



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN**

**Trabajo Monográfica para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Tema

**IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA IOT CON EL PROPÓSITO DE LOGRAR
AHORRO ENERGÉTICO EN RESIDENCIA DEL BARRIO CARLOS NUÑEZ DE
MANAGUA, NICARAGUA EN EL AÑO 2023**

Autores

Br. Sherly Yahoska Carrero Aguilar

Br. Hosler Antonio Arancibia Meza

Tutor

Msc. Jhader Exequiel Zuniga Guillen

Octubre del 2023
Managua Nicaragua

Dedicatoria

A Dios:

Dedicado principalmente a Dios por sobre todas las cosas por habernos permitido llegar hasta aquí, porque gracias a su inmenso amor y misericordia logramos culminar nuestros estudios universitarios.

A la Virgen María:

A Nuestra Madre Santísima la Virgen María, que con su inmenso amor llenó nuestro corazón de vida para luchar y seguir el camino correcto hasta esta etapa de nuestras vidas.

A todas nuestras familias:

A todas nuestras familias por su apoyo, cariño y amor a lo largo de nuestras vidas.

Gracias por el apoyo moral y económico que nos brindaron lo largo de nuestros estudios.

Índice de contenido

Contenido

I Introducción.....	1
II Antecedentes.....	2
III Justificación.....	3
IV Objetivos	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
V Marco de Referencia.....	5
Normativa Eléctrica de Nicaragua.....	5
Código de Instalaciones Eléctricas (CIEN).....	5
Pliegos Tarifarios.....	5
Inspección y Diagnostico Eléctrico	5
Protecciones	5
Alimentadores y circuitos derivados.....	5
Normas básicas de consulta	6
Sistema de puesta a tierra.....	6
Número de circuitos.....	6
Apagadores y tomacorrientes	6
Censos de Carga.....	7
Proyección de Demanda.....	7
Métodos de Cálculo	7
Método de Cálculo de los Lúmenes	8
Fórmula 1.....	8
Formula 2.....	8
Formula 3.....	9
Formula 4.....	10
Caída de Tensión.....	10
Formula 5.....	10
Formula 6.....	10
Factor de Relleno	11
Formula 7.....	11

Calculo de la Resistencia a Tierra.....	11
Formula 8.....	11
Climatización.....	12
Formula 9.....	12
Balance de Paneles	12
Formula 10.....	12
VI Diseño Metodológico	13
Alcance de la Investigación.....	13
Cronograma del proyecto.....	14
Objetivo #1	14
Inspección del Sistema Eléctrico	14
Censo de carga.....	15
Pliego tarifario	16
Proyección de demanda	16
Objetivo #2	17
Cálculos de iluminación.....	18
Circuitos de Fuerza.....	19
Climatización.....	20
Cálculo de caída de tensión y factor de relleno.....	21
Puesta a tierra.....	22
Balance de paneles	23
Objetivo #3	24
Propuesta de Equipos con Tecnología IoT.....	25
VII Resultados	26
Método de cálculo de los lúmenes.	26
Determinación del nivel de iluminación requerido.	26
Determinación del coeficiente de utilización (CU).	26
Determinación del factor de pérdidas totales (FPT).	27
Cálculo del número de luminarias.	29
Determinación del acomodo de las luminarias.	29
Cálculo de Iluminación	30
Área de administración	31
Área Ventas	32

Área de Producción.....	33
Área Horneado.....	34
Área de Lavado	35
Área de Suministros	36
Área de Bodega.....	37
Cálculo de Conductores.....	38
Caída de tensión	38
Conductores.....	39
Canalización	40
Cálculo y especificación de tuberías y ducto cuadrado.....	40
Iluminación	42
Área de administración (iluminación # 1-CK2-PP)	42
Calculo de Canalización	42
Calculo del Interruptor	42
Área de ventas (iluminación # 1-CK1-PS1)	43
Calculo de Canalización	43
Calculo del Interruptor	43
Área de producción (iluminación # 1-CK1-PS2)	44
Cálculo de Canalización	44
Cálculo del Interruptor	44
Área de producción (iluminación # 2-CK2-PS2)	45
Cálculo de Canalización	45
Cálculo del Interruptor	45
Área de producción (iluminación # 3-CK3-PS2)	46
Cálculo de Canalización	46
Cálculo del Interruptor	46
Área de suministros (iluminación #4-CK4-PS2).....	47
Cálculo de Canalización	47
Cálculo del Interruptor	47
Área de horneado (iluminación # 1-CK1-PS3)	48
Cálculo de Canalización	48
Cálculo del Interruptor	48
Área de lavado (iluminación # 2-CK2-PS3)	49

