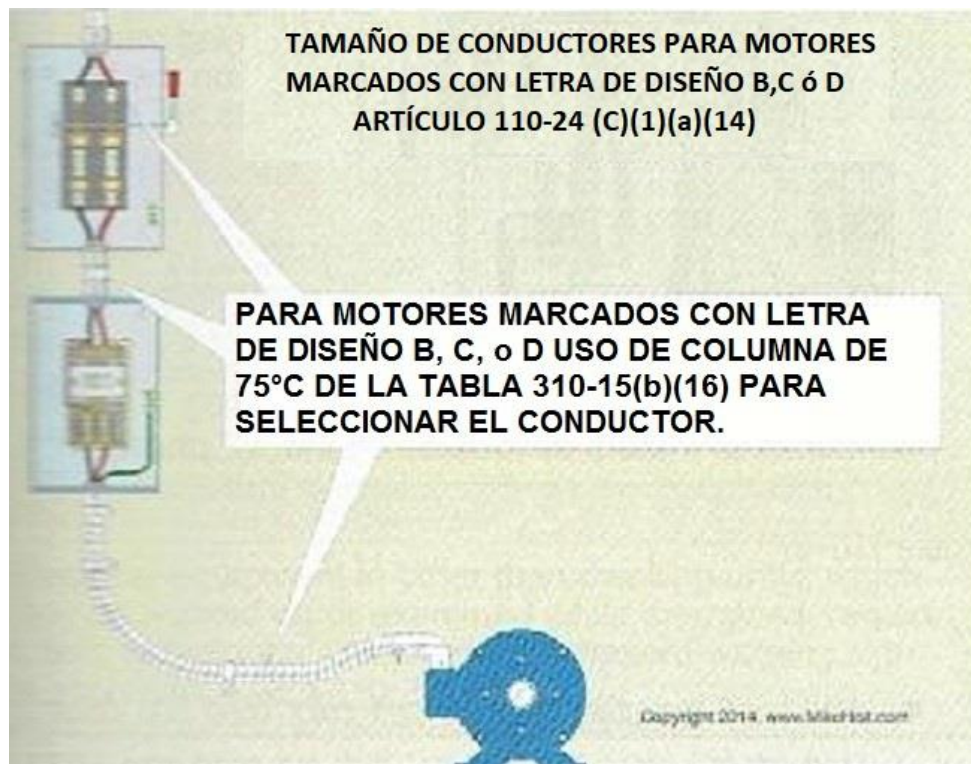


Figura 2.2 Uso de columna de 75°C para conductores de motores. En *Understanding the NEC* (p.61) Mike Holt's 2014

“110-16. Señales de advertencia contra arco eléctrico. Los equipos eléctricos tales como tableros de distribución, tableros de control industrial, envolventes para medidores enchufables y centros de control de motores, que estén en sitios que no son para vivienda y que probablemente requieran de inspección, ajuste, reparación o mantenimiento, mientras estén energizados, deben estar marcados en campo para advertir al personal calificado del peligro potencial de arco eléctrico.” [1, p.34]

Aplicación: Este tipo de señales de advertencia son útiles para indicar al personal el riesgo eléctrico en todos los tableros de la planta industrial y evitar que se acerquen a equipos eléctricos energizados.



Figura 2.3 Señales de advertencia de riesgo eléctrico. En *Understanding the NEC* (p.63) Mike Holt's 2014

“110-22. Identificación de los medios de desconexión. Cada uno de los medios de desconexión debe estar marcado de modo legible para que indique su propósito, a no ser que estén situados e instalados de modo que ese propósito sea evidente. El marcado debe ser suficientemente durable para resistir las condiciones ambientales involucradas.” [1, p.34]

Aplicación: Una vez instalados los medios de desconexión se deberán identificar con una etiqueta con el nombre del equipo al cual pertenecen, en nuestra aplicación puede ser un motor o un polipasto.

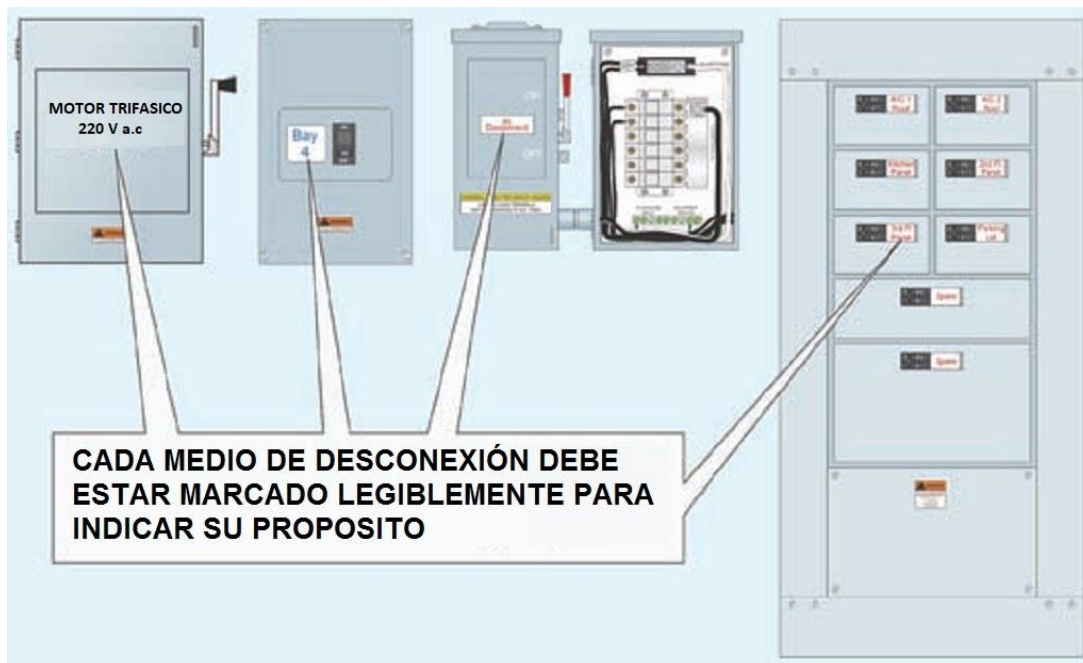


Figura 2.4 Ejemplos de medios de desconexión identificados. En *Understanding the NEC* (p.64) Mike Holt's 2014

“110-27. Resguardo de partes vivas. Las partes vivas de los equipos eléctricos que funcionen a 50 volts o más, deben estar resguardadas contra contactos accidentales por envolventes apropiadas.” [1, p.37]

Aplicación: Todos los equipos eléctricos que se seleccionen para la reconfiguración de la instalación, deben evitar el contacto directo con las partes energizadas de la instalación, por ejemplo; cada tablero o envolvente metálico debe tener sus tapas adecuadas para dicho fin.

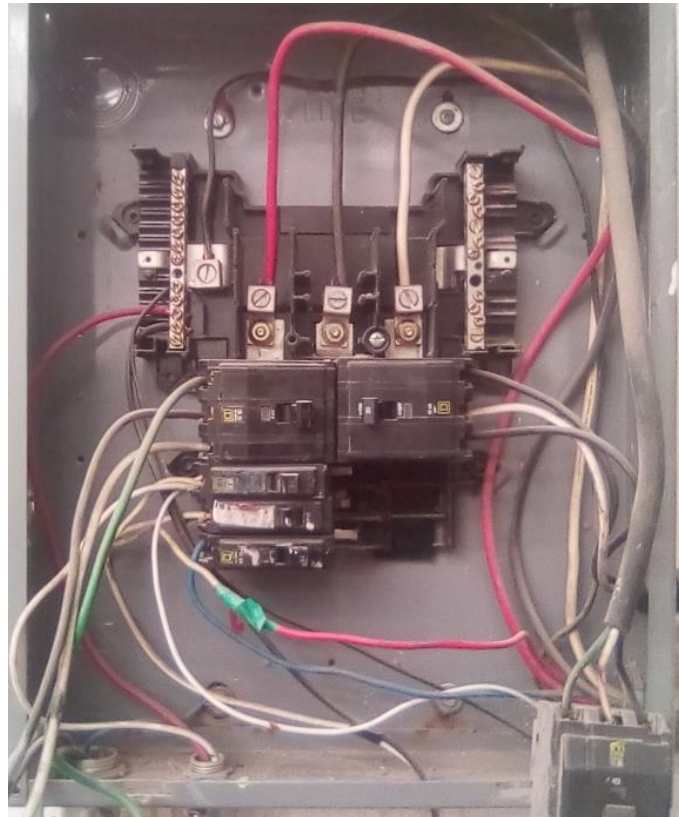


Figura 2.5 Ejemplo de tablero sin resguardo de partes energizadas (Tablero propio de la planta industrial en cuestión).

2.2 Capítulo 2. Alambrado y protección

2.2.1 Artículo 200. Uso e identificación de los conductores puestos a tierra

“200-4. Conductores neutros. No debe usarse un conductor neutro para más de un circuito derivado, para más de un circuito derivado multiconductor o para más de un conjunto de conductores de fase de un alimentador, a menos que se permita en alguna parte de esta NOM.” [1, p.44]

Aplicación: Es necesario proveer un conductor neutro por cada circuito derivado que se tenga en la instalación eléctrica de la planta industrial, debido a las cargas desbalanceadas, en este caso monofásicos. Todo esto, para evitar que por el neutro circule una corriente de desbalanceo que pueda afectar al equipo.

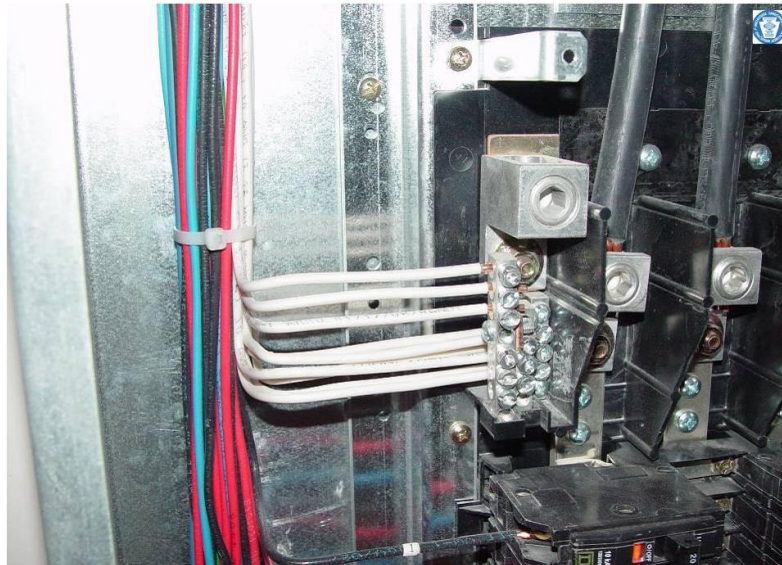


Figura 2.6 Conductor neutro para cada circuito derivado. En <http://www.ruelsa.com/cime/boletín/2010/bt35b.pdf>

200-6. Medios de identificación de conductores puestos a tierra.

Aplicación: Los conductores puestos a tierra deberán ser identificados de acuerdo con el tamaño (calibre) y el tipo de conductor a instalar. Las características principales con las que deben de contar son las siguientes:

- Cubierta o aislamiento de color blanco en toda su longitud.
- Cubierta o aislamiento de color gris claro en toda su longitud.
- Tres franjas blancas a lo largo de toda la longitud del conductor, en conductores que tengan aislamiento de color diferente al verde.

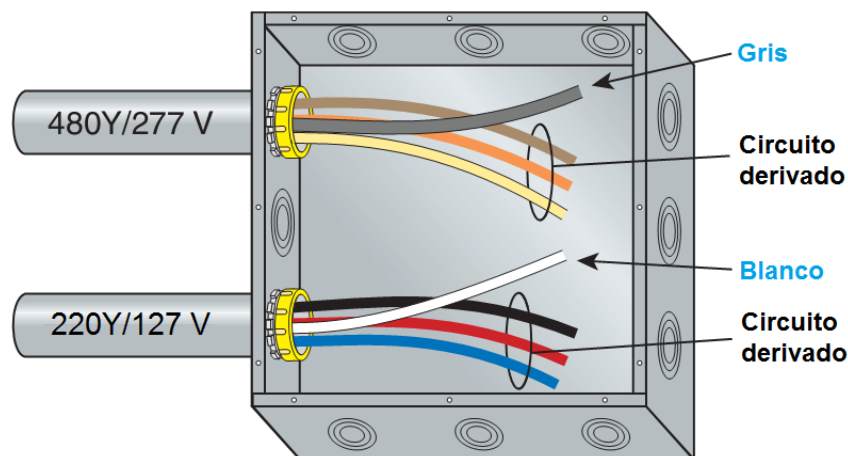


Figura 2.7 Identificación de los conductores puestos a tierra. *En National Electric Code Handbook (p.56) Mark W. Earley 2014*

2.2.2 Artículo 210. Circuitos derivados

210-5. Identificación de los circuitos derivados.

Aplicación: Este artículo se utilizará para identificar de forma correcta los circuitos derivados de la instalación eléctrica de la planta industrial para madera de acuerdo con los siguientes tipos de conductores:

- 1) Conductor puesto a tierra (neutro): el conductor puesto a tierra de un circuito derivado debe identificarse de acuerdo con el artículo 200-6.
- 2) Conductor de puesta a tierra de equipos: se permitirá que los conductores de puesta a tierra de los equipos estén desnudos, cubiertos o aislados.
- 3) Conductores de fase: estos se deberán identificar por fase o línea, así como también por códigos de colores o cinta de marcado. El marcado de los circuitos derivados que tengan origen dentro del tablero de distribución se documentará y se fijará permanentemente a cada tablero.

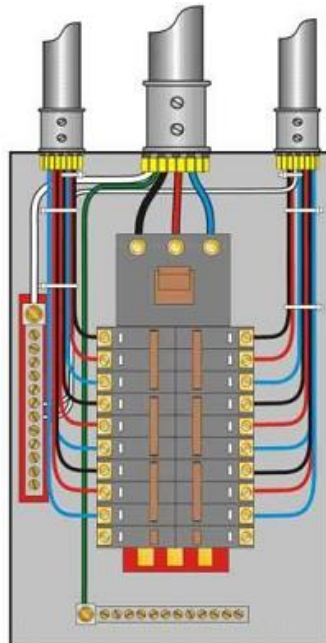


Figura 2.8 Código de colores para identificación de circuitos derivados. En <http://www.ruelsa.com/cime/boletín/2010/bt35b.pdf>

“210-8. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra.

b) Edificios que no sean viviendas. Todos los contactos en instalaciones monofásicas de 120 volts de 15 y 20 amperes, instalados en los lugares que se especifican en (1) hasta (4) siguientes, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra:

- (1) Cuartos de baño.
- (2) Cocinas.
- (3) Azoteas.
- (4) En exteriores.” [1, p.49]

Aplicación: Este tipo de interruptores por falla a tierra se utilizarán en los cuartos de baño de la industria productora de recubrimientos para madera, para brindar protección adecuada al personal de trabajo que se encuentren en dicho lugar.



Figura 2.9 Contacto dúplex con protección de falla a tierra. En *National Electric Code Handbook* (p.65) Mark W. Earley 2014

“210-19. Conductores. Ampacidad y tamaño mínimos.

a) Circuitos derivados de hasta 600 volts

1) General. Los conductores de los circuitos derivados deben tener una ampacidad no menor que la correspondiente a la carga máxima que será alimentada. Cuando un circuito derivado suministra cargas continuas o una combinación de cargas continuas y no-continuas, el tamaño mínimo del conductor del circuito derivado, antes de la aplicación de cualquier factor de ajuste o de corrección, deberá tener una ampacidad permisible no menor que la carga no-continua más el 125 por ciento de la carga continua.” [1, p.52]

Aplicación: Este artículo se utilizará para efectuar los cálculos y determinar la ampacidad de los conductores para los circuitos derivados con cargas continuas y no continuas como por ejemplo luminarias y receptáculos respectivamente.



Figura 2.10 Alumbrado industrial. (Cortesía de Philips)



“210-20. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de circuitos derivados y los equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con valor nominal o ajuste.” [1, p.53]

Aplicación: Con base en este artículo se determinará la protección de los circuitos derivados con dispositivos de protección con el 125% de la corriente nominal, esto de acuerdo con el tipo de carga ya sean continuas o no continuas, equipos eléctricos o dispositivos de salida.

“210-23. Cargas permisibles. En ningún caso la carga debe exceder a la capacidad nominal del circuito derivado. Está permitido que un circuito derivado individual alimente cualquier carga dentro de su valor nominal.” [1, p.54]

Aplicación: Este artículo se utilizará para verificar que los resultados de los cálculos para determinar la capacidad de un circuito derivado estén por debajo del valor nominal de la carga ya sean para un solo circuito o la combinación de estos.

“210-24. Requisitos para los circuitos derivados-Resumen. En la Tabla 210-24 se resumen los requisitos para los circuitos que tengan dos o más contactos o salidas distintos a los circuitos de contactos.” [1, p.54]

Aplicación: Este artículo hace referencia a la Tabla 210-24 la cual contiene los valores específicos de ampacidad que se aplican a los circuitos derivados de acuerdo con la clasificación de estos y al calibre del conductor. Esta Tabla será utilizada para corroborar los resultados de los cálculos a realizar para dimensionar los circuitos derivados de la instalación.

2.2.3 Artículo 215. Alimentadores

“215-2 Capacidad y tamaños mínimos del conductor

a) Alimentadores hasta de 600 volts.

1) Los conductores de los alimentadores deben tener una ampacidad no menor que la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas de acuerdo con las Partes C, D y E del Artículo 220.” [1, p.60]

Aplicación: El artículo anterior se aplicará para el cálculo de los alimentadores para los equipos a alimentar verificando que la capacidad de este no sea menor a la carga no continúa instalada más el 125% de la carga continua antes de aplicar factores de corrección.

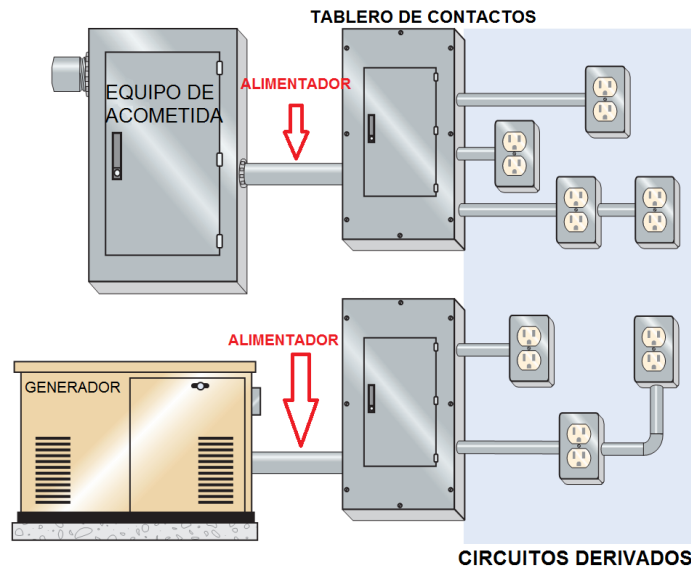


Figura 2.11 Ubicación del alimentador. *En National Electric Code Handbook (p. 12) Mark W. Earley 2014*

“215-12. Identificación de los alimentadores.

c) Conductores de fase. Cuando el sistema de alambrado de los inmuebles tenga alimentadores suministrados por más de una tensión de sistema, cada conductor de fase de un alimentador se debe identificar por fase o línea y por sistema, en todos los puntos de terminación, conexión y empalme. Se debe permitir que los medios de identificación sean por métodos como código de color por separado, cinta de marcado, etiquetado u otros medios aprobados.” [1, p.62]

Aplicación: Se identificarán los conductores de fase correspondientes a los circuitos alimentadores por diferencia de colores, cinta de marcado o etiquetado, de los cuales, los dos últimos tendrán origen dentro de cada tablero de distribución al que le corresponda el alimentador.

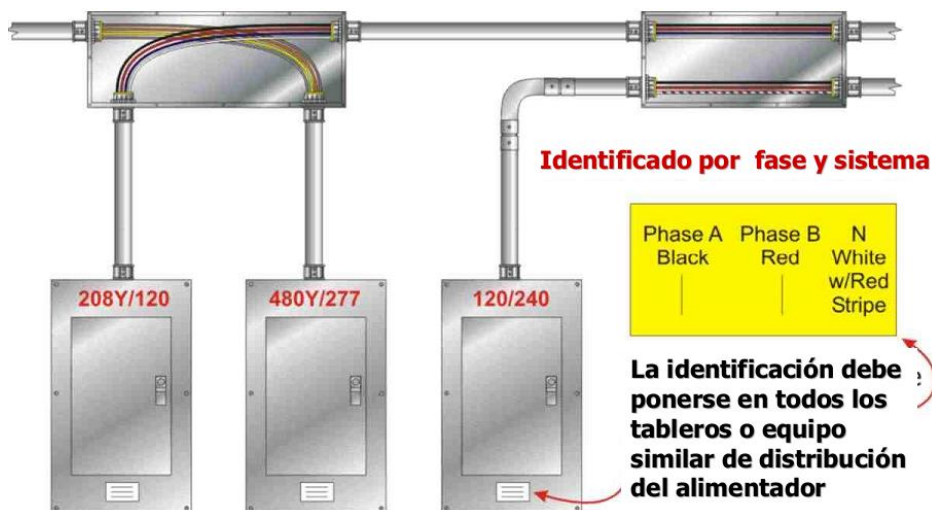


Figura 2.12 Identificación de los conductores de fase. *En Cambios NEC (p.21) Ruel S.A de C.V (2014)*

2.2.4 Artículo 220. Protección contra sobrecorriente

“240-4. Protección de los conductores.

b) Dispositivos de sobrecorriente de 800 amperes o menos. Se permitirá el uso de un dispositivo de protección contra sobrecorriente, de valor estándar inmediato superior (sobre la ampacidad de los conductores que proteja).

c) Dispositivos de sobrecorriente de más de 800 amperes. Cuando el dispositivo de protección contra sobrecorriente sea de más de 800 amperes, la ampacidad de los conductores que protege debe ser igual o mayor que la corriente nominal del dispositivo.” [1, p.97]

Aplicación: Se tomará en cuenta este artículo para justificar la selección de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en la instalación eléctrica de la planta industrial para madera una vez obtenidos los cálculos de las corrientes a plena carga de los equipos a alimentar.



Figura 2.13 Dispositivo de protección mayor a 800 A. En *Understanding the NEC* (p.190) Mike Holt's 2014

“240-6. Capacidades estandarizadas de fusibles e interruptores automáticos.

a) Fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo. Los valores de corriente normalizados para los fusibles e interruptores automáticos de circuito de tiempo inverso son: 15, 16, 20, 25, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperes. Los valores en amperes estandarizados adicionales para fusibles deben ser de 1, 3, 6, 10 y 601.” [1, p.99]

Aplicación: Cabe señalar que estos valores de interruptores son los que establece la norma, pero para fines prácticos los utilizados en la instalación eléctrica se ajustaran a los valores comerciales que ofrecen los fabricantes con base en los cálculos a realizar sin incumplir la norma.



Figura 2.14 Interruptores termomagnéticos comerciales. (Cortesía de Square D)

“240-15. Conductores de fase.

a) Dispositivo de protección contra sobrecorriente requerido. *Se debe conectar un fusible o una unidad de disparo por sobrecorriente de un interruptor automático, en serie con cada conductor de fase. Se considerará que una combinación de transformador de corriente y un relevador de sobrecorriente equivale a una unidad de disparo por sobrecorriente.” [1, p.100]*

Aplicación: Con base en este artículo se considerará la utilización de dispositivos de protección contra sobrecorriente por cada fase, esto aplicará en la selección de fusibles y para el caso de interruptores serán de tipo trifásico.

“240-22. Conductor puesto a tierra. *Ningún dispositivo de protección contra sobrecorriente se debe conectar en serie con un conductor que esté intencionalmente puesto a tierra” [1, p.104]*

Aplicación: No se instalará ningún dispositivo de protección contra sobrecorriente en los conductores puestos a tierra de la instalación (neutros).

“240-80. Método de operación. *Los interruptores automáticos deben ser de disparo libre y se deben poder abrir o cerrar manualmente. Se permitirá que su modo normal de funcionamiento sea diferente del manual, por ejemplo, eléctrico o neumático, si además cuenta con medios para su operación manual.” [1, p.107]*

Aplicación: Con base en este artículo se verificará que los interruptores automáticos seleccionados para la protección de circuitos derivados y alimentadores puedan ser operados manualmente, además de indicar correctamente si están en estado abiertos o cerrados.

240-83. Marcado

Aplicación: Todos los interruptores automáticos seleccionados en la instalación eléctrica deben estar marcados, grabados o etiquetados con los valores de ampacidad visibles y duraderos, así como también deben contener los valores de tensión a la cual estarán operando por lo que este no debe ser menor al valor de tensión nominal del sistema.



Figura 2.15 Interruptor termomagnético con su ampacidad marcada. (Cortesía de Square D)

2.2.5 Artículo 250. Puesta a tierra y unión

(Segunda Sección Vespertina)

250-4. Requisitos generales para puesta a tierra y unión.

Aplicación: Todos los sistemas puestos a tierra y no puestos a tierra deberán conectarse a tierra con la finalidad de limitar o amortiguar las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas o por fallas debidas al contacto no intencional con líneas energizadas. Así mismo, se conectarán a tierra todos aquellos equipos o materiales eléctricamente conductivos que no transporten corriente eléctrica.

“250-24. Puesta a tierra de sistemas de corriente alterna alimentados por una acometida.

b) Puente de unión principal. Para un sistema puesto a tierra, se debe utilizar un puente de unión principal sin empalmes para conectar el (los) conductor (es) de puesta a tierra de equipos y la envolvente del medio de desconexión de acometida, al conductor puesto a tierra dentro de la envolvente, para cada medio de desconexión de acometida” [1, p.4]

Aplicación: Este puente de unión se debe de realizar en el primer medio de desconexión que se instale en la planta industrial como se ilustra en la siguiente figura.

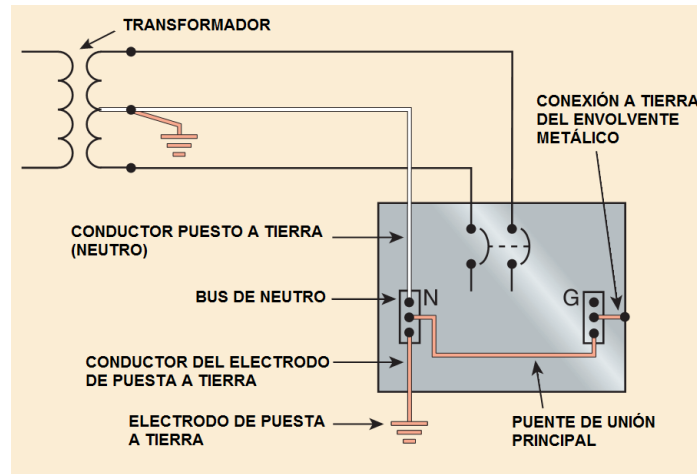


Figura 2.16 Puente de unión principal. En *National Electric Code Handbook* (p.169) Mark W. Earley 2014

“250-50. Sistema de electrodos de puesta a tierra. Todos los electrodos de puesta a tierra que se describen en 250-52(a)(1) hasta (a)(7), que estén presentes en cada edificio o estructura alimentada, se deben unir entre sí para formar el sistema de electrodos de puesta a tierra.” [1, p.12]

Aplicación: La norma establece distintos electrodos de puesta a tierra que se pueden observar en la figura 2.15, para nuestro caso propondremos la solución más utilizada en el país que son electrodos de 3 m. de longitud con una red de cable de cobre desnudo. Cabe mencionar que todo el sistema de puesta a tierra que se proponga debe cumplir con un valor menor a 25 Ω .

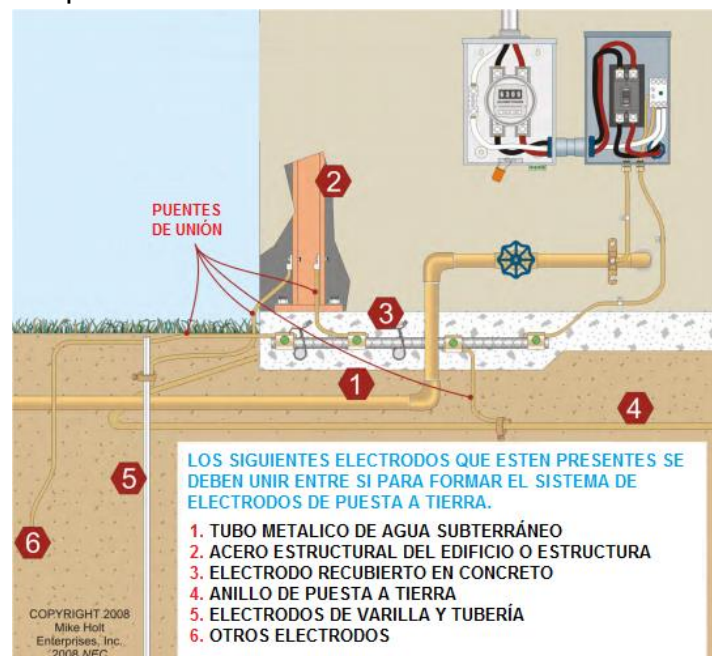


Figura 2.17 Sistema de electrodos de puesta a tierra. En *Understanding the NEC* (p.239) Mike Holt's 2014

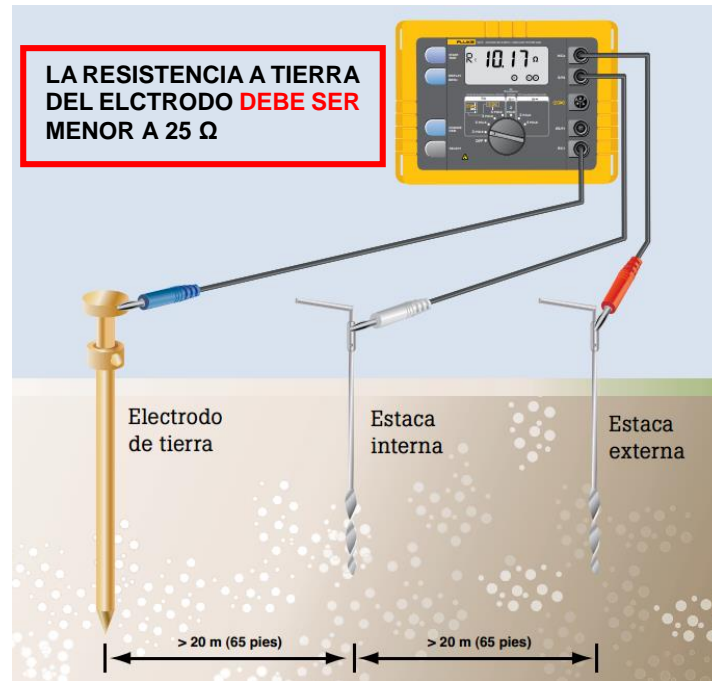


Figura 2.18 Medición de resistencia a tierra de un electrodo. (Cortesía de Fluke)

250-53. Instalación del sistema de electrodo de puesta a tierra.

a) 3) Electrodo adicional.

Aplicación: Los electrodos múltiples de varilla, deberán estar separados cuando menos de 1.80 metros.

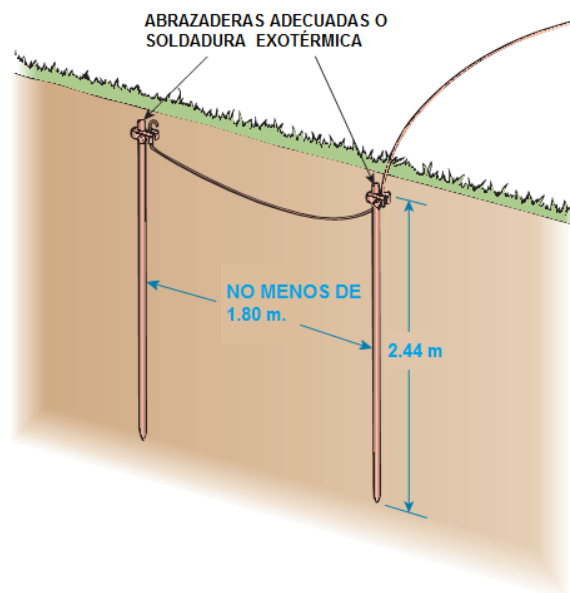


Figura 2.19 Espaciamiento entre electrodos. En *National Electric Code Handbook* (p.191) Mark W. Earley 2014

g) electrodo de varilla y tubería.

Aplicación: El electrodo se debe instalar de manera que al menos una longitud de 2.44 metros este en contacto con la tierra. En caso de tener dificultades para enterrarlo esa profundidad se debe enterrar con un ángulo no mayor a 45° o en su defecto se permite enterrar en una zanja con 75 cm de profundidad.

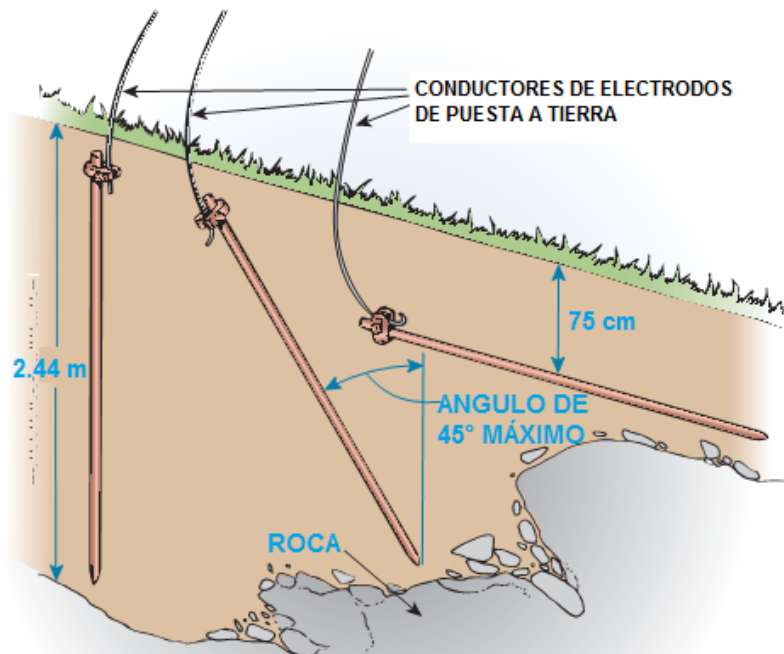


Figura 2.20 Requisitos de instalación para electrodos de varilla. En *National Electric Code Handbook* (p.192) Mark W. Earley 2014

“250-62. Material conductor del electrodo de puesta a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre, aluminio o aluminio revestido de cobre.” [1, p.15]

Aplicación: Los materiales de los electrodos de puesta a tierra deberán seleccionarse de tal forma que sean resistentes a la corrosión de acuerdo con el lugar de instalación, así como también deberán ser de un material sólido o trenzado, asilado o desnudo según sea el caso.

“250-110. Equipo sujetado en su lugar o conectado mediante métodos de alambrado permanente (fijos). Las partes metálicas expuestas, normalmente no portadoras de corriente de equipos fijos alimentados por conductores alojados en una envolvente o componentes que tienen probabilidad de ser energizadas, se deben conectar al conductor de puesta a tierra.” [1, p.24]



Aplicación: Este artículo justifica por qué se deben conectar a tierra todas las partes metálicas no portadoras de corriente que se encuentren en la industria como, por ejemplo: envolventes metálicos, gabinetes, estructuras metálicas, etc.

250-116. Equipo no eléctrico.

Aplicación: De acuerdo con este artículo, se conectarán a tierra todas las partes metálicas de los equipos considerados no eléctricos como, por ejemplo: carcasas de motores, estructuras metálicas, carriles de grúas, montacargas, ascensores eléctricos, etc., los cuales, la mayoría de estos se encuentran dentro de las instalaciones de la industria productora de recubrimientos para madera.

“250-119. Identificación de conductores de puesta a tierra de equipos. A menos que se exija algo diferente en esta NOM, se permitirá que los conductores de puesta a tierra de equipos estén desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra de equipos, cubiertos o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo de color verde o verde con una o más franjas amarillas, excepto como se permite en esa sección.” [1, p.27]

Aplicación: Para la correcta identificación de los conductores de puesta a tierra a instalar, deberán ser identificados si estos se encuentran desnudos, cubiertos o aislados (color verde en toda su longitud).

250-122. Tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos.

a) General. *Los conductores de puesta a tierra de equipos, de cobre, aluminio, o aluminio recubierto de cobre, del tipo alambre, no deben ser de tamaño menor a los mostrados en la Tabla 250-122, pero en ningún caso se exigirá que sean mayores que los conductores de los circuitos que alimentan el equipo.” [1, p.28]*

De acuerdo con los valores proporcionados en la Tabla 250-122 se utilizarán para determinar el tamaño mínimo requerido para los conductores de puesta a tierra de los equipos a alimentar tomando como referencia las capacidades de ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente.

2.3 Capítulo 3. Métodos de alambrado y materiales

2.3.1 Artículo 300. Métodos de alambrado

“300-3. Conductores

b) Conductores del mismo circuito. *Todos los conductores del mismo circuito y, el conductor puesto a tierra, todos los conductores de puesta a tierra de los equipos y los conductores de unión, cuando se usen, deben estar instalados en la misma: canalización, canal auxiliar, charola portacables, ensamble de*

conductores aislados en envolventes, zanja, cable o cordón, a menos que se permita algo diferente.” [1, p.42]

Aplicación: Para la instalación se debe cumplir que ningún conductor del mismo circuito se instale en una canalización diferente o fuera de la misma como se ilustra en la siguiente figura.

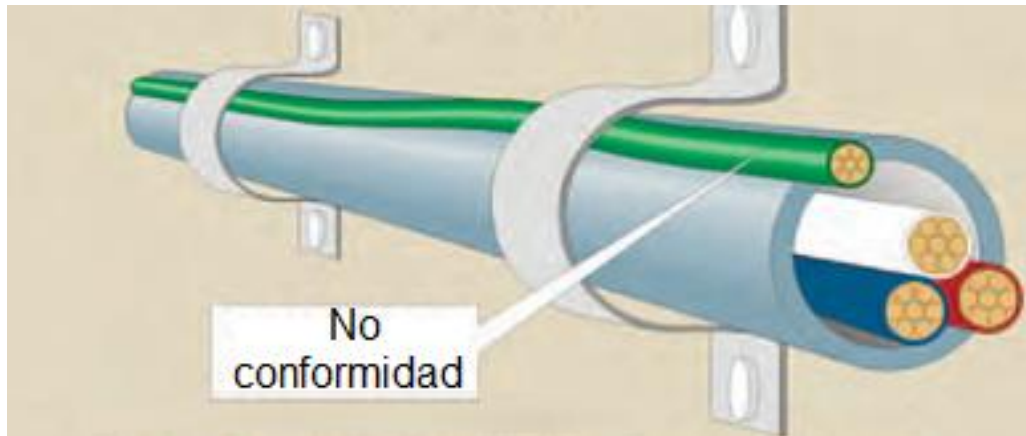


Figura 2.21 No conformidad con artículo 300-3 b) En *Understanding the NEC* (p.302) Mike Holt's 2014

“300-10. Continuidad eléctrica de las canalizaciones y envolventes metálicas. Las canalizaciones, armaduras de cables y otros envolventes metálicos de conductores, se deben unir metálicamente formando un conductor eléctrico continuo y se deben conectar a todas las cajas, accesorios y gabinetes, de modo que ofrezcan una continuidad eléctrica efectiva.” [1, p.48]

Aplicación: En el diseño de los medios de canalización para la instalación eléctrica se tomará en cuenta este punto para garantizar la continuidad eléctrica entre todas las partes metálicas.

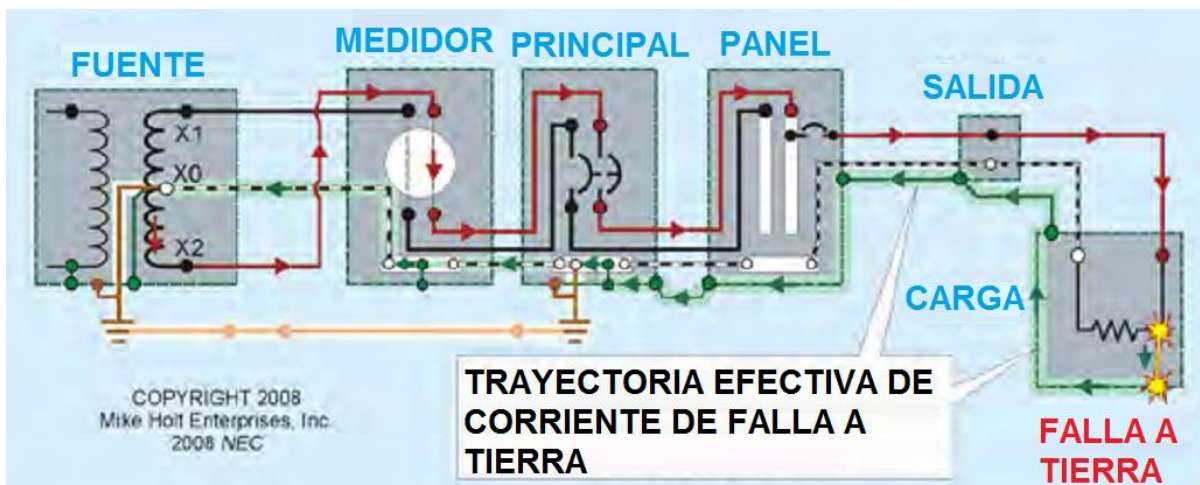


Figura 2.22 Continuidad eléctrica. En *Understanding the NEC* (p.316) Mike Holt's 2014

“300-17. Número y tamaño de los conductores en una canalización. El número y tamaño de los conductores en cualquier canalización no debe ser mayor al que permita la disipación de calor y la facilidad de instalación o desmontaje de los conductores sin dañar los conductores o su aislamiento.” [1, p.51]

Aplicación: Al momento de seleccionar el diámetro del tubo conduit y el número total de conductores dentro del mismo, el resultado obtenido debe cumplir con este requisito para tener una correcta disipación del calor de los conductores. Conforme se establece en la Tabla 1 del capítulo 10 de la NOM.

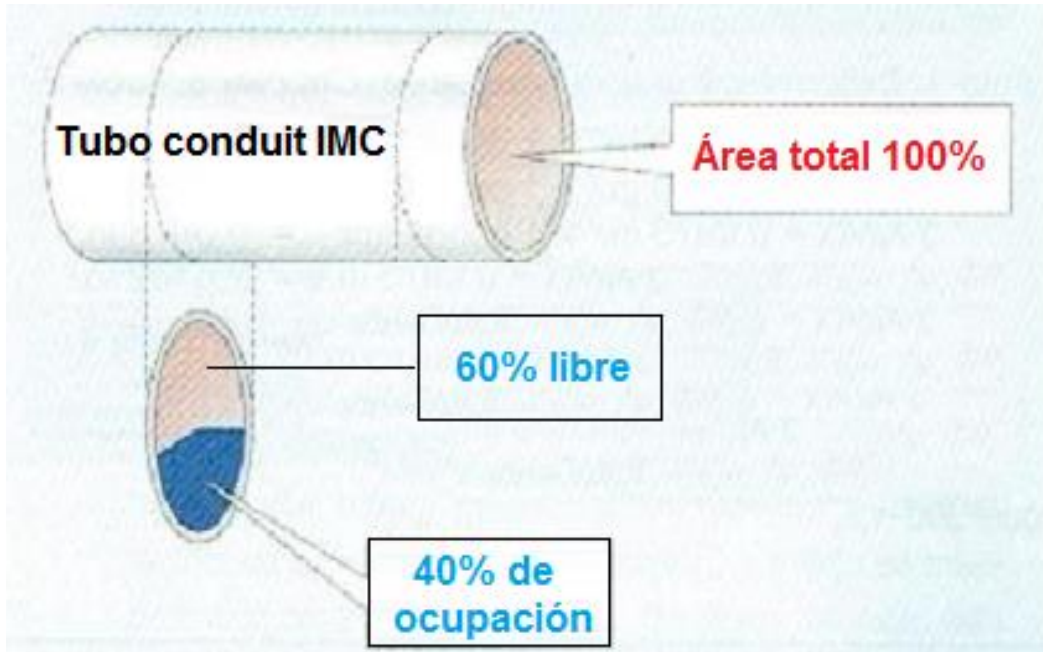


Figura 2.23 Porcentaje de la sección transversal en tubo conduit para los conductores. En *Understanding the NEC* (p.325) Mike Holt's 2014

2.3.2 Artículo 310. Conductores para alambrado en general

“310-15. Ampacidad para conductores con tensión de 0-2000 volts.

b) Tablas. La ampacidad de los conductores de 0 a 2000 volts debe ser la especificada en las tablas de ampacidad permisible 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), y en las tablas de ampacidad 310-15(b)(20) y 310-15(b)(21).” [1, p.59]

Aplicación: La selección de los conductores para el proyecto se realizará por la ampacidad, consultando las tablas mencionadas en este artículo principalmente la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM y aplicando las tablas para factores de ajuste y corrección por temperatura según se requiera.