Cálculo de Canalización	49
Cálculo del Interruptor	49
Área de Bodega (iluminación # 3-CK3-PS3)	50
Cálculo de Canalización	50
Cálculo del Interruptor	50
Área de administración (toma corriente general #1-CK2-PP)	51
Cálculo de Canalización	51
Cálculo del Interruptor	51
Área de producción (toma corriente general #2-CK4-PP)	52
Cálculo de Canalización	52
Cálculo del Interruptor	52
Área de horneado (toma corriente general #3-CK3-PP)	53
Cálculo de Canalización	53
Cálculo del Interruptor	53
Área de Ventas (toma corriente específico #1-CK1-PS1)	54
Cálculo de Canalización	54
Cálculo del Interruptor	54
Área de Ventas (toma corriente específico #2-CK2-PS1)	55
Cálculo de Canalización	55
Cálculo del Interruptor	55
Área de producción (toma corriente específico #1-CK1-PS2)	56
Cálculo de Canalización	56
Cálculo del Interruptor	56
Área de producción (toma corriente específico #2-CK2-PS2)	57
Cálculo de Canalización	57
Cálculo del Interruptor	57
Área de Lavado (toma corriente específico #1-PS3)	58
Cálculo de Canalización	58
Cálculo del Interruptor	58
Cálculo de Climatización	59
Cálculo de conductores	60
Área de administración (CK1-PP)	60
Cálculo de Canalización	60

Cálculo del Interruptor	60
Cálculo de selección de Transformador	61
Transformador.....	61
Protección del sistema	62
Fusible	62
Pararrayo	62
Cálculo de la acometida	62
Caída de tensión de la acometida al panel principal	62
Cálculo del interruptor	63
Caída de tensión de panel Secundario # 1 al panel principal	63
Cálculo de Canalización	63
Cálculo del interruptor	63
Caída de tensión de panel secundario # 2 al panel principal	64
Cálculo de Canalización	64
Cálculo del interruptor	64
Caída de tensión de panel secundario # 3 al panel principal	64
Cálculo de Canalización	65
Cálculo del interruptor	65
Recomendaciones de productos a utilizar	65
Interruptores	65
Conductores.....	65
Dureza de los conductores	66
Varilla a tierra.	66
Tableros.....	66
Características.....	67
Aplicaciones.....	67
Normas.....	67
Arrancador.....	67
VIII Conclusiones	69
IX Recomendaciones	70
X Bibliografía.....	71

Índice de tablas

Tabla: 1 Formato elaborado con Excel de censo de carga.....	16
Tabla: 2 Formato de cuadro de cargas de un tablero.....	24

I Introducción

Un ciudadano con un consumo aproximado de 110 kwh pasara paulatinamente de pagar unos C\$363 a más de C\$600 por mes, según el nuevo ajuste del Instituto Nicaragüense de Energía (INE) en el 2022, el cual revela un aumento del 17% en la factura de consumo eléctrico (Artículo66, 2022). En el sector residencial, casi el 60% de la energía es bien utilizada y el otro 40% se desperdicia. Este restante desperdiciado podría satisfacer a una familia que no tiene acceso a energía (Radio Programas del Perú, 2022)

Hoy la sociedad esta tan acostumbrada al uso de la energía eléctrica, que muchos se olvidan de los riesgos que implica su manejo. La gran mayoría de las personas creen que el peligro de sufrir un accidente fatal a causa de la electricidad es producto únicamente de una descarga eléctrica, pero no es así (Schneider Electric, 2017), debido a una mala instalación eléctrica o una que ya este deteriorada por el tiempo las personas se pueden ver expuestas por problemas como: descargas eléctricas, quemaduras al entrar en contacto con partes de baja tensión, lesiones derivadas de la exposición a arcos eléctricos o chispas de equipos o conductores defectuosos.

El uso del internet de las cosas (IoT) en viviendas supone emplear sistemas de domótica que permitan automatizarlas con el objetivo de controlar ciertos aspectos del hogar como la climatización, iluminación o los electrodomésticos entre otros y lograr un ahorro energético de la vivienda (extra software, 2023).

La presente tesis realiza la propuesta de ahorro energético de una residencia ubicada en el barrio Carlos Nuñez de managua la cual posee una instalación eléctrica antigua que debido a esto ha presentado problemas en los conductores, interruptores, interruptores termomagnéticos y demás equipos de la instalación, el consumo eléctrico de dicho hogar es elevado porque en él se utilizan productos de alto consumo y antiguos como aires acondicionados de tipo ventana, luces de 100 W, conductor número 12 sin importar el circuito y la sobrecarga de dichos circuitos.

Como solución para este hogar se propone un rediseño eléctrico y una modernización de todo el sistema en el cual los conductores estarán de acorde a las cargas instalada

II Antecedentes

En Nicaragua en el caso de los rediseños eléctricos y la implementación de la tecnología IoT también llamada domótica y el ahorro energético, existen numerosas tesis e investigaciones acerca de dichos temas, estas investigaciones mayormente son elaboradas en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN).

Sin embargo, hay nicaragüenses que por decisión propia deciden realizar rediseños eléctricos de sus hogares o negocios contratando a profesionales sin necesidad de documentarlo al público y adquieren equipos inteligentes que ayudan al ahorro energético y modernización de sus hogares.

En el caso del ahorro energético existen organizaciones que aportan información y ayuda en este tema como por ejemplo el Sistema de Integración Centroamericana (SICA), con el programa: Creación de capacidad en el ahorro y uso eficiente de la Energía en el Sector Público, Empresa Privada y Sociedad en general de Nicaragua, ANEJA con el proyecto de Productividad y ahorro de Energía, entre otros.

Por su parte el gobierno nicaragüense también aporta información y ayuda con la problemática del desperdicio de energía eléctrica promocionando el uso de iluminación led y ahorro energético en los hogares por medio de las instituciones: ENATREL, INE, DISNORTE, DISSUR.

III Justificación

La tarifa de la energía eléctrica ha sido siempre un problema social en Nicaragua, en muchos casos las altas mediciones eléctricas se deben a un desperdicio de energía como dejar dispositivos encendidos, utilizar demasiado tiempo los aires acondicionados, etc. Además, una instalación eléctrica mal diseñada, deteriorada y/o antigua puede aumentar el desperdicio eléctrico y elevar la factura eléctrica y exponer a muchos peligros al lugar.

La propuesta que se desarrollara en esta investigación tiene como finalidad el mejoramiento de todo el sistema energético de la residencia, buscando primordialmente el ahorro energético y aumento de la seguridad ya que la instalación que se posee actualmente ya es antigua al igual que los equipos que se encuentran en esta los cuales consumen demasiada energía eléctrica, es por eso que se propone adquirir dispositivos con tecnología IoT, los cuales contengan una eficiencia energética que beneficie a la residencia.

Esto pretende resolver los problemas con las altas facturas eléctricas y los problemas eléctricos que se pueden presentar como: cortocircuitos, sobrecargas, mal contactos, etc. También a nivel social se impulsa la modernización en el hogar logrando una mejor eficiencia y ahorro energético como se ha visto en otros países, a esto se le conoce como domótica.

Se considera que todo lo propuesto beneficia principalmente a las personas que residen en el hogar de dicha propuesta, sin embargo, esto puede beneficiar a las personas que desean aplicar la domótica en sus hogares utilizando como guía esta investigación.

IV Objetivos

Objetivo General

proponer un rediseño del sistema energético de la residencia ubicada en el barrio Carlos Nuñez con el fin de generar un ahorro energético.

Objetivos Específicos

1. Elaborar un diagnóstico del suministro energético actual de la residencia ubicada en el barrio Carlos Nuñez.
2. Realizar un rediseño del suministro eléctrico tomando en cuenta el diagnostico elaborado.
3. Proponer dispositivos que cuenten con tecnología IoT con el propósito de lograr un mayor ahorro energético.

V Marco de Referencia

Normativa Eléctrica de Nicaragua

Código de Instalaciones Eléctricas (CIEN)

El propósito de este código es el de proteger a las personas y propiedades de los peligros que implica el uso de la electricidad. Este código rige de forma obligatoria en las empresas públicas y privadas, proyectos, montadores electricistas, así como toda persona natural o jurídica relacionada con los trabajos en instalaciones eléctricas del sistema de utilización y que estén autorizados a ello.

Pliegos Tarifarios

Según el Instituto Nicaragüense de Energía (INE). Los pliegos tarifarios eléctricos en el departamento de Managua los establece la empresa estatal DISNORTE – DISSUR, estos se modifican cada mes en dependencia del cambio del dólar estadounidense (INE, 2023).

Inspección y Diagnostico Eléctrico

GUÍA PARA EL DIAGNÓSTICO (Sánchez, 2018).

Protecciones

Que la capacidad de protección, en amperes, corresponda al calibre del conductor.

Que exista el interruptor de circuito por falla a tierra en zonas húmedas o en la acometida principal o en ambas

Que solamente el “vivo” tenga protección, no el neutro, no la tierra.

Posibles soluciones: Dar mantenimiento, sustituir o agregar protecciones

Alimentadores y circuitos derivados

Que su calibre corresponda a la carga a alimentar.

Que no presenten signo de sobrecalentamiento.

Que no estén expuestos a condiciones que afecten la integridad de su aislamiento, ni que es dañado.

Que los empalmes sean realizados de acuerdo a lo que indica la norma.

Posibles soluciones: Recalcular conductores, sustituir conductores, corregir conexiones.

Normas básicas de consulta

NOM-001-SEDE-2005, instalaciones eléctricas.

Sistema de puesta a tierra

Que exista un sistema de puesta a tierra en la vivienda.

Que la lavadora, refrigerador y horno de microondas estén puestos a tierra.

Que los equipos especiales como motobombas y unidades de acondicionamiento ambiental estén puestos a tierra.

Que los conductores de puesta a tierra y puesto a tierra estén identificados con el color que indica la norma.

Que la conexión entre conductor y electrodo no presente falso contacto.

Que los centros de carga, cajas de distribución y chalupas estén puestos a tierra.

Posibles soluciones: Incluir el sistema de tierra, poner a tierra todo el equipamiento eléctrico.

Número de circuitos

Equipos como lavadora, refrigerador, motobomba y unidades de acondicionamiento ambiental deberán tener cada uno un circuito independiente.

De ser posible el circuito de lámparas y tomacorrientes independiente uno del otro.

No utilizar extensiones o instalaciones provisionales.

Posibles soluciones: Agregar circuitos

Apagadores y tomacorrientes

Que no presenten calentamiento al tacto.

Que no tenga falso contacto.

Que no estén flojos o rotos.

Posibles soluciones: apretar conexiones mecánicas o sustituir.

Censos de Carga

Trabajar en un proyecto de una nueva instalación eléctrica o cambio del sistema en una existente es necesario saber cuánto será (o es actualmente la carga instalada) el consumo eléctrico previsto contando con el total de artefactos que serán usados en la vivienda o negocio (ESTRUCTURAS DE CARGA ELECTRICA, 2017).