Figura 2.24 Ampacidad de conductores, factor de ajuste y temperatura. En *Understanding the NEC* (p.340) Mike Holt's 2014

2.3.3 Artículo 342. Tubo conduit metálico semipesado (IMC)

Aplicación: Este artículo y sus diferentes secciones permiten el uso del tubo conduit en todas las condiciones atmosféricas y en todos los lugares. Los tamaños van desde designación métrica 16 (tamaño comercial 1/2) hasta 103 (tamaño comercial de 4). Cada tramo debe tener una longitud de 3.00 m con rosca en cada uno de sus extremos y un cople en uno de ellos. Al calcular el número de conductores, estos no deben exceder el 40 % de la sección transversal del tubo. También es importante considerar que cuando el tubo conduit entre a una caja, accesorio o tablero debe ser por medio de un pasacables para evitar dañar el aislamiento del conductor.

2.3.4 Artículo 344. Tubo conduit metálico pesado (RMC)

Aplicación: El tubo conduit tipo RMC está permitido en tamaños que van desde designación métrica 16 (tamaño comercial 1/2) hasta 155 (tamaño comercial de 6). Se encuentran en el mercado en acero y aluminio, se puede diferenciar del tubo semipesado al comparar el espesor de la pared del tubo, el cual es mayor en el tubo conduit pesado. Esta característica permite ser utilizado en áreas clasificadas como peligrosas.

Le aplican las mismas disposiciones que el tubo conduit metálico semipesado en cuanto a número de conductores, uso de pasacables, longitud y debe tener un acabado interior libre bordes ásperos.

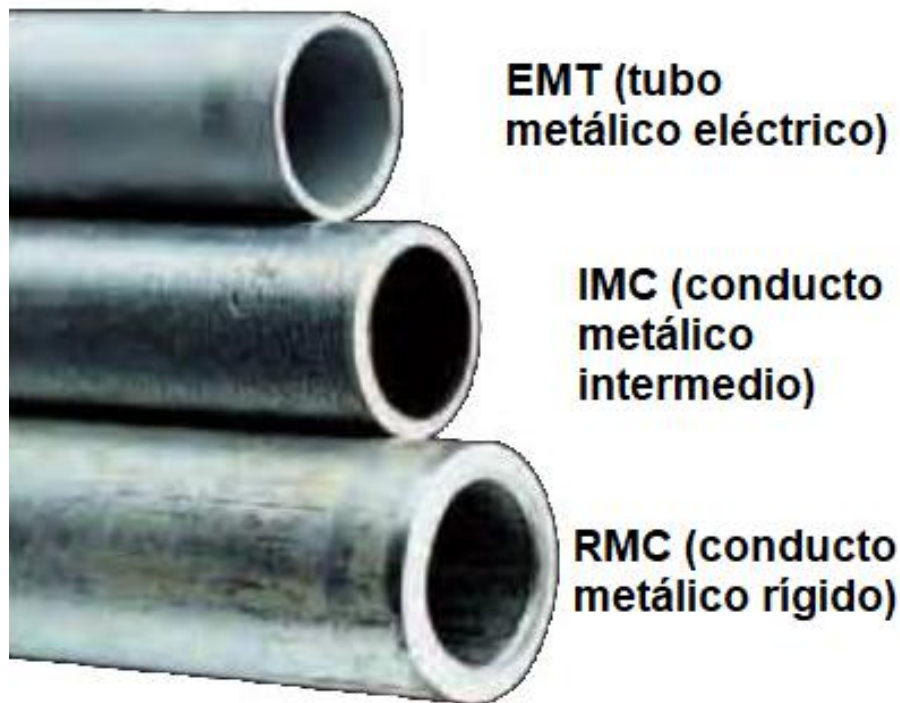


Figura 2.25 Comparación de tubos conduit metálicos. En *Guía completa sobre instalaciones eléctricas* (p.43) Edgar Rojas 2009

2.4 Capítulo 4. Equipo de uso general

2.4.1 Artículo 408. Tableros de alumbrado y control

(Tercera Sección Vespertina)

“408-30 Todos los tableros de alumbrado y control deben tener un valor nominal que no sea menor a la capacidad mínima del alimentador que exige para la carga calculada.” [1, p.103]

Aplicación: Este artículo se aplicará en el momento de seleccionar la capacidad de los tableros de alumbrado y verificar que estos correspondan con los resultados de los cálculos obtenidos.

“408-36 Protección contra sobrecorriente. El panel de alumbrado debe estar protegido por un dispositivo de protección contra sobre corriente que tenga un valor nominal no mayor que la del panel de alumbrado y control.” [1, p.104]

Aplicación: Es importante que cada panel de alumbrado a instalar tenga un interruptor principal con la finalidad de poder desenergizar todo el tablero para darle mantenimiento y así reducir el riesgo de que el personal de mantenimiento sufra un shock eléctrico.



Figura 2.26 Tablero con interruptor principal. (Cortesía de Schneider Electric)

“408-40 Puesta a tierra de los tableros de alumbrado y control. En caso de ser de metal, deben de estar en contacto físico y se deben conectar a un conductor puesta a tierra.” [1, p.104]

Aplicación: Se deberán conectar los tableros y equipos a tierra mediante un conductor de puesta a tierra para evitar daños por la presencia de alguna sobrecorriente, así como para prevenir la seguridad del personal que opera los tableros.

2.4.2 Artículo 410. Luminarias, portalámparas y lámparas

410-40 Puesta a tierra.

(Cuarta Sección Vespertina)

Aplicación: Todas las partes metálicas no portadoras de corriente de las luminarias que se instalen en la planta industrial deberán ser puestas a tierra.

410-62. Portalámparas y luminarias conectados con cordón.

c) Luminarias de descarga eléctrica y luminarias LED.

Aplicación: Este artículo se aplicará para detallar la instalación de luminarias del tipo LED mediante la conexión con cable de uso rudo que se encuentre visible, protegido contra daños físicos y tenga una clavija de conexión de tipo de puesta a tierra para facilitar la sustitución o mantenimiento de la luminaria.

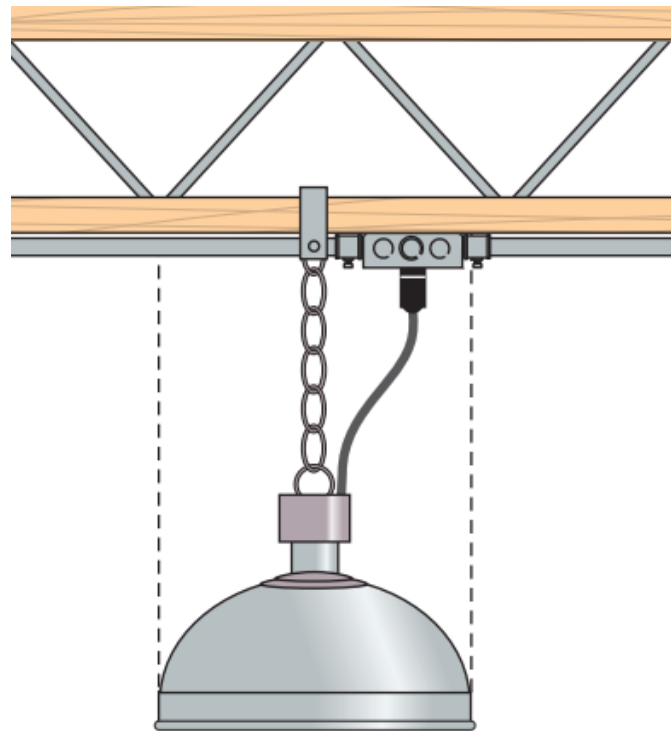


Figura 2.27 Conexión de luminaria mediante cable de uso rudo y clavija. En *National Electric Code Handbook* (p.450) Mark W. Earley 2014

2.4.3 Artículo 430. Motores, circuitos de motores y controladores

“430-6 Determinación de la ampacidad y del valor nominal de los motores

1) Valores de las Tablas. los valores presentados en las Tablas 430-247, 430-248, 430-249 y 430-250, se deben usar para determinar la ampacidad de los conductores o el valor nominal en amperes de los interruptores, la protección del circuito derivado contra cortocircuitos y fallas a tierra, en lugar del valor real de corriente nominal marcada en la placa de características del motor.” [1, p.38]

Aplicación: Todos los cálculos que involucren la corriente a plena carga de los motores trifásicos se basaran en la Tabla 430-250 tal como lo estable la NOM-001-SEDE-2012.

CORRIENTE A PLENA CARGA (IPC) A. 430-6(A)(1)

NOM-001-SEDE-2012
TABLAS 430-247, 430-248, 430-249 Y 430-250

LA (IPC) ES PARA EL TAMAÑO DE:
 * CONDUCTORES
 * DESCONECTADORES
 * PROTECCIÓN CONTRA CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA.

PLACA DE DATOS DE MOTOR (IN) A. 430-6(A)(2)

LA (IN) DE LA PLACA DE DATOS ES PARA AJUSTAR LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA

Figura 2.28 Corriente a plena carga contra corriente nominal de un motor. En *Understanding the NEC* (p.544) Mike Holt's 2014

430-7. Marcado en los motores y equipos con varios motores.
b) Letras de código a rotor bloqueado.

Aplicación: Las letras de código marcadas en las placas de características de los motores, para indicar la entrada del motor con el rotor bloqueado, deben cumplir lo establecido en la Tabla 430-7(b).

Esta letra de código se obtendrá de la placa de datos de cada uno de los motores que se encuentran en la planta industrial, con la cual se buscará el valor correspondiente en la tabla antes mencionada y realizar el cálculo de la corriente a rotor bloqueado.

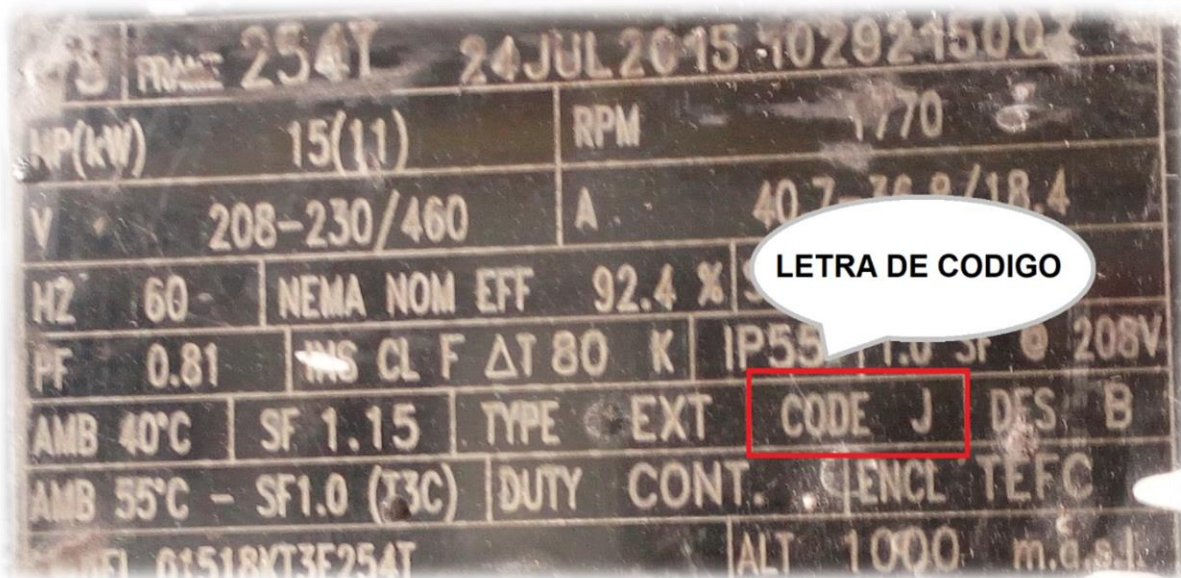


Figura 2.29 Placa de características de un motor resaltando la letra de código.

430-14 Ubicaciones de los motores

a) Ventilación y mantenimiento

Aplicación: Los motores deben estar ubicados de modo que tengan ventilación adecuada y de mantenimiento.

B. Conductores para circuitos de motores

“430-22. Un solo motor. Los conductores que alimenten un solo motor usado en una aplicación de servicio continuo deben tener ampacidad no menor al 125 por ciento del valor nominal de corriente de plena carga del motor” [1, p.45]

Aplicación: Este factor se aplicará al realizar los cálculos de los conductores que alimentarán los motores. Para que el dispositivo de protección solo este cargado al 80%.

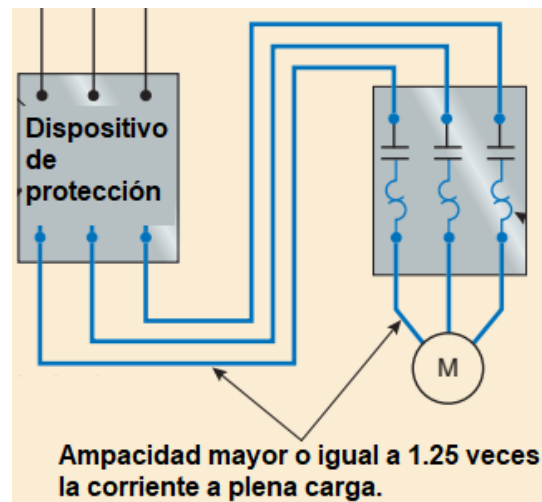


Figura 2.30 Conductores de alimentación de un solo motor. En *National Electric Code Handbook* (p.489) Mark W. Earley 2014

“430-24 Varios motores o motores y otras cargas

Los conductores que alimentan varios motores o motores y cargas deben tener una ampacidad no menor a la suma de cada uno de los siguientes:

- 1) 125 por ciento de la corriente nominal del motor de valor nominal de mayor valor
- 2) La suma de las corrientes nominales de plena carga
- 3) 100 por ciento de las cargas no continuas que no son motores
- 4) 125 por ciento de las cargas continuas que no son motores” [1, p.48]

Aplicación: Este artículo sustentara el cálculo de la ampacidad del conductor para el CCM en la planta industrial.



Figura 2.31 Detalle ilustrativo de alimentador para un centro de control de motores (CCM).

“430-40 Relevadores de sobrecarga. Los dispositivos de protección de motores contra sobrecarga, que no sean capaces de abrir el corto circuitos o fallas a tierra, deben estar protegidos por fusibles o interruptores automáticos con valores nominales o ajustes que cumplan con lo establecido en 430-52” [1, p.53]

Aplicación: Los relevadores de sobrecarga que se instalen en los motores de la planta industrial se protegerán también con otro dispositivo de protección.



Figura 2.32 Protección mediante relevador de sobrecarga en cubículo de CCM. (Cortesía de Schneider Electric)

“430-52 Capacidad nominal o ajuste para circuitos de un motor

b) Todos los motores. El dispositivo de protección contra corto circuito y fallas a tierra del circuito derivado del motor debe ser capaz de soportar la corriente de arranque.” [1, p.53]

Aplicación: Al calcular los dispositivos de protección para los motores se tomará en cuenta la corriente de arranque para evitar que la protección opere con el pico de corriente que se presente al arrancar el motor.

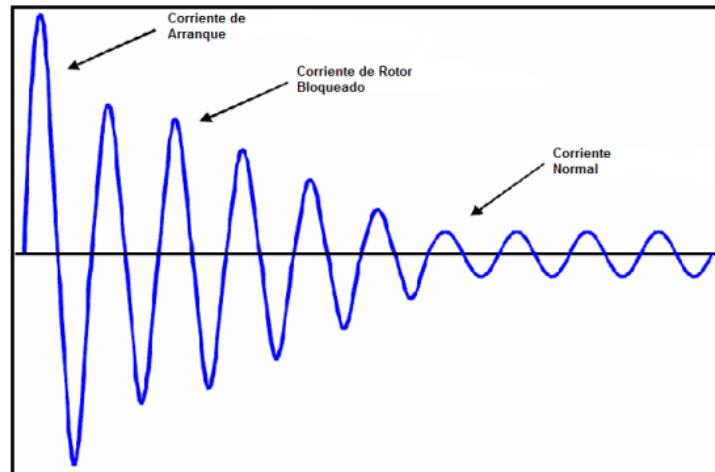


Figura 2.33 Comportamiento de la corriente de un motor de inducción. En “Corriente de arranque en motores eléctricos” boletín mensual motor tico, noviembre 2013

“430-82 Diseño del controlador

a) Arranque y paro. Cada controlador debe tener la capacidad de arrancar y parar el motor que controla y de interrumpir la corriente de rotor bloqueado del motor.” [1, p.60]

Aplicación: En caso de fallas el operador debe poder interrumpir el funcionamiento de los motores, así como poder arrancar y parar desde un CCM o estación de botones.

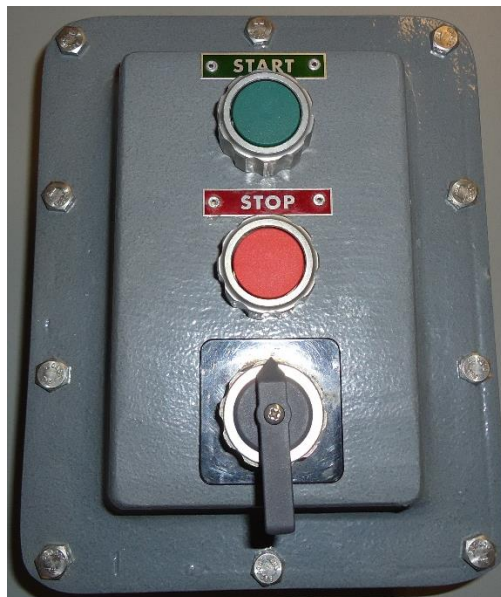


Figura 2.34 Estación de botones a prueba de explosión. (Cortesía de Crouse-Hinds)

H. Centro de control de motores.

“430-94. protección contra sobrecorriente

- 1) debe existir un dispositivo de protección contra sobrecorriente ubicado antes del centro de control de motores
- 2) debe existir un dispositivo de protección contra sobrecorriente ubicado dentro del centro de control de motores” [1, p.62]

Aplicación: Protegiendo así contra fallas los equipos dentro del centro de control de motores

“430-96. **Puesta a tierra.** Los centros de control de motores que consten de varias secciones deben estar conectados entre sí a un conductor de puesta a tierra de equipos o a una barra equivalente de puesta a tierra de equipos a una barra de puesta a tierra de equipos dimensionada a acuerdo con la Tabla 250-122.” [1, p.62]

Aplicación: Se deberá dirigir cualquier tipo de sobrecorriente dentro del centro de control de motores a tierra a través de un conductor de puesta a tierra instalado en este.

I. Medios de desconexión

“430-110. capacidad nominal de corriente y capacidad e interrupción.

a) **Generalidades.** El medio de desconexión para los circuitos de motores de 600 volts nominales o menos debe tener un valor nominal de corriente que sea como mínimo el 115 por ciento del valor nominal de corriente a plena carga del motor.” [1, p.66]

Aplicación: Se utilizará un factor al realizar los cálculos del medio de desconexión para cada uno de los motores de la planta industrial.



Figura 2.35 Medio de desconexión del motor en un área clasificada. En *Understanding the NEC vol. 2* (p.33) Mike Holt's 2014



2.5 Capítulo 5. Ambientes especiales

2.5.1 Artículo 500 Áreas peligrosas (clasificadas), Clases I, II y III, Divisiones 1 y 2.

“500-4. Generalidades.

a) Documentación. *Todas las áreas designadas como áreas peligrosas (clasificadas) deben estar debidamente documentadas.*

NOTA 1: *Este análisis debe realizarse bajo supervisión de ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados.” [1, p.110]*

Aplicación: A pesar de que este artículo establece que la clasificación de áreas peligrosas debe realizarse por una persona calificada con suficiente experiencia en la industria, para fines de este proyecto se propondrá por nuestra parte una clasificación para las áreas de la planta industrial basándonos en nuestro conocimiento.

“500-5 Clasificaciones de lugares.

NOTA: *Aplicando el ingenio en el diseño de las instalaciones eléctricas para lugares peligrosos (clasificados), frecuentemente es posible ubicar la mayor parte de los equipos en un nivel más bajo de la clasificación o en un lugar no clasificado, y así reducir el número de equipos especiales necesarios.”*

1) Clase I, División 1. *Un lugar Clase I, División 1, es un lugar:*

(1) En el cual, en condiciones normales de funcionamiento, pueden existir concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles.

2) Clase I, División 2. *Un lugar Clase I, División 2, es un lugar:*

(1) En el cual se manipulan, procesan o utilizan gases volátiles inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles, pero en el que los líquidos, vapores o gases estarán confinados normalmente en contenedores o sistemas cerrados, de los que pueden escapar sólo por rotura accidental o avería de dichos contenedores o sistemas, o si los equipos funcionan mal.” [1, p.110]

Aplicación: Por el tipo de líquidos inflamables que se utilizan en la planta industrial, la clasificación que se propondrá estará dentro de la clase I división 1 y 2. Es importante señalar que la norma recomienda ubicar la mayor parte de equipos que sea posible en un área no clasificada para así disminuir el uso de equipos especiales como los equipos a prueba de explosión.

Cada cuarto, sección o área se debe considerar individualmente para determinar su clasificación, como se ilustra en la siguiente figura.



Figura 2.36 Ejemplo de clasificación de áreas peligrosas. En *Understanding the NEC vol. 2* (p.26) Mike Holt's 2014

(Quinta Sección Vespertina)

“500-7 Técnicas de protección.

a) Equipos a prueba de explosión. Esta técnica de protección se permite para equipos instalados en áreas Clase I, División 1 y 2.” [1, p.2]

Aplicación: Los equipos que resulten necesarios colocar en las áreas clasificadas como peligrosas como lo son estación de botones y medios de desconexión de motores se especificaran en el proyecto como equipos a prueba de explosión.

2.5.2 Artículo 501 Áreas Clase I

501-10. Métodos de alambrado.

a) Clase I, División 1 y b) Clase I, División 2.

Aplicación: Con base a lo que se establece en este artículo la canalización a utilizar en las áreas que se definan como Clase I división 1 y 2 será tubo conduit metálico pesado (RMC) , así mismo las conexiones flexibles utilizadas para rematar a los motores deben ser especiales para estas áreas. En la figura 2.37 se muestra un ejemplo de aplicación.

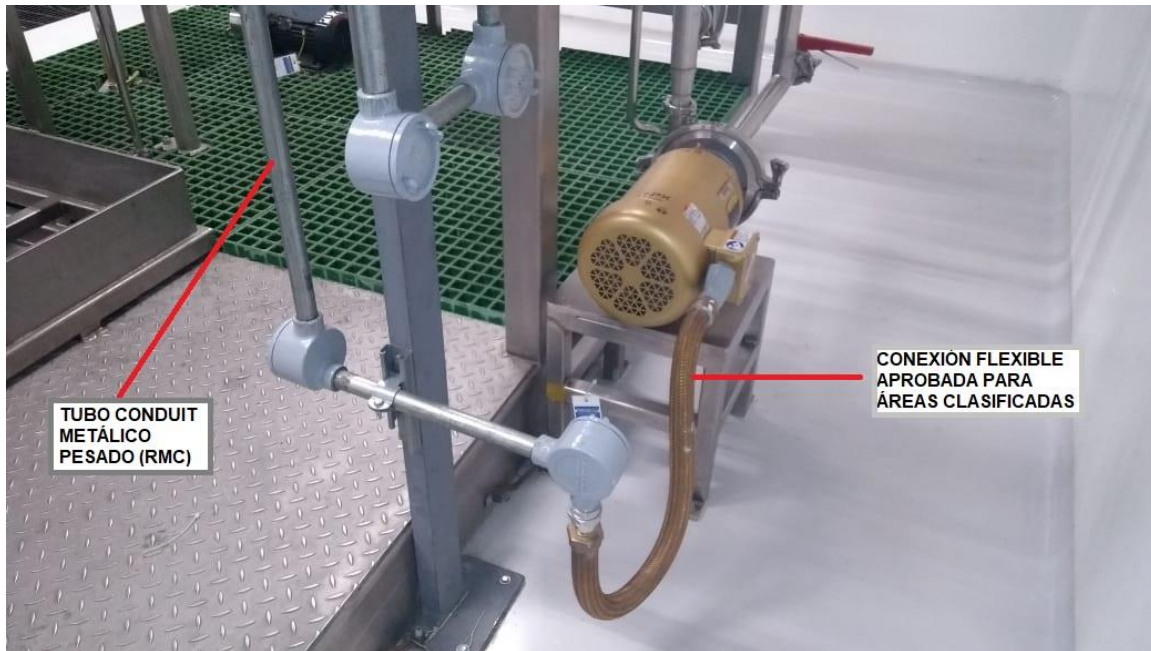


Figura 2.37 Métodos de alambrado para áreas clasificadas como peligrosas.

501-15 Sellado y drenado.

Aplicación:

NOTA 1: Los sellos se utilizan en los sistemas de tubo conduit y cables para reducir al mínimo el paso de gases y vapores y prevenir el paso de llamas de una parte de la instalación eléctrica a otra a través del tubo conduit.

a) Sellos en tubo conduit, áreas Clase I, División 1.

1) **Entrada en las envolventes.** En cada tramo de tubo conduit que entra en una envolvente

4) **En el límite de la Clase 1, División 1.** En cada tramo de tubo conduit que sale de un área peligrosa Clase I, División 1. Se permitirá colocar el sello en cualquier lado del límite de dicha área, a no más de 3.00 metros del límite,

b) Sellos en tubo conduit, áreas Clase I, División 2.

1) **Entrada en las envolventes.** En las conexiones con envolventes que deben ser a prueba de explosión, debe colocarse un sello de tubo conduit.

2) **Límite de la Clase 1, División 2.** En cada tramo de tubo conduit que pase de un área peligrosa Clase I, División 2, a una no peligrosa, el sello puede colocarse en cualquiera de los lados del límite entre las dos áreas a una distancia no mayor que 3.00 metros de dicho límite.

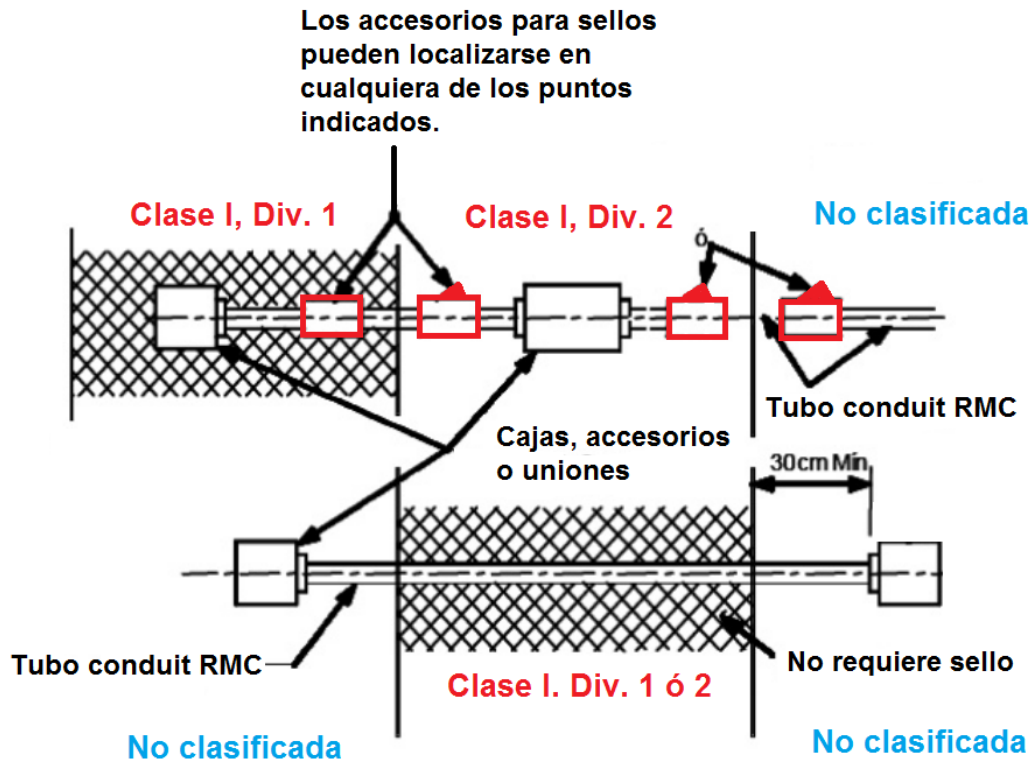


Figura 2.38 Ejemplo de uso de sellos en tubo conduit. En <https://es.slideshare.net/TNT007X320/161741053-cursoareasclasificadasppt>

2) Compuesto sellador. El compuesto sellador debe estar aprobado para ese uso y debe proporcionar un sellado hermético contra el paso de gases o vapores a través de los accesorios para sellar.



Figura 2.39 Aplicación de compuesto sellador. (Cortesía de Crouse-Hinds)

“501-125. Motores y generadores

a) Clase I, División 1. En las áreas clase I, División 1, los motores, generadores y otras máquinas eléctricas rotatorias deben cumplir con cualquiera de las siguientes condiciones:

(1) Estar identificados para áreas Clase I, División 1.”

Aplicación: Los motores que se encuentren en un área clasificada como clase I, división 1 o 2 deben de estar aprobados para estas áreas peligrosas, dicha información se verificara en la placa de datos del motor y de no resultar aprobado se realizaran las recomendaciones pertinentes. [1, p.16]



Figura 2.40 Motor aprobado para clase I, división 1. (Cortesía de ABB)

“501-130. Luminarias.

1) Luminarias aprobadas. Cada luminaria debe estar aprobada como un ensamble completo para áreas Clase I, División 1.” [1, p.16]

Aplicación: En las naves que resulten como áreas clasificadas como peligrosas, se incluirá en el proyecto el uso de luminarias a prueba de explosión como se muestra en la siguiente figura.



Figura 2.41 Luminaria a prueba de explosión modelo XLP4. (Cortesía de Crouse-Hinds)



CAPÍTULO 3

“CONDICIONES ACTUALES DE LA PLANTA INDUSTRIAL”

3. CONDICIONES ACTUALES DE LA PLANTA INDUSTRIAL

3.1 Descripción general

Actualmente el inmueble se encuentra conformado por tres naves industriales de 1708.5 m² en su totalidad, las cuales se encuentran identificadas mediante las letras A, B y C, mismas en donde se desarrollan diferentes actividades para transformar la materia prima en productos para madera, los cuales incluyen: sellador, pinturas, barniz, laca y pegamento blanco escolar e industrial así mismo se lleva a cabo el almacenamiento del producto terminado para su posterior distribución. En la siguiente imagen se muestra una vista del exterior de cada una de estas naves y su designación.

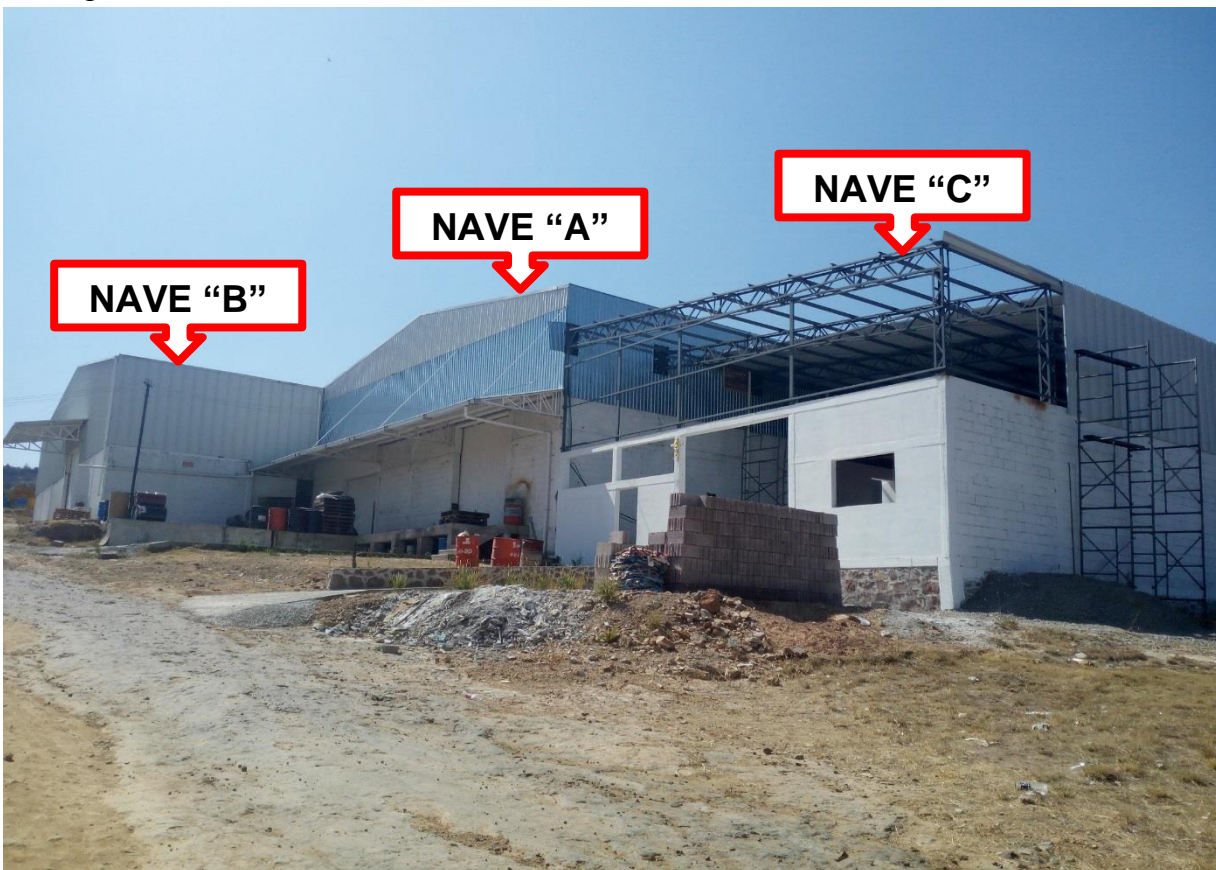


Figura 3.1 Naves que conforman la planta industrial

3.2 Distribución de áreas

En el Plano IE-12 se presentan identificadas y distribuidas cada una de las áreas que conforman la planta industrial, así como también sus dimensiones específicas en las cuales destacan: Nave "A", que corresponde al área de almacén, Nave "B", que es el área en donde se realiza el proceso de producción y finalmente la Nave "C", la cual es un edificio en proceso de construcción. A continuación, se presentan las descripciones características estas.

3.2.1 Nave “A”. Almacén

En esta área se encuentra un mezzanine, en donde, en la parte superior, se concentran los materiales auxiliares que se emplean para almacenar y transportar principalmente resistol blanco como lo son: cajas de cartón corrugado, embaces y cubetas vacías de diferentes capacidades. (Figura 3.2).

Cabe mencionar que en esta nave se encuentran actualmente los tableros de subdistribución los cuales se muestran en la Figura 3.14



Figura 3.2 Nave “A” Almacén

3.2.2 Nave “B”. Producción

En esta nave se lleva a cabo la transformación de la materia prima para la elaboración de los recubrimientos para madera, principalmente barniz, el cual incluye el almacenamiento y el mezclado de sustancias altamente inflamables. Debido al alto grado de inflamabilidad de dichas sustancias, esta nave es clasificada como un área peligrosa con base en la NOM-001-SEDE-2012, por lo tanto, es necesario que todos los equipos y materiales de la instalación eléctrica en esta área deben estar diseñados a prueba de explosión. (Figura 3.3)



Figura 3.3 Nave “B” Proceso de producción

3.2.3 Nave “C”. Inyección de plástico

Esta nave se considerará como una ampliación de la fábrica ya que se encuentra en proceso de construcción, en la cual se realizará el reciclado y producción de plástico con la finalidad de fabricar sus propios envases para cada uno de sus productos. De acuerdo con la información proporcionada por el dueño de la empresa, ya se tienen definidas las cargas involucradas en el proceso que se llevará a cabo en la Nave “C”; las cuales se incluirán en la propuesta de reconfiguración, mismas que se especifican más adelante en la justificación del transformador.



Figura 3.4 Nave “C” En proceso de construcción

3.3 Condiciones actuales de la instalación eléctrica

La instalación eléctrica existente de la planta industrial se encuentra en malas condiciones, ya que se tienen ciertas deficiencias en cuanto al diseño y ejecución del proyecto eléctrico.

A continuación, se muestran algunas imágenes de las condiciones actuales de la instalación eléctrica correspondiente a la planta industrial las cuales fueron obtenidas de una visita para el reconocimiento de la instalación y del inmueble en general. Estas servirán como información previa y de referencia para el proceso de reconfiguración que se desarrollará en el presente trabajo, así mismo, se identificaron los puntos más críticos que corresponden a las no conformidades con respecto a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, de igual manera se proponen las acciones correctivas que darán solución a los puntos señalados como se muestran a continuación.

3.3.1 Descripción de la acometida

En la Figura 3.5 se tiene el punto de conexión en media tensión a 23 kV mediante un equipo de acometida que consta de apartarrayos de óxido de zinc, un corta circuito fusible con fusible del tipo explosión a la salida se conecta por medio de una terminal área un circuito de 3 fases 3 hilos de conductor de tamaño 53.49 mm^2 (1/0 AWG) en aluminio con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP). A todo este conjunto se le conoce como transición aérea.



Figura 3.5 Punto de conexión con la CFE

El circuito descrito alimenta de manera subterránea a un transformador de distribución de 112.5 kVA, con relación de tensiones 23 kV - 220/127 V conexión delta-estrella, impedancia de 3.11% con tipo de enfriamiento ONAN (Figura 3.6) ubicado afuera de la planta industrial. Cabe señalar que este transformador es de tipo pedestal radial, el cual ya tiene incluidos de fábrica fusibles de protección para la parte de alta tensión, por lo cual, en el proyecto de rediseño solo se contemplará la protección del secundario con un interruptor termomagnético.



Figura 3.6 Transformador tipo pedestal radial de 112.5 kVA.

La medición de facturación se realiza en la parte de baja de tensión utilizando transformadores de corriente (TC's) y la tensión directamente del secundario del transformador a 220 V. El multimetedor digital se encuentra instalado en una base de 7 puntas a 200 Amperes, ubicado en un nicho de concreto en la parte posterior al transformador de distribución, como se observa en la Figura 3.7



Figura 3.7 Multimetro digital de facturación instalado en baja tensión.

3.3.2 Observaciones de las no conformidades con respecto a la NOM

A) En la Figura 3.6 se observa el transformador actual que se encuentra a 50 m del interruptor principal y canalizado de manera subterránea. Esta condición representa una violación al **Artículo 240-21 c) 3)** el cual establece que la protección del secundario de un transformador no debe tener una longitud mayor a 8 m en instalaciones industriales. Esto se justifica técnicamente, debido a que es una longitud muy larga, ya que, si se llega a presentar una falla en este tramo del conductor, las protecciones del primario del transformador operarían al instante o en su defecto los fusibles tipo expulsión ubicados en el poste de conexión con la CFE.

B) En la Figura 3.8 se pudo observar un tablero de subdistribución en el cual no se identifican de manera correcta los conductores de fase y de los circuitos derivados, ya que se tiene instalados conductores con aislamiento del mismo color. Así mismo este tablero no cuenta con tapas que resguarden las partes vivas del interior del tablero, por lo que resulta muy peligroso para el personal de trabajo que se encuentra en esta área.

Por otro lado, los circuitos derivados no están debidamente canalizados y las aberturas no utilizadas en este tablero no se encuentran cerradas para ofrecer una protección equivalente a la cubierta del tablero.

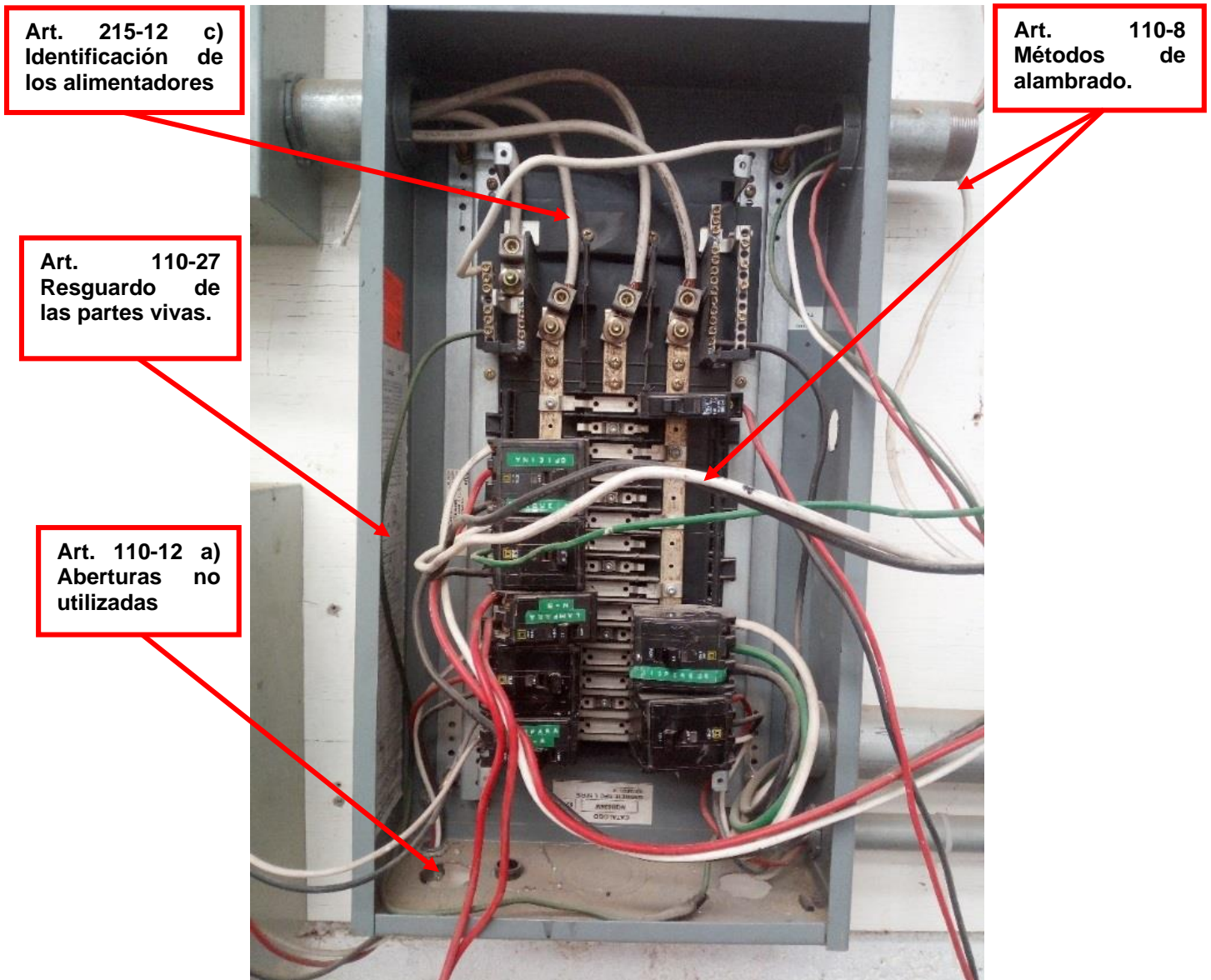


Figura 3.8 Tablero de subdistribución

C) En la Figura 3.9 se muestra un tablero de control correspondiente a un dispersor de barniz para madera, de igual manera, este tablero no cuenta con alguna tapa propia del envoltorio metálico que evite el contacto directo con las partes vivas de su interior, así mismo, no se encuentran identificados correctamente los conductores puestos a tierra (neutros) y los circuitos derivados no se encuentran canalizados haciendo de esta, una instalación muy insegura.

Art. 200-6 (a) 1
Identificación de
los conductores
puestos a tierra.

Art. 110-8 Métodos
de alambrado.

Art. 110-27
Resguardo de
las partes
vivas.