Así mismo, un censo general de carga se puede usar como medida de ahorro en el consumo eléctrico ya sea en casa, oficina o empresa. Con el podremos saber cuánto consume cada aparato eléctrico y cuánto puede aportar a nuestro recibo de energía eléctrica. El censo de carga se puede hacer de las siguientes maneras:

- Por placa de características o de identificación.
- Por medición de tensión y corriente o potencia.
- Por tablas establecidas.

Proyección de Demanda

Método de mínimo cuadrado simple, tomando como referencia el video en YouTube titulado “Proyección de la demanda, oferta y tamaño del mercado a través del método de mínimo cuadrado simple” (magallanes, 2021).

Como primer paso se recopila las facturas dentro de un rango de años. Luego de obtener la información de la facturación eléctrica, mediante el programa Excel, se creará una gráfica de dispersión, seguidamente en la gráfica mencionada se agrega una línea de tendencia con la cual se puede conseguir la ecuación de la gráfica y, por último, con la ecuación obtenida se proyectará la demanda para determinar cómo puede variar la factura eléctrica en los próximos años.

Métodos de Cálculo

Se tomó como referencia el libro “INSTALACIONES ELECTRICAS CONCEPTOS BASICOS Y DISEÑO” (Bratu. N, 1995).

Método de Cálculo de los Lúmenes

El método de cálculo de los lúmenes se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado de interiores y está basado en la definición de lux y está basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado.

Puede obtenerse el número de lúmenes por metros cuadrados o luxes con la siguiente formula:

Fórmula 1

$$E = \frac{\Phi_e}{S} = \frac{\text{Lúmenes emitidos}}{\text{Área en m}^2} = \text{Luxes}$$

Fórmula de cálculo de número de luxes.

Se debe de determinar el nivel de iluminación requerido en dependencia del área, esto se obtiene mediante tablas ya establecidas de niveles de iluminación.

El cálculo de iluminación necesita la determinación del coeficiente de utilización (CU); este es el coeficiente de los lúmenes que llega al plano de trabajo y los totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de la paredes, techo y suelo. Este efecto se considera mediante la relación de la cavidad del local (RCL) que se define como sigue:

Formula 2

$$RCL = \frac{5H (\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \times \text{ancho}}$$

Formula de la relación de la cavidad del local (RCL).

Donde H = altura de la cavidad.

Otro factor importante para el cálculo de iluminación es la determinación del factor de perdidas locales (FPT). Este es el resultado final por la presencia de todos

los factores parciales. Se define como el coeficiente de iluminación cuando alcanza su nivel más bajo en el plano de trabajo.

Los factores parciales de pérdida que deben considerarse se detallan a continuación.

- a) Características de funcionamiento de la balastro o reactor.
- b) Tensión de alimentación de las luminarias.
- c) Variaciones de la reflectancia de la luminaria.
- d) Lámparas fundidas.
- e) Temperatura ambiente.
- f) Luminarias con intercambio de calor.
- g) Degradación luminosa de la lámpara.
- h) Disminución de emisión luminosa por suciedad.

El número de luminarias (unidades de alumbrado) puede calcularse de la siguiente manera:

Formula 3

$$N = \frac{E * S}{\Phi * l * CU * FPT}$$

Formula de obtención de número de luminarias.

N = Número de luminarias o unidades de alumbrado.

E = iluminación requerida.

S = Superficie.

Φ = Flujo luminoso por lámpara.

l = Número de lámparas por luminaria.

Como último paso para el cálculo de la iluminación interior se determina el acomodo de las luminarias. Una vez ya calculadas el número de luminarias, se utiliza la siguiente formula con el fin de saber si cumple con el nivel requerido de iluminación del área:

Formula 4

$$E_e = \frac{N_e * l * \Phi * CU * FPT}{S}$$

Formula de iluminación resultante según nueva especificación.

Donde:

E_e = Iluminación resultante según nueva especificación

N_e = Numero de luminarias de la nueva especificación

Caída de Tensión

La fórmula utilizada para la caída de tensión es la siguiente:

Formula 5

$$S = \rho \frac{L * I}{e * V} * 100$$

Fórmula de cálculo de caída de tensión.

Donde:

S = Área o sección transversal del alimentador en mm^2 .

ρ = Resistividad específica (volumétrica) del material conductor en $\text{ohms} * \text{mm}^2 / \text{m}$.

I = Corriente de carga en Amperes.

L = Longitud del alimentador en metros.

E = Caída de tensión permitida en por ciento.

V = voltaje aplicado en Volts.

Si se desea calcular la sección de los conductores se utiliza la siguiente formula.

Formula 6

$$S_{cu} = \frac{2 * c * L * I}{e * V}$$

Formula de sección de conductores eléctricos.

Factor de Relleno

El factor de relleno es el porcentaje de área transversal disponible en la tubería Conduit, que se permite ocupar a la suma de las áreas de los conductores que van dentro.

El cálculo del factor de relleno utiliza la siguiente formula.

Formula 7

$$FR = \frac{AC}{AT} * 100\%$$

Formula de factor de relleno.