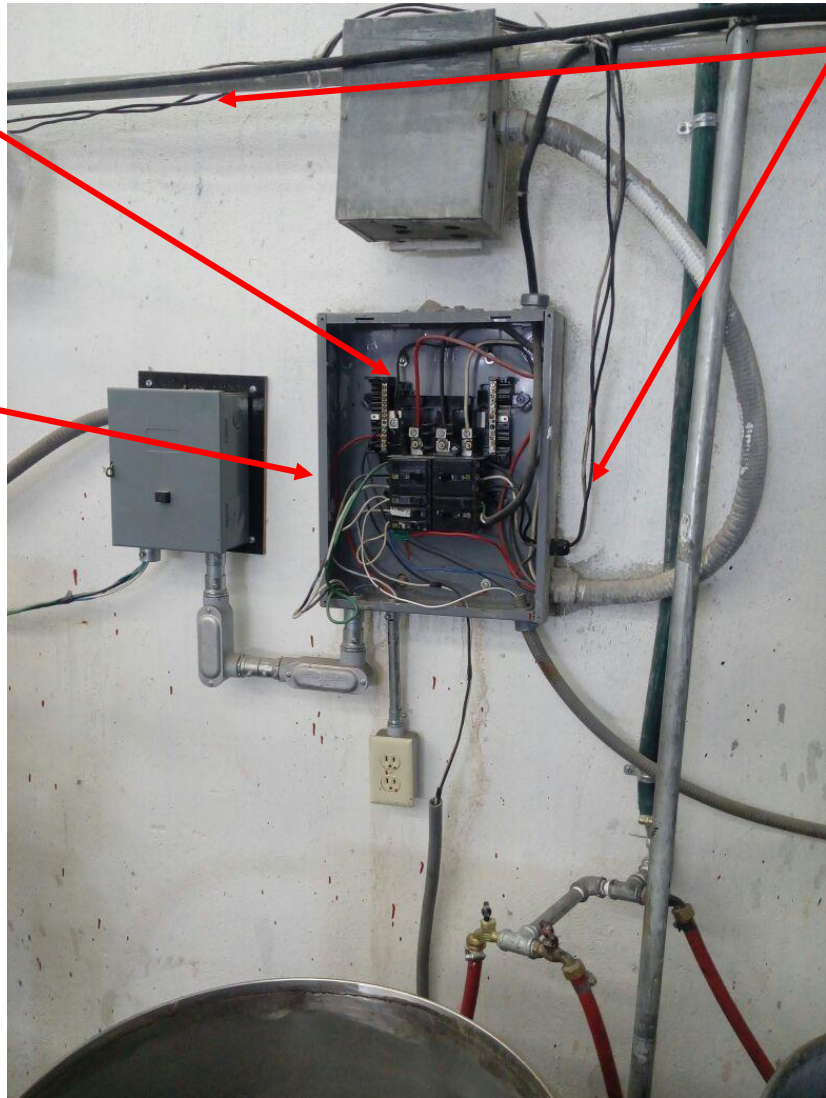


Figura 3.9 Tablero de control de un dispensador de barniz para madera.

D) En la Figura 3.10 se muestra una de las luminarias instaladas en la planta industrial para madera, en el cual se observa que los conductores que alimentan a dichas lámparas no se encuentran canalizados por lo que estos conductores están totalmente expuestos a las condiciones del lugar de trabajo, así mismo se debe tener en cuenta que los equipos y materiales de la instalación deben estar aprobados para la operación de estos en ambientes específicos como indica la NOM-001-SEDE-2012.



Art. 110-8
Métodos de
alambrado.

Art. 110-2
Aprobación.

Figura 3.10 Luminarias instaladas en la planta industrial para madera.

E) En la Figura 3.11 se observa un receptáculo doble instalado en un cuarto de baño, el cual no corresponde a un interruptor de circuito por falla a tierra como lo especifica la NOM-001-SEDE-2012 para circuitos monofásicos de 120 V.

Art. 210-8 Protección de
las personas mediante
circuitos de falla a
tierra.



Figura 3.11 Receptáculo doble a 127 V

F) En la Figura 3.12 se presenta una conexión a tierra de forma “hechiza” de las estructuras metálicas mediante una pinza tipo caimán, el cual no se considera como una conexión a tierra de forma correcta, ya que este tipo de conexiones de equipos y materiales no eléctricos, tales como carcasas de motores, estructuras metálicas, cables metálicos, grúas, etc., deben estar debidamente conectadas a tierra como se especifica en la NOM-001-SEDE-2012 mediante conductores ya sea de cobre o aluminio en donde el tamaño de estos sean seleccionados con base en el valor del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente del circuito.

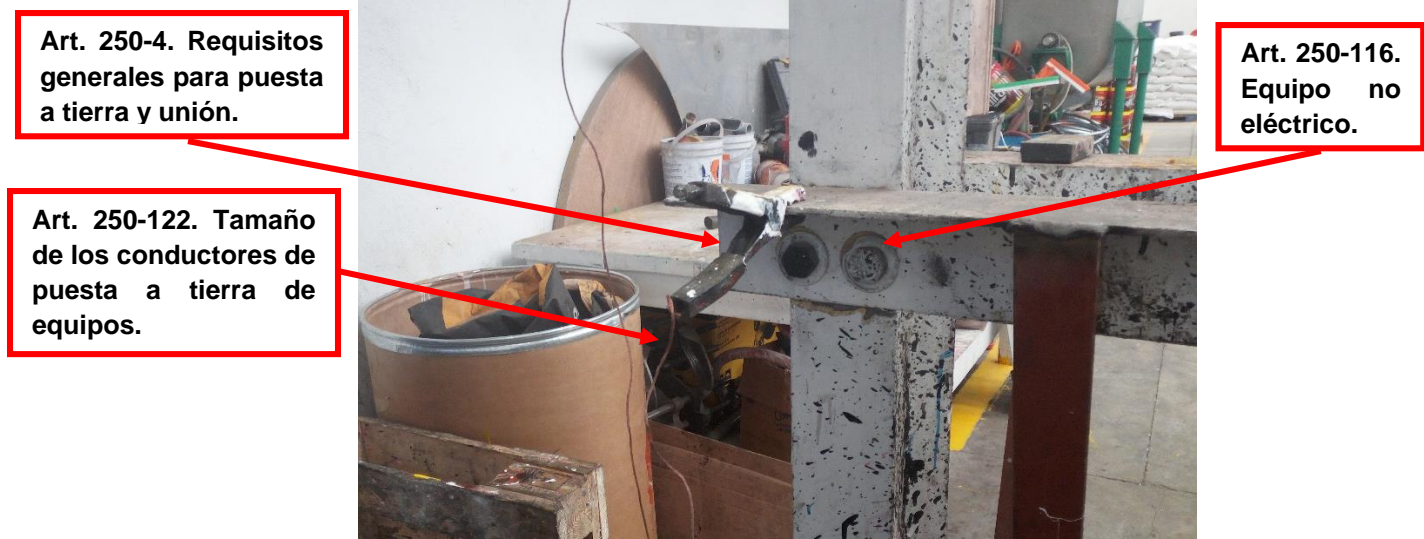


Figura 3.12 Pinza tipo caimán conectado a tierra.

G) Otra observación muy crítica, es que la planta industrial no cuenta con un sistema de puesta a tierra debidamente diseñado como se especifica en la NOM-001-SEDE-2012, ya que se identificó un solo electrodo enterrado que sobresale 1 m sobre el nivel de piso terminado con un conductor de cobre desnudo calibre 14 AWG, mediante el cual se encuentran conectados algunos equipos. Realizando pruebas en campo, se determinó que la resistencia a tierra del electrodo es mayor a los 25 Ω por lo tanto, se propone una solución para el sistema de puesta a tierra en el apartado 4.6.1 del Capítulo 4.

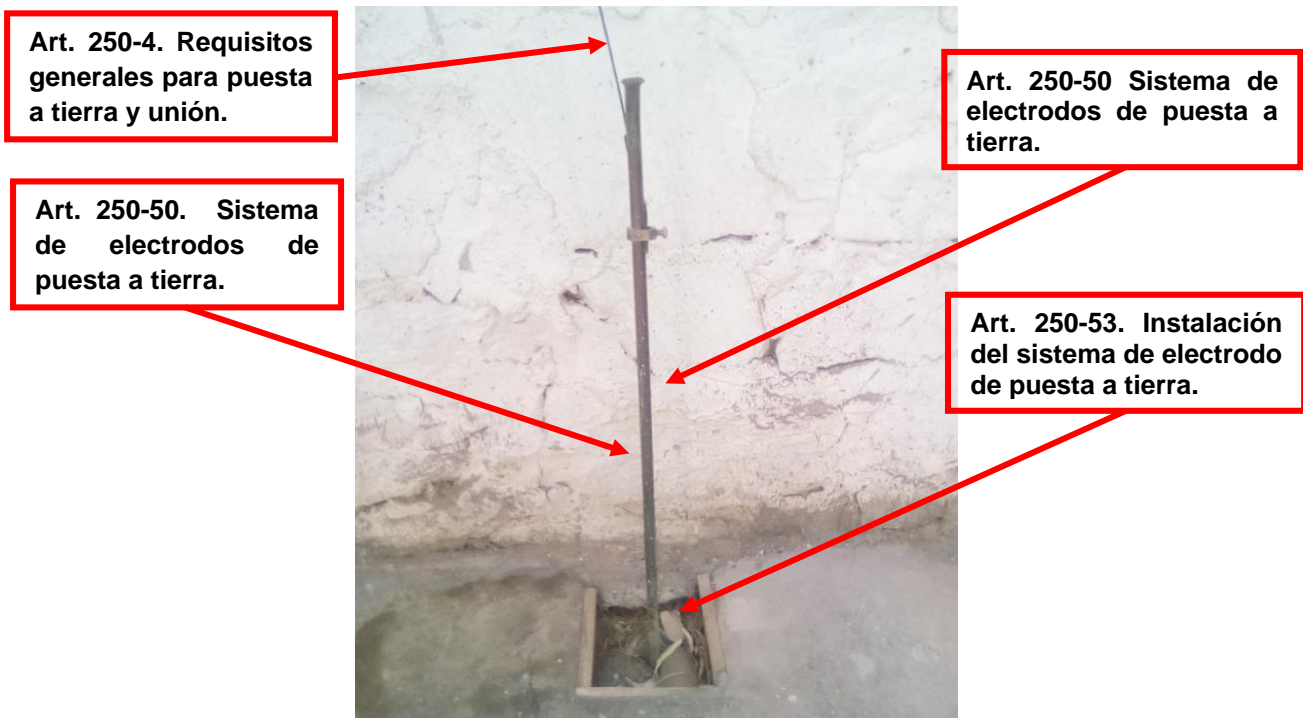


Figura 3.13 Único electrodo de puesta a tierra.

H) En la Figura 3.14 se muestra el área de tableros de subdistribución, en el cual no existe ninguna señal de advertencia de riesgo eléctrico, así como también es un área accesible para cualquier persona al estar ubicada exactamente a un lado de la entrada principal de la nave "A" poniendo en riesgo la seguridad del personal.

Artículo 110-16.
Señales de
advertencia
contra arco
eléctrico



Figura 3.14 Área de tableros de subdistribución

I) En la Figura 3.15 se observa el interruptor general trifásico que protege al secundario del transformador el cual tiene una ampacidad de 225 A y es alimentado por un conductor de cobre calibre 2/0 AWG de 175 A. Analizando estos valores se observa que en caso de existir una sobrecarga en el circuito el interruptor no va a operar debido que el valor del interruptor termomagnético es mayor.

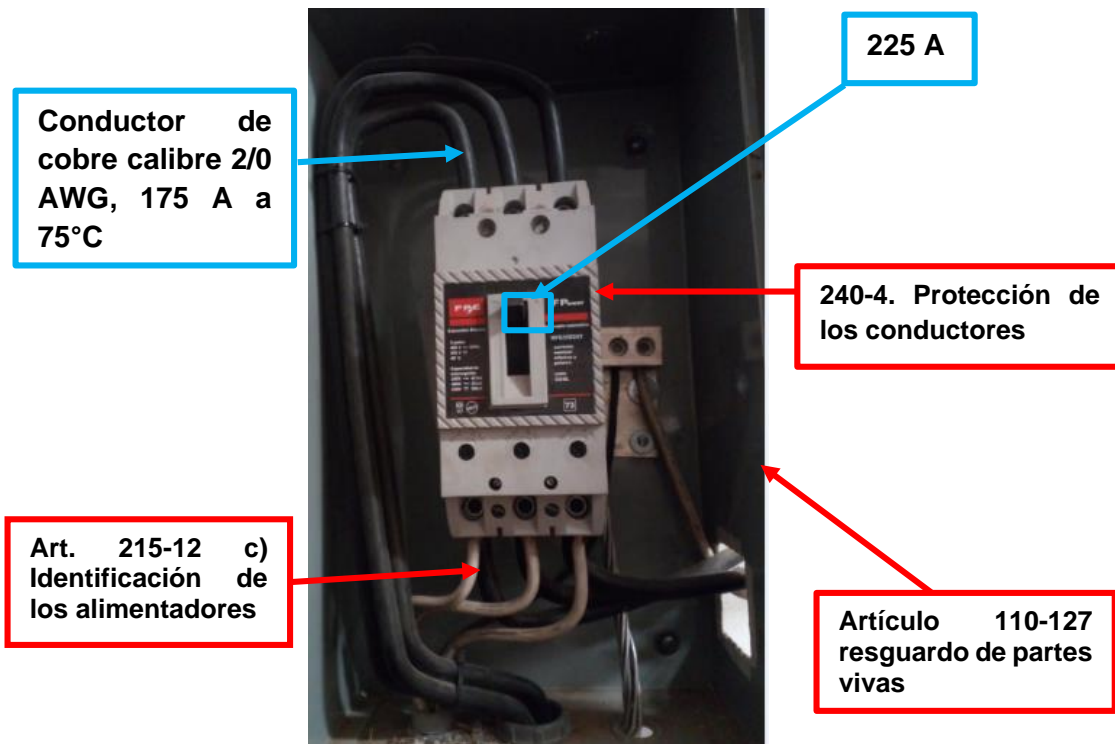


Figura 3.15 Interruptor general

J) En la figura 3.16 se observa una compresora de uso industrial utilizada para elevar mediante presión de aire el resistol blanco y ser almacenado en sus respectivos contenedores, viendo que el circuito que alimenta al motor no cuenta con un conductor de puesta a tierra para la carcasa del mismo, además, que este no tiene una caja para terminales en donde se deben realizar las conexiones, de igual manera, carece de un medio de desconexión adecuado.

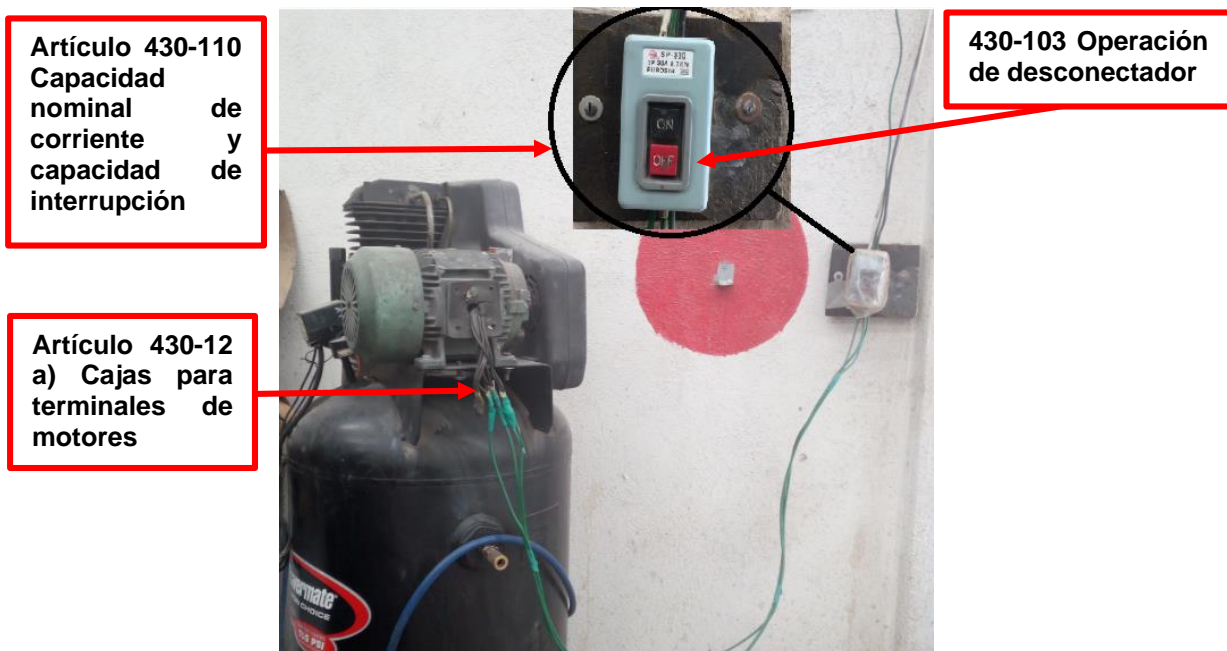


Figura 3.16 Compresora de aire

3.4 Levantamiento eléctrico de la planta industrial.

Durante la visita a la planta industrial, se realizó un levantamiento de la instalación eléctrica en donde se identificaron todos los equipos eléctricos ya existentes que intervienen en la elaboración de los diferentes productos mencionados anteriormente.

De estos equipos, se registraron los valores nominales de la placa de datos entre los cuales destacan tensión de alimentación, potencia en HP, corriente nominal, letra de código, entre otros, así como también se les asignó un código o etiqueta (Tag) para facilitar su identificación.

A continuación, se presentan los valores característicos de estos equipos en forma de tablas.

Tabla 3.1 Cargas en la Nave A

NAVE A ALMACÉN							
Tag	Descripción	Capacidad [HP]	Capacidad [kW]	Tensión [V]	Corriente nominal [A]	Letra de código	Fases
M_01	Llenadora de resistol	0.5	0.47	220	2.3	J	3 φ
M_02	Agitador en tanque 1	10	9.33	220	23.50	B*	3 φ
M_03	Agitador en tanque 2	10	9.33	220	23.50	B *	3 φ
M_04	Compresor 1	5	4.66	127	PEND.	PEND.	1 φ
P_01	Polipasto 1	2	1.87	220	PEND.	PEND.	3 φ
C_01	Caldera	2	1.87	127	PEND.	PEND.	1 φ
A_NA	Alumbrado	---	0.5	127	---	---	1 φ
C_NA	Contactos	---	1.30	127	---	---	1 φ
Total:		29.5	29.30	---	---	---	---

Tabla 3.2 Cargas en la Nave B

NAVE B PRODUCCIÓN							
Tag	Descripción	Capacidad [HP]	Capacidad [kW]	Tensión [V]	Corriente nominal [A]	Letra de código	Fases
M_05	Compresor 2	5	4.66	220	6.0	K	3 φ
M_06	Mezcladora de pintura 1	15	13.99	220	38	G	3 φ
M_07	Mezcladora de pintura 2	15	13.99	220	36.8	J	3 φ
M_08	Mezcladora de pintura 3	15	13.99	220	36.8	J	3 φ
M_09	Agitador en tanque 3	10	9.33	220	26.6	H	3 φ
M_10	Dispensor 1	5	4.66	220	13.0	K	3 φ
M_11	Dispensor 2	5	4.66	220	13.0	K	3 φ
M_12	Dispensor 3	5	4.66	220	13.0	K	3 φ



M_13	Mezcladora de pintura 4	10	9.33	220	23.9	H	3 φ
P_02	Polipasto 2	2	1.87	220	7.5	---	3 φ
P_03	Polipasto 3	2	1.87	220	7.5	---	3 φ
P_04	Polipasto 4	2	1.87	220	7.5	---	3 φ
P_05	Polipasto 5	2	1.87	220	7.5	---	3 φ
P_06	Polipasto 6	2	1.87	220	7.5	---	3 φ
P_07	Polipasto 7	2	1.87	220	7.5	---	3 φ
A_NB	Alumbrado	---	0.5	127	---	---	1 φ
C_NB	Contactos	---	7.13	127	---	---	1 φ
Total:		97	95.28	---	---	---	---

Como se mencionó anteriormente, las cargas que se enlistan a continuación no se encuentran instalados actualmente, sin embargo, es necesario incluirlas en este trabajo ya que en un futuro estas formarán parte de la instalación eléctrica.

Tabla 3.3 Cargas en la Nave C

NAVE C AMPLIACIÓN FUTURO							
Tag	Descripción	Capacidad [HP]	Capacidad [kW]	Tensión [V]	Corriente nominal [A]	Letra de código	Fases
M_14	Moto bomba	1	0.93	127	14.0	---	1 φ
M_15	Máquina de soplado 1	10	9.33	220	30.8	---	3 φ
M_16	Máquina de soplado 2	10	9.33	220	30.8	---	3 φ
M_17	Enfriador de agua	3	2.80	220	10.6	---	3 φ
M_18	Máquina de soplado 3	10	9.33	220	30.8	---	3 φ
M_19	Molino de plástico 1	10	9.33	220	30.8	---	3 φ
M_20	Molino de plástico 2	5	4.66	220	16.7	---	3 φ
A_NC	Alumbrado	---	2.5	127	---	---	1 φ
C_NC	Contactos	---	6.48	127	---	---	1 φ
Total:		49	45.35	---	---	---	---

Nota: Dado que la Nave “C” está en proceso de construcción, solo se tienen definidas las cargas que se instalarán en esta área, sin embargo, no se cuenta con la placa de datos de dichos equipos, por lo tanto, no se indican los valores de corriente nominal y la letra de código en la tabla anterior.



3.5 Cuadro general de cargas

Debido a que la instalación eléctrica sufrirá una ampliación, es importante realizar un cuadro general de cargas en donde se incluyan todos los equipos eléctricos a alimentar en cada una de las naves considerando las que se agregaran en la Nave “C”, con el objetivo de determinar si el transformador actual podrá soportar dicha carga o en su defecto contemplar la instalación de un nuevo transformador en la propuesta de solución para este trabajo.

Para la realización del cuadro general de cargas se efectuaron los cálculos correspondientes para determinar los valores totales de los kW instalados, kVA instalados, kW de demanda y los kVA de demanda, así como también se determinó el factor de utilización con la relación de los kVA calculados con respecto a la capacidad del transformador instalado actualmente. Para ello, se utilizaron las siguientes fórmulas:

Kilowatts instalados:

$$kW_I = kVA * (f.p.)$$

Kilovolts-ampere instalados:

$$kVA_I \approx \frac{H.P. (0.746 kW)}{\eta}; \text{ para motores.}$$

$$kVA_I = \frac{kW_I}{f.p.}; \text{ otras cargas.}$$

Kilowatts de demanda:

$$kW_D = kW_I * (FD)$$

Kilovolts-ampere de demanda:

$$kVA_D = kVA_I * (FD)$$

Factor de utilización:

$$FU = \frac{kVA_D}{kVA_{TR}}$$

Donde:

$f.p.$ = factor de potencia; 0.9

η = eficiencia del motor aproximadamente; 0.8

FD = factor de demanda, valor mínimo 0.6 y valor máximo 1

FU = factor de utilización, requisito de la CFE; $0.6 \leq FU \leq 0.9$



Tabla 3.4 Cuadro general de cargas

NAVE	No.	EQUIPO	CANT.	kW INSTALADO	kVA INSTALADOS	FACTOR DE DEMANDA	kW DEMANDA	kVA DEMANDA		
CARGAS INSTALADAS	A	1	Llenadora de resistol 3Φ 0.5 HP 220 Vca	1	0.47	0.52	0.6	0.28	0.31	
		2	Agitador en tanque 3Φ 10 HP 220 Vca	2	18.65	20.72	0.6	11.19	12.43	
		3	Compresor 1Φ 5 HP 127 Vca	1	4.66	5.18	0.6	2.80	3.11	
		4	Polipasto 3Φ 2 HP 220 Vca	1	1.87	2.07	0.6	1.12	1.24	
		5	Caldera 1Φ 2 HP 127 Vca	1	1.87	2.07	0.6	1.12	1.24	
		6	Alumbrado; luminarias 250 Watts 127 V	2	0.50	0.56	1.0	0.50	0.56	
		7	Contactos existentes	4	1.30	1.44	0.6	0.78	0.86	
	B	9	Compresor 3Φ 2 HP 220 Vca	1	1.87	2.07	0.6	1.12	1.24	
		10	Mezcladora de pintura 3Φ 15 HP 220 Vca	3	41.96	46.63	0.6	25.18	27.98	
		11	Agitador en tanque 3Φ 10 HP 220 Vca	1	9.33	10.36	0.6	5.60	6.22	
		12	Dispensor 3Φ 5 HP 220 Vca	3	13.99	15.54	0.6	8.39	9.33	
		13	Mezcladora de pintura 3Φ 10 HP 220 Vca	1	9.33	10.36	0.6	5.60	6.22	
		14	Polipasto 3Φ 2 HP 220 Vca	6	11.19	12.43	0.6	6.71	7.46	
		15	Alumbrado; luminarias 250 Watts 127 V	2	0.50	0.56	1.0	0.50	0.56	
	CARGAS FUTURAS	C	16	Contactos existentes	22	7.13	7.92	0.6	4.28	4.75
			18	Motobomba 1Φ 1 HP 127 Vca	1	0.93	1.04	0.6	0.56	0.62
19			Máquina de soplado 3Φ 10 HP 220 Vca	3	27.98	31.08	0.6	16.79	18.65	
20			Enfriador de agua 3Φ 3 HP 220 Vca	1	2.80	3.11	0.6	1.68	1.87	
21			Molino de plástico 3Φ 5 HP 220 Vca	1	4.66	5.18	0.6	2.80	3.11	
22			Alumbrado; luminarias 250 Watts 127 V	10	2.50	2.78	1.0	2.50	2.78	
23			Contactos	20	6.48	7.20	0.6	3.89	4.32	
TOTAL:					169.94	188.82		103.36	114.85	

El factor de demanda de 0.6 es un requisito de la CFE cuando se pretende solicitar suministro de energía eléctrica en media tensión para una instalación nueva.

Tabla 3.5 Resumen del cuadro general de cargas

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD
Carga a contratar	169.94	kW
Demanda a contratar	103.36	kW
kVA demanda	114.85	kVA
Transformador instalado	112.50	kVA
F.U. (Factor de utilización)	1.02	***

De acuerdo con el resultado obtenido del factor de utilización en la Tabla 3.5, se observa que éste es mayor a 0.9. Sin embargo, este valor es producto de un cálculo realizado con un factor de demanda de 0.6, ya que lo más adecuado para este proyecto es realizar un cálculo con un factor de demanda real el cual se expresa en el siguiente apartado.

3.5.1 Factor de demanda real

El factor de demanda es la relación de la demanda máxima de un sistema y la carga total conectada al sistema.

Para este caso en particular es recomendable hacer el cálculo de un factor de demanda (FD) real tomando como demanda máxima 32 kW. Este dato fue tomado de uno de los recibos de energía eléctrica recientes en la sección de datos históricos y fue registrado en la temporada donde se requiere mayor producción en todo el año. Dicho recibo se incluye en el Anexo A.



$$F.D. = \frac{kW_{D \text{ máx}}}{kW_{I \text{ ACT.}}}$$

Donde:

$kW_{D \text{ máx}}$: Dato histórico de los recibos de energía eléctrica.

$kW_{I \text{ ACT.}}$: Carga total instalada actualmente en la Nave "A" y Nave "B".

Sustituyendo valores en la expresión anterior se obtiene lo siguiente:

$$F.D. = \frac{32 \text{ kW}}{124.59 \text{ kW}}$$

$$F.D. = 0.2568$$

Por lo tanto, este valor representa que únicamente se está utilizando el 25% de la carga total instalada en la Nave "A" y "B", teniendo así, que la capacidad del transformador actual expresado en kW es de 101.25, menos los 32 kW instalados actualmente, se tiene que el transformador puede alimentar 69.25 kW más.

3.5 Requisitos del Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad (PEC).

De acuerdo con el cálculo obtenido de los kilowatts instalados (kW_I) se obtuvo un valor mayor a 100 kW, por lo tanto, el proyecto eléctrico debe de contemplar ciertos aspectos técnicos que se especifican en el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad en adelante PEC.

Para llevar a cabo la verificación de una instalación eléctrica, la persona responsable debe hacer entrega del proyecto eléctrico a la Unidad de Verificación en Instalaciones Eléctricas (UVIE). Esta verificación se llevará a cabo con base en el PEC, el cual es un documento que tiene como objetivo establecer la metodología con la cual se evaluará el cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización).

A continuación, se enuncian los requisitos principales establecidos en el PEC para evaluar el nivel de cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2012 de una instalación eléctrica con una carga instalada igual o mayor a 100 kW y que contenga áreas peligrosas clasificadas:

I. Diagrama unifilar:

I.1 Características de la acometida.

I.2 Características de la subestación.

I.3 Características de los alimentadores hasta los centros de carga, tableros de fuerza, alumbrado, entre otros, indicando en cada caso el tamaño de los conductores (conductores activos, conductor puesto a tierra y de puesta a tierra), la



longitud y la corriente en amperes.

I.4 Tipo de dispositivos de interrupción, capacidad interruptiva e intervalo de ajuste de cada una de las protecciones de los alimentadores.

II. Cuadro de distribución de cargas por circuito:

II.1 Circuitos de alumbrado y contactos, número de circuitos; número de lámparas, de contactos y de dispositivos eléctricos por cada circuito; fases a los que van conectados en cada circuito. Carga en watts o voltamperes y corriente en amperes de cada circuito, tamaño de los conductores, protección contra sobrecorriente de cada circuito y el desbalanceo entre fases expresado en por ciento.

II.2 Circuitos de fuerza. Número de circuitos, fases a las que va conectado el circuito, características de los motores o aparatos y sus dispositivos de protección y control, carga en watts o voltamperes y corriente en amperes de cada circuito, tamaño de los conductores y el resumen de cargas indicando el desbalanceo entre fases expresado en por ciento.

II.3 Otros circuitos, tales como: de emergencia, de comunicaciones, contra incendios, etc., número de circuitos, fase o fases a que va conectado el circuito, carga en watts o voltamperes y corriente en amperes de cada circuito, tamaño de los conductores y protección contra sobrecorriente de cada circuito.

III. Plano eléctrico, el cual debe:

III.1. Estar elaborado a una escala tal que el contenido sea legible e interpretable. Se permite el uso de archivos electrónicos para cumplir este requisito.

III.2. Utilizar el Sistema General de Unidades de Medida, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI vigente y todas sus leyendas en idioma español.

III.3. Contener los datos relativos a la instalación eléctrica, incluir la información suficiente para una correcta interpretación, de manera que permita construir la instalación. Pueden agregarse notas aclaratorias en los elementos que el proyectista considere necesarios.

III.4. Incluir la información siguiente:

III.4.1. Del solicitante de la verificación:

- a) Nombre o razón social.
- b) Domicilio (calle, número, colonia o población, municipio o delegación, código postal y entidad federativa).
- c) Teléfono.
- d) Dirección de correo electrónico.

III.4.2. Del responsable del proyecto eléctrico:



- a) Nombre completo.
- b) Número de cédula profesional
- c) Firma o carta responsiva, cuando el proyecto sea entregado en medios electrónicos.
- d) Fecha de elaboración del proyecto eléctrico.

III.5. Los planos eléctricos de planta y elevación deben incluir lo siguiente:

- a) Localización del punto de acometida, del interruptor general y del equipo principal, incluyendo el tablero o tableros generales de distribución .
- b) Localización de los centros de control de motores; tableros de fuerza, de alumbrado, de contactos y otros.
- c) Trayectoria de alimentadores y circuitos derivados, tanto de fuerza como de alumbrado, identificando cada circuito e indicando su tamaño y canalización; localización de motores y equipos alimentados por los circuitos derivados, localización de los controladores y sus medios de desconexión, localización de contactos y unidades de alumbrado con sus controladores, identificando las cargas con su circuito y tablero correspondiente.
- d) Localización, en su caso, de áreas peligrosas, indicando su clasificación de acuerdo con la NOM.

IV. Lista de los principales materiales utilizados.

V. Lista de los principales equipos utilizados.

VI. Croquis de localización del domicilio donde se ubica la instalación eléctrica.

VII. Memoria técnica, la cual debe contener, de manera enunciativa más no limitativa:

VII.1. Los cálculos de corriente de corto circuito trifásico.

VII.2. Los cálculos de corriente de falla de fase a tierra (monofásico y bifásico).

VII.3. Los cálculos correspondientes a la malla de tierra incluyendo la resistividad del terreno para subestaciones considerando las tensiones de paso, contacto, su resistencia a tierra, tamaño y longitud del conductor de la malla, y la selección de los electrodos.

En los casos en que el neutro sea corrido (suministrador) o que la subestación sea tipo poste, no se requieren los cálculos de la malla de tierra.

VII.4. Los cálculos de caída de tensión en alimentadores y circuitos derivados.

Cabe mencionar que se debe indicar específicamente cada una de las áreas peligrosas que se tengan consideradas en el proyecto con base en las disposiciones que establece la NOM-001-SEDE-2012.



Para el caso de las instalaciones eléctricas que tengan áreas peligrosas (clasificadas) de acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012, deberá obtenerse un Dictamen de Verificación cada cinco años, conforme al alcance y conceptos indicados en el Anexo B del PEC tal como se presenta a continuación:

ANEXO B

Conceptos en los que debe basarse la verificación periódica de las instalaciones eléctricas localizadas en áreas peligrosas (clasificadas) conforme a la NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización), así como para instalaciones eléctricas que hayan estado en servicio antes de la entrada en vigor de esta norma.

- a) Resistencia de aislamiento de los conductores de alimentación principales, incluyendo, en su caso, los conductores de alta tensión.
- b) Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas.
- c) Resistencia de electrodos artificiales y de la red de tierra.
- d) Polaridad de las conexiones en los contactos.
- e) Protecciones, desconectores y envolventes:
 - 1. Corriente nominal o ajuste de disparo.
 - 2. Corriente de interrupción o capacidad interruptiva.
- f) Locales de subestaciones:
 - 1. Espacios de seguridad.
 - 2. Accesos.
 - 3. Equipo de seguridad.
 - 4. Puesta a tierra.
 - 5. Red de tierra.
 - 6. Medios para captar los aceites.
- g) Sistemas de emergencia y de reserva, en su caso.



CAPÍTULO 4

“DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA”



4. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

4.1 Memoria técnico-descriptiva

La presente memoria técnico-descriptiva tiene como objetivo establecer la metodología utilizada para la selección de los equipos y elementos que intervienen en la instalación eléctrica. Contiene las características técnicas y comerciales de todo lo necesario para la ejecución del proyecto.

Esta memoria se incluye con el fin de justificar los materiales y equipos especificados en este proyecto, además de ser un requisito por parte una Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas (UVIE), el cual puede ser solicitada por el cliente de la instalación, la empresa instaladora o consultada en su momento para aclarar cualquier duda o controversia surgida durante la ejecución del proyecto.

Después de haber analizado las condiciones actuales de la planta industrial y definiendo específicamente cada una de las cargas que serán alimentadas, el siguiente paso que realizamos como equipo fue una lluvia de ideas, en el cual todos los integrantes propusimos una posible solución al problema en cuestión con base en nuestros conocimientos adquiridos durante la carrera.

4.2 Propuesta de solución

4.2.1 Conservación del transformador actual (112.5 kVA)

Retomando el valor de la demanda máxima y el factor de demanda real de 0.25 justifica que el transformador actual tiene la capacidad de poder alimentar las cargas de la Nave “C” que se tienen proyectadas en un futuro las cuales suman 45.35 kW, por lo tanto, se concluye que para los alcances de este proyecto se va a conservar el transformador actual de 112.5 kVA.

4.2.2 Alternativa de solución para un crecimiento a largo plazo

A solicitud del dueño de la empresa se realizará una segunda propuesta de solución, esto debido a que, a largo plazo, el dueño tiene pensado traer la producción de otra planta ubicada en una zona urbana a la planta industrial del caso en cuestión.

Con lo anterior, la carga instalada se duplicaría quedando limitado el transformador actual por lo cual, se propondrá la instalación de un nuevo transformador tipo pedestal que debe ser calculado de acuerdo con el proyecto.

Cabe mencionar que, para lograr la alimentación del transformador actual y del nuevo transformador, se realizará una modificación en el arreglo de media tensión el cual consiste en lo siguiente:

a) Instalación de conector múltiple en media tensión:

Se implementará un conector tipo múltiple en media tensión de 4 vías, el cual sirve para hacer derivaciones en 23 kV con la finalidad de poder alimentar a ambos transformadores.

Este conector múltiple debe instalarse uno por fase en un registro o murete lo suficientemente grande para alojar el arreglo y poder realizar la conexión y/o desconexión de los circuitos. A continuación, se muestra un ejemplo de aplicación de este conector.



Figura 4.1 Conector múltiple de 4 vías tipo “J” en murete para media tensión

b) Cambio de medición en media tensión.

Al estar conectados dos transformadores en una sola acometida ya no es posible dejar una medición en baja tensión como se encuentra actualmente, por lo tanto, se debe realizar la medición en media tensión como lo establece la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en la especificación DCMMT500 Medición para acometida con equipo combinado. En la Figura 4.2 se muestra un ejemplo de aplicación de esta medición.

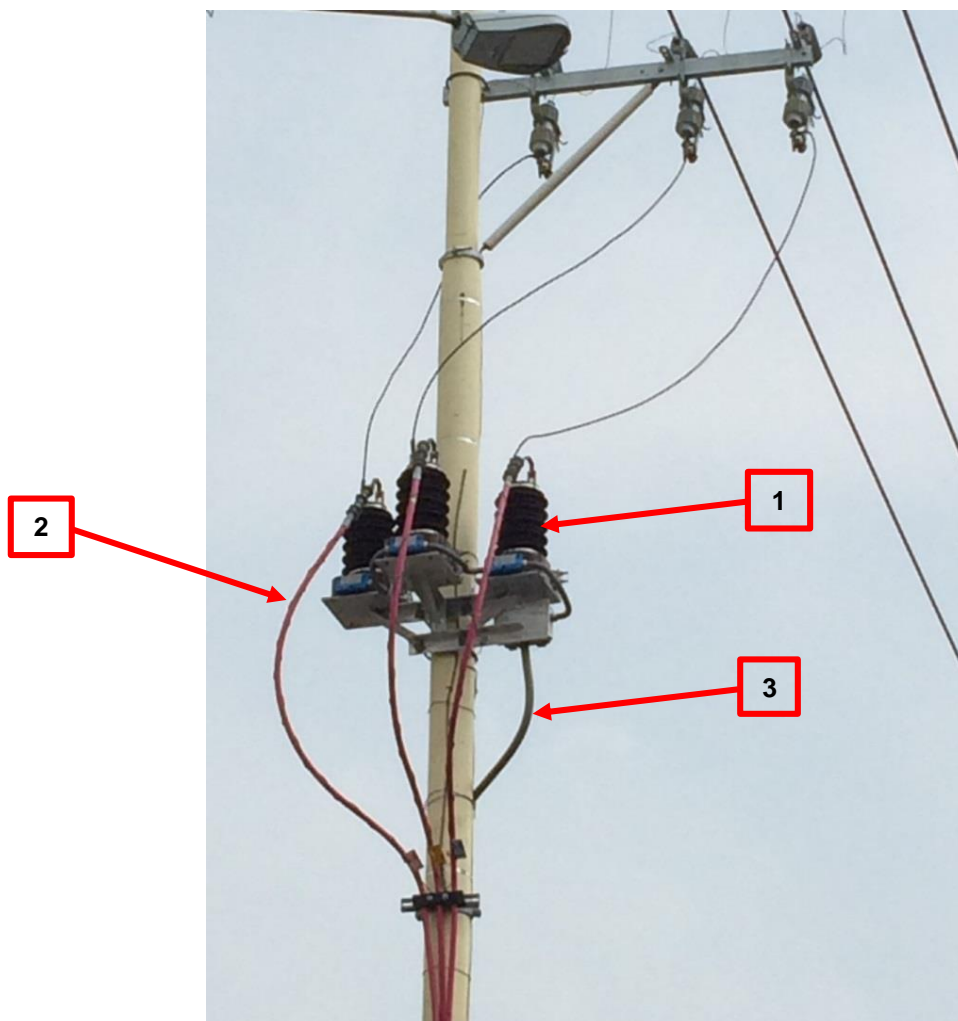


Figura 4.2 Medición en media tensión con transformadores integrados de medición (TIM's)

1.- Transformadores integrados de medición (TIM's): son equipos que están formados por un transformador de corriente (TC) y un transformador de potencial (TP) ubicados dentro del mismo cuerpo de resina, los cuales reducen el nivel de corriente y tensión a valores estandarizados de 5 A y 120 V respectivamente con la finalidad de ser conectados al medidor de la CFE.

2.- Cable de energía: cable de media tensión de aluminio con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP). Este conductor alimenta directamente al conector múltiple para realizar las derivaciones en media tensión.

3.- Cable de baja tensión: son los conductores conectados al secundario del transformador integrado de medición los cuales bajan a través de la canalización hacia el medidor.

c) Diagrama unifilar.

A continuación, se muestra un diagrama unifilar del arreglo en media tensión para ejemplificar la alimentación de los dos transformadores.

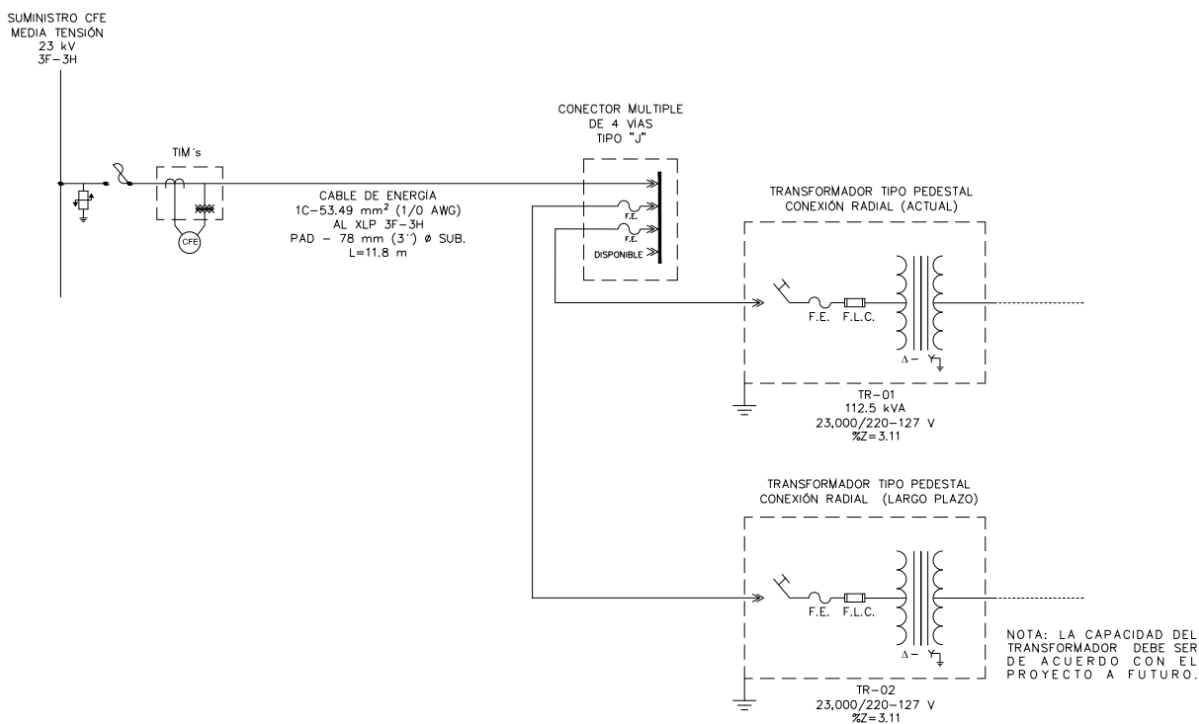


Figura 4.3 Arreglo en media tensión para alimentación de dos transformadores tipo pedestal.

4.3 Solución para alimentar las cargas en cada una de las naves

En la secuencia para definir la distribución de los tableros y poder alimentar las cargas, primero se debe de realizar de manera general un diagrama unifilar, en donde se muestren los tableros y centros de control de motores requeridos para la propuesta de solución. Posteriormente se procede a realizar el cálculo de alimentadores y circuitos derivados. Estos resultados se irán anexando en el diagrama unifilar antes mencionado.

A continuación, se presenta una breve descripción acerca de cómo se alimentarán las cargas correspondientes a cada una de las naves:

- **Nave "A"**

La alimentación de cada uno de los motores y de los polipastos que se encuentran en esta área se realizará instalando un Tablero de Subdistribución llamado TS_01, así como también el cual integrará los interruptores termomagnéticos de protección para los circuitos derivados de motores, así como también se colocará un tablero de alumbrado y contactos el cual designaremos como TAC_01.



Todos estos equipos se proyectarán para que queden instalados en esta nave ya que es un lugar no clasificado, por lo tanto, los equipos no deben de ser especiales.

- **Nave “B”**

Como se mencionó anteriormente en este trabajo, esta nave contiene áreas peligrosas (clasificadas) de acuerdo con la NOM, por lo tanto, la protección de los motores se va a concentrar en un Centro de Control de Motores designado como CCM_01, el cual debe de estar fuera del aérea clasificada como peligrosa.

Recordando que en esta nave existen áreas peligrosas (clasificadas), el proyecto se realizará de acuerdo con los requisitos establecidos en el Artículo 501 de la NOM, el cual establece el uso de tubo conduit pesado (RMC), uso de sellos, compuesto sellante, motores y luminarias a prueba de explosión.

El CCM se instalará en la Nave “A”. Con esta medida se elimina el uso de equipos especiales dentro de la nave “B” y únicamente viaja el alimentador a través de la canalización hacia el motor.

Como parte del proceso de producción, el operador requiere arrancar y parar el motor directamente en el lugar donde se encuentra ubicado, de esta forma, se contemplará una estación de botones que cumpla con los requisitos para áreas peligrosas clasificadas.

Las luminarias y contactos que serán instalados en esta área, de igual manera, deben estar diseñados para áreas clasificadas. Dicho lo anterior, únicamente se proyectarán los que sean necesarios para su utilización. Cabe mencionar que estos serán alimentados desde un tablero de alumbrado y contactos identificado como TAC_02 ubicado en la Nave “A”.

- **Nave “C”**

En esta nave, se dejarán los alimentadores para un Tablero de Subdistribución llamado TS_02 y un tablero de alumbrado y contactos TAC_03, los cuales se ubicarán en este lugar con la finalidad de alimentar las cargas que se tienen proyectadas.

4.4 Propuesta de las áreas peligrosas (clasificadas) en la Planta industrial

Las instalaciones eléctricas que se realicen en áreas peligrosas (clasificadas) deben utilizar equipos y arreglos especiales para prevenir que el material combustible presente en el área peligrosa no sea incendiado por los equipos y el cableado eléctrico.

Para seleccionar el equipo eléctrico en este tipo de áreas, es necesario ubicarlas dentro de una clasificación normalizada, para nuestro caso se propondrá una clasificación por Clase División y Grupo, de acuerdo con el Artículo de la NOM, con el objetivo de determinar el grado y extensión del área peligrosa (clasificada) en la industrial de recubrimientos.



Considerando que la materia prima involucrada en los procesos de esta planta son líquidos inflamables corresponden a ser Clase I.

La división 1 se determinará aquellos lugares en donde existe una mezcla inflamable en circunstancias normales es decir aplica cuando se está llevando a cabo el proceso y todo funciona adecuadamente.

La división 2 aplicará cuando el área pueda tener mezclas inflamables en condiciones anormales por ejemplo un recipiente normalmente cerrado que pueda presentar una fuga también es aplicable esta división entre la transición de un área Clase I división 1 y un área no clasificada.

El grupo D corresponde a los líquidos inflamables presentes en el área. Para ilustrar los lugares y la extensión de las áreas peligrosas (clasificadas) se propondrán diagramas en corte de elevación de las áreas que consideramos son clasificadas, las cuales solamente se encuentran en la Nave “B” ya que es ahí donde se lleva a cabo el proceso de transformación de la materia prima tal como se muestra en el Plano IE-09. Clasificación de áreas

4.4 Memoria de cálculo

Los cálculos que se presentan a continuación están basados en Artículos específicos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, que para esta sección será referenciada como NOM.

4.4.1 Transformador

- **Cálculo de las protecciones**

a) Lado primario: Fusible Limitador de Corriente (FLC)

El siguiente cálculo servirá para ejemplificar la metodología a seguir para la obtención de las protecciones del lado primario de un transformador. Es importante mencionar que este cálculo no se considerará debido a que el transformador actualmente instalado es del tipo pedestal, el cual ya cuenta con fusibles de protección instalados de fábrica.

Cálculo de la corriente nominal del lado primario:

$$I_{NP} = \frac{kVA}{\sqrt{3}kV_{LL}}$$

Donde:

I_{NP} : corriente nominal del primario [A].

kVA : capacidad nominal del transformador [kVA].

kV_{LL} : tensión de línea a línea del lado primario [kVA].



$$I_{NP} = \frac{112.5 \text{ kVA}}{\sqrt{3} (23 \text{ kV})} = 2.8239 \text{ A}$$

De acuerdo con el **Artículo 450-3 (a)** y considerando los valores de la **Tabla 450-3 (a)** valor nominal o ajuste máximo de protección del primario contra sobrecorriente (más de 600 [V]) para una impedancia del transformador menor al 6%:

$$I_{FUS} \leq 3 I_{NP}$$

Donde:

I_{FUS} : corriente nominal del fusible [A].

$$I_{FUS} \leq 3 (2.8239 \text{ A})$$

$$I_{FUS} \leq 8.4717 \text{ A}$$

Una buena práctica de ingeniería basada en estudios sobre el uso de fusibles para proteger el lado primario de transformadores, se usa la siguiente recomendación:

$$I_{FUS} \approx 2 I_{NP}$$

$$I_{FUS} \approx 2 (2.8239 \text{ A})$$

$$I_{FUS} \approx 5.6478 \text{ A}$$

Consultando un catálogo del fabricante DRIWISA se seleccionará un valor comercial de 6 A.

b) Lado secundario: Interruptor termomagnético

Cálculo de la corriente nominal del lado secundario:

$$I_{NS} = \frac{kVA}{\sqrt{3}kV_{LL}}$$

Donde:

I_{NS} : corriente nominal del secundario [A].

kVA : capacidad nominal del transformador [kVA].

kV_{LL} : tensión de línea a línea del lado secundario [kVA].

$$I_{NS} = \frac{112.5 \text{ kVA}}{\sqrt{3} (0.220 \text{ kV})} = 295.2359 \text{ A}$$

De acuerdo con el **Artículo 450-3(a)** y considerando los valores de la **Tabla 450-3(a)** valor nominal o ajuste máximo de protección del secundario contra sobrecorriente (600 V o menos) para una impedancia del transformador menor al 6%:

$$I_{TM} \leq 1.25 I_{NS}$$

Donde:



I_{INT} : corriente nominal del interruptor termomagnético [A].

$$I_{TM} \leq 1.25 (295.2359 A) = 369.0448 A$$

Para la selección del interruptor termomagnético, se considerará la siguiente expresión:

$$I_{NS} < I_{TM} \leq 1.25 I_{NS}$$

$$295.2359 A < I_{TM} \leq 369.0448 A$$

Consultando un catálogo del fabricante SQUARE D se seleccionará un interruptor termomagnético de 300 A mismo que se instalará como interruptor principal en un tablero general del tipo I-Line.

Tabla 4.1 Resumen de protecciones del transformador

PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR	TIPO	AMPACIDAD VALOR COMERCIAL [A]
PRIMARIO	Fusible Limitador de Corriente	6
SECUNDARIO	Termomagnético	350

- **Cálculo de los conductores**

a) Lado primario:

De acuerdo con la especificación de **DCCSSUBT de la CFE** en el apartado 2.2.2 A) A.10; la sección transversal del cable debe ser como mínimo de 53.5 mm² (1/0 AWG), por lo tanto, se utilizará el siguiente conductor:

Cable de media tensión, AI, 25 kV, XLP (Polietileno de cadena cruzada), Nivel de aislamiento 100%, Pantalla de alambre con cubierta de PVC para uso seco.

b) Lado secundario (alimentador y conductor de puesta a tierra):

El tramo de canalización desde el transformador al tablero general se realizará de manera subterránea con tubo conduit de polietileno de alta densidad (PAD). Por lo tanto, se efectuarán los cálculos de la ampacidad de los conductores de acuerdo con el **Artículo 310-15(b)**.

$$I_{Tabla} \geq \frac{I_{TM}}{(F.T.)(F.A.)}$$

Donde:

I_{Tabla} : corriente de tabla calculada [A].

$F.T.$: factor de temperatura.

$F.A.$: factor de ajuste.



De acuerdo con la **Tabla 310-15(b)(2)(a)** para una temperatura de 31 a 35 °C se obtiene el siguiente factor de corrección:

$$F.T. = 0.94$$

Por otro lado, de acuerdo con la **Tabla 310-15(b)(3)(a)** para más de 3 conductores portadores de corriente en una canalización el factor de ajuste es el siguiente:

$$F.A. = 0.80$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la fórmula anterior se tiene lo siguiente:

$$I_{Tabla} \geq \frac{350 A}{(0.94)(0.80)} = 465.4255 A$$

De la **Tabla 310-15(b)(16)** ampacidades permisibles para no más de tres de conductores activos en una canalización, columna de 75 [°C] conductor de cobre, se observa que para este valor de corriente corresponde un conductor de tamaño 355 mm² (700 kcmil) sin embargo, para facilitar el cableado se propone dividir la corriente en 2 conductores por fase por lo tanto:

$$I_{circuito} \geq \frac{465.4255 A}{2 \text{ conductores}} 232.7127 A$$

Tamaño de los 2 conductores por fase: **107.2 mm² (4/0 AWG) THHW-LS, 90 °C, 600 V.**

De la **Tabla 250-122** el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra de acuerdo con el valor de ajuste del interruptor termomagnético (350 A):

Tamaño del conductor de puesta a tierra: **33.60 mm² (2 AWG) cobre desnudo.**

- **Cálculo de la canalización**

a) Lado primario:

La especificación **DCCSSUBT de la CFE** en el apartado 2.4.5 Tablas de ampacidad en cables de baja y media tensión, recomienda que el diámetro del tubo Conduit de polietileno de alta densidad (PAD) para el conductor de aluminio de tamaño 1/0 AWG XLP debe ser de 50 mm tamaño comercial 2", esto para la parte de media tensión considerando un conductor por tubo.

b) Lado secundario:

La canalización se obtendrá sumando las áreas de los conductores que vienen del lado secundario del transformador y que alimentan al tablero general, así mismo se considerará el área del conductor de puesta a tierra. Cabe mencionar que se considerarán dos conductores por fase en cada tubo de polietileno de alta densidad (PAD).



De la **Tabla 5 Anexo C** de la NOM, se consultarán las dimensiones de los conductores aislados para un tamaño de 85.01 mm² (3/0 AWG) con un aislamiento THHW-LS y para el conductor de puesta a tierra se usará la **Tabla 8** de la NOM propiedades de los conductores tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Área de los conductores aislados y del conductor de puesta a tierra del secundario del transformador.

Cantidad de conductores	Tamaño [AWG]	Área [mm ²]	Subtotal [mm ²]
2	4/0	239.90	479.8
1	2	33.62	33.62
Total:			513.42

De acuerdo con la **Tabla 4** de la NOM Porcentaje disponible para los conductores del área del tubo Conduit, seleccionando un tubo conduit de polietileno de alta densidad (HDPE) mejor conocido como PAD, con un factor de relleno (FR) igual al 40%.

Tubo conduit (PAD): **52 mm Tamaño comercial 2"**

Área del tubo conduit: 849 mm² > 513.42 mm²

4.4.2 Motores

Para ejemplificar los cálculos correspondientes a motores, se realizará la metodología para el motor de mayor capacidad que se tiene instalado, el cual será de 15 HP con una tensión de 220 V.

- **Cálculo del interruptor termomagnético.**

Para calcular la ampacidad del circuito de un motor se debe de considerar la capacidad del motor en HP, su tensión nominal y el factor servicio.

La corriente a plena carga del motor se obtendrá de la **Tabla 430-250** para motores trifásicos de corriente alterna tal como lo establece el **Artículo 430-6(a)(1)**: columna de 208 V para 15 HP.

$$I_{PC} = 46.2 A$$

Conforme el **Artículo 430-22** la ampacidad del conductor debe ser mayor o igual al 125% de la corriente a plena carga del motor.

$$I_{CM} \geq 1.25 I_{PC}$$

Donde:

I_{CM} : corriente del circuito del motor [A].

I_{PC} : corriente a plena carga del motor [A].



$$I_{CM} \geq 1.25 (46.2 A)$$

$$I_{CM} \geq 57.75 A$$

Con el resultado anterior, se debe seleccionar un interruptor termomagnético. Como una práctica de ingeniería, se recomienda que el valor del termomagnético se encuentre dentro del siguiente rango:

$$1.25 I_{PC} \leq I_{TM} \leq 1.5 I_{PC}$$

$$57.75 A \leq I_{TM} \leq 69.30 A$$

Consultando un catálogo de SQUARE D de interruptores para arranque de motores se seleccionará un interruptor termomagnético de valor comercial 3x60 A, el cual cuenta con un par de diales para poder ajustar la corriente a plena carga y el disparo de este interruptor.

$$I_{TM} = 3 \times 60 A$$

- **Cálculo del conductor del circuito derivado y del conductor de puesta a tierra del motor**

El tramo de canalización desde el CCM al motor se canalizará con tubo conduit metálico pesado (RMC), por lo tanto, se realizarán los cálculos de la ampacidad de los conductores de acuerdo con el **Artículo 310-15(b)**.

$$I_{Tabla} \geq \frac{I_{TM-Ajustable}}{(F.T.)(F.A.)}$$

Donde:

F.A.: factor de ajuste.

Los factores de ajuste se deben emplear para reducir la ampacidad permisible de cada conductor en un porcentaje como lo establece la **Tabla 310-15(b)(3)(a)** cuando en una canalización se tienen instalados más de tres conductores portadores de corriente, sin embargo, para nuestro caso al ser motores trifásicos *F.A.*=1

De acuerdo con la **Tabla 310-15(b)(2)(a)** para una temperatura de 31 a 35 °C y considerando los valores de la columna de 75 °C se obtiene el siguiente factor de corrección:

$$F.T. = 0.94$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la fórmula anterior se tiene lo siguiente:

$$I_{Tabla} \geq \frac{60 A}{(0.94)(1)} = 63.8298 A$$



De la **Tabla 310-15(b)(16)** ampacidades permisibles para no más de tres de conductores activos en una canalización, columna de 60 °C como lo permite el **Artículo 110-14(c)(1)(a)(4)** conductor de cobre:

Tamaño del conductor: **21.2 mm² (4 AWG) THHW-LS, 90 °C, 600 V.**

De la **Tabla 250-122** el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra de acuerdo con el valor de ajuste del interruptor termomagnético (60 A):

Tamaño del conductor de puesta a tierra: **5.26 mm² (10 AWG) cobre desnudo.**

- **Porcentaje de caída de tensión**

Una vez seleccionado el tamaño del conductor se debe calcular el por ciento de caída de tensión tal como lo establece el **Artículo 210-19(a)(1)**, Nota 4; en los conductores de circuitos derivados se deben evitar tener una caída de tensión mayor al 3%.

La caída de tensión se obtendrá utilizando el método del **Libro Rojo de la IEEE Std.141-1993** Cap. 3.11

$$e = I_n (R_L \cos \theta + X_L \sin \theta)$$

En donde, para cada variable se obtienen de la siguiente forma:

$$\%e = \frac{e}{V_{FN}} \times 100$$

$$R_L = \left(\frac{R \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 m} \right) (L[m])$$

$$X_L = \left(\frac{X \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 m} \right) (L[m])$$

Donde:

I_n : corriente nominal o a plena carga del motor [A].

$\%e$: porcentaje de caída de tensión en [%].

V_{FN} : tensión de fase a neutro expresado en [V]

R_L : resistencia en corriente alterna por longitud [Ω].

X_L : reactancia para todos los conductores [Ω].

De la **Tabla 9** de la NOM, columna de resistencia y reactancia para un conductor de cobre tamaño 4 AWG en tubo conduit de acero con una longitud de 42 m se tiene lo siguiente:



$$R_L = \left(\frac{1.02 \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 m} \right) (42 m) = \mathbf{0.04284 \Omega}$$

$$X_L = \left(\frac{0.197 \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 m} \right) (42 m) = \mathbf{0.008274 \Omega}$$

Para un factor de potencia de 0.9:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= 0.9 \\ \theta &= \cos^{-1}(0.9) = 25.84^\circ \\ \sin \theta &= \sin(25.84^\circ) = 0.4359 \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores anteriores en la fórmula de caída de tensión:

$$e = (46.2)[(0.04284)(0.9) + (0.008274)(0.4359)] = \mathbf{1.9479 V}$$

$$\%e = \frac{e}{V_{FN}} \times 100$$

$$\%e = \frac{1.9479 V}{127 V} \times 100 = \mathbf{1.5338 \%}$$

Este valor de caída de tensión cumple con el **Artículo 210-19) (a) (1) Excepción 1 Nota 4**, el cual recomienda evitar una caída de tensión mayor al 3% en circuitos para circuitos derivados.

- **Cálculo de la canalización**

La canalización se obtendrá sumando las áreas de los conductores que alimentarán al motor, así como también se considerará el conductor de puesta a tierra.

De la **Tabla 5 Anexo C** de la NOM, se obtendrán las dimensiones de los conductores aislados para un tamaño de 21.2 mm² (4 AWG) con un aislamiento THHW-LS y para el conductor de puesta a tierra se usará la **Tabla 8** de la NOM Propiedades de los conductores tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.3 Área de los conductores aislados y del conductor de puesta a tierra para motor

Cantidad de conductores	Tamaño [AWG]	Área [mm ²]	Subtotal [mm ²]
3	4	62.77	188.31
1	10	6.76	6.76
Total:			195.07

De acuerdo con la **Tabla 4** Porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit, seleccionando un tubo conduit metálico pesado (RMC) y un factor de relleno (FR) igual al 40%.

Tubo conduit de **27 mm Tamaño comercial 1"**

Área del tubo conduit: $229 \text{ mm}^2 > 195.07 \text{ mm}^2$

La metodología desarrollada en el punto 4.4.2 para los cálculos de un motor, será la misma para los demás motores de las diferentes capacidades considerando sus características particulares, por tal motivo se simplificará el proceso de cálculo mostrando únicamente los resultados obtenidos en el cuadro de cargas para motores (Ver cuadro de cargas CC-01).

4.4.3 Alumbrado y contactos

- **Circuitos derivados de alumbrado**

a) Cálculo del número de luminarias: “Método de Lumen”

Para fines prácticos de este proyecto, se aplicará el “Método de Lumen” para el cálculo del alumbrado general directo en la planta industrial considerando las características de la instalación eléctrica y del área de trabajo.

Para ejemplificar este cálculo, se realizará la metodología para determinar el número de luminarias de la Nave “B”, debido a que es el área más grande en comparación con la Nave “A” y “C”.

Algunos de los datos requeridos para el desarrollo del Método de Lumen son los que se muestran en la Figura 4.4, en la cual se colocó la nomenclatura para diferenciar las distancias utilizadas en el método.

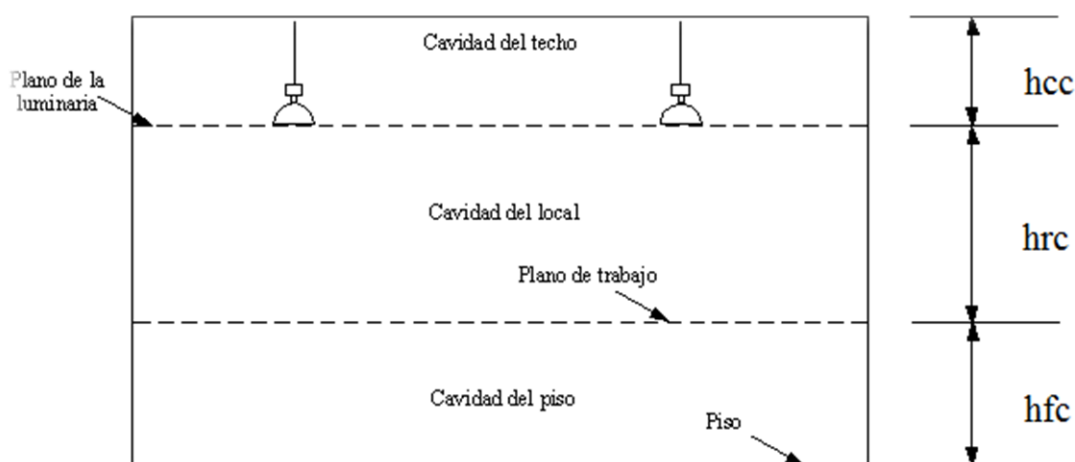


Figura 4.4 Dimensiones del área de trabajo en función del plano de la luminaria y del plano de trabajo.



Cabe mencionar que la Nave “B” es considerada un área peligrosa clasificada, por lo tanto, la luminaria a utilizar debe ser a prueba de explosión. Consultando el catálogo del fabricante Cooper Crouse-Hinds, se seleccionó una luminaria a prueba de explosión para el área clasificada en cuestión, la cual tiene las siguientes características:

- Tipo de luminaria: con globo y reflector domo
- Tecnología: vapor de sodio
- Tensión: 127 Vca
- Potencia de lámpara: 250 W
- Flujo luminoso: 27500 lumens
- Tipo de montaje: montaje colgante

Tabla 4.4 Cálculo de iluminación por el Método de Lumen: Nave “B”

DATOS	CÁLCULOS	MODELO MATEMÁTICO	RESULTADO
Planta industrial y pegamento blanco. Tarea visual: mezclado, llenado y empaquetado de producto terminado recubrimientos para madera y pegamento blanco	Se calcula el nivel de iluminancia para industria general. Iluminación necesaria para el plano de trabajo (E).	Iluminación necesaria para trabajos de ensamble y procesos de inspección: NOM-025-STPS-2008 (Ver Anexo R)	E = 500 lx (recomendados)
Largo (L): 32.5m Ancho (W): 25m Altura del local (H): 9m Altura del piso: 1,20m	Área por iluminar (A).	$A = W \times L = 25 \text{ m} \times 32.5 \text{ m}$	A = 812.5m ²
Colores: • Techo gris • Paredes blancas • Piso de cemento	Número de lámparas por cada luminaria (n).	“n” se tomará como 1 debido a la estructura de la luminaria y dato proporcionado por el fabricante.	n = 1
Alumbrado general directo.	Flujo luminoso por cada lámpara (I).	“I” se toma de los datos proporcionados por el fabricante.	I = 27500 lm
Luminaria: para una lámpara (dato de acuerdo con el tipo de alumbrado: general directo).	Altura de cavidad de techo (hcc).	hcc	hcc = 1,20 m
	Altura de cavidad de cuarto (hrc).	hrc	hrc = 6.6 m
	Altura de cavidad de piso (hfc).	hfc	hfc = 1,20 m
Luminaria con globo y reflector domo. No. de Catálogo: VMVS2C250GRD	Relación de la cavidad del techo (RCC).	$RCC = \frac{5hcc(L + W)}{(L \times W)} = \frac{5(1,20\text{m})(32.5\text{m} + 25\text{m})}{(32.5\text{m} \times 25\text{m})}$	RCC = 0.4246
	Relación de la cavidad de cuarto (RCR).	$RCR = \frac{5hrc(L + W)}{(L \times W)} = \frac{5(6.6)(32.5\text{m} + 25\text{m})}{(32.5\text{m} \times 25\text{m})}$	RCR = 2.3353



Relación de la cavidad del piso (RCF).	$RCF = \frac{5hfc(L+W)}{(L \times W)} = \frac{5(1,20m)(32.5m + 25m)}{(32.5m \times 25m)}$	RCF = 0.4246
Reflectancia para el techo (ρ_C).	De acuerdo con la Tabla del Anexo S, la reflectancia para color blanco es de 80%.	$\rho_C = 80\%$
Reflectancia para paredes (ρ_W).	De acuerdo con la Tabla del Anexo S, la reflectancia para color blanco es de 80%.	$\rho_W = 80\%$
Reflectancia para piso (ρ_F).	De acuerdo con la Tabla de fabricante	$\rho_F = 20\%$
Reflectancia efectiva de techo (ρ_{CC}).	De acuerdo con la Tabla del Anexo T, utilizando los valores de ρ_C , ρ_W y RCC	$\rho_{CC} = 77\%$
Reflectancia efectiva de piso (ρ_{FC}).	De acuerdo con la Tabla del Anexo T, utilizando los valores de ρ_C , ρ_W y RCC	$\rho_{FC} = 77\%$
Coefficiente de utilización (CU).	De acuerdo con la Tabla del Anexo V proporcionada por el fabricante y los valores de ρ_{CC} , ρ_{FC} y RCR	$CU = 57\%$
Coefficiente de t (A) y exponente de t (B)	De acuerdo con la Tabla del Anexo U, el ambiente se clasifica como sucio, mientras que el mantenimiento tiene una categoría IV, lo cual da como resultado valores de A y B.	A = 0,216 B = 0,72
Tiempo que se considera que la luminaria no recibirá mantenimiento (t)	Se considera que la luminaria no tendrá mantenimiento en medio año.	t = 0,5
Factor por pérdida de mantenimiento (FM)	$FM = e^{-At^B} = e^{-(0,216)(0,5)(0,72)}$	FM = 0,8771
Número de luminarias requeridas	$N = \frac{E \times A}{\frac{n \times I \times CU \times FM}{(500lx)(812.5m^2)}} = \frac{(1)(27500lm)(0,57)(0,8771)}{(1)(27500lm)(0,57)(0,8771)}$	N=8.1826; debido a que la cantidad de luminarias es unitaria, se toma el valor superior más próximo. N=29.54 luminarias
Número de lámparas requeridas	Lámparas requeridas= (n)(N) = (1)(29.54)	Lámparas requeridas=30 Respuesta: Se requiere un total de 30 lámparas con globo y reflector domo VMVS2C250GRD
Cálculo del emplazamiento de las luminarias.		
Número de filas de luminarias que tiene el ancho del local	$N_{ANCHO} = \sqrt{\frac{\text{Numero de lámparas}}{\text{Largo}}} (\text{Ancho}) = \sqrt{\frac{32}{32.5m}} (25m)$	$N_{ANCHO} = 4.8$, como el número de filas tiene que ser un valor entero, por lo tanto: $N_{ANCHO} = 5$ filas



	Número de columnas de luminarias que tiene el ancho del local	$N_{LARGO} = N_{ANCHO} \left(\frac{Largo}{Ancho} \right)$ $= (4.8) \left(\frac{32.5m}{25m} \right)$	$N_{LARGO} = 6.24$, como el número de filas tiene que ser un valor entero, por lo tanto: $N_{LARGO} = 6 \text{ columnas}$

Se requiere un total de 30 luminarias con globo y reflector domo a prueba de explosión marca Cooper Crouse-Hinds, las cuales se encontrarán distribuidas en 5 filas a lo largo y 6 columnas a lo ancho de la Nave “B”

La metodología desarrollada en el punto 4.4.4 a) para el cálculo del número de luminarias por el Método de Lumen, será aplicado de igual forma para la Nave “A” y la Nave “C” considerando para la primera 200 lx y para la segunda 300 lx respectivamente, esto de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008 “Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”. Por tal motivo se simplificará el proceso de cálculo mostrando únicamente los resultados obtenidos en las Tablas 4.4.1 y 4.4.2 de los Anexos W y X respectivamente.

Para ejemplificar el cálculo de los circuitos derivados se tomará como base las 30 luminarias de la Nave “B”.

b) Cálculo del número de luminarias por circuito

Como primer paso se obtendrán los kW totales tomando en cuenta la carga de cada luminaria, la cual es de 250 W.

$$kW_{totales} = (0.250 \text{ kW})(\text{No. de luminarias})$$

$$kW_{totales} = (0.250 \text{ kW})(30) = 7.5 \text{ kW}$$

Para determinar la corriente total de las luminarias se utilizará la siguiente expresión:

$$I_n = \frac{kW_{totales}}{(kV_{FN})(f.p.)}$$

Donde:

I_n : Corriente nominal del total de luminarias

kV_{FN} : Tensión de fase a neutro en kV

$f.p.$: factor de potencia; 0.9

$$I_n = \frac{7.5 \text{ kW}}{(0.127 \text{ kV})(0.9)} = 65.61 \text{ A}$$

El **Artículo 210-20 (a)** establece que la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua, por lo tanto:

$$I_c = 1.25 I_n$$



Donde:

I_C : Corriente de circuito para carga continua

$$I_C = 1.25 (65.61 [A]) = \mathbf{82 A}$$

Se calcula el número de circuitos derivados de 15 A:

$$\text{No. de circuitos} = \frac{I_C}{I_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

$I_{m\acute{a}x}$: Corriente máxima del circuito

$$\text{No. de circuitos} = \frac{82 A}{15 A} = 5.46 \approx \mathbf{6 circuitos}$$

Para determinar el número de luminarias por cada circuito derivado:

$$\text{No. de luminarias} = \frac{\text{Luminarias totales}}{\text{No. circuitos}}$$

$$\text{No. de luminarias} = \frac{30}{6} = \mathbf{5 luminarias por circuito}$$

De acuerdo con la distribución de los tableros de alumbrado, se tuvo la necesidad de ajustar el número de luminarias por circuito cuidando de igual manera la caída de tensión por la distancia a las que se encuentran. Por lo tanto, se realizará un ejemplo para un circuito con 3 luminarias a una distancia de 36 m.

c) Cálculo del conductor del circuito derivado y del conductor de puesta a tierra

En el inciso anterior se consideraron circuitos de 15 A por lo tanto el valor del interruptor termomagnético por cada circuito será de 1x15 A.

El tramo de canalización desde el tablero hacia las luminarias se realizará con tubo conduit metálico pesado (RMC), por lo tanto, se efectuarán los cálculos de la ampacidad de los conductores de acuerdo con el **Artículo 310-15 (b)**.

$$I_{\text{Tabla}} \geq \frac{I_{TM}}{(F.T.)(F.A.)}$$

Para este ejemplo, se canalizarán 2 circuitos derivados en un mismo tubo conduit, teniendo así un total de 4 conductores portadores de corriente. Por lo tanto, de acuerdo con la **Tabla 310-15(b)(3)(a)**, el factor de ajuste (F.A.) es:

$$F.A. = 0.8$$



De acuerdo con la **Tabla 310-15(b)(2)(a)** para una temperatura de 31 a 35 °C y considerando los valores de la columna de 60 °C se obtiene el siguiente factor de corrección:

$$F.T. = 0.91$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la fórmula anterior se tiene lo siguiente:

$$I_{\text{tabla}} \geq \frac{15 [A]}{(0.91)(0.8)} = \mathbf{20.6043 A}$$

De la **Tabla 310-15(b)(16)** ampacidades permisibles para no más de tres de conductores activos en una canalización, columna de 60 °C como lo permite el **Artículo 110-14(c)(1)(a)(4)** conductor de cobre.

Tamaño del conductor: **3.31 mm² (12 AWG) THHW-LS, 90 °C, 600 V.**

De la **Tabla 250-122** el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra de acuerdo con el valor del interruptor termomagnético (15 [A]) es:

Tamaño del conductor de puesta a tierra: **2.08 mm² (14 AWG) cobre desnudo.**

d) Porcentaje de caída de tensión

La caída de tensión se obtendrá utilizando el método del **Libro Rojo de la IEEE Std.141-1993** Cap. 3.11 para un circuito monofásico:

$$e = I_n * 2(R_L \cos \theta + X_L \sin \theta)$$

$$R_L = \left(\frac{R \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 m} \right) (L[m])$$

$$X_L = \left(\frac{X \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 m} \right) (L[m])$$

Calculando la corriente nominal de un circuito con 3 luminarias de 250 W:

$$I_n = \frac{kW_{\text{circuito}}}{(kV_{FN})(f.p.)}$$

Donde:

$$kVA_{\text{circuito}} = (0.250 kW)(\text{No. de luminarias})$$

$$kVA_{\text{circuito}} = (0.250 kW)(3) = \mathbf{0.75 kW}$$



Sustituyendo valores en la fórmula de la corriente nominal se obtiene:

$$I_n = \frac{0.75 \text{ kW}}{(0.127 \text{ kV})(0.9)} = \mathbf{6.5617 \text{ A}}$$

De la Tabla 9 de la NOM, columna de resistencia y reactancia para un conductor de cobre tamaño 12 AWG en tubo conduit de acero con una longitud de 36 m se tiene lo siguiente:

$$R_L = \left(\frac{6.6 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]}{1000 \text{ m}} \right) (36 \text{ m}) = \mathbf{0.2376 \Omega}$$

$$X_L = \left(\frac{0.223 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]}{1000 \text{ m}} \right) (36 \text{ m}) = \mathbf{0.008028 \Omega}$$

Para un factor de potencia de 0.9:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= 0.9 \\ \theta &= \cos^{-1}(0.9) = 25.84^\circ \\ \sin \theta &= \sin(25.84^\circ) = 0.4359 \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores anteriores en la fórmula de caída de tensión:

$$e = [(6.5617\text{A}) * 2[(0.2376)(0.9) + (0.008028)(0.4359)]] = \mathbf{2.8522 \text{ V}}$$

$$\%e = \frac{e}{V_{FN}} \times 100$$

$$\%e = \frac{2.8522 \text{ V}}{127 \text{ V}} \times 100 = \mathbf{2.24\%}$$

Este valor de caída de tensión cumple con el **Artículo 210-19) (a) (1) Excepción 1 Nota 4**, el cual recomienda evitar una caída de tensión mayor al 3% en circuitos para circuitos derivados.

e) Cálculo de la canalización

La canalización se obtendrá sumando las áreas de los conductores que alimentarán a las luminarias por cada circuito derivado, así como también se incluirá el conductor de puesta a tierra.

De la **Tabla 5 Anexo C** de la NOM, se obtendrán las dimensiones de los conductores aislados para un tamaño de 3.31 mm² (12 AWG) con un aislamiento THHW-LS y para el conductor de puesta a tierra se usará la **Tabla 8** de la NOM Propiedades de los conductores tal y como se muestra a continuación:

Tabla 4.5 Área de los conductores aislados y del conductor de puesta a tierra para contactos

Cantidad de conductores	Tamaño [AWG]	Área [mm ²]	Subtotal [mm ²]
4	12	11.68	46.72
2	14	2.68	5.36
Total:			52.08

De acuerdo con la **Tabla 4** de la NOM Porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit, seleccionando un tubo conduit metálico pesado (RMC) y un factor de relleno (FR) igual al 40%.

Tubo Conduit de **21 mm Tamaño comercial 3/4"**

Área del tubo conduit: 141 mm² > 52.08 mm²

- **Circuitos derivados de contactos**

a) Cálculo del número de contactos por circuito

De igual manera, para ejemplificar este cálculo, se realizará la metodología para determinar el número de contactos por circuito de la Nave "B", el cual cuenta con 16 contactos dúplex distribuidos en esta área.

El **Artículo 220-14(i)** establece como mínimo 180 [VA] para cada contacto sencillo. A continuación, se calculará el número de circuitos derivados que se requieren como mínimo, considerando el número total de contactos en la Nave "B".

$$kVA_{Totales} = (0.180 \text{ kVA})(\text{No. de contactos})$$

$$kVA_{Totales} = (0.180 \text{ kVA})(16 \times 2) = \mathbf{5.76 [kVA]}$$

Para determinar la corriente nominal de los contactos por circuito se utilizará la siguiente expresión:

$$I_n = \frac{kVA_{Totales}}{kV_{FN}}$$

Donde:

I_n : corriente nominal por circuito de contactos [A].

$$I_n = \frac{5.76 \text{ kVA}}{0.127 \text{ kV}} = \mathbf{45.3543 [A]}$$

Se calcula el número de circuitos derivados de 20 [A]:



$$No. de circuitos = \frac{I_n}{I_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

$I_{m\acute{a}x}$: corriente máxima del circuito [A].

$$No. de circuitos = \frac{45.3543 A}{20 A} = 2.2677 \approx \mathbf{3 circuitos}$$

Para determinar el número de contactos por cada circuito derivado:

$$No. de contactos = \frac{Contactos\ totales}{No. circuitos}$$
$$No. de contactos = \frac{32}{3} = 10.6667 \approx \mathbf{10 contactos por circuito}$$

Con lo anterior, se obtienen:

- 2 circuitos derivados de 5 contactos dúplex
- 1 circuito derivado con 6 contactos dúplex.

Sin embargo, es importante mencionar que el número de contactos por circuito dependerá de su ubicación y distribución real en la Nave "B".

Para continuar con los cálculos de los conductores de los circuitos derivados, se tomará en cuenta el caso más crítico en cuanto a distancias más grandes se refiere (33 m).

b) Cálculo del conductor del circuito derivado y del conductor de puesta a tierra

En el inciso anterior se consideraron circuitos de 20 A por lo tanto el valor del interruptor termomagnético por cada circuito será de 1x20 A.

El tramo de canalización desde el tablero hacia los contactos se realizará con tubo conduit metálico pesado (RMC), por lo tanto, se realizarán los cálculos de la ampacidad de los conductores de acuerdo con el **Artículo 310-15(b)**.

$$I_{Tabla} \geq \frac{I_{TM}}{(F.T.)(F.A.)}$$

Para nuestro caso, se canalizarán 1 circuito de contactos en un tubo conduit por lo tanto el factor de ajuste (F.A.) será, de acuerdo con la **Tabla 310-15(b)(3)(a)**.

$$F.A. = 1.0$$



De acuerdo con la **Tabla 310-15(b)(2)(a)** para una temperatura de 31 a 35 °C y considerando los valores de la columna de 60 °C se obtiene el siguiente factor de corrección:

$$F.T. = 0.91$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la fórmula anterior se tiene lo siguiente:

$$I_{Tabla} \geq \frac{20 A}{(0.91)(1.0)} = 21.9780 [A]$$

De la **Tabla 310-15(b)(16)** ampacidades permisibles para no más de tres de conductores activos en una canalización, columna de 60 °C como lo establece el **Artículo 110-14 (C)(1)(A)**

Tamaño del conductor: **5.26 mm² (10 AWG) THHW-LS, 90 °C, 600 V.**

De la **Tabla 250-122** el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra de acuerdo con el valor del interruptor termomagnético (20 A):

Tamaño del conductor de puesta a tierra: **3.31 mm² (12 AWG) cobre desnudo.**

c) Porcentaje de caída de tensión

De igual manera, con el método del **Libro Rojo de la IEEE Std.141-1993** Cap. 3.11 se determinará la caída de tensión para un circuito monofásico:

$$e = I_n * 2(R_L \cos \theta + X_L \sin \theta)$$

$$R_L = \left(\frac{R \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 m} \right) (L[m])$$

$$X_L = \left(\frac{X \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 m} \right) (L[m])$$

Calculando la corriente nominal de un circuito con 3 contactos dúplex de 180 VA:

$$I_n = \frac{kVA_{circuito}}{(kV_{FN})(f.p.)}$$

Donde:

$$kVA_{circuito} = (0.180 kVA)(No. de contactos)$$

$$kVA_{circuito} = (0.180 kVA)(3x2) = 1.08 kVA$$

Sustituyendo valores en la fórmula de la corriente nominal se obtiene:



$$I_n = \frac{1.08 \text{ kVA}}{(0.127 \text{ kV})} = \mathbf{8.5039 \text{ A}}$$

De la **Tabla 9** de la NOM, columna de resistencia y reactancia para un conductor de cobre tamaño 10 AWG en tubo conduit de acero con una longitud de 33 m se tiene lo siguiente:

$$R_L = \left(\frac{3.9 \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 \text{ m}} \right) (33 \text{ m}) = \mathbf{0.1287 \Omega}$$

$$X_L = \left(\frac{0.207 \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{1000 \text{ m}} \right) (33 \text{ m}) = \mathbf{0.006831 \Omega}$$

Para un factor de potencia de 0.9:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= 0.9 \\ \theta &= \cos^{-1}(0.9) = 25.84^\circ \\ \sin \theta &= \sin(25.84^\circ) = 0.4359 \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores anteriores en la fórmula de caída de tensión:

$$e = ([8.5039 \text{ A}]) * 2[(0.1287)(0.9) + (0.006831)(0.4359)] = \mathbf{2.0207 \text{ V}}$$

$$\%e = \frac{e}{V_{FN}} \times 100$$

$$\%e = \frac{2.0207 \text{ V}}{127 \text{ V}} \times 100 = \mathbf{1.59 \%}$$

Este valor de caída de tensión cumple con el **Artículo 210-19) (a) (1) Excepción 1 Nota 4**, el cual recomienda evitar una caída de tensión mayor al 3% en circuitos para circuitos derivados.

d) Cálculo de la canalización

La canalización se obtendrá sumando las áreas de los conductores que alimentarán a los contactos por cada circuito derivado, así mismo se incluirá el conductor de puesta a tierra.

De la **Tabla 5 Anexo C** de la NOM, se obtendrán las dimensiones de los conductores aislados para un tamaño de 5.26 mm² (10 AWG) con un aislamiento THHW-LS y para el conductor de puesta a tierra se usará la Tabla 8 Propiedades de los conductores tal y como se muestra en la Tabla 4.6

Tabla 4.6 Área de los conductores aislados y del conductor de puesta a tierra para contactos

Cantidad de conductores	Tamaño [AWG]	Área [mm ²]	Subtotal [mm ²]
2	10	15.68	31.36
1	12	4.25	4.25
Total:			35.61

De acuerdo con la **Tabla 4** Porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit, seleccionando un tubo conduit metálico pesado (RMC) y un factor de relleno (FR) igual al 40%.

Tubo conduit de: **16 mm Tamaño comercial 1/2"**

Área del tubo conduit: 81 mm² > 35.61 mm²

La metodología desarrollada en el apartado 4.4.3 para los cálculos de alumbrado y contactos, será la misma para las Naves “A” y “C” considerando el número de luminarias y contactos especificados en estas áreas. Por tal motivo se simplificará el proceso de cálculo mostrando únicamente los resultados obtenidos en los cuadros de cargas designados como CC-03, CC-04 y CC-05

4.5 Cálculo de corto circuito

Para el cálculo de corto circuito se utilizará el método de “Bus infinito” ya que este nos proporciona el valor máximo de corriente de corto circuito trifásico en el sistema el cual se utilizará para seleccionar la capacidad interruptiva de los dispositivos de protección.

En la Figura 4.5 se muestra un diagrama unifilar en donde se representa el transformador trifásico tipo pedestal de la planta industrial y el punto de conexión con la CFE en media tensión.

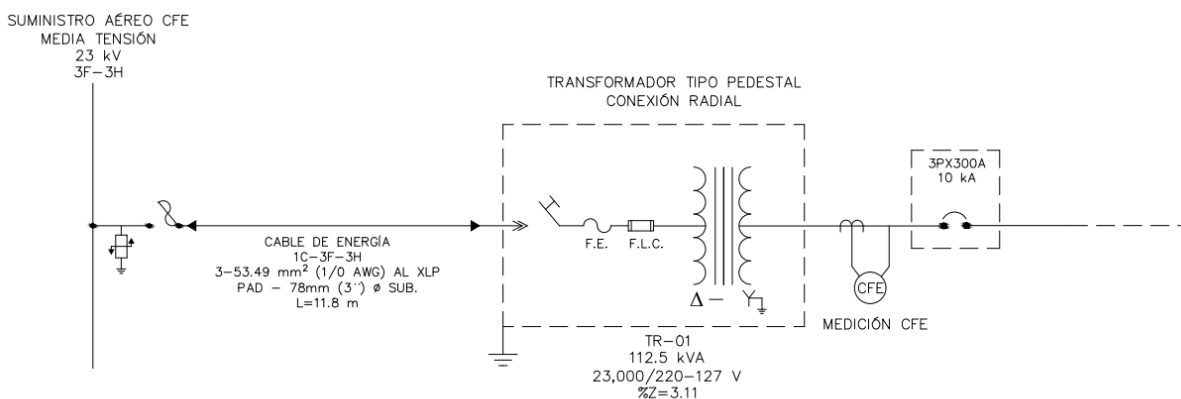


Figura 4.5 Conexión del transformador trifásico tipo pedestal al punto de suministro de la CFE.



Con base en los datos proporcionados en el diagrama unifilar anterior, se realizarán los cálculos correspondientes de la corriente de corto circuito trifásico en el secundario del transformador.

a) Cálculo de la corriente nominal en el secundario

$$I_{NS} = \frac{kVA}{\sqrt{3}kV_{LL}}$$

Donde:

I_{NS} : corriente nominal del secundario [A].

kVA : capacidad nominal del transformador [kVA].

kV_{LL} : tensión de línea a línea del lado secundario [kVA].

$$I_{NS} = \frac{112.5 \text{ kVA}}{\sqrt{3} (0.220 \text{ kV})} = 295.2359 \text{ A}$$

b) Cálculo de la impedancia en por unidad.

Se prefiere que las impedancias estén expresadas en por unidad (pu). Para este caso, como el valor de impedancia del transformador esta expresado en porcentaje es necesario dividirlo entre 100 teniendo lo siguiente:

$$Z_{pu} = \frac{\%Z_{TR}}{100} = \frac{3.11\%}{100\%} = 0.0311 \text{ pu}$$

c) Cálculo de la corriente de corto circuito trifásica en pu

$$I_{CC-3\phi pu} = \frac{E_{pu}}{Z_{pu}}$$

Donde:

$I_{CC-3\phi pu}$: corriente de corto circuito trifásica en por unidad [pu].

$E_{p.u.}$: tensión de referencia en por unidad [pu]; considerando 1 pu para fallas trifásicas.

Z_{TR} : impedancia del transformador en por unidad [pu].

$$I_{CC-3\phi pu} = \frac{1 \text{ pu}}{0.0311 \text{ pu}} = 32.1543 \text{ pu}$$

d) Cálculo de la corriente de corto circuito trifásica en amperes.

$$I_{CC-3\phi} = (I_{NS})(I_{CC-3\phi pu})$$

$$I_{CC-3\phi} = (295.2359 \text{ A})(32.1543 \text{ pu})$$

$$I_{CC-3\phi} = 9.4931 \text{ kA}$$

4.6 Sistema de puesta a tierra

a) Medición de la resistencia a tierra del electrodo existente

Como se mencionó en el apartado 3.3.2 inciso G), se realizó la medición de la resistencia a tierra del único electrodo que tiene la planta industrial, con la finalidad de evaluar su estado actual.