Calculo de la Resistencia a Tierra

Según las normas eléctricas NTIE (1981) el valor de la resistencia a tierra no debe ser mayor de 25 ohms. Sin embargo, los autores recomiendan que este entre 5 y 10 ohms.

Para la mejora de la resistividad del terreno en las puestas a tierra se pueden utilizar sal, carbón o sales electrolíticas, entre otros aditivos químicos especializados.

El cálculo de la puesta a tierra se realiza con la siguiente fórmula:

Formula 8

$$R = \frac{\rho}{2\pi * L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right]$$

Fórmula de cálculo de resistencia a tierra, método: barra o varilla de longitud "L" y radio "a" enterrada verticalmente.

Donde

R = Resistencia a tierra en ohms (Ω)

ρ = Resistividad específica del suelo en ohms x cm ($\Omega * \text{cm}$)

Climatización

La climatización se calcula por medio de las frigorías con la siguiente formula (Climadesing, 2018).

Formula 9

$$\frac{\text{Frigorias}}{\text{hr}} = (L * A * H * 50) + (P * 150) + (W * 0.86)$$

Fórmula de cálculo de las frigorías/hr necesarias para climatizar un área.

Donde:

L = Longitud del espacio que se desea climatizar.

A = Ancho del espacio que se desea climatizar.

H = Altura del espacio que se desea climatizar.

P = Número de personas que se pretende permanezcan un gran tiempo dentro del área que se desea climatizar.

W = La suma de las potencias en Watts de todos los equipos que estén dentro del área que se desea climatizar.

Balance de Paneles

Según las normas eléctricas el porcentaje de desfase permitido en los paneles es de 5% como máximo (Insituto Nicaraguense de Energía, 1996), para el cálculo de desfase se utiliza la siguiente formula (Ingeniero JIM, 2022).

Formula 10

$$\%D = \frac{(CM - cm) * 100}{CM}$$

Formula de balanceo de panel por medio del valor de desfase.

Donde

CM = Carga mayor.

Cm = Carga menor.

VI Diseño Metodológico

El presente trabajo obedece a una investigación basada en la toma de datos y análisis de resultados, los cuales serán fundamentales para brindar criterios técnicos enfocados en la mejora de la infraestructura eléctrica de la residencia bajo estudio.

Siguiendo este enfoque, se puede definir el tipo de investigación como cuantitativa. Cuantitativa por acudir a un a un método basado en estudios, análisis de la realidad por medio de observaciones, mediciones y toma de datos, los cuales serán necesarios para dictar las variables de diseño y estudios.

La investigación tendrá como bases fundamentales normativas técnicas aplicadas al tipo de proyecto, resultados de software como Excel (cálculos, tablas y gráficos) y AutoCAD (planos y medidas), levantamientos del sistema eléctrico con equipos especializados (multímetro, vatímetro, cámaras, etc.), consideraciones de fabricantes de equipos eléctricos los cuales ayudaran al momento de realizar el censo de carga y el rediseño eléctrico, catálogos especializados que brinden toda la información útil y necesario de los dispositivos compatibles con tecnología IoT y bibliografía especializada como las incluidas en el marco de referencia.

Por medio de la información mencionada, se desarrollarán los estudios de ingeniería, planos eléctricos, diagramas unifilares y el presente documento escrito.

Alcance de la Investigación

Los alcances de la investigación se definieron acorde con las características de proyecto, las cuales se mencionan a continuación:

Alcance exploratorio: basado en normativas técnicas (CIEN), levantamientos (inspección eléctrica), información existente (censo de carga, pliego tarifario) y bibliografía consultada. Esta información será indispensable para argumentar los cálculos y análisis del proyecto.

Alcance descriptivo: se desarrollará mediante el análisis de proyecto, resultados, recomendaciones, criterios de diseño, especificaciones, tipos de equipos por instalar.

Cronograma del proyecto

Objetivo #1

El objetivo número 1 es elaborar un diagnóstico de todo el suministro de la residencia a fin de lograrlo se propone primeramente hacer una inspección general del funcionamiento de todo el sistema eléctrico, una vez realizada la inspección, se procederá a realizar un censo de carga obteniendo de esta manera el consumo de los equipos que se encuentran en la residencia e información valiosa la cual será explicada en el apartado 3.1.2.1.2, con el censo de carga ya finalizado se podrá inspeccionar en que pliego tarifario eléctrico se encuentra la residencia ya que conoceremos el voltaje y el consumo en kwh de la residencia gracias a la inspección y el censo de carga realizados con anterioridad, como último proceso para cumplir el objetivo se elabora una proyección de demanda a futuro la cual mediante facturas eléctricas que ha recibido la residencia con el paso de los años, ayudara a establecer dicha proyección y saber si el consumo eléctrico de dicha residencia va a subir gradualmente, reducirse o tener variaciones en un rango de años a futuro. Toda la información de paso a paso de estos procesos, las herramientas e instrumentos utilizados, las normas en las que se rigen y la recolección y análisis de información serán explicados a continuación.

Inspección del Sistema Eléctrico

La inspección consiste en comprobar visualmente si la instalación eléctrica funciona correctamente, si está acorde a las normas, si hay algún problema en el sistema, desde la entrada de la energía hasta su distribución.