Para medir la resistencia a tierra se utilizó el método de caída de potencial con un equipo de medición de la marca METREL modelo MI3123, obteniendo así, un valor de resistencia de 28.3Ω , tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 4.6 Medición realizada en campo con un telurómetro de la marca METREL modelo MI3123

Con el resultado anterior, se tiene que la resistencia a tierra del electrodo no cumple con el valor máximo permitido por la NOM, de acuerdo con el **Artículo 250-50**; el cual establece que ningún electrodo o sistema de electrodos de puesta a tierra debe tener una resistencia mayor a 25Ω .

b) Propuesta de solución

Como la resistencia a tierra del electrodo no cumple con lo especificado en la NOM, se propone el diseño de un sistema de puesta a tierra en anillo, el cual va a consistir en un conductor de cobre desnudo enterrado en la periferia del edificio con múltiples electrodos, esto, con la finalidad de conectar al sistema de tierras lo siguiente:

- Las estructuras metálicas de las 3 naves
- Las barras de puesta a tierra para drenar electricidad estática
- Los pararrayos

Para este último, únicamente se propondrá la instalación de puntas pararrayos en cada una de las esquinas del inmueble para la protección contra descargas atmosféricas. Cabe mencionar que, para esto, se requiere de un estudio y análisis más sofisticado que puede ser tratado en otro tema de tesis.

c) Diseño del sistema de puesta a tierra

Para realizar el diseño del sistema de puesta a tierra fue necesario medir la resistividad del terreno de la industria en cuestión. Aplicando el método de Wenner y utilizando un equipo de medición de la marca METREL modelo MI3123 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.7 Valores de resistividad promedio por secciones de la planta industrial

Número de Sección	Profundidad de electrodos en metros (B) [m]	Separación de electrodos (A) [m]	Relación A/B	Valor de resistividad medido por el instrumento [Ω -m]	Resistividad promedio por sección [Ω -m]
1	0.2	0.5	2.5	23.0	25.3
	0.2	1.0	5.0	19.5	
	0.2	2.0	10.0	21.6	
	0.2	3.0	15.0	23.0	
	0.2	4.0	20.0	29.7	
	0.2	5.0	25.0	34.8	
2	0.2	0.5	2.5	42.8	32.7
	0.2	1.0	5.0	27.3	
	0.2	2.0	10.0	23.8	
	0.2	3.0	15.0	29.4	
	0.2	4.0	20.0	34.6	
	0.2	5.0	25.0	38.2	
3	0.2	0.5	2.5	22.0	37.8
	0.2	1.0	5.0	26.9	
	0.2	2.0	10.0	39.5	
	0.2	3.0	15.0	44.7	
	0.2	4.0	20.0	45.3	
	0.2	5.0	25.0	48.1	
4	0.2	0.5	2.5	40.4	44.9
	0.2	1.0	5.0	39.3	
	0.2	2.0	10.0	43.5	
	0.2	3.0	15.0	45.7	
	0.2	4.0	20.0	50.0	
	0.2	5.0	25.0	50.5	
RESISTIVIDAD PROMEDIO					35.2

Cabe mencionar que el instrumento de medición ya entrega los resultados de resistividad en [Ω -m] al configurar los valores de las distancias de separación entre electrodos.



- **Selección del conductor del anillo perimetral**

De acuerdo con el **Artículo 250-52 (a) (4)** y el **Artículo 250-53 (f)** de la NOM, el conductor del anillo de puesta a tierra debe ser de un tamaño no menor a 2 AWG y debe enterrarse a una profundidad mínima de 0.75 m respectivamente.

Para la selección del conductor del anillo de puesta a tierra se seguirá la recomendación de la norma **IEEE Std. 80-2000 Guide for Safety in AC Substation Grounding**, el cual recomienda un calibre de 2/0 AWG como mínimo, debido a que se requiere un conductor capaz de soportar esfuerzos mecánicos y ser resistente a cualquier condición corrosiva en el medio.

Por otro lado, se propone que el conductor desnudo esté enterrado a una profundidad de 0.80 m.

- **Arreglo del anillo de puesta a tierra perimetral**

El anillo de puesta a tierra estará conformado por un conductor de cobre desnudo instalado en toda la periferia de las 3 naves y que, a su vez, estará conectado con múltiples electrodos de 3 m de longitud y con un diámetro de 5/8 de pulgada (medida estándar).

Considerando las dimensiones de las naves, se propone la instalación de 10 electrodos de puesta a tierra, los cuales estarán distribuidos en la periferia de la planta industrial.

Así mismo, solo 2.8 m de la longitud total de los electrodos, estarán en contacto directo con la tierra, tal como lo especifica el **Artículo 250-53 (g)** de la NOM.

- **Estimación de la resistencia a tierra en el anillo perimetral**

Debido a que el anillo estará conformado por electrodos y un conductor desnudo en la periferia de las tres naves, se debe considerar el efecto de la profundidad a la cual estará instalado. Por lo tanto, para el cálculo de la estimación de la resistencia a tierra de este sistema, se utilizará la ecuación descrita en el apartado 14.2 de la norma **IEEE Std. 80-2000 Guide for Safety in AC Substation Grounding**, el cual se presenta a continuación:

$$R_g = \rho \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20} A} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right)$$



Donde:

R_g : estimación de la resistencia a tierra en $[\Omega]$.

ρ : resistividad promedio del terreno en $[\Omega \cdot m]$.

A : área ocupada por el anillo de puesta a tierra perimetral $[m^2]$.

L : longitud total de los conductores enterrados $[m]$.

h : profundidad del anillo de puesta a tierra perimetral en $[m]$.

Considerando la disposición y el arreglo físico que tendrá el anillo de puesta tierra perimetral (Ver Plano IE-13 Detalle del sistema de puesta a tierra), se tienen los siguientes valores:

$$\rho = 35.2 \Omega \cdot m$$

$$A = 1912 m^2$$

$L = 223 m$; considerando las longitudes de los electrodos de puesta a tierra.

$$h = 0.8 m.$$

Debido a que el anillo perimetral estará enterrado a una profundidad de 0.8 m, se considerará la resistividad del terreno obtenido de la medición en la Sección 3 con una separación entre electrodos de 1 m, misma que equivale a la profundidad a la cual se está realizando la medición.

Los valores anteriores se sustituirán en la fórmula de la estimación de resistencia a tierra teniendo lo siguiente:

$$R_g = (26.9 \Omega \cdot m) \left(\frac{1}{223m} + \frac{1}{\sqrt{20(1912 m^2)}} \left(1 + \frac{1}{1 + (0.8m) \sqrt{\frac{20}{(1912 m^2)}}} \right) \right)$$

$$R_g = 0.3853 \Omega$$

Retomando la idea de los párrafos anteriores, el sistema de puesta a tierra propuesto debe proveer valores bajos de resistencia a tierra. Por lo tanto, con el resultado obtenido de 0.6322 Ω , podemos concluir que este se encuentra por debajo de los 25 Ω que especifica el **Artículo 250-50** de la NOM.



PLANOS



FIRMA RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- APARTARRAYOS DE ZnO
- CORTA CIRCUITOS CON FUSIBLES TIPO EXPULSIÓN
- INTERRUPTOR TRIPOLAR DE OPERACIÓN CON CARGA
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- EQUIPO DE MEDICIÓN PROPIEDAD DE CFE
- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
- TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
- FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE
- FUSIBLE TIPO EXPULSIÓN

NOMENCLATURA:

- AL ALUMINIO
- CU COBRE
- XLP POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
- L LONGITUD
- F.E. FUSIBLE TIPO EXPULSIÓN
- F.L.C. FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE
- TR TRANSFORMADOR
- %Z PORCIENTO DE IMPEDANCIA
- P INDICA NÚMERO DE POLOS
- 3F-4H 3 FASES 4 HILOS

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:

CLIENTE:
INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

PROYECTO:
RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO:
DIAGRAMA UNIFILAR ACTUAL

ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

FECHA: NOV. 2018

IE-01

SUMINISTRO CFE
MEDIA TENSIÓN
23 kV
3F-3H

TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL
CONEXIÓN RADIAL

CABLE DE ENERGÍA
3-53.49 mm² (1/0 AWG) AL XLP
PAD-78mm (3") SUBTERRANEO
L=11.8 m

TR-01
112.5 kVA
23,000/220-127 V
%Z=3.11

MEDICIÓN CFE

3-67.43 mm² (2/0 AWG)
CU THHW-LS 3F-4H
1-33.6mm² (2 AWG) AL d(NEUTRO)
PAD-52 mm (2") SUBTERRANEO
L= 49 m

INTERRUPTOR
PRINCIPAL
3Px225 A_t

TABLERO GENERAL DE
SUBDISTRIBUCIÓN
NQOD30

TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
CON INTERRUPTOR PRINCIPAL
NQOD42

TABLERO DE
SUBDISTRIBUCIÓN
NQOD30

TABLERO DE
SUBDISTRIBUCIÓN
NQOD12

4-21.2 mm² (4 AWG)
CU THHW-LS 3F-4H

4-21.2 mm² (4 AWG)
CU THHW-LS 3F-4H

4-21.2 mm² (4 AWG)
CU THHW-LS 3F-4H

4-21.2 mm² (4 AWG)
CU THHW-LS 3F-4H



FIRMA RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- APARTARRAYOS DE ZnO
- CORTA CIRCUITOS CON FUSIBLES TIPO EXPULSIÓN
- INTERRUPTOR TRIPOLAR DE OPERACIÓN CON CARGA
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- EQUIPO DE MEDICIÓN PROPIEDAD DE CFE
- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
- CCM_XX CENTRO DE CONTROL DE MOTORES
XX kW INDICA CARGA INSTALADA EN kW
- INDICA CONECTOR REMOVIBLE
- TS_XX TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
XX kW INDICA CARGA INSTALADA EN kW

NOMENCLATURA:

- AL ALUMINIO
- CU COBRE
- XLP POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
- L LONGITUD
- TR TRANSFORMADOR
- P INDICA NÚMERO DE POLOS
- F.L.C. FÚSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE
- F.E. FÚSIBLE TIPO EXPULSIÓN
- TGN TABLERO GENERAL NORMAL
- TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- TS TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
- TAC TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
- kW_i KILO WATTS INSTALADOS
- 3F-4H 3 FASES 4 HILOS
- 3F-3H 3 FASES 3 HILOS
- In CORRIENTE NOMINAL
- T-XX" INDICA DIÁMETRO DE TUBO EN PULGADAS
- %e PORCIENTO DE CAÍDA DE TENSION
- CCM CENTRO DE CONTROL DE MOTORES
- L=XX LONGITUD DEL CIRCUITO
- CG CIRCUITO GENERAL
- CA CIRCUITO ALIMENTADOR
- d INDICA CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA SIN AISLAMIENTO

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:

CLIENTE:
INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

PROYECTO:
RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO:
DIAGRAMA UNIFILAR PROYECTO

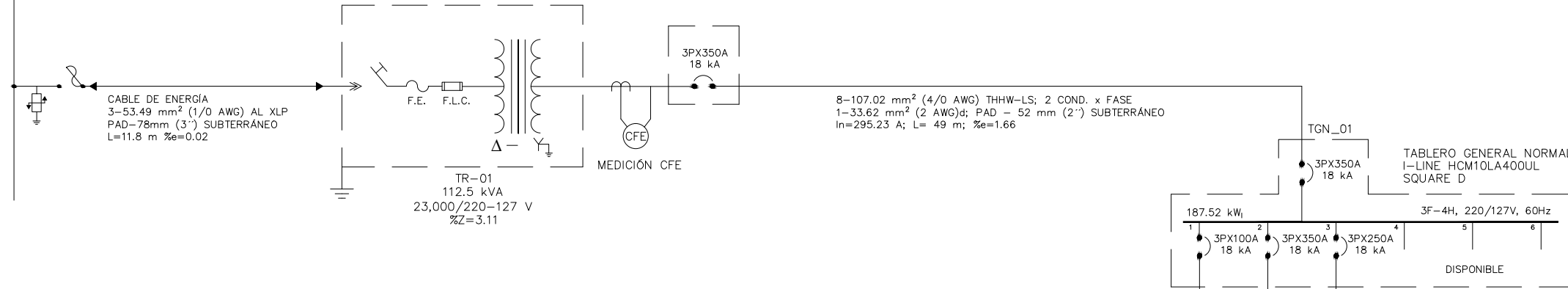
ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

FECHA: NOV. 2018

IE-02

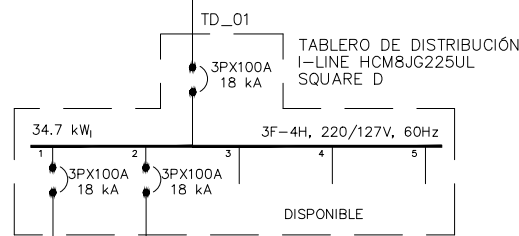
SUMINISTRO AÉREO CFE
MEDIA TENSION
23 kV
3F-3H

TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL
CONEXIÓN RADIAL



CG-TGN_01-01

4-53.49mm² (1/0 AWG)THHW-LS; 1-8.36mm² (8 AWG)d; T-2"; In=101.18A; L=10m; %e=0.38



CA-TD_01-01



9.06 kW

TAC_01
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS 9.06 kW

CA-TD_01-02

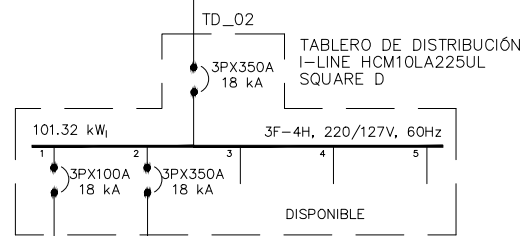


25.64 kW

TS_01
TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN 25.64kW

CG-TGN_01-02

8-107.02mm² (4/0 AWG)THHW-LS; 1-33.62mm² (2 AWG)d; T-3 1/2 "; In=295.49A; L=10m; %e=0.62



CA-TD_02-01



10.87 kW

TAC_02
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS 10.87 kW

CA-TD_02-02

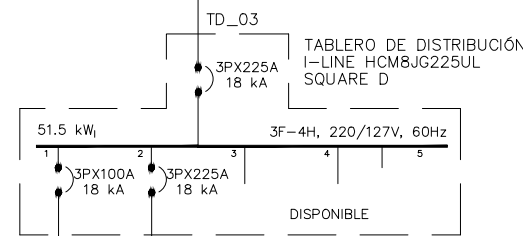


90.45 kW

CCM_01
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES 90.45 kW

CG-TGN_01-03

8-53.49mm² (1/0 AWG)THHW-LS; 1-21.15mm² (4 AWG)d; T-2 1/2"; In=150.16A; L=10m; %e=0.64



CA-TD_03-01



6.74 kW

TAC_03
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS 6.74 kW

CA-TD_03-02



44.76 kW

TS_02
TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN 44.76 kW



FIRMA DEL RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
- MOTOR TRIFÁSICO EN ÁREA NO PELIGROSA
- INDICA NUMERO DE POLIPASTO
- UNIDAD COMBINADA DE INTERRUPTOR Y ARRANCADOR INDICANDO TAMAÑO NEMA

NOMENCLATURA:

- CA CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN
- CD CIRCUITO DERIVADO
- d INDICA CONDUCTOR DESNUDO
- T-XX" INDICA DIÁMETRO DE TUBO EN PULGADAS
- In CORRIENTE NOMINAL
- L=XX LONGITUD DEL CIRCUITO
- %e PORCIENTO DE CAÍDA DE TENSIÓN
- TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- TS TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:

CLIENTE:
INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

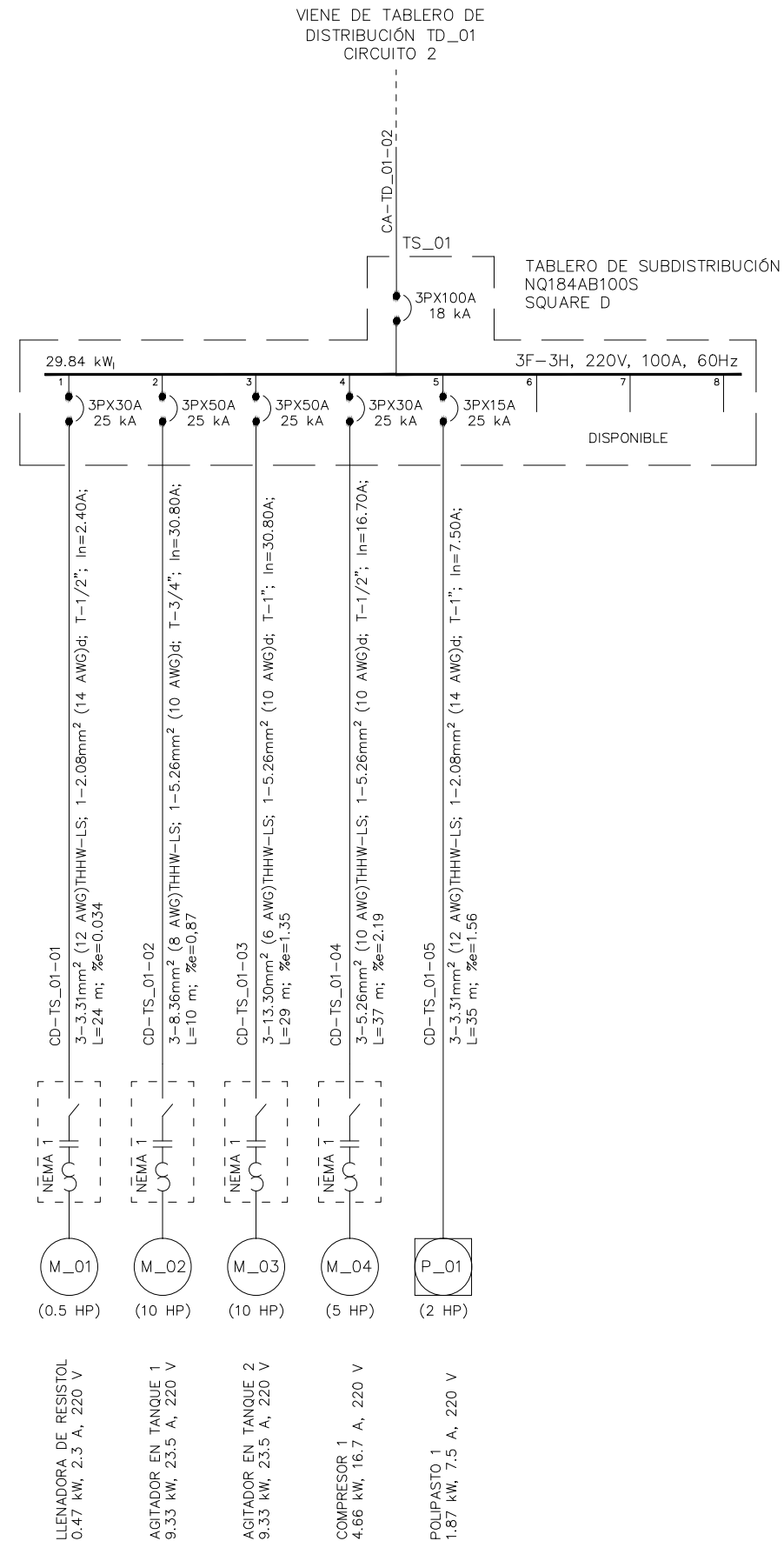
PROYECTO:
RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO:
TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN "TS_01"

ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

FECHA: NOV. 2018

IE-04





FIRMA DEL RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
- MOTOR TRIFÁSICO EN ÁREA NO PELIGROSA
- UNIDAD COMBINADA DE INTERRUPTOR Y ARRANCADOR INDICANDO TAMAÑO NEMA

NOMENCLATURA:

- CA CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN
- CD CIRCUITO DERIVADO
- d INDICA CONDUCTOR DESNUDO
- T-XX" INDICA DIÁMETRO DE TUBO EN PULGADAS
- In CORRIENTE NOMINAL
- L=XX LONGITUD DEL CIRCUITO
- %e PORCIENTO DE CAÍDA DE TENSIÓN
- TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- TS TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
- P INDICA NÚMERO DE POLOS

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:

CLIENTE: INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

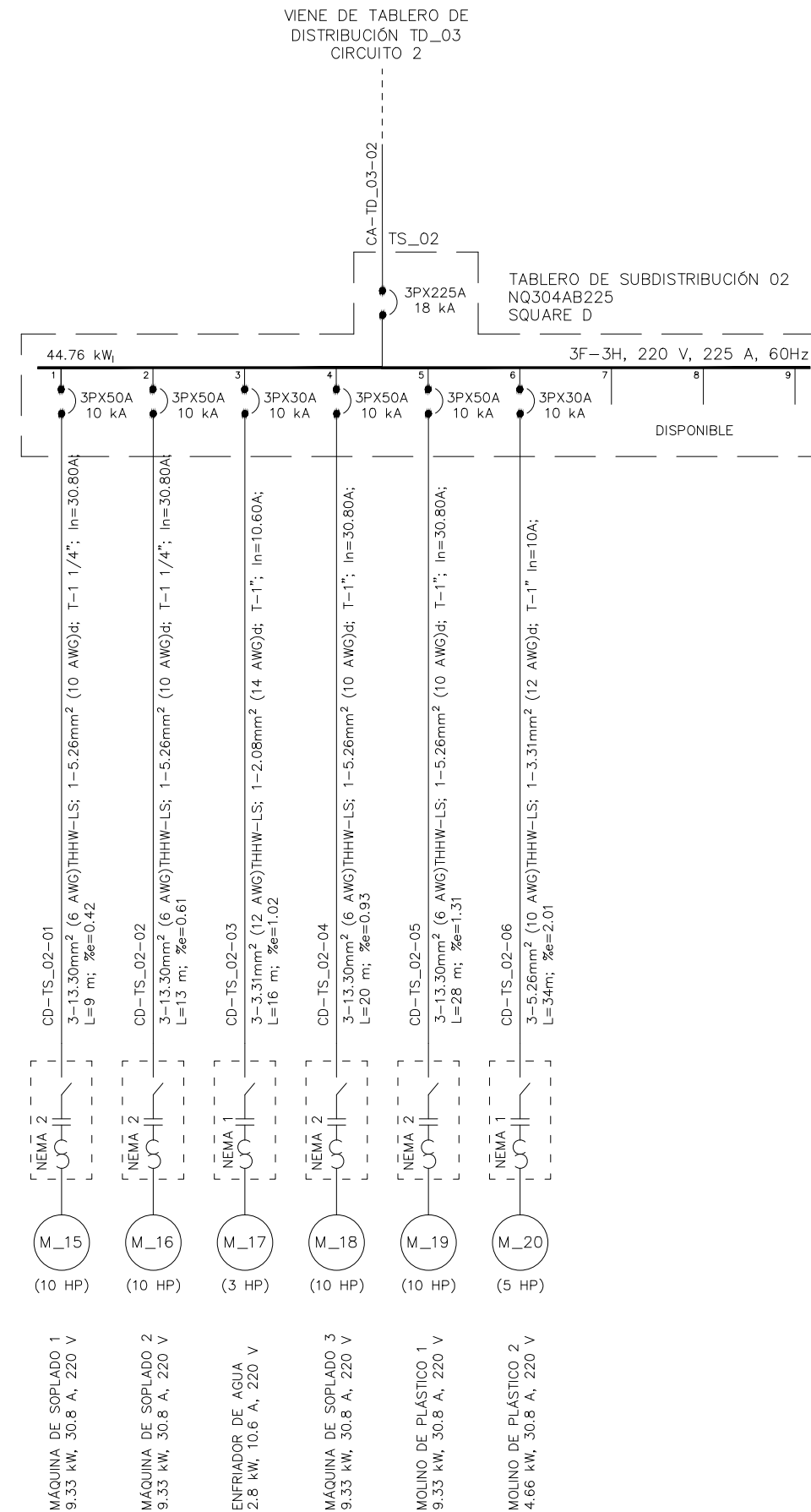
PROYECTO: RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO: TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN "TS_02"

ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

FECHA: NOV. 2018

IE-05





FIRMA DEL RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
- LUMINARIA DE ADITIVOS METÁLICOS
- X# → INDICA NÚMERO DE LUMINARIAS POR CIRCUITO
- CONTACTO DÚPLEX CON TERMINAL DE PUESTA A TIERRA
- X# → INDICA NÚMERO DE CONTACTOS POR CIRCUITO

NOMENCLATURA:

- CA CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN
- CD CIRCUITO DERIVADO
- d INDICA CONDUCTOR DESNUDO
- T-XX" INDICA DIÁMETRO DE TUBO EN PULGADAS
- In CORRIENTE NOMINAL
- L=XX LONGITUD DEL CIRCUITO
- %e PORCIENTO DE CAÍDA DE TENSIÓN
- TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- P INDICA NÚMERO DE POLOS
- TAC TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

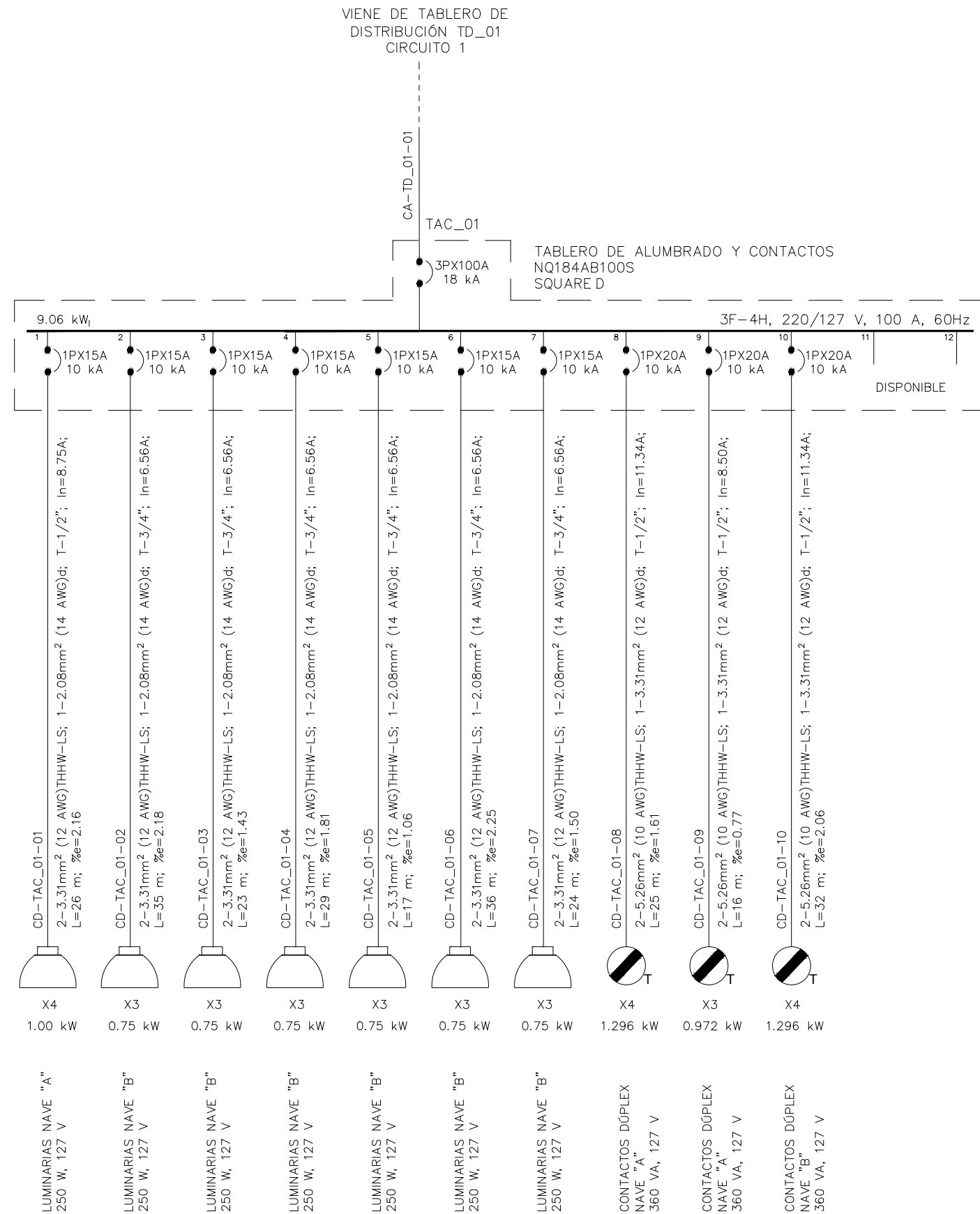
DIBUJÓ:

CLIENTE:
INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

PROYECTO:
RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO:
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS "TAC_01"

ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO: IE-06
 FECHA: NOV. 2018





FIRMA DEL RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
- LUMINARIA DE ADITIVOS METÁLICOS
X # → INDICA NÚMERO DE LUMINARIAS POR CIRCUITO
- CONTACTO DÚPLEX CON TERMINAL DE PUESTA A TIERRA
X # → INDICA NÚMERO DE CONTACTOS POR CIRCUITO
- LAMPARA FLUORESCENTE 35 W
X # → INDICA NÚMERO DE LAMPARAS POR CIRCUITO
- CALDERA

NOMENCLATURA:

- CA CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN
- CD CIRCUITO DERIVADO
- d INDICA CONDUCTOR DESNUDO
- T-XX" INDICA DIÁMETRO DE TUBO EN PULGADAS
- In CORRIENTE NOMINAL
- L=XX LONGITUD DEL CIRCUITO
- %e PORCIENTO DE CAÍDA DE TENSIÓN
- TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- P INDICA NÚMERO DE POLOS
- TAC TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:

CLIENTE:
INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

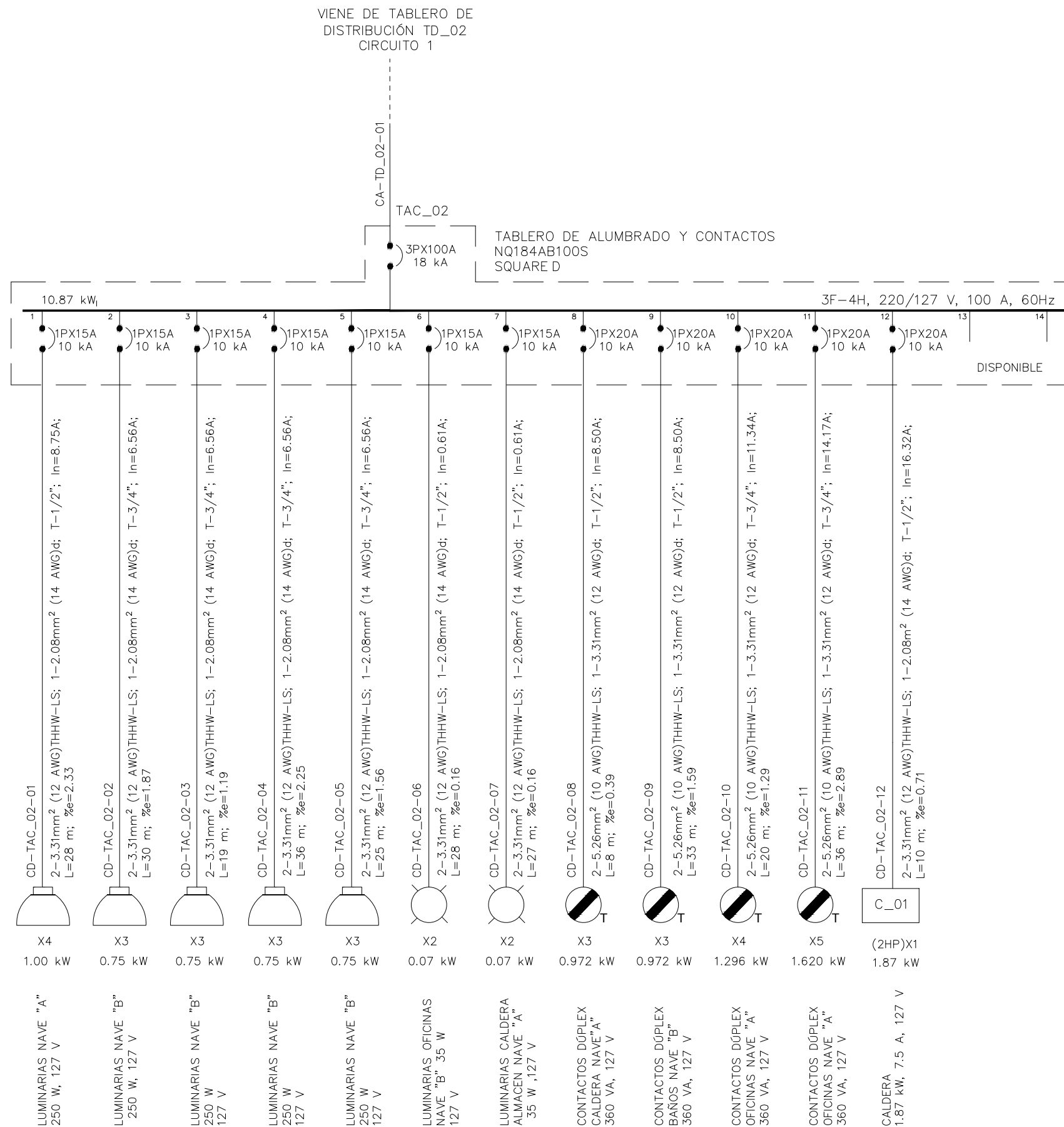
PROYECTO:
RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO:
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS "TAC_02"

ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

FECHA: NOV. 2018

IE-07





FIRMA DEL RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
- LUMINARIA DE ADITIVOS METÁLICOS
X# → INDICA NÚMERO DE LUMINARIAS POR CIRCUITO
- CONTACTO DÚPLEX CON TERMINAL DE PUESTA A TIERRA
X# T → INDICA NÚMERO DE CONTACTOS POR CIRCUITO
- LAMPARA FLUORESCENTE 35 W
X# → INDICA NÚMERO DE LAMPARAS POR CIRCUITO
- INDICA NÚMERO DE MOTOR

NOMENCLATURA:

- CA CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN
- CD CIRCUITO DERIVADO
- d INDICA CONDUCTOR DESNUDO
- T-XX" INDICA DIÁMETRO DE TUBO EN PULGADAS
- In CORRIENTE NOMINAL
- L=XX LONGITUD DEL CIRCUITO
- %e PORCIENTO DE CAÍDA DE TENSIÓN
- TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- P INDICA NÚMERO DE POLOS
- TAC TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:

CLIENTE:
INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

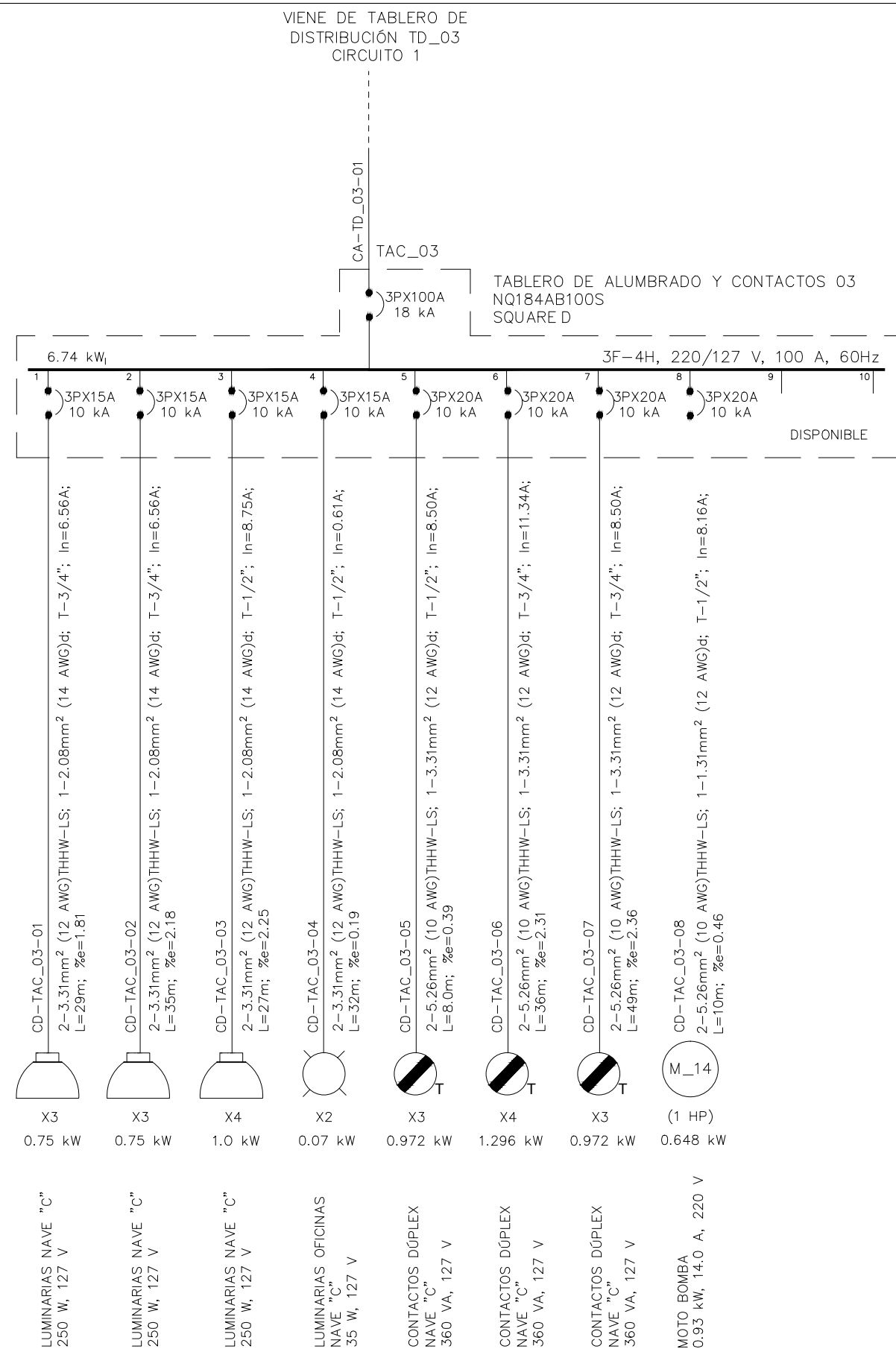
PROYECTO:
RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO:
TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS "TAC_03"

ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

FECHA: NOV. 2018

IE-08





FIRMA DEL RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- M_{XX} INDICA NÚMERO DE MOTOR
- M_{XX} INDICA NÚMERO DE MOTOR A PRUEBA DE EXPLOSIÓN
- C₀₁ CALDERA
- P_{XX} INDICA NÚMERO DE POLIPASTO
- CONTACTO DUPLEX POLARIZADO A PRUEBA DE EXPLOSIÓN
- CONTACTO DUPLEX POLARIZADO

NOMENCLATURA:

NOTAS GENERALES:

LA CLASIFICACIÓN DE ÁREAS DE ESTA PROPUESTA ES POR CLASE, DIVISIÓN Y GRUPO BASADO EN LA NOM-001-SEDE-2012

LA ALTIMA DE MONTAJE DE LOS POLIPASTOS ES DE 3.75 m POR LO TANTO, NO DEBEN SER EQUIPOS A PRUEBA DE EXPLOSIÓN.

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBÓ	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:

CLIENTE: INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

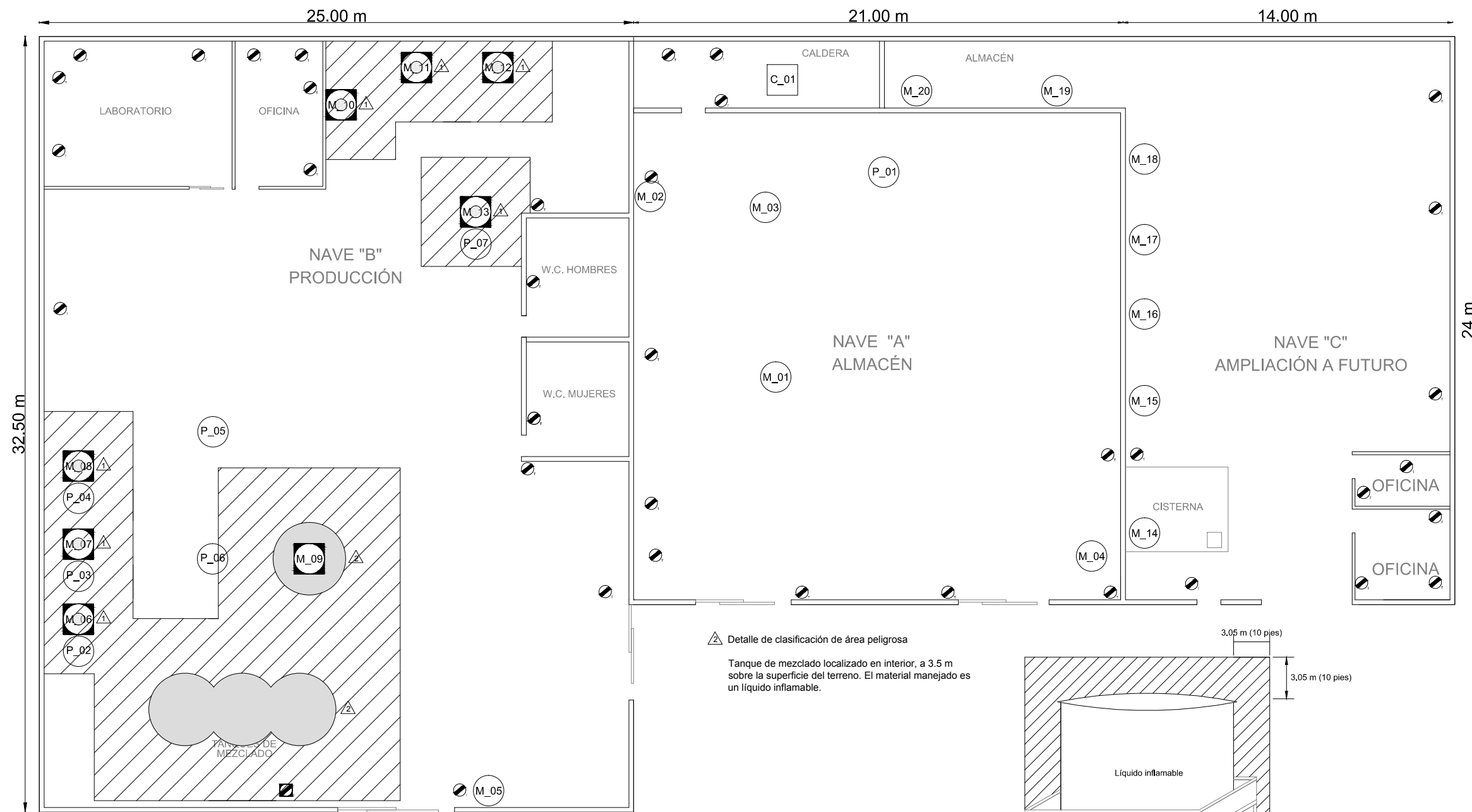
PROYECTO: RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO: CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

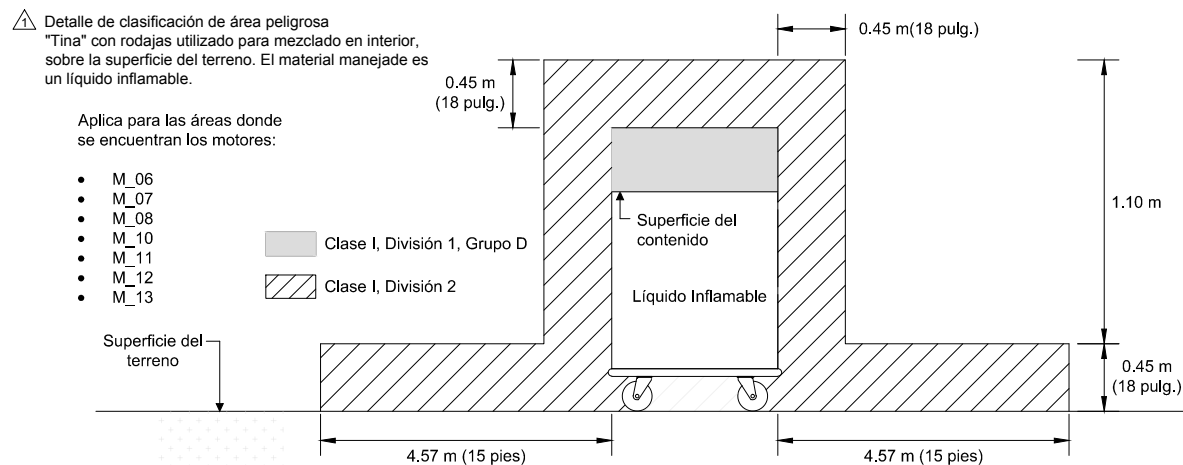
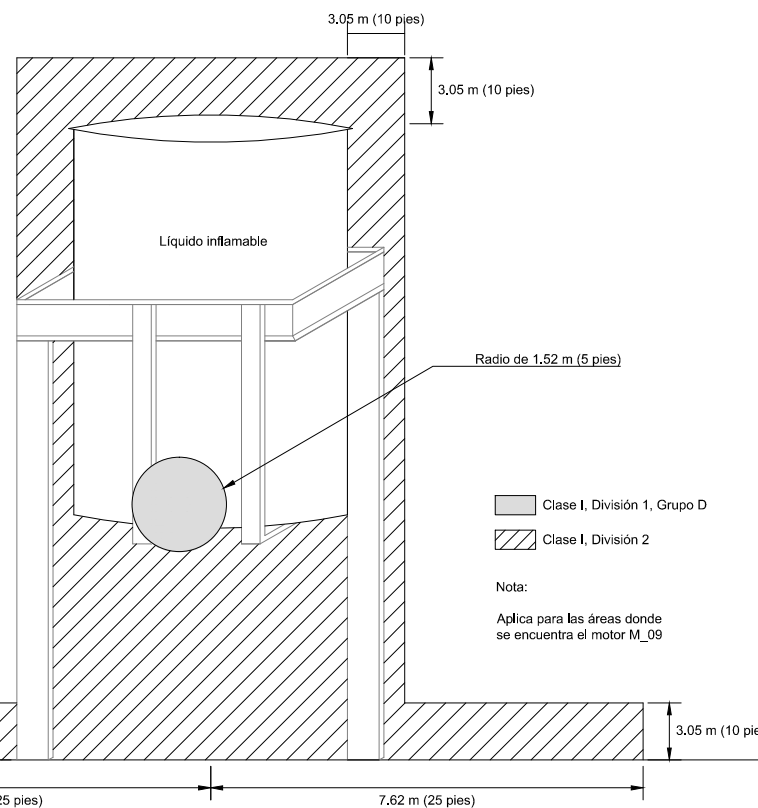
FECHA: NOV. 2018

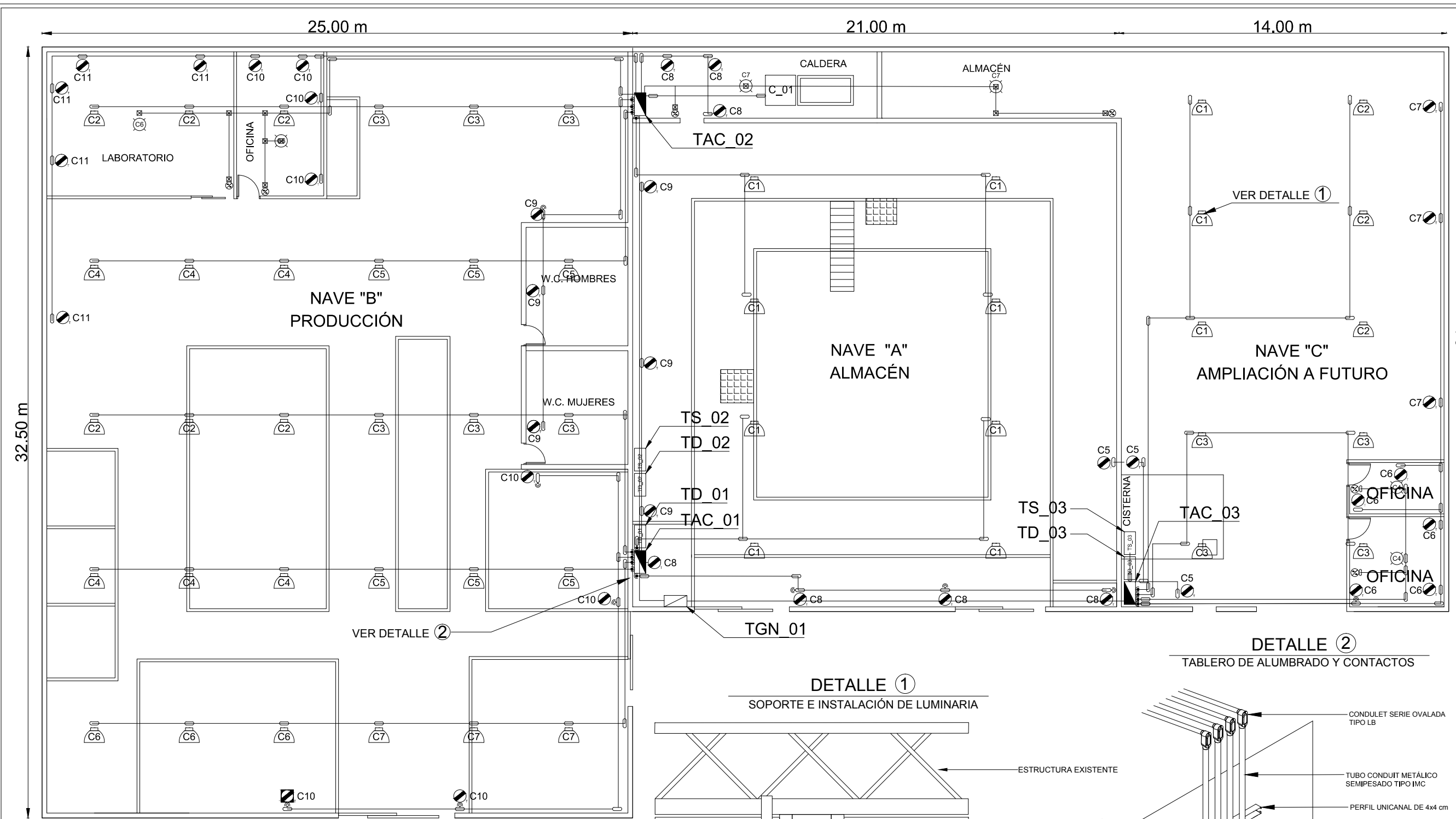
IE-09



Detalle de clasificación de área peligrosa

Tanque de mezclado localizado en interior, a 3.5 m sobre la superficie del terreno. El material manejado es un líquido inflamable.





UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- LUMINARIA DE ADITIVOS METÁLICOS 250 W
- INDICA NÚMERO DE CIRCUITO
- CONTACTO DUPLEX POLARIZADO
- INDICA NÚMERO DE CIRCUITO
- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
- TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
- LAMPARA FLUORESCENTE 35 W
- INTERRUPTOR SENCILLO
- INDICA TUBERIA QUE SUBE
- INDICA TUBERIA QUE BAJA
- CONDULET SERIE 7 OVALADA
- CAJA DE REGISTRO EXISTENTE

NOMENCLATURA:

- TGN TABLERO GENERAL NORMAL
- TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- TS TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
- TAC TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:
 CLIENTE:
INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

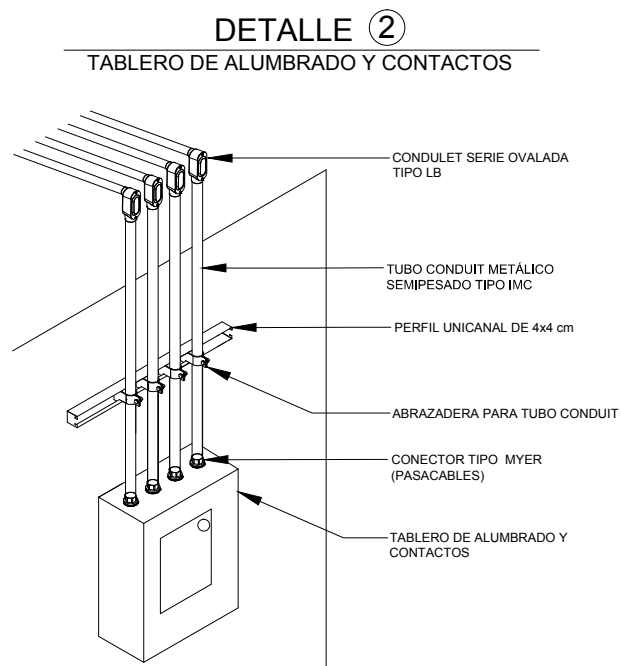
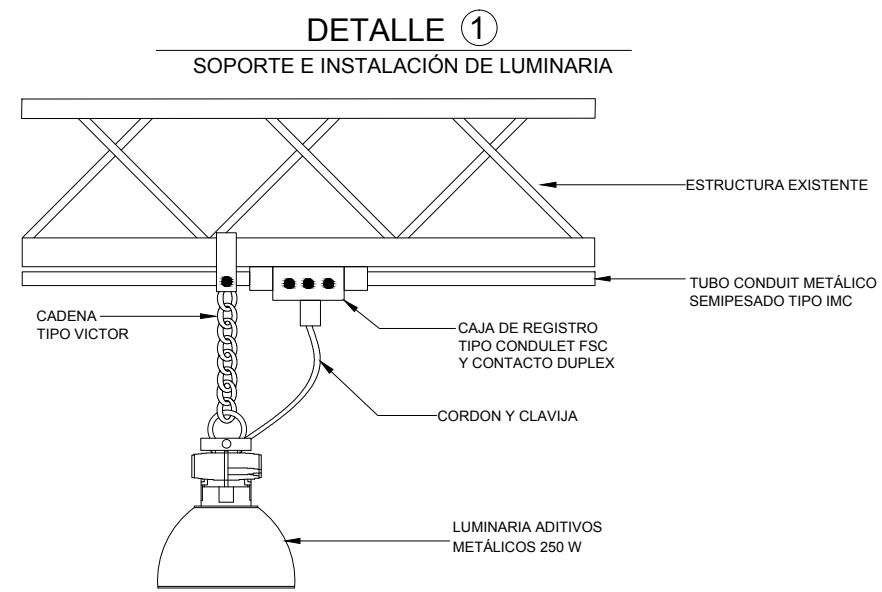
PROYECTO:
RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

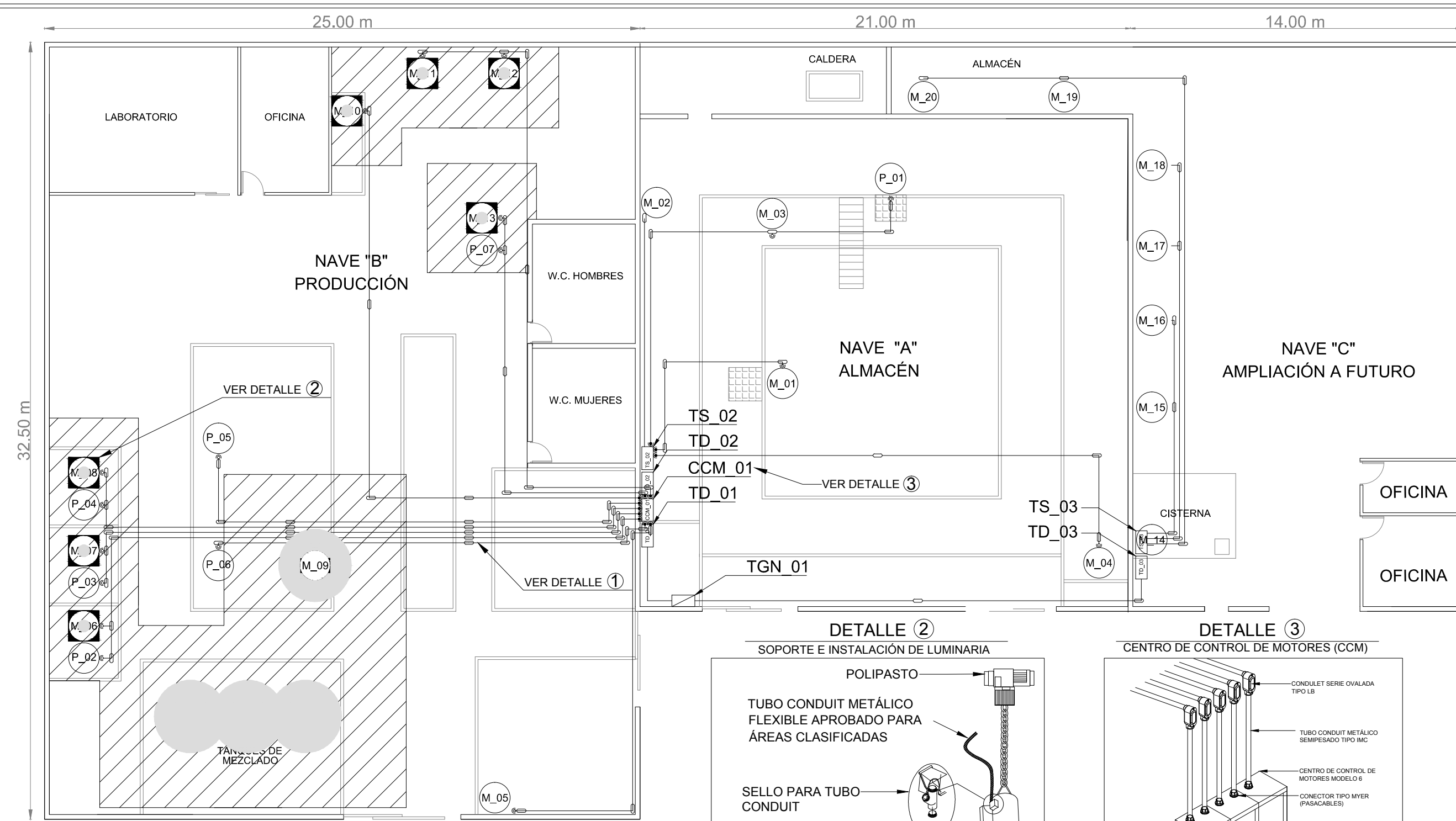
TÍTULO:
DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

FECHA: NOV. 2018

IE-10





FIRMA DEL RESPONSABLE

UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

- LUMINARIA DE ADITIVOS METÁLICOS 250 W
- INDICA NÚMERO DE CIRCUITO
- CONTACTO DUPLEX POLARIZADO
- INDICA NÚMERO DE CIRCUITO
- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
- INDICA TUBERÍA QUE SUBE
- INDICA TUBERÍA QUE BAJA
- CONDULET SERIE 7 OVALADA
- CLASE I, DIVISIÓN 1, GRUPO D
- CLASE II, DIVISIÓN 2

NOMENCLATURA:

- TGN TABLERO GENERAL NORMAL
- TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- TS TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
- TAC TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:
 CLIENTE:
 INDUSTRIA DE RECUBRIMENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

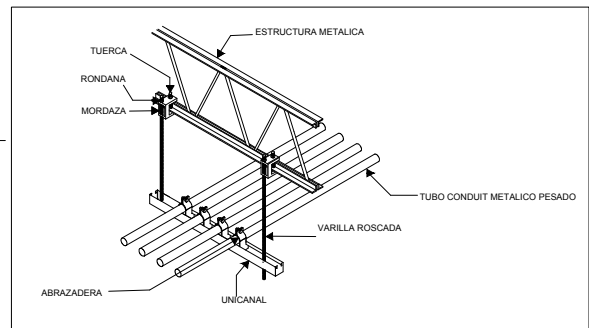
PROYECTO:
 RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TÍTULO:
 DISTRIBUCIÓN DE MOTORES

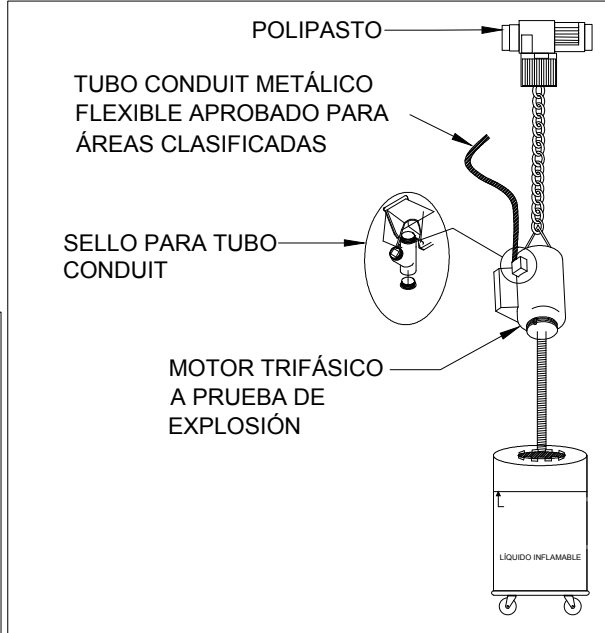
ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:
 FECHA: NOV. 2018

IE-11

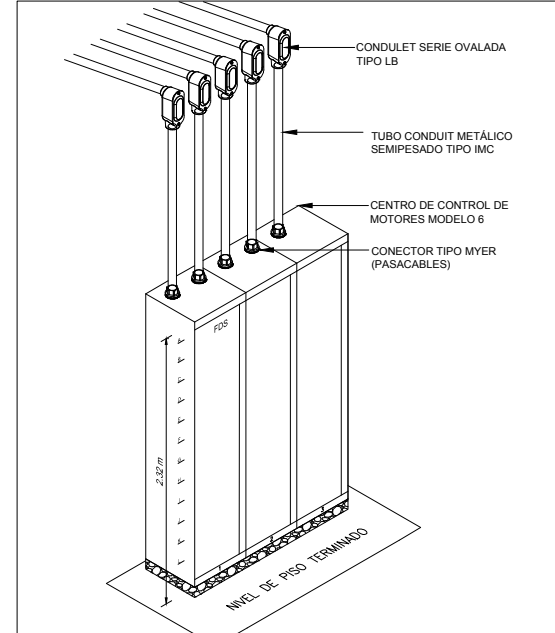
DETALLE ①
 SOPORTE DE TUBOS CONDUIT



DETALLE ②
 SOPORTE E INSTALACIÓN DE LUMINARIA

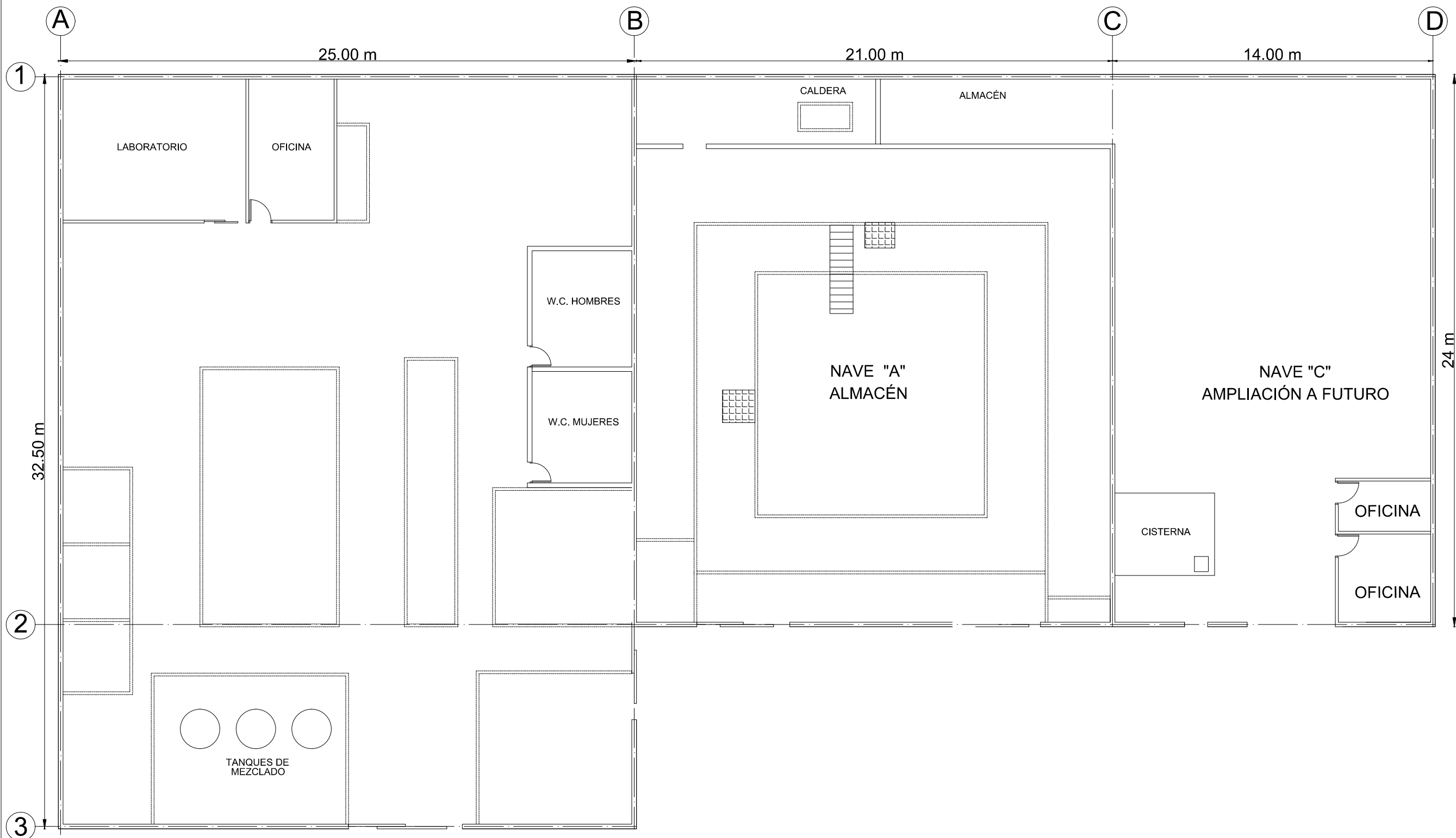


DETALLE ③
 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM)





FIRMA DEL RESPONSABLE



UBICACIÓN:

SIMBOLOGÍA:

LUMINARIA DE ADITIVOS METÁLICOS
250 W

INDICA NÚMERO DE CIRCUITO

CONTACTO DUPLEX POLARIZADO

INDICA NÚMERO DE CIRCUITO

TD_XX TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

TS_XX TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN

● INDICA TUBERIA QUE SUBE

○ INDICA TUBERIA QUE BAJA

○ CONDULET SERIE 7 OVALADA

■ CLASE I, DIVISIÓN 1, GRUPO D

▨ CLASE II, DIVISIÓN 2

NOMENCLATURA:

TGN TABLERO GENERAL NORMAL
TD TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
TS TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN
TAC TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

NOTAS GENERALES:

HISTORIAL REVISIONES

REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	11-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:

CLIENTE:
INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA
MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.

PROYECTO:
RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN
ELÉCTRICA

TÍTULO:

DISTRIBUCIÓN DE MOTORES

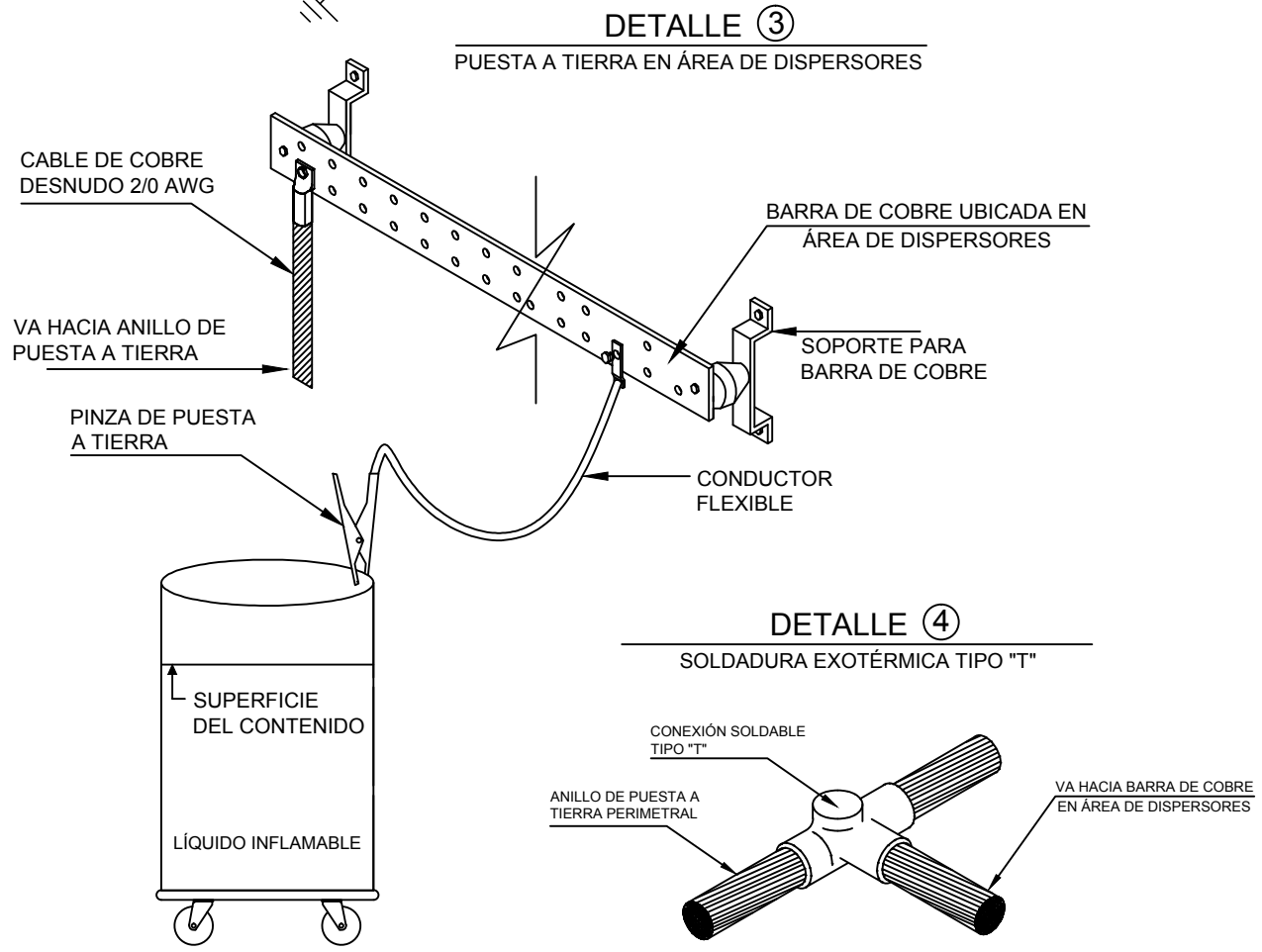
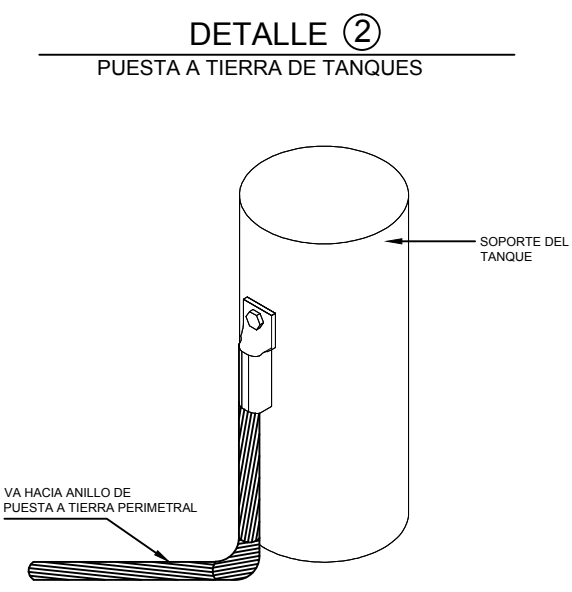
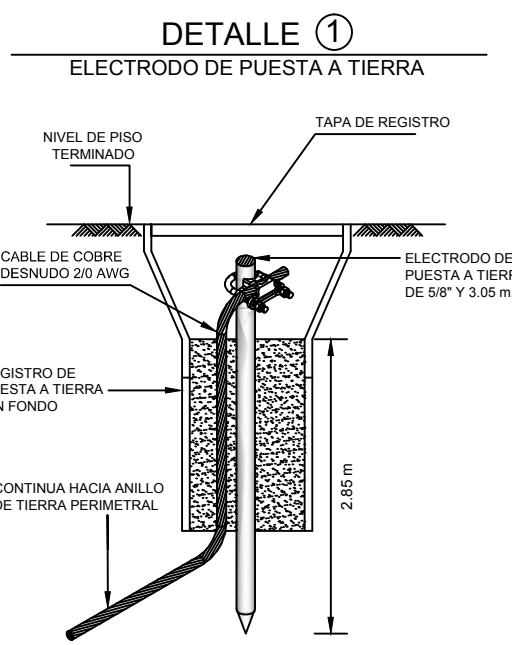
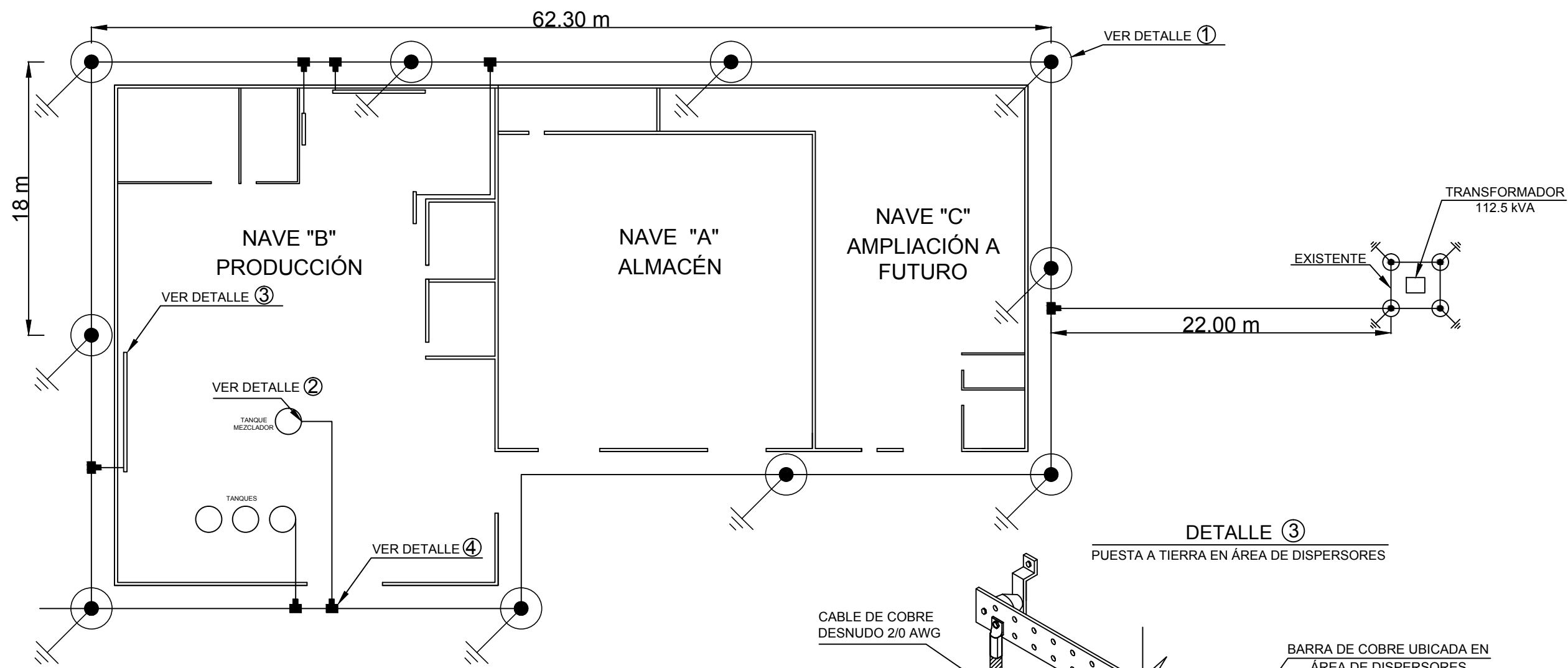
ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO:

FECHA: NOV. 2018

IE-12



FIRMA RESPONSABLE



HISTORIAL REVISIONES				
REV.	FECHA	REVISÓ	APROBO	DESCRIPCIÓN
A	06-2018	A.D.C.S.	A.D.C.S.	PRIMERA REVISIÓN

DIBUJÓ:
 CLIENTE: INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO.
 PROYECTO: RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
 TÍTULO: DETALLE DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
 ESCALA: S/E REVISIÓN: A PLANO: IE-13
 FECHA: NOV. 2018



CUADROS DE CARGAS

Tablero: CENTRO DE CONTROL DE MOTORES "CCM_01"
 Ubicación: NAVE "A"
 Cobertura: MOTORES DE NAVE "B"

Sistema: 3F - 3H
 Tensión [Vc.a.]: 220
 F.P. 0.9

Marca: SQUARE D
 Tipo: INTERRUPTOR PRINCIPAL

Corriente Máx de barras [A]: 600
 Interruptor principal [A]: 350

Temperatura ambiente [°C]: 31-35

Descripción	Sección	Fases	Hilos	Características del motor				Corriente del circuito del motor 1.25 x I pc	Longitud	P O L O S	valor comercial I TM	No. Cond.	F.T.	F.A.	Corriente corregida I Tabla	Conductor de Fase	Conductor de puesta a tierra	Tubo Tamaño Comercial	PorcentajeC aída de Tensión (% e)	Potencia motor 3φ	Carga Instalada por Fase [kW]		
				Tensión	Potencia	Letra de Código	Corriente plena carga I PC														A	B	C
				[Vc.a.]	[HP]		[A]														[A]	[m]	[A]
M_05 COMPRESOR	1	3	3	220	5	J	16.70	20.88	33	3	30	1-3	0.94	1	22.21	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	1.95	4.66	1.55	1.55	1.55
M_06 MEZCLADORA DE PINTURA 1	2	3	3	220	15	G	46.20	57.75	42	3	70	4-6	0.94	0.8	76.80	33.62 - (2)	5.26 - (10)	(1 1/4 ")	1.29	13.99	4.66	4.66	4.66
P_02 POLIPASTO 2	3	3	3	220	2	D	7.50	9.38	44	3	15	4-6	0.94	0.8	12.47	3.31 - (12)	2.08 - (14)		1.96	1.87	0.62	0.62	0.62
M_07 MEZCLADORA DE PINTURA 2	4	3	3	220	15	J	46.20	57.75	39	3	70	4-6	0.94	0.8	76.80	33.62 - (2)	5.26 - (10)	(1 1/4 ")	1.20	13.99	4.66	4.66	4.66
P_03 POLIPASTO 3	5	3	3	220	2	D	7.50	9.38	41	3	15	4-6	0.94	0.8	12.47	3.31 - (12)	2.08 - (14)		1.83	1.87	0.62	0.62	0.62
M_08 MEZCLADORA DE PINTURA 3	6	3	3	220	15	J	46.20	57.75	41	3	70	4-6	0.94	0.8	76.80	33.62 - (2)	5.26 - (10)	(1 1/4 ")	1.26	13.99	4.66	4.66	4.66
P_04 POLIPASTO 4	7	3	3	220	2	D	7.50	9.38	39	3	15	4-6	0.94	0.8	12.47	3.31 - (12)	2.08 - (14)		1.74	1.87	0.62	0.62	0.62
M_09 AGITADOR EN TANQUE 3	8	3	3	220	10	H	30.80	38.50	30	3	50	4-6	0.94	0.8	51.20	13.30 - (6)	5.26 - (10)	(1 ")	1.40	9.33	3.11	3.11	3.11
P_06 POLIPASTO 6	9	3	3	220	2	D	7.50	9.38	34	3	15	4-6	0.94	0.8	12.47	3.31 - (12)	2.08 - (14)		1.52	1.87	0.62	0.62	0.62
P_05 POLIPASTO 5	10	3	3	220	2	D	7.50	9.38	36	3	15	1-3	0.94	1	9.97	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	1.60	1.87	0.62	0.62	0.62
M_10 DISPERSO 1	11	3	3	220	5	K	16.70	20.88	43	3	30	1-3	0.94	1	22.21	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	2.54	4.66	1.55	1.55	1.55
M_13 MEZCLADOR DE PINTURA 4	12	3	3	220	10	H	30.80	38.50	33	3	50	4-6	0.94	0.8	51.20	13.30 - (6)	5.26 - (10)	(1 ")	1.54	9.33	3.11	3.11	3.11
P_07 POLIPASTO 7	13	3	3	220	2	D	7.50	9.38	31	3	15	4-6	0.94	0.8	12.47	3.31 - (12)	2.08 - (14)		1.38	1.87	0.62	0.62	0.62
M_11 DISPERSOR 2	14	3	3	220	5	K	16.70	20.88	44	3	30	4-6	0.94	0.8	27.76	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(3/4 ")	2.60	4.66	1.55	1.55	1.55
M_12 DISPERSOR 3	15	3	3	220	5	K	16.70	20.88	40	3	30	4-6	0.94	0.8	27.76	5.26 - (10)	3.31 - (12)		2.37	4.66	1.55	1.55	1.55
ALIMENTADOR PRINCIPAL	N/A	3	6	220	N/A	N/A	312	323.55	10	3	350	4-6	0.94	0.8	430.25	107.02 - (4/0)	33.62 - (2)	(3 ")	0.66	90.45	N/A	N/A	N/A

Total motores 15
 Carga Instalada [kW] 90.45

Carga total por fase [kW]:	26.42	26.42	26.42
Carga Mayor [kW]:	26.42		
Carga Menor [kW]:	26.42		
Desbalanceo [%]:	0		

CLIENTE:
 INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO
PROYECTO:
 RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
TÍTULO:
 CUADRO DE CARGAS DE:
 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CCM_01
REVISIÓN: A
FECHA: NOVIEMBRE 2018
PLANO: CC-01

Tablero: **TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN "TS_01"**
 Ubicación: **NAVE "A"**
 Cobertura: **MOTORES DE NAVE "A"**

Sistema: **3F - 3H**
 Tensión [Vc.a.]: **220**
 F.P.: **0.9**

Marca: **SQUARE D**
 Tipo: **INTERRUPTOR PRINCIPAL**
 No. Cat.: **NQ184AB100S**

Corriente Máx de barras [A]: **100**
 Interruptor principal [A]: **100**
 No. Máx. de circuitos: **18**

Temperatura ambiente [°C]: **31-35**

Descripción	Circuito Trifasico	Fases	Hilos	Características del motor				Corriente del circuito del motor 1.25 x I pc	Longitud [m]	P O L O S	valor comercial I TM [A]	No. Cond.	F.T.	F.A.	Corriente corregida I Tabla	Conductor de Fase mm ² - (AWG)	Conductor de puesta a tierra mm ² - (AWG)	Tubo Tamaño Comercial	PorcentajeCáida de Tensión (% e)	Potencia motor 3φ [kW]	Carga Instalada por Fase [kW]		
				Tensión [Vc.a.]	Potencia [HP]	Letra deCodigo	Corriente plena carga I PC [A]														A	B	C
				[Vc.a.]	[HP]		[A]														[A]	[A]	[A]
M_01 LLENADORA DE RESISTOL	1	3	3	220	0.5	J	2.40	3.00	24	3	30	1-3	0.94	1	3.19	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	0.34	0.47	0.16	0.16	0.16
M_02 AGITADOR EN TANQUE 1	2	3	3	220	10	B	30.80	38.50	12	3	50	1-3	0.94	1	40.96	8.36 - (8)	5.26 - (10)	(3/4 ")	0.87	9.33	3.11	3.11	3.11
M_03 AGITADOR EN TANQUE 2	3	3	3	220	10	B	30.80	38.50	29	3	50	4-6	0.94	0.8	51.20	13.30 - (6)	5.26 - (10)	(1 ")	1.35	9.33	3.11	3.11	3.11
P_01 POLIPASTO 1	5	3	3	220	2	D	7.50	9.38	35	3	15	4-6	0.94	0.8	12.47	3.31 - (12)	2.08 - (14)		1.56	1.87	0.62	0.62	0.62
M_04 COMPRESOR 1	4	3	3	220	5	D	16.70	20.88	37	3	30	1-3	0.94	1	22.21	5.26 - (10)	5.26 - (10)	(1/2 ")	2.19	4.66	1.55	1.55	1.55
DISPONIBLE	5	3	3	220																			
DISPONIBLE	6	3	3	220																			
ALIMENTADOR PRINCIPAL	N/A	3	3	220	N/A	N/A	88.20	95.9	6	3	100	4-6	0.94	0.8	127.53	53.49 - (1/0)	8.36 - (8)	(1 1/2 ")	0.19	25.64	N/A	N/A	N/A

Total motores 5
Carga Instalada [kW] 25.64

Carga total por fase [kW]:	0.16	0.16	0.16
Carga Mayor [kW]:	0.16		
Carga Menor [kW]:	0.16		
Desbalanceo [%]:	0		

CLIENTE:
 INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO
PROYECTO:
 RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
TÍTULO:
 CUADRO DE CARGAS DE:
 TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN TS_01
REVISIÓN: A
FECHA: NOVIEMBRE 2018
PLANO: **CC-02**

Tablero: TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN "TS_02"
 Ubicación: NAVE "C"
 Cobertura: MOTORES DE NAVE "C"

Sistema: 3F - 3H
 Tensión [Vc.a.]: 220
 F.P.: 0.9

Marca: SQUARE D
 Tipo: INTERRUPTOR PRINCIPAL
 No. Cat.: NQ184AB100S

Corriente Máx de barras [A]: 100
 Interruptor principal [A]: 225
 No. Máx. de circuitos: 18

Temperatura ambiente [°C]: 31-35

Descripción	Circuito Trifásico	Fases	Hilos	Características del motor				Corriente del circuito del motor 1.25 x I _{pc}	Longitud [m]	P.O.S.	valor comercial I _{TM} [A]	Ajuste corriente plena carga	No. Cond.	F.T.	F.A.	Corriente corregida I _{Tabla}	Conductor de Fase mm ² - (AWG)	Conductor de puesta a tierra mm ² - (AWG)	Tubo	Porcentaje Carga de Tensión (% e)	Potencia motor 3φ [kW]	Carga Instalada por Fase [kW]		
				Tamaño Comercial	A	B	C																	
				[Vc.a.]	[HP]	Letra de Código	[A]												[A]			[m]	[A]	mm ² - (AWG)
M_15 MÁQUINA DE SOPLADO 1	1	3	3	220	10	D	30.80	38.50	9	3	50	32	4-6	0.94	0.8	51.20	13.30 - (6)	5.26 - (10)	(1 1/4")	0.42	9.33	3.11	3.11	3.11
M_16 MÁQUINA DE SOPLADO 2	2	3	3	220	10	D	30.80	38.50	13	3	50	32	4-6	0.94	0.8	51.20	13.30 - (6)	5.26 - (10)	(1 1/4")	0.61	9.33	3.11	3.11	3.11
M_17 ENFRIADOR DE AGUA	3	3	3	220	3	D	10.60	13.25	16	3	30	11	4-6	0.94	0.8	17.62	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1 ")	1.01	2.80	0.93	0.93	0.93
M_18 MÁQUINA DE SOPLADO 3	4	3	3	220	10	D	30.80	38.50	20	3	50	32	4-6	0.94	0.8	51.20	13.30 - (6)	5.26 - (10)	(1 ")	0.93	9.33	3.11	3.11	3.11
M_19 MOLINO DE PLASTICO 1	5	3	3	220	10	D	30.80	38.50	28	3	50	32	4-6	0.94	0.8	51.20	13.30 - (6)	5.26 - (10)	(1 ")	1.31	9.33	3.11	3.11	3.11
M_20 MOLINO DE PLASTICO 2	6	3	3	220	5	D	16.70	20.88	34	3	30	17	4-6	0.94	0.8	27.76	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1 ")	2.01	4.66	1.55	1.55	1.55
ALIMENTADOR PRINCIPAL	N/A	3	3	220	N/A	N/A	150.50	158.2	6	3	225		4-6	0.94	0.8	210.37	53.49 - (1/0)	21.15 - (4)	(1 1/2")	0.32	44.76	N/A	N/A	N/A

Total motores: 1
 Carga Instalada [kW]: 44.76

Carga total por fase [kW]: 3.11 3.11 3.11
 Carga Mayor [kW]: 3.11
 Carga Menor [kW]: 3.11
 Desbalanceo [%]: 0

CLIENTE:
 INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO
PROYECTO:
 RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
TÍTULO:
 CUADRO DE CARGAS DE:
 TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN TS_01
REVISIÓN: A
FECHA: NOVIEMBRE 2018
PLANO: CC-03

Tablero: **TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS "TAC_01"**
 Ubicación: **NAVE A ENTRADA**
 Cobertura: **ALUMBRADO Y CONTACTOS NAVE A Y B**

Sistema: **3F - 4H**
 Tensión [Vc.a.] : **220 127**
 F.P. **0.9**

Marca: **SQUARE D**
 Tipo: **INTERRUPTOR PRINCIPAL**
 No. Cat.: **NQ184AB100S**

Corriente Máx de barras [A]: **100**
 Interruptor principal [A]: **100**
 No. Máx. de circuitos: **18**