Dicha inspección es el primer paso de toda la investigación, durante una semana se realizaran visitas a la residencia empezando el lunes 31 de julio del año 2023 y terminando el día domingo 6 de agosto del año 2023 cada día se realizara mediciones en los conductores de los diferentes circuitos y el panel utilizando un multímetro digital y un vatímetro digital, Por día se realizara dos mediciones una a las 10 de la mañana y la última a las 6 de la tarde, las mediciones recopiladas cada día se irán insertando en un archivo en el programa Excel, el formato para recolectar información será mediante la observación no estructurada, utilizando una cámara

fotográfica se guardara la información de los incumplimientos observados en la inspección y en las mediciones, toda la información que se encuentre en Excel será procesada mediante el mismo software el cual permitirá ver si los circuitos funcionaron correctamente durante todo el tiempo bajo inspección o si ocurrieron fallas, por último se elabora una lista en el programa Word donde se detalle todo lo observado durante la inspección.

Los datos que se desean obtener de esta inspección son: nivel de voltaje, corriente y potencia en watts en general y por circuito y elementos de la instalación eléctrica que no cumplan con las normas CIEN.

Todos los parámetros que serán inspeccionados son lo recomendados en el marco de referencia por la guía para diagnósticos de la instalación eléctrica en vivienda (Sánchez, 2018) y las normas a cumplir son las estipuladas por código de instalaciones eléctricas de Nicaragua (CIEN) (Insituto Nicaraguense de Energía, 1996).

Censo de carga

El censo de carga será realizado una semana después de la inspección eléctrica, iniciando el lunes 7 de agosto del año 2023 y finalizando el día martes 8 de agosto del año 2023, tomando como referencia el documento mencionado en el marco de referencia “como hacer un censo general de carga electrica de casa o negocio” (ESTRUCTURAS DE CARGA ELECTRICA, 2017). Primeramente, se debe ubicar el centro de carga y posteriormente el número de cargas que alimenta cada circuito y número de circuito. El método que se propone para dicho censo fue por medición de potencia. Dicho censo será realizado con la información obtenida en la inspección eléctrica realizada el cual se utilizara como formato para obtener información, las mediciones se realizaran en cada carga existente del hogar durante la inspección eléctrica, la información que se pretende obtener es el nivel de voltaje, corriente y potencia de cada una de las cargas de dicha residencia al igual que la ubicación de la carga, en que circuito se encuentra y las horas de uso diario todo esto con el objetivo de establecer el consumo en kwh y asi poder conocer el consumo eléctrico del hogar.

Tabla: 1 Formato elaborado con Excel de censo de carga

Equipo	# circuito	Ubicación	Tiempo de uso día (horas)	Volts	Amps	Potencia (W)	Kwh (día)	Costo día Cordobas

Fuente: Elaboración propia.

Pliego tarifario

Una vez realizada la inspección y censo de carga se debe obtener bajo qué tipo de pliego tarifario está siendo ubicada la residencia bajo el reglamento del instituto Nicaragüense de Energía (INE), el estudio del pliego tarifario se realizara el día 9 de agosto del año 2023 y finalizara el día 10 de agosto de año 2023, la consulta y formato de recolección de información será por análisis del sitio web del (INE), utilizando la información del censo de carga realizado se obtendrá el nivel de voltaje que consume la residencia.

Las mediciones necesarias para el pliego tarifario se realizan en el censo de carga, el tipo de información que se espera obtener es el nivel de voltaje y consumo en kwh de la vivienda para seguidamente obtener el código del pliego tarifario de la residencia el cual indica cual es el costo por kwh para dicho hogar, la información será procesada comparando el consumo en kwh con el rango de consumo de los diferentes tipos de pliegos tarifarios según el nivel de voltaje.

Proyección de demanda

La proyección de la demanda energética de la residencia bajo estudio paso a paso es la establecida en el marco de referencia en el subtema 2.5 “protección de demanda”, la elaboración de la proyección iniciara el día 11 de agosto del año 2023, finalizando el día 13 de agosto del año 2023.

Los instrumentos utilizados en la proyección son las facturas eléctricas del hogar y el software Excel, el formato de recolección de información será vía

comunicación con los propietarios de la residencia los cuales brindaran las facturas eléctricas que han recibido a lo largo de los distintos meses y años, la información que se espera obtener es el consumo eléctrico en córdobas en cierto periodo de años del hogar para así obtener una proyección aproximada del consumo en córdobas de un periodo de años a futuro, se realizaran 5 pruebas con diferentes rangos de años de manera que se pueda observar si las proyecciones son aproximadas sin importar el rango establecido y así escoger el rango más adecuado, la información será procesada en una pequeña tabla elaborada en el programa Excel la cual indicara el año y su consumo eléctrico correspondiente en córdobas, el análisis de los resultados se lograra elaborando una gráfica de dispersión con la cual se obtendrá el valor de las proyecciones.