Temperatura ambiente [°C]: **31-35**

Descripción	Circuito	Tensión [Vc.a.]	Fases	Hilos	Cargas				Carga Instalada	F.D.	Carga Demandada	Corriente Nominal In	Corriente de circuito 1.25 I continua	Polos	ITM	No. Cond.	F.T.	F.A.	Corriente corregida I Tabla	Conductor de Fase	Conductor de puesta a tierra	Tubo		Caída de Tensión (% e)	Carga Instalada por Fases [W]			Circuito			
					Unidad Carga	Lum.	Contacto duplex	Caldera 2φ														Lum. Fluorescente	Tamaño Comercial		Longitud	A	B		C		
					[W]	250	360	2														35	[W]		[m]	[W]	[W]		[W]		
					[VA]	[HP]	[A]	[mm ² - (AWG)]														[mm ² - (AWG)]	[mm]		[%]						
LUMINARIAS NAVE "A" (C1)	5	127	1	2		4	0	0	0	1000	1	1000	8.75	10.94	1	15	1-3	0.91	1	16.48	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	26	2.16			1000	5		
LUMINARIAS NAVE "B" (C2)	1	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	6.56	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	35	2.18	750			1		
LUMINARIAS NAVE "B" (C3)	6	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	6.56	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	23	1.43			750	6		
LUMINARIAS NAVE "B" (C4)	3	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	6.56	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	29	1.81		750		3		
LUMINARIAS NAVE "B" (C5)	11	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	6.56	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	17	1.06			750	11		
LUMINARIAS NAVE "B" (C6)	12	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	6.56	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	36	2.25			750	12		
LUMINARIAS NAVE "B" (C7)	2	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	6.56	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	24	1.50	750			2		
CONTACTOS NAVE "A" ENTRADA (C8)	7	127	1	2		0	4	0	0	1296	1	1296	11.34	11.34	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	25	1.61	1296			7		
CONTACTOS NAVE "A" LADO IZQUIERDO (C9)	4	127	1	2		0	3	0	0	972	1	972	8.50	8.50	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	16	0.77		972		4		
CONTACTOS NAVE "B" ENTRADA (C10)	10	127	1	2		0	4	0	0	1296	1	1296	11.34	11.34	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	32	2.06		1296		10		
DISPONIBLE	8																														8
DISPONIBLE	9																														9
DISPONIBLE	13																														13
DISPONIBLE	14																														14
DISPONIBLE	15																														15
DISPONIBLE	16																														16
DISPONIBLE	17																														17
DISPONIBLE	18																														18
ALIMENTADOR PRINCIPAL	N/A	220	3	4	N/A	22	11	0	N/A	9064	1	9064	79.30	81.49	3	100	4-6	0.91	0.8	137.36	53.49 - (1/0)	8.36 - (8)	(2")	10	0.28	N/A	N/A	N/A			

Total contactos **11**
 Total luminarias **22**

Carga total instalada [kW] **9.06**
 Carga total demandada [kW] **9.06**

Carga total por fase [W]: **2796 3018 3250**
 Carga Mayor [W]: **3250**
 Carga Menor [W]: **2796**

Desbalanceo [%]: **13.97**

CLIENTE:
 INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO
PROYECTO:
 RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
TÍTULO:
 CUADRO DE CARGAS DE:
 TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS TAC_01
REVISIÓN: A
FECHA: NOVIEMBRE 2018 **PLANO:** **CC-04**

Tablero: **TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS "TAC_02"**
 Ubicación: **NAVE "A" CUARTO CALDERA**
 Cobertura: **ALUMBRADO Y CONTACTOS NAVE "A" Y "B"**

Sistema: **3F - 4H** Marca: **SQUARE D**
 Tensión [Vc.a.]: **220 127** Tipo: **INTERRUPTOR PRINCIPAL**
 F.P.: **0.9** No. Cat.: **NQ184AB100S**

Corriente Máx de barras [A]: **100** Temperatura ambiente [°C]: **31-35**
 Interruptor principal [A]: **100**
 No. Máx. de circuitos: **18**

Descripción	Circuito	Tensión [Vc.a.]	Fases	Hilos	Cargas				Carga Instalada	F.D.	Carga Demandada	Corriente Nominal In	Corriente de circuito 1.25 I continua	Polos	ITM	No. Cond.	F.T.	F.A.	Corriente corregida I Tabla	Conductor de Fase	Conductor de puesta a tierra	Tubo	L. longitud	Caída de Tensión (% e)	Carga Instalada por Fases [W]			Circuito							
					Unidad Carga	Lum.	Contacto duplex	Caldera 2φ														Lum. Fluorescente			Tamaño Comercial	A	B		C						
					[W] [VA] [HP]	250 360		2														35			[W]	[W]	[A]		[A]	[A]	mm ² - (AWG)	mm ² - (AWG)	["]	[m]	[%]
LUMINARIAS NAVE "A" (C1)	1	127	1	2		4	0	0	0	1000	1	1000	8.75	10.94	1	15	1-3	0.91	1	16.48	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	28	2.33	1000			1						
LUMINARIAS NAVE "B" (C2)	2	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	8.20	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	30	1.87	750			2						
LUMINARIAS NAVE "B" (C3)	3	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	8.20	1	15	4-6	0.91	1	16.48	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	19	1.19		750		3						
LUMINARIAS NAVE "B" (C4)	4	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	8.20	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	36	2.25		750		4						
LUMINARIAS NAVE "B" (C5)	5	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	8.20	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	25	1.56			750	5						
LUMINARIAS OFICINAS NAVE "B" (C6)	6	127	1	2		0	0	0	2	70	1	70	0.61	0.77	1	15	1-3	0.91	1	16.48	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	28	0.16			70	6						
LUMINARIAS CALDERA ALMACEN NAVE "A" (C7)	7	127	1	2		0	0	0	2	70	1	70	0.61	0.77	1	15	1-3	0.91	1	16.48	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	27	0.16	70			7						
CONTACTOS CALDERA NAVE "A" (C8)	8	127	1	2		0	3	0	0	972	1	972	8.50	8.50	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	8	0.39	972			8						
CONTACTOS BAÑOS NAVE "B" (C9)	9	127	1	2		0	3	0	0	972	1	972	8.50	8.50	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	33	1.59		972		9						
CONTACTOS OFICINAS NAVE "A" (C10)	10	127	1	2		0	4	0	0	1296	1	1296	11.34	11.34	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(3/4 ")	20	1.29		1296		10						
CONTACTOS OFICINAS NAVE "A" (C11)	11	127	1	2		0	5	0	0	1620	1	1620	14.17	14.17	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(3/4 ")	36	2.89			1620	11						
CALDERA NAVE "A" (C12)	12	127	1	2		0	0	1	0	1865	1	1865	16.32	16.32	1	15	1-3	0.91	1	16.48	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	10	0.71			1865	12						
DISPONIBLE	13																														0			13	
DISPONIBLE	14																															0			14
DISPONIBLE	15																														0			15	
DISPONIBLE	16																														0			16	
DISPONIBLE	17																														0			17	
DISPONIBLE	18																														0			18	
ALIMENTADOR PRINCIPAL	N/A	220	3	4	N/A	16	15	1	N/A	10865	1	10865	95.06	104.11	3	100	4-6	0.94	0.8	132.98	53.49 - (1/0)	8.36 - (8)	(2")	26	0.88	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		

Total contactos: 15
 Total luminarias: 16

Carga total instalada [kW]: 10.87
 Carga total demandada [kW]: 10.87

Carga total por fase [W]:
 Carga Mayor [W]: 2792 3768 4305
 Carga Menor [W]: 2792

Desbalanceo [%]: 35.1452

CLIENTE:
 INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO
PROYECTO:
 RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
TÍTULO:
 CUADRO DE CARGAS DE:
 TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS TAC_02
REVISIÓN: A
FECHA: NOVIEMBRE 2018 **PLANO:** CC-05

Tablero: **TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS "TAC_03"**
 Ubicación: **NAVE "C" ENTRADA PRINCIPAL**
 Cobertura: **ALUMBRADO Y CONTACTOS NAVE "C"**

Sistema: **3F - 4H**
 Tensión [Vc.a.]: **220 127**
 F.P.: **0.9**

Marca: **SQUARE D**
 Tipo: **INTERRUPTOR PRINCIPAL**
 No. Cat.: **NQ184AB100S**

Corriente Máx de barras [A]: **100**
 Interruptor principal [A]: **100**
 No. Máx. de circuitos: **18**

Temperatura ambiente [°C]: **31-35**

Descripción	Circuito	Tensión [Vc.a.]	Fases	Hilos	Cargas				Carga Instalada	F.D.	Carga Demandada	Corriente Nominal In	Corriente de circuito 1.25 I continua	Polos	ITM	No. Cond.	F.T.	F.A.	Corriente corregida I Tabla	Conductor de Fase	Conductor de puesta a tierra	Tubo	Longitud	Caída de Tensión (% e)	Carga Instalada por Fases [W]			Circuito		
					Unidad Carga	Lum.	Contacto duplex	bomba 1φ														Lum. Fluorescente			Tamaño Comercial	A	B		C	
																														[W]
					[W]	250	324	932.5	35	[W]		[W]	[A]	[A]				[A]	mm ² - (AWG)	mm ² - (AWG)	["]	[m]	[%]	A	B	C				
LUMINARIAS NAVE "C" (C1)	1	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	8.20	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	29	1.81	750			1	
LUMINARIAS NAVE "C" (C2)	2	127	1	2		3	0	0	0	750	1	750	6.56	8.20	1	15	4-6	0.91	0.8	20.60	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(3/4 ")	35	2.18	750			2	
LUMINARIAS NAVE "C" (C3)	3	127	1	2		4	0	0	0	1000	1	1000	8.75	10.94	1	15	1-3	0.91	1	16.48	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	27	2.25		1000		3	
LUMINARIAS OFICINAS NAVE "C" (C4)	4	127	1	2		0	0	0	2	70	1	70	0.61	0.77	1	15	1-3	0.91	1	16.48	3.31 - (12)	2.08 - (14)	(1/2 ")	32	0.19		70		4	
CONTACTOS LADO IZQUIERDO NAVE "C" (C5)	5	127	1	2		0	3	0	0	972	1	972	8.50	8.50	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	8	0.39			972	5	
CONTACTOS OFICINAS NAVE "C" (C6)	6	127	1	2		0	4	0	0	1296	1	1296	11.34	11.34	1	20	4-6	0.91	0.8	27.47	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(3/4 ")	36	2.31			1296	6	
CONTACTOS LADO DERECHO NAVE "C" (C7)	7	127	1	2		0	3	0	0	972	1	972	8.50	8.50	1	20	4-6	0.91	0.8	27.47	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(3/4 ")	49	2.36	972			7	
M_14 MOTOBOMBA	9	127	1	2		0	0	1	0	932.5	1	932.5	8.16	8.16	1	20	1-3	0.91	1	21.98	5.26 - (10)	3.31 - (12)	(1/2 ")	10	0.46		932.5		9	
DISPONIBLE	8																													8
DISPONIBLE	10																													10
DISPONIBLE	11																													11
DISPONIBLE	12																													12
DISPONIBLE	13																													13
DISPONIBLE	14																													14
DISPONIBLE	15																													15
DISPONIBLE	16																													16
DISPONIBLE	17																													17
DISPONIBLE	18																													18
ALIMENTADOR PRINCIPAL	N/A	220	3	4	N/A	10	10	1	2	6742.5	1	6742.5	58.99	64.61	3	100	4-6	0.91	0.8	137.36	53.49 - (1/0)	8.36 - (8)	(2")	10	0.34	N/A	N/A	N/A		

Total contactos
 Total luminarias

Carga total instalada [kW]
 Carga total demandada [kW]

Carga total por fase [W]:
 Carga Mayor [W]:
 Carga Menor [W]:
 Desbalanceo [%]:

CLIENTE:
 INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO
PROYECTO:
 RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
TÍTULO:
 CUADRO DE CARGAS DE:
 TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS TAC_03
REVISIÓN: A
FECHA: NOVIEMBRE 2018 **PLANO:**



CAPÍTULO 5

JUSTIFICACIÓN

ECONÓMICA



5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

5.1 Costo del proyecto por precios unitarios

Para obtener el costo total de esta propuesta de solución se elaboró un catálogo de conceptos que incluye la descripción de todo lo necesario para poder llevar a cabo esta propuesta de solución. Este catálogo de conceptos se dividió en tres apartados los cuales se presentan a continuación:

- **Materiales y equipos de la instalación eléctrica.** Con los planos eléctricos de detalle se realizó la cuantificación del número total de tramos de tubo conduit, la longitud de los diferentes calibres de conductores eléctricos y las piezas totales de los accesorios para la instalación eléctrica. Se consultaron catálogos de los principales proveedores de material eléctrico del país para obtener el precio de cada uno de estos materiales y equipos los cuales se encuentran actualizados del presente año.
- **Costo de la mano de obra para la ejecución del proyecto.** El precio de la mano de obra calificada para proyectos del tipo industrial se estima entre un 20 y 40% del costo total de los materiales y equipos, en este caso se consideró un valor intermedio el cual es del 35% como se indica en la tabla 5.2.
- **Costo del proyecto de ingeniería.** De manera general el costo por la realización de un proyecto eléctrico para instalaciones eléctricas industriales se encuentra entre el 5 y 10% del costo total de los materiales y equipos, para fines de este proyecto, consideramos una utilidad del 7%, siendo este porcentaje la ganancia que se tendría por la realización de este proyecto el cual se indica en la Tabla 5.3.

A continuación, se muestra el catálogo de conceptos el cual incluye la descripción técnica de material o equipo eléctrico, la marca del fabricante, el número de catálogo el cual hace referencia a un artículo específico publicado en el catálogo general del proveedor, La unidad en que este elemento debe ser suministrado, es decir piezas (PZA), metros lineales (ML), tramos (TMO), juego (JGO), jornada laboral (JDA), la cantidad y el precio unitario.

De esta manera, se calculará el precio total de nuestra propuesta de solución y se tomará como base para el análisis comparativo que justificará la inversión del apartado 5.2.



Tabla 5.1 Catálogo de conceptos de lista de materiales y equipos eléctricos

PROYECTO: RECONFIGURACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA							
CLIENTE: PLANTA INDUSTRIAL DE RECUBRIMIENTOS PARA MADERA Y PEGAMENTO BLANCO							
CANALIZACIÓN Y ACCESORIOS TUBO METÁLICO SEMIPESADO							
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MARCA	No. CATÁLOGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: TUBO CONDUIT METÁLICO SEMIPESADO (IMC) [PARED GRUESA] DE ACERO GALVANIZADO CON ROSCA Y COPLÉ EN UNO DE SUS EXTREMOS, EN TRAMOS DE 3.05 m. DE LONGITUD, DE LOS SIGUIENTES						
1.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	OMEGA		PZA	105	\$220.00	\$23,100.00
1.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	OMEGA		PZA	74	\$270.00	\$19,980.00
1.3	27 mm (1") DE DIÁMETRO	OMEGA		PZA	59	\$309.00	\$18,231.00
1.4	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	OMEGA		PZA	8	\$415.00	\$3,320.00
2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CONDULET SERIE 7 OVALADA DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE, ACABADO ESTANDAR CON TAPA CIEGA Y EMPAQUE INTEGRADO DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:						
2.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	L-17	PZA	31	\$186.00	\$5,766.00
2.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	L-27	PZA	10	\$236.00	\$2,360.00
2.3	27 mm (1") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	L-37	PZA	5	\$438.00	\$2,190.00
2.4	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	L-47	PZA	1	\$558.00	\$558.00
2.5	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	C-17	PZA	4	\$166.00	\$664.00
2.6	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	C-27	PZA	1	\$236.00	\$236.00
2.7	27 mm (1") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	C-37	PZA	3	\$438.00	\$1,314.00
2.8	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	C-47	PZA	1	\$558.00	\$558.00
2.9	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	T-17	PZA	15	\$206.00	\$3,090.00
2.10	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	T-27	PZA	12	\$256.00	\$3,072.00
2.11	27 mm (1") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	T-37	PZA	3	\$458.00	\$1,374.00
2.12	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	T-47	PZA	1	\$578.00	\$578.00
3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CONECTOR PARA TUBO CONDUIT TIPO MYER CON PUESTA A TIERRA DE LOS SIGUIENTES						
3.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	STAG-1	PZA	20	\$213.00	\$4,260.00
3.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	STAG-2	PZA	18	\$232.00	\$4,176.00
3.3	27 mm (1") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	STAG-3	PZA	10	\$269.00	\$2,690.00
3.4	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	STAG-4	PZA	8	\$308.00	\$2,464.00
4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: TUBO CONDUIT METÁLICO FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS TIPO LFMC (LIQUIDTIGHT) DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:						
4.1	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS		ML	30	\$20.00	\$600.00
5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CONECTOR RECTO PARA TUBO CONDUIT METÁLICO FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS TIPO LFMC (LIQUIDTIGHT) DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:						
5.1	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS		PZA	19	\$13.00	\$247.00
6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CONECTOR CURVO PARA TUBO CONDUIT METÁLICO FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS TIPO LFMC (LIQUIDTIGHT) DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:						
6.1	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS		PZA	19	\$13.00	\$247.00
CANALIZACIÓN Y ACCESORIOS TUBO METÁLICO PESADO							
7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: TUBO CONDUIT METÁLICO PESADO (RMC) [CEDULA 40] DE ACERO GALVANIZADO CON ROSCA Y COPLÉ EN UNO DE SUS EXTREMOS, EN TRAMOS DE 3.05 m. DE LONGITUD, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:						
7.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	OMEGA		PZA	74	\$220.00	\$16,280.00
7.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	OMEGA		PZA	130	\$270.00	\$35,100.00
7.3	27 mm (1") DE DIÁMETRO	OMEGA		PZA	43	\$309.00	\$13,287.00
7.4	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	OMEGA		PZA	74	\$415.00	\$30,710.00
8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CONDULET PARA ÁREAS PELIGROSAS CLASIFICADAS SERIE GUA A PRUEBA DE EXPLOSIÓN DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:						



CAPÍTULO 5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA



8.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAL-16	PZA	5	\$220.00	\$1,100.00	
8.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAL-26	PZA	3	\$229.00	\$687.00	
8.3	27 mm (1") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAL-36	PZA	4	\$426.00	\$1,704.00	
8.4	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAL-49	PZA	9	\$545.00	\$4,905.00	
8.5	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAC-16	PZA	6	\$220.00	\$1,320.00	
8.6	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAC-26	PZA	2	\$229.00	\$458.00	
8.7	27 mm (1") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAC-36	PZA	4	\$426.00	\$1,704.00	
8.8	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAC-49	PZA	9	\$545.00	\$4,905.00	
8.9	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAT-16	PZA	0	\$220.00	\$0.00	
8.10	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAT-26	PZA	1	\$229.00	\$229.00	
8.11	27 mm (1") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAT-36	PZA	2	\$426.00	\$852.00	
8.12	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	GUAT-49	PZA	3	\$545.00	\$1,635.00	
9	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: SELLO PARA TUBO CONDUIT POSICION VERTICAL 7 HORIZONTAL INSTALADO EN ÁREAS PELIGROSAS CLASIFICADAS DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:							
	9.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	EYS-11	PZA	3	\$260.00	\$780.00
	9.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	EYS-21	PZA	3	\$293.00	\$879.00
	9.3	27 mm (1") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	EYS-31	PZA	3	\$368.00	\$1,104.00
	9.4	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	EYS-4	PZA	3	\$438.00	\$1,314.00
10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: TUBO CONDUIT METÁLICO FLEXIBLE DE ACERO INOXIDABLE ENMALLADO APROBADO PARA ÁREAS PELIGROSAS CLASIFICADAS DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS.							
	10.1	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO x 36 PULGADAS	CROUSE- HINDS	ECGJH236	PZA	8	\$10,450.00	\$83,600.00
11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CAJA DE REGISTRO SERIE RECTANGULAR TIPO FS DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:							
	11.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	FS-1	PZA	27	\$352.00	\$9,504.00
11.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	FS-2	PZA	18	\$372.00	\$6,696.00	
12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CAJA DE REGISTRO SERIE RECTANGULAR TIPO FSC DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:							
	12.1	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	FSA-2	PZA	32	\$517.00	\$16,544.00
13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CAJA DE REGISTRO SERIE RECTANGULAR TIPO FSL DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:							
	13.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	FSL-1	PZA	5	\$584.00	\$2,920.00
13.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	FSL-2	PZA	1	\$685.00	\$685.00	
14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CAJA DE REGISTRO SERIE RECTANGULAR TIPO FST DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:							
	14.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	CROUSE- HINDS	FSCT-1	PZA	2	\$658.00	\$1,316.00
15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: COMPUESTO "CHICO" DE 2.27 kg. UTILIZADO PARA EFECTUAR UN SELLO EN ÁREAS PELIGROSAS CLASIFICADAS							
	CROUSE- HINDS	CHICO A05	PZA	1	\$1,240.00	\$1,240.00		
16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: ESTACIÓN DE BOTONES DE ARRANQUE Y PARO, APROBADA PARA ÁREAS PELIGROSAS CLASIFICADAS CLASE I DIV. 1 Y 2							
	CROUSE- HINDS	EDS-2190 DBR	PZA	8	\$2,350.00	\$18,800.00		
17	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: TAPA PARA CONTACTO DÚPLEX PARA CAJA DE REGISTRO SERIE RECTANGULAR							
	CROUSE- HINDS	DS-23	PZA	85	\$292.00	\$24,820.00		
18	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CONTACTO DÚPLEX POLARIZADO CON TERMINAL DE PUESTA A TIERRA PARA USO INDUSTRIAL 2 POLOS 3 HILOS 20 A 127 V							
	LEVITON	5362-SI	PZA	85	\$30.50	\$2,592.50		
19	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CLAVIJA DE MEDIA VUELTA PARA USO RUDO							
	LEVITON	3331-C	PZA	20	\$45.00	\$900.00		
20	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CONECTOR COLGANTE HEMBRA DE MEDIA VUELTA PARA USO RUDO							
	LEVITON	3333-C	PZA	20	\$45.00	\$900.00		
21	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CADENA TIPO VICTOR DE ACERO GALVANIZADO DE							
	FIERO	CADE-25	ML	50	\$33.00	\$1,650.00		
SOPORTE Y SUJECCIÓN								
20	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: ABRAZADERA PARA FIJAR TUBO CONDUIT A UNICANAL DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:							
	20.1	16 mm (1/2") DE DIÁMETRO	ANCLO	AU-12	PZA	251	\$18.00	\$4,518.00
	20.2	21 mm (3/4") DE DIÁMETRO	ANCLO	AU-34	PZA	286	\$19.20	\$5,491.20
	20.3	27 mm (1") DE DIÁMETRO	ANCLO	AU-100	PZA	147	\$22.84	\$3,357.48



CAPÍTULO 5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA



20.4	35 mm (1 1/4") DE DIÁMETRO	ANCLO	AU-114	PZA	137	\$28.54	\$3,909.98
21	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: PERFIL UNICANAL SOLIDO GALVANIZADO DE 4 X 4 "	CROUSE- HINDS	CHB 24	TMO	13	\$357.04	\$4,641.52
22	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: VARILLA ROSCADA DE 3/8"	ANCLO	BR-38 300	TMO	4	\$128.00	\$512.00
23	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: TUERCA Y ROLDANA PLANA DE 3/8"	ANCLO	TH 38 RPL 38	JGO	26	\$12.00	\$312.00
24	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: MORDAZA DE ACERO FUABARRAS CON OPRESOR TEMPLADO	ANCLO	MA 114 38	PZA	25	\$44.76	\$1,119.00
25	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: TAQUETE DE PLASTICO GRIS CON PIJA FUADORA DE	THORSMAN		JGO	300	\$6.00	\$1,800.00
CONDUCTORES ELÉCTRICOS							
26	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CABLE MONOPOLAR DE COBRE SUAVE CON AISLAMIENTO THHW-LS PARA OPERAR A 600 VOLTS, 90°C. EN LOS SIGUIENTES CALIBRES:						
26.1	CALIBRE 12 AWG COLOR NEGRO	CONDUMEX		ML	553	\$23.76	\$13,139.28
26.2	CALIBRE 12 AWG COLOR ROJO	CONDUMEX		ML	480	\$23.76	\$11,404.80
26.3	CALIBRE 12 AWG COLOR AZUL	CONDUMEX		ML	427	\$23.76	\$10,145.52
26.4	CALIBRE 12 AWG COLOR BLANCO	CONDUMEX		ML	539	\$23.76	\$12,806.64
26.5	CALIBRE 10 AWG COLOR NEGRO	CONDUMEX		ML	335	\$26.76	\$8,964.60
26.6	CALIBRE 10 AWG COLOR ROJO	CONDUMEX		ML	340	\$26.76	\$9,098.40
26.7	CALIBRE 10 AWG COLOR AZUL	CONDUMEX		ML	320	\$26.76	\$8,563.20
26.8	CALIBRE 10 AWG COLOR BLANCO	CONDUMEX		ML	384	\$26.76	\$10,275.84
26.9	CALIBRE 8 AWG COLOR NEGRO	CONDUMEX		ML	13	\$38.16	\$496.08
26.10	CALIBRE 8 AWG COLOR ROJO	CONDUMEX		ML	13	\$38.16	\$496.08
26.11	CALIBRE 8 AWG COLOR AZUL	CONDUMEX		ML	13	\$38.16	\$496.08
26.12	CALIBRE 6 AWG COLOR NEGRO	CONDUMEX		ML	169	\$48.24	\$8,152.56
26.13	CALIBRE 6 AWG COLOR ROJO	CONDUMEX		ML	169	\$48.24	\$8,152.56
26.14	CALIBRE 6 AWG COLOR AZUL	CONDUMEX		ML	169	\$48.24	\$8,152.56
26.15	CALIBRE 2 AWG COLOR NEGRO	CONDUMEX		ML	126	\$94.50	\$11,907.00
26.16	CALIBRE 2 AWG COLOR ROJO	CONDUMEX		ML	126	\$94.50	\$11,907.00
26.17	CALIBRE 2 AWG COLOR AZUL	CONDUMEX		ML	126	\$94.50	\$11,907.00
26.18	CALIBRE 1/0 AWG COLOR NEGRO	CONDUMEX		ML	183	\$126.00	\$23,058.00
26.19	CALIBRE 250 kcmil COLOR NEGRO	CONDUMEX		ML	185	\$207.00	\$38,295.00
27	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CABLE TIPO USO RUDO DE 3 x 14 AWG	CONDUMEX		ML	50	\$43.00	\$2,150.00
28	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CABLE MONOPOLAR DE COBRE SUAVE DESNUDO CABLEADO Y FORMADO POR CAPAS CONCÉNTRICAS PARA 75°C, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:						
28.1	CALIBRE 14 AWG	CONDUMEX		ML	816	\$21.48	\$17,527.68
28.2	CALIBRE 12 AWG	CONDUMEX		ML	468	\$23.00	\$10,764.00
28.3	CALIBRE 10 AWG	CONDUMEX		ML	333	\$26.00	\$8,658.00
28.4	CALIBRE 8 AWG	CONDUMEX		ML	36	\$35.29	\$1,270.44
28.5	CALIBRE 2 AWG	CONDUMEX		ML	10	\$86.00	\$860.00
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA							
29	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: CABLE MONOPOLAR DE COBRE SUAVE DESNUDO CABLEADO Y FORMADO POR CAPAS CONCÉNTRICAS PARA 75°C, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS:						
29.1	CALIBRE 2/0 AWG	CONDUMEX		ML	218	\$85.00	\$18,530.00
30	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: REGISTRO CILÍNDRICO PREFABRICADO PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA, CON ARON Y TAPA DE CONCRETO POLIMÉRICO DE 30 CM DE DIÁMETRO, DOBLE TORNILLO Y CUERPO DE PCV.	CYVSE		PZ	10	\$3,620.00	\$36,200.00
31	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: TERMINAL DE COMPRESIÓN MECÁNICA PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA, PARA CONECTAR CABLE A ELECTRODO	BURNDY	GAR-6429	PZA	10	\$306.00	\$3,060.00
32	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA DE 5/8" DE DIÁMETRO Y 3.05 m DE LONGITUD			PZA	10	\$200.00	\$2,000.00
33	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: PINZA CON CABLE ESPIRAL TERMINADO EN ZAPATA, PARA SU INSTALACIÓN FIJA, CON 6 METROS DE LONGITUD	ELECTROSTÁTICA		PZA	5	\$500.00	\$2,500.00



CAPÍTULO 5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA



33.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: BARRA DE PUESTA A TIERRA DE 1/4" X 2" X 60" CON AISLADORES TIPO BARRIL	PANDUIT	GB2D0056TPI-1	PZA	5	\$650.00	\$3,250.00
34	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE: SERVICIO DE SOLDADURA EXOTÉRMICA TIPO "T"			PZA	7	\$1,800.00	\$12,600.00
TABLERO GENERAL NORMAL (TGN)							
35	SUMINISTRO DE: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN [TGN_01] TIPO I-LINE DISEÑADO PARA OPERAR A 600 V.a.c / 250 Vc.d. 3 FASES 4 HILOS MARCA SQUARE DE D CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 350 A LDA36350, CAPACIDAD MÁXIMA DE 400 A PARA 10 CIRCUITOS DERIVADOS, SE SOLICITARÁ CON CATÁLOGO DE ENSAMBLE. INCLUYE LOS SIGUIENTE EQUIPOS:	SQUARE D	HCM10LA400UL	PZA	1	\$44,000.00	\$44,000.00
35.1	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	PK32DGTA	PZA	1	\$1,529.00	\$1,529.00
35.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DERIVADO PARA I-LINE SERIE POWER PACT DE 3 POLOS 100 A,	SQUARE D	HDA36100	PZA	2	\$13,351.00	\$26,702.00
35.3	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DERIVADO PARA I-LINE SERIE POWER PACT DE 3 POLOS 250 A,	SQUARE D	LDA36250	PZA	1	\$49,826.00	\$49,826.00
35.4	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DERIVADO PARA I-LINE SERIE POWER PACT DE 3 POLOS 350 A,	SQUARE D	LDA36350	PZA	1	\$49,826.00	\$49,826.00
TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN (TD)							
36	SUMINISTRO DE: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN [TD_01] TIPO I-LINE DISEÑADO PARA OPERAR A 600 V.a.c / 250 Vc.d. 3 FASES 4 HILOS MARCA SQUARE DE D CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 100 A HDA36100, CAPACIDAD MÁXIMA DE 225 A PARA 8 CIRCUITOS DERIVADOS, SE SOLICITARÁ CON CATÁLOGO DE ENSAMBLE. INCLUYE LOS SIGUIENTE EQUIPOS:	SQUARE D	HCM&JG225UL	PZA	1	\$35,000.00	\$35,000.00
36.1	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	PK32DGTA	PZA	1	\$1,529.00	\$1,529.00
36.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DERIVADO PARA I-LINE SERIE POWER PACT DE 3 POLOS 100 A,	SQUARE D	HDA36100	PZA	2	\$13,351.00	\$26,702.00
37	SUMINISTRO DE: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN [TD_02] TIPO I-LINE DISEÑADO PARA OPERAR A 600 V.a.c / 250 Vc.d. 3 FASES 4 HILOS MARCA SQUARE DE D CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 350 A LDA36350, CAPACIDAD MÁXIMA DE 400 A PARA 10 CIRCUITOS DERIVADOS, SE SOLICITARÁ CON CATÁLOGO DE ENSAMBLE. INCLUYE LOS SIGUIENTE EQUIPOS:	SQUARE D	HCM10LA400UL	PZA	1	\$44,000.00	\$44,000.00
37.1	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	PK32DGTA	PZA	1	\$1,529.00	\$1,529.00
37.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DERIVADO PARA I-LINE SERIE POWER PACT DE 3 POLOS 100 A,	SQUARE D	HDA36100	PZA	1	\$13,351.00	\$13,351.00
37.3	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DERIVADO PARA I-LINE SERIE POWER PACT DE 3 POLOS 350 A,	SQUARE D	LDA36350	PZA	1	\$49,826.00	\$49,826.00
38	SUMINISTRO DE: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN [TD_03] TIPO I-LINE DISEÑADO PARA OPERAR A 600 V.a.c / 250 Vc.d. 3 FASES 4 HILOS MARCA SQUARE DE D CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 225 A JDA36225, CAPACIDAD MÁXIMA DE 225 A PARA 8 CIRCUITOS DERIVADOS, SE SOLICITARÁ CON CATÁLOGO DE ENSAMBLE. INCLUYE LOS SIGUIENTE EQUIPOS:	SQUARE D	HCM&JG225UL	PZA	1	\$35,000.00	\$35,000.00
38.1	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	PK32DGTA	PZA	1	\$1,529.00	\$1,529.00
38.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DERIVADO PARA I-LINE SERIE POWER PACT DE 3 POLOS 100 A,	SQUARE D	HDA36100	PZA	1	\$4,400.00	\$4,400.00
38.3	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DERIVADO PARA I-LINE SERIE POWER PACT DE 3 POLOS 225 A,	SQUARE D	JDA36225	PZA	1	\$10,814.00	\$10,814.00



CAPÍTULO 5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA



TABLEROS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS (TAC)							
39	SUMINISTRO DE: TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS [TAC_01] 20" TIPO NQ DISEÑADO PARA OPERAR EN UN SISTEMA DE 220/127 V.a.c 3 FASES, 4 HILOS; CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 100 A, CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 18 kA, UNA CAPACIDAD EN BARRAS DE COBRE DE 100 A, EN EL CUAL PUEDEN INSTALARSE INTERRUPTORES DERIVADOS DE TIPO ENCHUFABLE (QO) Y ATORNILLABLES (QOB) SE SOLICITARÁ CON NUMERO DE REFERENCIA PARA TABLERO ENSAMBLADO, INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS:	SQUARE D	NQ184AB100S	PZA	1	\$5,992.70	\$5,992.70
39.1	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	NQN1CU	PZA	1	\$588.30	\$588.30
39.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) DE 1 POLO 15 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO,CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10	SQUARE D	QO115	PZA	7	\$103.90	\$727.30
39.3	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) DE 1 POLO 20 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO,CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10	SQUARE D	QO120	PZA	3	\$103.90	\$311.70
40	SUMINISTRO DE: TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS [TAC_02] 20" TIPO NQ DISEÑADO PARA OPERAR EN UN SISTEMA DE 220/127 V.a.c 3 FASES, 4 HILOS; CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 100 A, CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 18 kA, UNA CAPACIDAD EN BARRAS DE COBRE DE 100 A, EN EL CUAL PUEDEN INSTALARSE INTERRUPTORES DERIVADOS DE TIPO ENCHUFABLE (QO) Y ATORNILLABLES (QOB) SE SOLICITARÁ CON NUMERO DE REFERENCIA PARA TABLERO ENSAMBLADO, INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS:	SQUARE D	NQ184AB100S	PZA	1	\$5,992.70	\$5,992.70
40.1	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	NQN1CU	PZA	1	\$588.30	\$588.30
40.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) DE 1 POLO 15 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO,CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10	SQUARE D	QO115	PZA	8	\$103.90	\$831.20
40.3	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) DE 1 POLO 20 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO,CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10	SQUARE D	QO120	PZA	4	\$103.90	\$415.60
41	SUMINISTRO DE: TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS [TAC_03] 20" TIPO NQ DISEÑADO PARA OPERAR EN UN SISTEMA DE 220/127 V.a.c 3 FASES, 4 HILOS; CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 100 A, CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 18 kA, UNA CAPACIDAD EN BARRAS DE COBRE DE 100 A, EN EL CUAL PUEDEN INSTALARSE INTERRUPTORES DERIVADOS DE TIPO ENCHUFABLE (QO) Y ATORNILLABLES (QOB) SE SOLICITARÁ CON NUMERO DE REFERENCIA PARA TABLERO ENSAMBLADO, INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS:	SQUARE D	NQ184AB100S	PZA	1	\$5,992.70	\$5,992.70
41.1	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) DE 1 POLO 15 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO,CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10	SQUARE D	QO115	PZA	4	\$103.90	\$415.60
41.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) DE 1 POLO 20 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO,CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10	SQUARE D	QO120	PZA	4	\$103.90	\$415.60
41.3	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	NQN1CU	PZA	1	\$588.30	\$588.30
ARRANCADORES COMBINADOS							
42	SUMINISTRO DE: ARRANCADOR COMBINADO POTENCIA DE 10 HP, TAMAÑO NEMA 2 CON UNA TENSIÓN DE OPERACIÓN DE 240 V.a.c, 3 POLOS	SQUARE D	8539SDA11	PZA	5	\$8,341.60	\$41,708.00



CAPÍTULO 5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA



43	SUMINISTRO DE: ARRANCADOR COMBINADO POTENCIA DE 0.5 HP, TAMAÑO NEMA 00 CON UNA TENSIÓN DE OPERACIÓN DE 240 V.a.c, 3 POLOS	SQUARE D	8539SBA11	PZA	1	\$3,550.00	\$3,550.00
44	SUMINISTRO DE: ARRANCADOR COMBINADO POTENCIA DE 5 HP, TAMAÑO NEMA 1 CON UNA TENSIÓN DE OPERACIÓN	SQUARE D	8539SCA11	PZA	3	\$4,210.00	\$12,630.00
TABLEROS DE SUBDISTRIBUCIÓN (TS) TIPO NQ							
45	SUMINISTRO DE: TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN [TS_01] 20" TIPO NQ DISEÑADO PARA OPERAR EN UN SISTEMA DE 220/127 V.a.c 3 FASES, 4 HILOS; CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 100 A EL CUAL TIENE UNA CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 18 kA, CON UNA CAPACIDAD EN BARRAS DE COBRE DE 100 A, EN EL CUAL PUEDEN INSTALARSE INTERRUPTORES DERIVADOS DE TIPO ENCHUFABLE (QO) Y ATORNILLABLES (QOB) EL CUAL SE SOLICITARA CON NUMERO DE REFERENCIA PARA TABLERO ENSAMBLADO,	SQUARE D	NQ184AB100S	PZA	1	\$5,992.70	\$5,992.70
45.1	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	NQN1CU	PZA	1	\$588.30	\$588.30
45.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) B154 POLOS 50 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO, CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10	SQUARE D	QO350	PZA	4	\$1,011.60	\$4,046.40
45.3	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) 3 POLOS 15 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO, CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10	SQUARE D	QO315	PZA	1	\$1,011.60	\$1,011.60
46	SUMINISTRO DE: TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN [TS_02] 20" TIPO NQ DISEÑADO PARA OPERAR EN UN SISTEMA DE 220/127 V.a.c 3 FASES, 4 HILOS; CON UNA ACOMETIDA DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 225 A CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 18 kA, UNA CAPACIDAD EN BARRAS DE COBRE DE 250 A, EN EL CUAL PUEDEN INSTALARSE INTERRUPTORES DERIVADOS DE TIPO ENCHUFABLE (QO) Y ATORNILLABLES (QOB). SE SOLICITARA CON NUMERO DE REFERENCIA PARA TABLERO ENSAMBLADO, INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS:	SQUARE D	NQ304AB225	PZA	1	\$20,386.00	\$20,386.00
46.1	SUMINISTRO DE: KIT DE BARRA DE PUESTA A TIERRA	SQUARE D	NQN1CU	PZA	1	\$588.30	\$588.30
46.2	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) 3 POLOS 50 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO, CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10 KA	SQUARE D	QO350	PZA	2	\$1,011.60	\$2,023.20
46.3	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) 3 POLOS 30 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO, CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10 KA	SQUARE D	QO330	PZA	2	\$1,011.60	\$2,023.20
46.4	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ENCHUFABLE (QO) 3 POLOS 15 A CON VENTANA Y BANDERA DE DISPARO, CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 10 KA	SQUARE D	QO315	PZA	1	\$1,011.60	\$1,011.60
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CCM MODELO 6							
47	SUMINISTRO DE: DATOS GENERALES: CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CON TIPO DE ENVOLVENTE NEMA 12 USOS GENERALES A PRUEBA DE POLVO, PARA UNA TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN DE 220 Vc.a. 3 F-3H, ALIMENTADO POR 2 CONDUTORES POR FASE DE 85.01 mm ² (3/0 AWG) EL CUAL SE CANALIZARÁ POR LA PARTE SUPERIOR. TODAS LAS SILLETAS DEBEN IR ALAMBRADAS POR EL TIPO NEMA 1B. INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS:	SQUARE D		PZA	1	\$18,650.00	\$18,650.00
47.1	SUMINISTRO DE: INTERRUPTOR PRINCIPAL LOCALIZADO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL VERTICAL CON UNA AMPACIDAD DE 350 A CON MARCO LA	SQUARE D		PZA	1	\$13,250.00	\$13,250.00



CAPÍTULO 5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA



47.2	SUMINISTRO DE: UNIDAD PARA CIRCUITO DERIVADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 3 POLOS 15 A TIPO SQUARE D	SQUARE D		PZA	6	\$3,656.00	\$21,936.00
47.3	SUMINISTRO DE: UNIDAD COMBINADA DE INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 3 POLOS 30 A TIPO POWER PACT CAT. HDL36030 CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 18 kA Y ARRANCADOR TAMAÑO NEMA 1 (5 HP), CON RELEVADOR DE SOBRECARGA BIMETÁLICO. ARRANQUE A TENSIÓN PLENA, NO REVERSIBLE, CON TRANSFORMADOR DE CONTROL. EL CONTROL SE REALIZARÁ POR MEDIO DE BOTONES OPERADORES ARRANCAR-PARAR LOCALES Y REMOTOS, CON LAMPARAS PILOTO "VERDE" (FUERA) Y	SQUARE D		PZA	4	\$12,631.00	\$50,524.00
47.4	SUMINISTRO DE: UNIDAD COMBINADA DE INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 3 POLOS 50 A TIPO POWER PACT CAT. HDL36050 CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 18 kA Y ARRANCADOR TAMAÑO NEMA DE 2 (10 HP), CON RELEVADOR DE SOBRECARGA BIMETÁLICO. ARRANQUE A TENSIÓN PLENA, NO REVERSIBLE, CON TRANSFORMADOR DE CONTROL. EL CONTROL SE REALIZARÁ POR MEDIO DE BOTONES OPERADORES ARRANCAR-PARAR LOCALES Y REMOTOS, CON LAMPARAS PILOTO "VERDE" (FUERA) Y	SQUARE D		PZA	2	\$13,650.00	\$27,300.00
47.5	SUMINISTRO DE: UNIDAD COMBINADA DE INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 3 POLOS 70 A TIPO POWER PACT CAT. HDL36070 CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 18 kA Y ARRANCADOR TAMAÑO NEMA DE 2 (15 HP), CON RELEVADOR DE SOBRECARGA BIMETÁLICO. ARRANQUE A TENSIÓN PLENA, NO REVERSIBLE, CON TRANSFORMADOR DE CONTROL. EL CONTROL SE REALIZARÁ POR MEDIO DE BOTONES OPERADORES ARRANCAR-PARAR LOCALES Y REMOTOS, CON LAMPARAS PILOTO "VERDE" (FUERA) Y	SQUARE D		PZA	3	\$16,380.00	\$49,140.00
SUBTOTAL DE MATERIALES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS							\$1,439,427.30

Tabla 5.2 Mano de obra calificada

MANO DE OBRA CALIFICADA							
PARTIDA	DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	SUBTOTAL MATERIALES Y EQUIPO	SUBTOTAL	
48	SERVICIO ELÉCTRICO PARA EJECUTAR DE MANERA LIMPIA Y COMPETENTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA POR PERSONAL CALIFICADO LOS FINES DE SEMANA (SABADO Y DOMINGO), CON UN HORARIO DE 8:00 A 17:00		% MATERIALES Y EQUIPO	35%	\$1,439,427.30	\$503,799.56	
SUBTOTAL PROYECTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA						\$503,799.56	



Tabla 5.3 Servicio de ingeniería eléctrica

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	SUBTOTAL MATERIALES Y EQUIPO	SUBTOTAL
49	SERVICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA PARA REALIZACIÓN DE PROYECTO ELÉCTRICO INCLUYE LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO EN SITIO, REPORTE TÉCNICO, ELABORACION DE PROPUESTA DE SOLUCIÓN, INGENIERÍA BASICA Y DE DETALLE	% MATERIALES Y EQUIPO	7%	\$1,439,427.30	\$100,759.91
SUBTOTAL PROYECTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA					\$100,759.91

A continuación, se presenta una tabla en donde se muestra el costo total del proyecto, producto de la suma que contempla los tres aspectos del catálogo de conceptos anteriormente mencionados.

Tabla 5.4 Resumen del costo total de la propuesta

RESUMEN DEL COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA		
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL
1	MATERIALES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS	\$1,439,427.30
2	MANO DE OBRA CALIFICADA	\$503,799.56
3	PROYECTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	\$100,759.91
TOTAL DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN		\$2,043,986.77

5.2 Programa de obra

Es un diagrama que tiene la función de definir el tiempo que se necesita para ejecutar un trabajo.

En la práctica, un programa de obra generalmente se realiza a través de un diagrama de Gantt, en donde se establecen cada una de las actividades que se requieren para consolidar dicho trabajo, así como también los periodos de tiempo necesarios para su realización.

Para estimar el tiempo total que se requiere para llevar a cabo el rediseño de la instalación eléctrica de la planta industrial, se desarrolló un diagrama de Gantt el cual contempla los procesos de desmontaje e instalación de equipo eléctrico, supervisión y seguimiento del proceso de ejecución, Este diagrama se muestra a continuación:



5.3 Análisis costo-beneficio

Platicando con el dueño de la planta industrial nos proporcionó el dato, de que las utilidades netas de la empresa son de aproximadamente 800 mil pesos mensuales, por lo que una inversión en la instalación eléctrica no representa una cantidad tan fuerte en comparación con dichas utilidades.

La manera de justificar la viabilidad de este proyecto es, mediante la comparación entre la inversión total del proyecto y los gastos generados que se pueden presentar ante una catástrofe (llámese incendio o explosión) si la instalación eléctrica continua en las mismas condiciones. Para esto, se analizará el caso más crítico de una explosión que podría destruir el inmueble en su totalidad.