Objetivo #2

El objetivo número 2 propone realizar un rediseño de todo el suministro eléctrico actual de la residencia tomando en cuenta el diagnóstico anterior, a fin de cumplir este objetivo se realizarán los cálculos conocidos para un diseño eléctrico en el siguiente orden: iluminación, circuitos de fuerza, climatización, caída de tensión y factor de relleno, puesta a tierra y balanceo de paneles. Ya que existen cálculos que dependen de la información obtenida por otros cálculos como la caída de tensión que a manera de realizarse se necesita la información de las cargas de la residencia obtenidas en el plano de iluminación y fuerza. En dependencia de lo que se observe y las conclusiones que se logren de las inspecciones realizadas en el objetivo número uno, se decidirá que cálculos son los pertinentes a realizarse. Toda la información de paso a paso de estos procesos, las herramientas e instrumentos utilizados, las normas en las que se rigen y la recolección y análisis de información serán explicados a continuación.

Cálculos de iluminación

Se tomará como referencia del marco de referencia los cálculos que explica el libro *INSTALACIONES ELECTRICAS CONCEPTOS BASICOS Y DISEÑO* (Bratu. N, 1995), el rediseño eléctrico de iluminación iniciará una vez concluida la elaboración de la proyección de la demanda del hogar, iniciando de tal manera el día 14 de agosto 2023 y finalizando el día 27 de agosto del año 2023.

El paso a paso de este cálculo se encuentra explicado en el marco de referencia, el diseño estará regido bajo las normas del Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN) (Insituto Nicaraguense de Energía, 1996), y el reglamento establecido en el libro *INSTALACIONES ELECTRICAS CONCEPTOS BASICOS Y DISEÑO* (Bratu. N, 1995), los instrumentos que serán utilizados son el software de dibujo denominado AutoCAD al momento de la realización del plano el cual ayudara a tomar medidas precisas de longitudes que logran una mayor precisión de cálculo y ubicación de luminarias, en el caso de los cálculos que se deben realizar se hará uso de Excel como hoja de cálculo y mejor ordenamiento de la información que se vaya obteniendo.

Los cálculos de iluminación se realizarán en cada espacio que cuente el hogar tanto de manera interior como exterior, se realizara el mismo calculo con 3 tipos diferentes de iluminación para obtener la iluminación más optima, el formato utilizado para la recolección de información es la revisión bibliográfica del código CIEN y la bibliografía mencionada en el marco de referencia a su vez la observación en el campo bajo estudio, la información que se espera obtener es el nivel de luxes y numero de luminarias que se encontraran en las diferentes áreas de la residencia luego del rediseño eléctrico.

Toda la información será procesada de manera ordenada en una hoja de cálculo del programa Excel y elaborando un plano eléctrico de iluminación en el software de dibujo AutoCAD, el análisis de los resultados se hará elaborando una tabla que indique la información importante conseguida por el rediseño, (nivel de luxes, numero de luminarias, potencia total en watts por área, nivel de corriente y voltajes).

Circuitos de Fuerza

Luego de elaborar el plano eléctrico del rediseño de iluminación, se elabora el plano de fuerza de la residencia iniciando el día 28 de agosto del año 2023 y finalizando el día 3 de septiembre del año 2023 el diseño estará regido bajo las normas del Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN).

los instrumentos que serán utilizados son el software de dibujo AutoCAD al momento de la realización del plano el cual ayudara a tomar medidas precisas de longitudes que logran una mayor precisión de cálculo y ubicación de los tomacorrientes, y se hará uso de Excel como hoja de cálculo y mejor ordenamiento de la información que se vaya obteniendo.

Todo el hogar será inspeccionado área por área de manera que así se pueda observar los lugares óptimos y necesarios para la ubicación y tipo correcto de tomacorrientes, el formato utilizado para la recolección de información es la revisión bibliográfica del código CIEN y la observación en el campo bajo estudio, la información que se espera obtener son los niveles de voltaje, corriente y potencia, las condiciones de las áreas y las cargas que serán conectadas a los circuitos de fuerza, esta información será obtenida de los realizado en el censo de carga y la observación en las visitas a la residencia.

Toda la información será procesada de manera ordenada en una hoja de cálculo del programa Excel y elaborando un plano eléctrico de fuerza en el software de dibujo AutoCAD, el análisis de los resultados se hará elaborando una tabla que indique la información importante conseguida por el rediseño, (número de tomacorrientes por área, potencia total en watts por área, nivel de corriente y voltajes).

Climatización

El cálculo de climatización será realizado luego de terminar el plano de fuerza iniciando el día 4 de septiembre del año 2023 y finalizando el día 6 de septiembre del año 2023 los cálculos y selección de equipos de aire acondicionados serán realizados tomando como referencia la bibliografía mencionada en el marco de referencia en el apartado “climatización” y en los catálogos disponibles en el mercado nacional e internacional.

Los instrumentos que serán utilizados son el software de dibujo AutoCAD el cual ayudara a tomar medidas precisas de longitudes y áreas de los diferentes espacios que serán climatizados en la residencia logrando una mayor precisión de cálculo, y se hará uso de Excel como hoja de cálculo y mejor ordenamiento de la información que se vaya obteniendo.

El hogar será inspeccionado área por área de manera que así se pueda observar que espacios son los idóneos a fin de ser climatizados, el formato utilizado para la recolección de información es la revisión de los planos de iluminación y fuerza a fin de obtener una idea de cuanto calor será generado en las diferentes áreas, revisión de la bibliográfica mencionada en el marco de referencia de manera que sirva de apoyo para realizar los cálculos, la observación del campo bajo estudio y la revisión de catálogos de aires acondicionados, la información que se espera obtener son la potencia total de los dispositivos que se encuentran dentro del espacio a ser climatizado, el área total de dichos espacios y el numero promedio de personas que habitaran constantemente el área.