Los gastos de este acontecimiento incluyen:

- **Indemnización por muerte:** el valor monetario va a depender de la cantidad que solicite la familia y del número de trabajadores afectados. Para fines de este proyecto se aproximará una cantidad.
Gasto estimado: de 442 mil pesos.
- **Problemas legales:** un problema de esta naturaleza, tarde o temprano se da a conocer, por lo cual, podría recibir una multa por parte de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). Además, de una multa por la Secretaria de Energía (SENER) ya que a este inmueble se le concedió una alimentación por parte de la CFE sin tener un dictamen de conformidad con la NOM-001-SEDE-2012 (Utilización).
Multa estimada: 22 mil a 440 mil pesos.
- **Pérdidas por falta de producción:** al ser esta Nave la principal productora, se tendrían pérdidas equivalentes a todos los meses que se dejará de producir, para estos fines se considerarán 2 meses.
Pérdidas estimadas: 1 millón 600 mil pesos.
- **Inversión por reconstruir la Nave:** indudablemente, el dueño de la empresa deberá realizar una fuerte inversión si es que desea volver a construir la Nave de producción, además del costo de materiales y mano de obra, en esta ocasión si tendría que cumplir con todos los requisitos legales y trámites para construir la Nave.
Gasto estimado: 1 millón 200 mil pesos.

A continuación, se presenta una tabla de los gastos generados por pérdidas, y multas derivadas de una catástrofe.



Tabla 5.6 Gastos generados ante una catástrofe

DESCRIPCIÓN	COSTO
Indemnización por muerte de una persona	\$442,000.00
Problemas legales	\$440,000.00
Pérdida por falta de producción de dos meses	\$1,600,000.00
Inversión para reconstruir la nave	\$1,200,000.00
TOTAL:	\$3,682,000.00

Finalmente, para justificar la viabilidad de este proyecto, a continuación, se presentan una tabla comparativa de la inversión total del proyecto contra los gastos generados al ocurrir un incendio o explosión.

Tabla 5.7 Comparación entre la inversión total del proyecto y gastos generados ante una catástrofe

PROPUESTA DE SOLUCIÓN	GASTOS GENERADOS ANTE UNA CATASTROFE	
La cual incluye:	Indemnización por muerte de una persona	\$442,000.00
Materiales y equipos eléctricos	Problemas legales	\$440,000.00
Mano de obra calificada	Pérdida por falta de producción de dos meses	\$1,600,000.00
Proyecto de ingeniería	Inversión para reconstruir la nave	\$1,200,000.00
\$2,043,986.77	TOTAL:	\$3,682,000.00



ANEXOS



Anexo A:

Factura de energía eléctrica de la planta industrial (documento proporcionado por el dueño de la empresa)

Ruta						Periodo	
Función	No. Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Diferencia	Totales		
kWh		737	717	20	1,600		
kW		0.259	0	0.259	21		
KVArh		706	691	15	1,200		

Mes	Días de mes	Consumo prom. diario	Energía kWh	Precios \$/kWh	Importe \$
SEP 17	25	53.3333	1,333	1.429	1,905.33
OCT 17	05	53.3333	267	1.444	385.06

Mes	Factor de proporción	Demanda máxima kW	Precios \$/kWh	Importe \$	Factor de potencia
SEP 17	0.8332	21	201.68	3,528.83	
OCT 17	0.1613	21	202.08	684.50	80.00

Avisos Importantes

- Corte a partir de 21 OCT 2017.
- Nos transformamos para servirte mejor.
- Servicio a Clientes Teléfono 071

Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	F.P. %	F.C. %	Precio medio
OCT 16	20	1,360	81.70	9	4.4885
NOV 16	21	1,200	83.21	6	4.7386
DIC 16	24	1,360	81.70	7	5.3781
ENE 17	28	1,840	82.09	9	4.6866
FEB 17	29	1,600	81.92	7	5.5509
MAR 17	32	1,520	80.51	7	6.2275
ABR 17	32	1,600	81.92	7	5.8824
MAY 17	23	1,520	80.51	9	5.2928
JUN 17	24	1,440	81.07	8	5.4967
JUL 17	24	1,840	80.42	11	4.5216
AGO 17	25	1,680	79.54	10	4.7596
SEP 17	27	1,840	78.75	9	5.0168
OCT 17	21	1,600	80.00	11	4.4574

Estado de cuenta	
Conceptos	Importe \$
Energía	2,290.41
Demanda Máxima	4,213.76
2% Baja Tensión	130.08
Cargo Factor de Potencia	497.56
Subtotal	7,131.81
IVA 16%	1,141.09
Facturación del Periodo	8,272.90
Derecho de Alumbrado Público	178.29
Adeudo Anterior	10,939.04
Su Pago	-10,939.00
Total	\$8,451.23

**Anexo B:**

TABLA 210-24.- Resumen de requisitos de los circuitos derivados (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Clasificación de circuito (amperes)	15		20		30		40		50	
Conductores (tamaño mínimo)	mm ²	AWG	mm ²	AWG	mm ²	AWG	mm ²	AWG	mm ²	AWG
Conductores del circuito*	2.08	14	3.31	12	5.26	10	8.37	8	13.3	6
Derivaciones	2.08	14	2.08	14	2.08	14	3.31	12	3.31	12
Cables y cordones de artefactos eléctricos, véase 240-5										
Protección contra sobrecorriente (amperes)	15		20		30		40		50	
Dispositivos de salida:	De cualquier tipo		De cualquier tipo		Servicio pesado		Servicio pesado		Servicio pesado	
Portalámparas permitidos	De cualquier tipo		De cualquier tipo		Servicio pesado		Servicio pesado		Servicio pesado	
Capacidad nominal del contacto, en amperes**	15 máx.		15 o 20		30		40 o 50		50	
Carga Máxima	15		20		30		40		50	
Carga Permissible	Ver 210-23(a)		Ver 210-23(a)		Ver 210-23(b)		Ver 210-23(c)		Ver 210-23 (c)	

* Estos tamaños se refieren a conductores de cobre.

** Para la capacidad de los contactos instalados para alumbrado de descarga conectados con cordón y clavija, véase 410-62(c).

NOTA: Se permite que la protección contra sobrecorriente sea de valor igual o menor que la clasificación del circuito

Anexo C:

TABLA 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a)(5) o (b)(4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

*Véase 250-120 para restricciones de instalación.

Anexo D:

TABLA 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18"	—	—	14	—	—	—
1.31	16"	—	—	18	—	—	—
2.08	14**	15	20	25	—	—	—
3.31	12**	20	25	30	—	—	—
5.26	10**	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.

** Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Anexo E:

TABLA 1.- Porcentaje de la sección transversal en tubo conduit y en tubería para los conductores (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Número de conductores	Todos los tipos de conductores
1	53
2	31
Más de 2	40

Anexo F:

TABLA 430-250.- Corriente a plena a carga de motores trifásicos de corriente alterna (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

kW	hp	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado. (amperes)							Tipo síncrono de factor de potencia unitario* (amperes)			
		115 volts	200 volts	208 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts
0.37	½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
0.56	¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
0.75	1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1.12	1 ½	12	6.9	6.6	6	3	2.4	—	—	—	—	—
1.5	2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
2.25	3	—	11	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
3.75	5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
5.6	7 ½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
7.5	10	—	32.3	30.8	28	14	44	—	—	—	—	—
11.2	15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
14.9	20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
18.7	25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
22.4	30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
29.8	40	—	120	114	104	52	41	—	93	41	33	—
37.3	50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
44.8	60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56	75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75	100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93	125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
112	150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
150	200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
224	300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
261	350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
298	400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
336	450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
373	500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

*Para factores de potencia de 90 por ciento y 80 por ciento, las cifras anteriores se deben multiplicar respectivamente por 1.10 y 1.25

Anexo G:

Tabla 430-7 (b). - Letras de código de indicación para rotor bloqueado (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Letra código	Kilovoltamperes por caballo de fuerza con el rotor bloqueado
A	0 – 3.14
B	3.15 – 3.54
C	3.55 – 3.99
D	4.0 – 4.49
E	4.50 – 4.99
F	5.0 – 5.59
G	5.60 – 6.29
H	6.30 – 7.09
J	7.10 – 7.99
K	8.0 – 8.99
L	9.0 – 9.99
M	10.0 – 11.19
N	11.20 – 12.49
P	12.50 – 13.99
R	14.0 – 15.99
S	16.0 – 17.99
T	18.0 – 19.99
U	20.0 – 22.39
V	22.40 en adelante

Anexo H:

Tabla 450-3(a).- Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600 volts (como porcentaje de la corriente nominal del transformador), (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Limitaciones sobre el lugar	Impedancia nominal del transformador	Protección del secundario (ver la Nota 2)				
		Protección del primario, más de 600 volts		Más de 600 volts		
		Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible (ver Nota 1)	Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible (ver Nota 1)	Valor nominal del interruptor automático o fusible (ver Nota 1)
Cualquier lugar	No más del 6%	600% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
	Más del 6%, pero máximo el 10%	400% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	225% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
Lugares supervisados únicamente (ver Nota 3).	Cualquiera	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	No se exige	No se exige	No se exige
	No más del 6%	600% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)
	Más del 6% pero máximo el 10%	400% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)

- NOTAS:
1. Cuando el valor nominal del fusible o el ajuste del interruptor automático exigido no correspondan a un valor nominal o ajuste estándares, se permitirá tomar el valor nominal o ajuste estándar inmediatamente superior.
 2. Cuando se exija protección contra sobrecorriente del secundario, se permitirá que el dispositivo de protección contra sobrecorriente del secundario esté compuesto por un máximo de seis interruptores automáticos o seis grupos de fusibles agrupados en un lugar. Cuando se utilicen dispositivos múltiples de protección contra sobrecorriente, el total de los valores nominales de los dispositivos no debe exceder el valor permitido para un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente. Si como dispositivo de protección contra sobrecorriente se utilizan tanto interruptores como fusibles, el total de los valores nominales del dispositivo no debe exceder el permitido para los fusibles.
 3. Un lugar supervisado es aquel en que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado supervisará y prestará servicio a la instalación de transformadores.
 4. Los fusibles accionados electrónicamente que se puedan ajustar para abrir a una corriente específica se deben ajustar de acuerdo con los ajustes para interruptores automáticos.
 5. Se permitirá que un transformador equipado por el fabricante con protección térmica coordinada contra sobrecarga no tenga protección independiente del secundario.

**Anexo I:**

Tabla 310-15(b)(3)(a).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

¹Es el número total de conductores en la canalización o cable ajustado de acuerdo con 310-15(b)(5) y (6).

Anexo J:

Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a)(5) o (b)(4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

*Véase 250-120 para restricciones de instalación.

Anexo K:

Tabla 5.- Dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Tipo	Tamaño		Diámetro aproximado	Area aproximada
	mm ²	AWG o kcmil	mm	mm ²
Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF				
RFH-2, FFH-2	0.824	18	3.454	9.355
	1.31	16	3.759	11.10
RHH, RHW, RHW-2	2.08	14	4.902	18.9
	3.31	12	5.385	22.77
	5.26	10	5.994	28.19
	6.63	8	8.28	53.87
	8.37	6	9.246	67.16
	21.2	4	10.46	86
	26.7	3	11.18	98.13
	33.6	2	11.99	112.9
	42.4	1	14.78	171.6
	53.5	1/0	15.8	196.1
	67.4	2/0	16.97	226.1
	85.0	3/0	18.29	262.7
	107	4/0	19.76	306.7
	127	250	22.73	405.9
	152	300	24.13	457.3
	177	350	25.43	507.7
	203	400	26.82	556.5
	253	500	28.78	650.5
	304	600	31.57	782.9
	355	700	33.38	874.9
380	750	34.24	920.8	
405	800	35.05	965	
456	900	36.68	1057	
507	1000	38.15	1143	
633	1250	43.92	1515	
760	1500	47.04	1738	
887	1750	49.94	1959	
1013	2000	52.63	2175	
SF-2, SFF-2	0.824	18	3.073	7.419
	1.31	16	3.378	8.968
	2.08	14	3.759	11.10
SF-1, SFF-1	0.824	18	2.311	4.194
RFH-1, XF, XFF	0.824	18	2.692	5.161
TF, TFF, XF, XFF	1.31	16	2.997	7.032
TW, XF, XFF, THHW, THW, THW-2	2.08	14	3.378	8.968
TW, THHW, THW, THW-2	3.31	12	3.861	11.68
	5.26	10	4.470	55.68
	6.63	8	5.994	28.19
RHH*, RHW*, RHW-2*	2.08	14	4.140	13.48
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	3.31	12	4.623	16.67



Tipo	Tamaño		Diámetro aproximado	Area aproximada
	mm ²	AWG o kcmil	mm	mm ²
Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, RHH, RHW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN2, XF, XFF				
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	5.26	10	5.232	21.48
RHH*, RHW*, RHW-2*	6.63	8	6.756	35.87
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	8.37	6	7.722	46.84
	21.2	4	8.941	62.77
	26.7	3	9.652	73.16
	33.6	2	10.46	86.00
	42.4	1	12.50	122.60
	53.5	1/0	13.51	143.40
	67.4	2/0	14.68	169.30
	85.0	3/0	16.00	201.10
	107	4/0	17.48	239.90
	127	250	19.43	296.50
	152	300	20.83	340.70
	177	350	22.12	384.40
	203	400	23.32	427.00
	253	500	25.48	509.70
	304	600	28.27	627.7
	355	700	30.07	710.3
	380	750	30.94	751.7
	406	800	31.75	791.7
	456	900	33.38	874.9
	507	1000	34.85	953.8
TFN, TFFN	0.824	18	2.134	3.548
	1.31	16	2.438	4.645
THHN, THWN, THWN-2	2.08	14	2.819	6.258
	3.31	12	3.302	8.581
	5.26	10	4.166	13.61
	6.63	8	5.486	23.61
	8.37	6	6.452	32.71
	21.2	4	8.23	53.16
	26.7	3	8.941	62.77
	33.6	2	9.754	74.71
	42.4	1	11.33	100.8
	53.5	1/0	12.34	119.7
	67.4	2/0	13.51	143.4
	85.0	3/0	14.83	172.8
	107	4/0	16.31	208.8
	127	250	18.06	256.1
	152	300	19.46	297.3

Anexo L:

TABLA 8.- Propiedades de los conductores (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Tamaño (AWG o kcmil)	Area		Conductores				Resistencia en corriente continua a 75 °C		
			Trenzado		Total		Cobre		Aluminio
			Cantidad de hilos	Diámetro	Diámetro	Area	No Cubierto	Recubierto	Aluminio
				mm	mm	mm ²	Ω/km	Ω/km	Ω/km
18	0.823	1620	1	—	1.02	0.823	25.5	26.5	—
18	0.823	1620	7	0.39	1.16	1.06	26.1	27.7	—
16	1.31	2580	1	—	1.29	1.31	16	16.7	—
16	1.31	2580	7	0.49	1.46	1.68	16.4	17.3	—
14	2.08	4110	1	—	1.63	2.08	10.1	10.4	—
14	2.08	4110	7	0.62	1.85	2.68	10.3	10.7	—
12	3.31	6530	1	—	2.05	3.31	6.34	6.57	—
12	3.31	6530	7	0.78	2.32	4.25	6.5	6.73	—
10	5.261	10380	1	—	2.588	5.26	3.984	4.148	—
10	5.261	10380	7	0.98	2.95	6.76	4.07	4.226	—
8	8.367	16510	1	—	3.264	8.37	2.506	2.579	—
8	8.367	16510	7	1.23	3.71	10.76	2.551	2.653	—
6	13.3	26240	7	1.56	4.67	17.09	1.608	1.671	2.652
4	21.15	41740	7	1.96	5.89	27.19	1.01	1.053	1.666
3	26.67	52620	7	2.2	6.6	34.28	0.802	0.833	1.32
2	33.62	66360	7	2.47	7.42	43.23	0.634	0.661	1.045
1	42.41	83690	19	1.69	8.43	55.8	0.505	0.524	0.829
1/0	53.49	105600	19	1.89	9.45	70.41	0.399	0.415	0.66
2/0	67.43	133100	19	2.13	10.62	88.74	0.317	0.329	0.523
3/0	85.01	167800	19	2.39	11.94	111.9	0.2512	0.261	0.413
4/0	107.2	211600	19	2.68	13.41	141.1	0.1996	0.205	0.328
250	127	—	37	2.09	14.61	168	0.1687	0.1753	0.2778
300	152	—	37	2.29	16	201	0.1409	0.1463	0.2318
350	177	—	37	2.47	17.3	235	0.1205	0.1252	0.1984
400	203	—	37	2.64	18.49	268	0.1053	0.1084	0.1737
500	253	—	37	2.95	20.65	336	0.0845	0.0869	0.1391
600	304	—	61	2.52	22.68	404	0.0704	0.0732	0.1159
700	355	—	61	2.72	24.49	471	0.0603	0.0622	0.0994
750	380	—	61	2.82	25.35	505	0.0563	0.0579	0.0927
800	405	—	61	2.91	26.16	538	0.0528	0.0544	0.0868
900	456	—	61	3.09	27.79	606	0.047	0.0481	0.077
1000	507	—	61	3.25	29.26	673	0.0423	0.0434	0.0695
1250	633	—	91	2.98	32.74	842	0.0338	0.0347	0.0554
1500	760	—	91	3.26	35.86	1011	0.02814	0.02814	0.0464
1750	887	—	127	2.98	38.76	1180	0.0241	0.0241	0.0397
2000	1013	—	127	3.19	41.45	1349	0.02109	0.02109	0.0348

Notas

- (1) Estos valores de resistencia son válidos solamente para los parámetros indicados. Al usar conductores con hilos recubiertos, de distinto tipo de trenzado y especialmente a otras temperaturas, cambia la resistencia.
- (2) Fórmula para el cambio de temperatura: $R_2 = R_1 [1 + (T_2 - 75)]$, donde $\alpha_{Cu} = 0.00323$, $\alpha_{AL} = 0.00330$ a 75° C.
- (3) Los conductores con cableado compacto o comprimido tienen aproximadamente un 9% y un 3%, respectivamente, menos de diámetro del conductor desnudo que los conductores mostrados. Para las dimensiones reales de los cables compactos, véase la Tabla 5A.
- (4) Las conductividades usadas, según la IACS: cobre desnudo = 100%, aluminio = 61%.
- (5) El cableado de Clase B está aprobado también como sólido para algunos tamaños. Su área y diámetro total son los de la circunferencia circunscrita.

Anexo M:

Tabla 4.- Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit (basado en la Tabla 1, de este Capítulo) (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Artículo 342 – Tubo conduit metálico semipesado (IMC)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	—	—	—	—	—	—
16	½	16.80	222	133	117	69	89
21	¾	21.90	377	226	200	117	151
27	1	28.10	620	372	329	192	248
35	1 ¼	36.80	1064	638	564	330	425
41	1 ½	42.70	1432	859	759	444	573
53	2	54.60	2341	1405	1241	726	937
63	2 ½	64.90	3308	1985	1753	1026	1323
78	3	80.70	5115	3069	2711	1586	2046
91	3 ½	93.20	6822	4093	3616	2115	2729
103	4	105.40	8725	5235	4624	2705	3490

Artículo 344 –Tubo conduit metálico pesado (RMC)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	—	—	—	—	—	—
16	½	16.10	204	122	108	63	81
21	¾	21.20	353	212	187	109	141
27	1	27.00	573	344	303	177	229
35	1 ¼	35.40	984	591	522	305	394
41	1 ½	41.20	1333	800	707	413	533
53	2	52.90	2198	1319	1165	681	879
63	2 ½	63.20	3137	1882	1663	972	1255
78	3	78.50	4840	2904	2565	1500	1936
91	3 ½	90.70	6461	3877	3424	2003	2584
103	4	102.90	8316	4990	4408	2578	3326
129	5	128.90	13050	7830	6916	4045	5220
155	6	154.80	18821	11292	9975	5834	7528

Anexo N:

Tabla 430-250.- Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna
 Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par. Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

kW	hp	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado. (amperes)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (amperes)			
		115 volts	200 volts	208 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts
0.37	½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
0.56	¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
0.75	1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1.12	1 ½	12	6.9	6.6	6	3	2.4	—	—	—	—	—
1.5	2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
2.25	3	—	11	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
3.75	5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
5.6	7 ½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
7.5	10	—	32.3	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
11.2	15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
14.9	20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
18.7	25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
22.4	30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
29.8	40	—	120	114	104	52	41	—	93	41	33	—
37.3	50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
44.8	60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56	75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75	100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93	125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
112	150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
150	200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
224	300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
261	350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
298	400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
336	450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
373	500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

*Para factores de potencia de 90 por ciento y 80 por ciento, las cifras anteriores se deben multiplicar respectivamente por 1.10 y 1.25

Anexo O:

Tabla 430-52.- Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Tipo de motor	En porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo ¹	Fusible de dos elementos ¹ (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso ²
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores polifásicos de corriente alterna distintos a los de rotor devanado	300	175	800	250
De jaula de ardilla: diferentes de los de diseño B energéticamente eficientes	300	175	800	250
De diseño B energéticamente eficientes	300	175	1100	250
Sincrónicos ³	300	175	800	250
Con rotor devanado	150	150	800	150
De corriente continua (tensión constante)	150	150	250	150

Para algunas excepciones a los valores especificados, ver 430-54.

¹ Los valores de la columna fusible sin retardo de tiempo se aplican a fusibles de Clase CC de acción retardada.

² Los valores de la última columna también cubren los valores nominales de los interruptores automáticos de tiempo inverso no ajustables, que se pueden modificar como se describe en 430-52(c)(1), Excepción 1 y 2.

³ Los motores sincrónicos de bajo par y baja velocidad (usualmente 450 rpm o menos), como los utilizados para accionar compresores alternativos, bombas, etc. que arrancan sin carga, no requieren que el valor nominal de los fusibles o el ajuste de los interruptores automáticos sea mayor al 200 por ciento de la corriente a plena carga.

Anexo P:

Tabla 310-15(b)(2)(a).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C. (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	-	0.58	0.71
61-65	-	0.47	0.65
66-70	-	0.33	0.58
91-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29

Anexo Q:

Tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C. Tres conductores individuales en un tubo conduit. (extraída de NOM-001-SEDE-2012)

Area mm ²	Tamaño (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro														
		X _L (Reactancia) para todos los conductores		Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de aluminio			
		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	
2.08	14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	8.9	8.9	8.9	—	—	—	
3.31	12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	5.6	5.6	5.6	—	—	—	
5.26	10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—	
8.36	8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.26	2.26	2.30	—	—	—	
13.30	6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36	
21.15	4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51	
26.67	3	0.154	0.194	0.82	0.82	0.82	1.31	1.35	1.31	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21	
33.62	2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98	
42.41	1	0.151	0.187	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82	
53.49	1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66	
67.43	2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52	
85.01	3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.289	0.302	0.308	0.43	0.43	0.46	
107.2	4/0	0.135	0.167	0.203	0.220	0.207	0.33	0.36	0.33	0.243	0.256	0.262	0.36	0.36	0.36	
127	250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.217	0.230	0.240	0.308	0.322	0.33	
152	300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.194	0.207	0.213	0.269	0.282	0.289	
177	350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.174	0.190	0.197	0.240	0.253	0.262	
203	400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.161	0.174	0.184	0.217	0.233	0.240	
253	500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.141	0.157	0.164	0.187	0.200	0.210	
304	600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.131	0.144	0.154	0.167	0.180	0.190	
380	750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.118	0.131	0.141	0.148	0.161	0.171	
507	1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.105	0.118	0.131	0.128	0.138	0.151	

Notas:

1. Estos valores se basan en las siguientes constantes: conductores del tipo RHH con trenzado de Clase B, en configuración acunada. La conductividad de los alambres es del 100 por ciento IACS para cobre y del 61 por ciento IACS para aluminio; la del conduit de aluminio es del 45 por ciento IACS. No se tiene en cuenta la reactancia capacitiva, que es insignificante a estas tensiones. Estos valores de resistencia sólo son válidos a 75 °C y para los parámetros dados, pero son representativos para los tipos de alambres para 600 volts que operen a 60 Hz.

2. La impedancia (Z) eficaz se define como $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$, en donde θ es el ángulo del factor de potencia del circuito. Al multiplicar la corriente por la impedancia eficaz se obtiene una buena aproximación de la caída de tensión de línea a neutro. Los valores de impedancia eficaz de esta tabla sólo son válidos con un factor de potencia de 0.85. Para cualquier otro factor de potencia (FP) del circuito, la impedancia eficaz (Ze) se puede calcular a partir de los valores de R y XL dados en esta tabla, como sigue: $Z_e = R \times FP + X_L \sin[\arccos(FP)]$.

Anexo R:

Tabla de niveles de iluminaciones (extraída de NOM-025-STPS-2008)

Tarea visual del puesto de trabajo	Área de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (lx)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia	50



En interiores	Áreas de circulación y pasillos, salas de espera, salas de descanso, cuartos de almacén, plataformas, cuartos de calderas	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y papelería	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos	1000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles	Proceso de gran exactitud Ejecución de tareas visuales: -De bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados -Exactas y muy prolongadas -Muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño	2000

Anexo S:

Tabla de reflectancias en porcentaje, de acuerdo con color y los materiales (extraída de NOM-025-STPS-2008)

Color	Reflectancia, p (%)	Material	Reflectancia, p (%)
Amarillo	65	Adoquín roca	17
Azul oscuro	12	Aluminio	65
Azul ultramar	55	Aluminio pulido	80
Azul celeste	37	Asfalto	7
Beige	65	Cantera clara	15
Blanco	80	Cemento	25



Café	15	Concreto	42
Canela	48	Granito	20
Crema	70	Ladrillo vidriado	30
Gris	50	Ladrillo oscuro	20
Gris oscuro	20	Mármol	55
Marfil	75	Madera caoba	12
Naranja	40	Madera pino	40
Negro	5	Madera roble	20
Rojo	30	Mortero claro	35
Rosa	55	Pasto	6
Verde	55	Vegetación	25

Anexo T:

Tabla de reflectancias efectivas de cavidad de techo y piso, en porcentaje (extraída de NOM-025-STPS-2008)

do, pw	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10
RCC o RCF																					
0.0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	47	47	45	30	29	28	26	11	10	09
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	29	28	20	14	09	14	08	04
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	14	08	14	08	04
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04

Anexo U:

Tabla de valores de A y B para calcular la depreciación por polvo (extraída de NOM-025-STPS-2008)

Categoría de Mantenimiento	B	A				
		Muy limpio	Limpio	Medio limpio	Sucio	Muy sucio
I	0.69	0.038	0.071	0.111	0.162	0.301
II	0.62	0.033	0.068	0.102	0.147	0.188
II	0.70	0.079	0.106	0.143	0.184	0.236
IV	0.72	0.070	0.131	0.216	0.314	0.452
V	0.83	0.078	0.128	0.190	0.249	0.321
VI	0.88	0.076	0.145	0.218	0.284	0.396

Anexo V:

Coeficientes de utilización para luminaria con globo y reflector domo (extraída del Catálogo: VMVS2C250GRD de la línea Crouse-Hinds)

Coeficientes de Utilización
Reflectancia Efectiva de Cavidad de Piso 20%
Relación de Cavidad de Cuarto

Ef. Techo	Pared	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80°	50°	.750	.640	.550	.476	.416	.369	.327	.290	.263	.229
	30°	.711	.582	.482	.402	.341	.295	.255	.222	.196	.163
	10°	.677	.532	.429	.346	.285	.243	.208	.173	.150	.121
70°	50°	.732	.625	.538	.465	.405	.360	.320	.285	.258	.224
	30°	.696	.570	.474	.397	.335	.291	.251	.219	.193	.163
	10°	.664	.526	.424	.343	.282	.239	.204	.172	.149	.121
50°	50°	.695	.594	.513	.443	.388	.344	.306	.272	.247	.216
	30°	.666	.549	.458	.384	.326	.283	.243	.213	.189	.158
	10°	.641	.509	.414	.336	.279	.236	.200	.170	.147	.119
30°	50°	.663	.567	.490	.423	.371	.330	.292	.262	.238	.207
	30°	.640	.530	.443	.372	.316	.275	.238	.207	.183	.154
	10°	.618	.496	.405	.330	.273	.233	.196	.167	.145	.116
10°	50°	.635	.542	.469	.405	.355	.317	.282	.251	.229	.200
	30°	.615	.510	.429	.360	.307	.267	.233	.202	.179	.150
	10°	.597	.483	.395	.323	.268	.229	.194	.165	.142	.114
0°	0°	.580	.464	.377	.305	.251	.212	.178	.149	.128	.101

*Porcentaje de Reflectancia

Para Mayor información Fotométrica, consulte a fábrica

Anexo W:

TABLA 4.4.1 Cálculo de iluminación por el Método de Lumen: Nave “A”

DATOS	CÁLCULOS	MODELO MATEMÁTICO	RESULTADO
Planta industrial y pegamento blanco. Tarea visual: mesclado, llenado y empaquetado de producto terminado recubrimientos para madera y pegamento blanco	Se calcula el nivel de iluminancia para industria general. Iluminación necesaria para el plano de trabajo (E).	Iluminación necesaria para trabajos de ensamble y procesos de inspección: NOM-025-STPS-2008 (Ver Anexo R)	E = 200 lx (recomendados)
Largo (L): 20.5m Ancho (W): 21m	Área por iluminar (A).	$A = W \times L = 21m \times 20.5m$	A = 430.5m ²
Altura del local (H): 9m Altura del piso: 1,20m	Número de lámparas por cada luminaria (n).	n se tomará como 1 debido a la estructura de la luminaria y dato proporcionado por el fabricante.	n = 1
Colores: • Techo gris	Flujo luminoso por cada lámpara (I).	I se toma de los datos proporcionados por el fabricante.	I = 27500 lm



<ul style="list-style-type: none"> Paredes blancas Piso de cemento <p>Alumbrado general directo.</p> <p>Luminaria: para una lámpara (dato de acuerdo al tipo de alumbrado: general directo).</p> <p>Luminaria con globo y reflector domo</p>	Altura de cavidad de techo (hcc).	hcc	hcc = 1,20m
	Altura de cavidad de cuarto (hrc).	hrc	hrc = 6.6m
	Altura de cavidad de piso (hfc).	hfc	hfc = 1,20m
	Relación de la cavidad del techo (RCC).	$RCC = \frac{5hcc(L+W)}{(L \times W)} = \frac{5(1,20m)(20.5+21)}{(20.5m \times 21m)}$	RCC = 0.5783
	Relación de la cavidad de cuarto (RCR).	$RCR = \frac{5hrc(L+W)}{(L \times W)} = \frac{5(6.6)(20.5+21)}{(20.5m \times 21m)}$	RCR = 3.1811
	Relación de la cavidad del piso (RCF).	$RCF = \frac{5hfc(L+W)}{(L \times W)} = \frac{5(1,20m)(20.5+21)}{(20.5m \times 21m)}$	RCF = 0.5783
	Reflectancia para el techo (ρ_c).	De acuerdo con la tabla del Anexo S, la reflectancia para color blanco es de 80%.	$\rho_c = 80\%$
	Reflectancia para paredes (ρ_w).	De acuerdo con la tabla del Anexo S, la reflectancia para color blanco es de 80%.	$\rho_w = 80\%$
	Reflectancia para piso (ρ_f).	De acuerdo con la tabla de fabricante	$\rho_f = 25\%$
	Reflectancia efectiva de techo (ρ_{CC}).	De acuerdo con la tabla del Anexo T, utilizando los valores de ρ_c , ρ_w y RCC	$\rho_{CC} = 76\%$
	Reflectancia efectiva de piso (ρ_{FC}).	De acuerdo con la tabla del Anexo T, utilizando los valores de ρ_c , ρ_w y RCC	$\rho_{FC} = 76\%$
	Coefficiente de utilización (CU).	De acuerdo con la tabla del Anexo V proporcionada por el fabricante y los valores de ρ_{CC} , ρ_{FC} y RCR	CU = 48.2%
	Coefficiente de t (A) y exponente de t (B)	De acuerdo con la tabla del Anexo U, el ambiente se clasifica como sucio, mientras que el mantenimiento tiene una categoría IV, lo cual da como resultado valores de A y B.	A = 0,216 B = 0,72
Tiempo que se considera que la luminaria no recibirá mantenimiento (t)	Se considera que la luminaria no tendrá mantenimiento en medio año.	t = 0,5	
Factor por pérdida de mantenimiento (FM)	$FM = e^{-At^B} = e^{-(0,216)(0,5)(0,72)}$	FM = 0,8771	



Numero de luminarias requeridas	$N = \frac{E \times A}{n \times I \times CU \times FM}$ $= \frac{(200lx)(430.5m^2)}{(1)(27500lm)(0,482)(0,8771)}$	N=7.405; debido a que la cantidad de luminarias es unitaria, se toma el valor superior más próximo y numero par. N=8 luminarias
Numero de lámparas requeridas	Lámparas requeridas= (n)(N)=(1)(8)	Lámparas requeridas= Respuesta: Se requiere un total de 8 lámparas con globo y reflector domo VMVS2C250GRD
Cálculo del emplazamiento de las luminarias. Número de filas de luminarias que tiene el ancho del local	$N_{ANCHO} = \sqrt{\frac{\text{Numero de lámparas}}{\text{Largo}}} (\text{Ancho})$ $= \sqrt{\frac{8}{20.5m}} (21m)$	$N_{ANCHO} = 2,86$, como el número de filas tiene que ser un valor entero, por lo tanto: $N_{ANCHO} = 4 \text{ filas}$
Número de columnas de luminarias que tiene el ancho del local	$N_{LARGO} = N_{ANCHO} \left(\frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}} \right)$ $= (2,86) \left(\frac{20.5m}{21} \right)$	$N_{LARGO} = 2,79$, como el número de filas tiene que ser un valor entero, por lo tanto: $N_{LARGO} = 2 \text{ columnas}$ para tener el valor de a 8 lámparas

Anexo X:

TABLA 4.4.2 Cálculo de iluminación por el Método de Lumen: Nave "C"

DATOS	CÁLCULOS	MODELO MATEMÁTICO	RESULTADO
Planta industrial y pegamento blanco. Tarea visual: mesclado, llenado y empaquetado de producto terminado recubrimientos para madera y pegamento blanco	Se calcula el nivel de iluminancia para industria general. Iluminación necesaria para el plano de trabajo (E).	Iluminación necesaria para trabajos de ensamble y procesos de inspección: NOM-025-STPS-2008 (Ver Anexo R)	E = 300 lx (recomendados)
Largo (L): 24m Ancho W): 14m Altura del local (H): 9m Altura del piso: 1,20m	Área por iluminar (A).	$A = W \times L = 14m \times 24m$	A = 336m ²
Colores: • Techo gris • Paredes blancas • Piso de cemento	Número de lámparas por cada luminaria (n).	n se tomará como 1 debido a la estructura de la luminaria y dato proporcionado por el fabricante.	n = 1
	Flujo luminoso por cada lámpara (I).	I se toma de los datos proporcionados por el fabricante.	I = 27500 lm
	Altura de cavidad de techo (hcc).	hcc	hcc = 0.5m



<p>Alumbrado general directo.</p> <p>Luminaria: para una lámpara (dato de acuerdo al tipo de alumbrado: general directo).</p> <p>Luminaria con globo y reflector domo</p>	<p>Altura de cavidad de cuarto (hrc).</p> <p>hrc</p>	hrc = 6.3m	
	<p>Altura de cavidad de piso (hfc).</p> <p>hfc</p>	hfc = 1,20m	
	<p>Relación de la cavidad del techo (RCC).</p>	$RCC = \frac{5hrc(L + W)}{(L \times W)} = \frac{5(0.5m)(24 + 14)}{(24m \times 14m)}$	RCC = 0.2827
	<p>Relación de la cavidad de cuarto (RCR).</p>	$RCR = \frac{5hrc(L + W)}{(L \times W)} = \frac{5(6.3)(24 + 14)}{(24m \times 14m)}$	RCR = 3.562
	<p>Relación de la cavidad del piso (RCF).</p>	$RCF = \frac{5hfc(L + W)}{(L \times W)} = \frac{5(1,20m)(24 + 14)}{(24m \times 14m)}$	RCF = 0.6785
	<p>Reflectancia para el techo (ρ_C).</p>	De acuerdo con la tabla del Anexo S, la reflectancia para color blanco es de 80%.	$\rho_C = 80\%$
	<p>Reflectancia para paredes (ρ_W).</p>	De acuerdo con la tabla del Anexo S, la reflectancia para color blanco es de 80%.	$\rho_W = 80\%$
	<p>Reflectancia para piso (ρ_F).</p>	De acuerdo con la tabla de fabricante	$\rho_F = 25\%$
	<p>Reflectancia efectiva de techo (ρ_{CC}).</p>	De acuerdo con la tabla del Anexo T, utilizando los valores de ρ_C , ρ_W y RCC	$\rho_{CC} = 78\%$
	<p>Reflectancia efectiva de piso (ρ_{FC}).</p>	De acuerdo con la tabla del Anexo T, utilizando los valores de ρ_C , ρ_W y RCC	$\rho_{FC} = 78\%$
	<p>Coefficiente de utilización (CU).</p>	De acuerdo con la tabla del Anexo V proporcionada por el fabricante y los valores de ρ_{CC} , ρ_{FC} y RCR	CU = 40.2%
	<p>Coefficiente de t (A) y exponente de t (B)</p>	De acuerdo con la tabla del Anexo U, el ambiente se clasifica como sucio, mientras que el mantenimiento tiene una categoría IV, lo cual da como resultado valores de A y B.	A = 0,216 B = 0,72
	<p>Tiempo que se considera que la luminaria no recibirá mantenimiento (t)</p>	Se considera que la luminaria no tendrá mantenimiento en medio año.	t = 0,5
	<p>Factor por pérdida de mantenimiento (FM)</p>	$FM = e^{-At^B} = e^{-(0,216)(0,5)^{(0,72)}}$	FM = 0,8771
<p>Numero de luminarias requeridas</p>	$N = \frac{E \times A}{n \times I \times CU \times FM} = \frac{(300lx)(336m^2)}{(1)(27500lm)(0,402)(0,8771)}$	N=10.39; debido a que la cantidad de luminarias es unitaria, se toma el valor superior más próximo y numero par. N=10 luminarias	



	Numero de lámparas requeridas	Lámparas requeridas= (n)(N)=(1)(10)	Lámparas requeridas=10 Respuesta: Se requiere un total de 10 lámparas con globo y reflector domo VMVS2C250GRD
	Cálculo del emplazamiento de las luminarias. Número de filas de luminarias que tiene el ancho del local	$N_{ANCHO} = \sqrt{\frac{\text{Numero de lámparas}}{\text{Largo}} (\text{Ancho})}$ $= \sqrt{\frac{10}{24m}} (14m)$	$N_{ANCHO} = 2.41$, como el número de filas tiene que ser un valor entero, por lo tanto: $N_{ANCHO} = 2 \text{ filas}$
	Número de columnas de luminarias que tiene el ancho del local	$N_{LARGO} = N_{ANCHO} \left(\frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}} \right)$ $= (2.41) \left(\frac{24m}{14} \right)$	$N_{LARGO} = 4.41$, como el número de filas tiene que ser un valor entero, por lo tanto: $N_{LARGO} = 5 \text{ columnas}$



CONCLUSIONES

Al finalizar este trabajo se logró realizar la propuesta de solución para reconfigurar la instalación eléctrica de la planta industrial en cuestión, aplicando los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional.

Es fundamental enfatizar que el proyecto de la instalación eléctrica se distingue de otras instalaciones debido al uso de materia prima altamente inflamable en la planta industrial, por lo cual los equipos y materiales utilizados deben ser a prueba de explosión. Es por ello que este trabajo representa una importante aportación para el diseño de instalaciones eléctricas especiales.

Esta propuesta cumple con las especificaciones técnicas que establece la NOM-001-SEDE-2012 y los requisitos con los que debe cumplir un proyecto eléctrico acorde con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad de la NOM (PEC).

La aportación principal de este trabajo consiste en que el diseño de la instalación eléctrica propuesta va a garantizar la seguridad de los trabajadores y de todas las personas que se encuentren a los alrededores de esta planta industrial, ya que, en condiciones normales de producción, se tiene un alto riesgo de incendio y explosión debido a la utilización de líquidos altamente inflamables.

Después de haber realizado el análisis comparativo entre la inversión de este proyecto y los gastos generados ante una catástrofe, se determinó que esta propuesta es viable porque el costo para reparar los daños generados por un incendio o explosión; que pueden ser daños materiales, pérdidas por falta de producción e incluso la pérdida de una vida humana, son de aproximadamente 2 veces mayor a la inversión total del proyecto.

Aunado a esto, se podrá evitar problemas legales en un futuro con instituciones como: la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) y la Secretaría de Energía (SENER), por mencionar algunas.

Es importante destacar que la NOM-001-SEDE-2012 no debe ser utilizada como una guía de diseño de instalaciones eléctricas ni un manual de instrucciones que deba de seguirse exactamente, sino que el ingeniero debe de aplicar su criterio y hacer uso de las buenas prácticas de ingeniería no escritas que a través de la experiencia han demostrado su efectividad.

Finalmente, consideramos que, así como la planta del caso en cuestión, existen otras a nivel industrial que se encuentran en la misma o peor situación en cuanto a su instalación eléctrica se refiere y que sin lugar a duda representan grandes oportunidades para la aplicación de la ingeniería eléctrica.



REFERENCIAS

- [1] Diario Oficial de la Federación (29 nov. 2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*.
- [2] Diario Oficial de la Federación (17 nov. 2017). PROCEDIMIENTO para la evaluación de la Conformidad de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, *Instalaciones Eléctricas (utilización)*.
- [3] Diario Oficial de la Federación (18 ene. 2018). *ACTUALIZACIÓN de las tarifas que aplicará la Comisión Federal de Electricidad por el servicio público de distribución de energía durante el periodo que comprende del 1 de enero de 2018 al 31 de diciembre de 2018*
- [4] Diario Oficial de la Federación (24 nov. 2008). *NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciónes de seguridad*.
- [5] Comisión Federal de Electricidad (ene. 2015). *Construcción de Sistemas Subterráneos*. Especificación DCCSSUBT
- [6] *Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*, IEEE Std. 242-2001
- [7] *Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*, IEEE Std. 141-1993
- [8] *Guide for Safety in AC Substation Grounding*, IEEE Std. 80-2000
- [9] Comisión Federal de Electricidad (dic. 2016). *Sistema de Tierra para Plantas y Subestaciones Eléctricas*. Especificación 01J00-01



GLOSARIO DE TÉRMINOS

A prueba de explosión: Aparato encerrado en una envolvente capaz de soportar la explosión de un gas o vapor específico que pueda ocurrir en su interior, y de prevenir la ignición de un gas o vapor específico que rodee la envolvente, por chispas, arcos o explosión del gas o vapor del interior de la envolvente y que opera con temperaturas externas tales que no puede provocar la ignición de una atmósfera inflamable que le rodee.

Caída de tensión: Es la diferencia de tensiones que existe entre los extremos de alimentación y recepción de un conductor, el cual puede ser un alimentador o circuito derivado.

Carga continua: Carga cuya corriente máxima circula durante tres horas o más.

Conductor de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

Conductor puesto a tierra: Conductor conectado al punto neutro de un sistema que está destinado a transportar corriente en condiciones normales.

Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o la parte del sistema considerado.

Factor de potencia: es la relación entre la potencia real y potencia aparente, el cual es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía.

Líquido inflamable: son aquellos con un punto de inflamación menor o igual a 37.8°C, que prenden fácilmente y se queman rápidamente, generalmente de forma violenta.

Lumen: es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida.

Lux: Es la unidad derivada del Sistema Internacional de Medida para la iluminancia o nivel de iluminación, equivale a un lumen/m².

Mezzanine: Es una estructura metálica en forma de plataforma con una superficie plana utilizada como piso intermedio capaz de soportar grandes cargas y volúmenes.

No conformidad: Incumplimiento de un elemento, dispositivo o parte de la instalación eléctrica con las especificaciones o lineamientos de carácter técnico establecidos en la sección o secciones aplicables de la NOM-001-SEDE-2012.

Parte viva: Componente conductor de la instalación eléctrica que se encuentra energizada.



Pasacables: Accesorio terminal instalado en el extremo de un tubo conduit diseñado para proteger el aislamiento y mejorar la fricción al momento de canalizar el conductor eléctrico.

Sobrecorriente: Es cualquier valor de corriente mayor, a la corriente nominal de un equipo o a la ampacidad de un conductor eléctrico. Puede ser causada por una sobrecarga, un corto circuito o una falla a tierra

Soldadura exotérmica: es un proceso que consigue la unión molecular de dos o más conductores eléctricos de un sistema de puesta a tierra mediante una reacción química que desprende calor.

Unidad de verificación de instalaciones eléctrica (UVIE): es la persona física o moral que cuenta con una acreditación por parte de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobada por la autoridad competente que es la Secretaría de Energía (SENER) para realizar actos de verificación de instalaciones eléctricas con base en la NOM-001-SEDE-2012.