Toda la información será procesada de manera ordenada en una hoja de cálculo del programa Excel, el análisis de los resultados se hará elaborando una tabla que indique la información importante conseguida por los cálculos, (número de personas que habitan habitualmente el espacio, BTU totales de cada aire acondicionado, nivel total de potencia en watts por área emitida por las cargas existentes en el espacio, voltaje de los aires acondicionados y su respectiva corriente y potencia en watts).

Cálculo de caída de tensión y factor de relleno

Luego de realizarse los planos eléctricos del rediseño de iluminación y fuerza y los cálculos de climatización, se calcula la caída de tensión de cada uno de los circuitos y acometida de la residencia al igual que el factor de relleno de sus respectivas tuberías iniciando el día 7 de septiembre del año 2023 y finalizando el día 13 de septiembre del año 2023 los cálculos y selección de conductores y tubería conduit estarán regidos bajo las normas del Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN) y tomando como referencia la bibliografía mencionada en el marco de referencia en el apartado “caída de tensión” y “factor de relleno”.

Las herramientas que serán utilizadas son un multímetro digital con la intención de medir la corriente total de los circuitos y si el nivel de voltaje se encuentra en valores aceptados por las normas CIEN y un calibrador de diámetros con el objetivos de saber el diámetro y número de conductores de la residencia antes y después del rediseño, los instrumentos que serán utilizados son el software de dibujo denominado AutoCAD el cual ayudara a tomar medidas precisas de longitudes entre los circuitos y el panel y la forma en que cada circuito estará distribuido que logran una mayor precisión de cálculo, y se hará uso de Excel como hoja de cálculo y mejor ordenamiento de la información que se vaya obteniendo.

El hogar será inspeccionado área por área de manera que así se pueda observar que rutas utilizaran los conductores eléctricos desde el panel, en total se establecerán 3 opciones de rutas de los conductores en la residencia de tal manera que se pueda establecer que ruta es la más optima y con menos caída de tensión, el formato utilizado para la recolección de información es la revisión bibliográfica del código CIEN, la observación en el campo bajo estudio y la revisión de catálogos de conductores y tuberías conduit, la información que se espera obtener son los niveles de caída de tensión, corriente total por cada circuito y el porcentaje de factor de relleno y número de conductores que estarán dentro de las tuberías conduit de cada circuito.

Puesta a tierra

Una vez realizados los cálculos de caída de tensión, se calcula la puesta a tierra del panel eléctrico de la residencia iniciando el día 16 de septiembre del año 2023 y finalizando el día 24 de septiembre del año 2023 los cálculos y selección de los elementos de la puesta a tierra como lo son la varilla de cobre, conductor, elementos a fin de mejorar la resistividad de la tierra, etc. Estarán regidos bajo las normas del Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN) y tomando como referencia la bibliografía mencionada en el marco de referencia en el apartado “Puesta a tierra”.

Las herramientas que serán utilizadas son un telurómetro con la intención de medir si el nivel de voltaje se encuentra en valores aceptados por las normas CIEN y un calibrador de diámetros con el objetivos de saber el diámetro y número de conductores de la residencia antes y después del rediseño, además de la utilización de los diversos productos y/o químicos en dependencia de la resistividad del terreno como pueden ser la sal y el carbón, en el caso de los instrumentos se hará uso de Excel como hoja de cálculo y mejor ordenamiento de la información que se vaya obteniendo.

El terreno de la residencia tendrá mediciones diarias con el telurómetro en el área del panel durante los primero 5 días establecidos para el cálculo de la puesta a tierra de manera que así se pueda observar si la resistividad cumple con las normas del CIEN, si no cumple se procederá a tratar el terreno con los diversos producto y/o químicos correspondientes, sin embargo si cumple con las normas, las mediciones no se detendrán estos días de tal manera que se pueda comprobar que no existe variaciones grandes en la resistividad del suelo del terreno, el formato utilizado a fin de recolectar información es la revisión bibliográfica del código CIEN y la bibliografía mencionada en el marco de referencia, la observación en el campo bajo estudio y la revisión de catálogos de conductores y productos relacionados a la puesta a tierra, la información que se espera obtener son los niveles de resistividad del suelo, corriente total del panel la cual se conseguirá gracias al censo de carga, tamaño de la varilla de cobre y el conductor eléctrico. Toda esta

información se conseguirá mediante los pasos explicados con anterioridad y aplicando la formula plasmada en el marco de referencia para la puesta a tierra.

Toda la información será procesada de manera ordenada en una hoja de cálculo del programa Excel y revisando si cumplen con las normas CIEN, el análisis de los resultados se hará elaborando una tabla que indique la información importante conseguida por el rediseño, (tamaño de la varilla de cobre, resistividad del suelo en ohm, nivel total de corriente en el panel, numero recomendado de conductor eléctrico), y un gráfico comparativo de toda la información utilizada en la tabla entre la puesta a tierra antigua de la residencia y la del rediseño.

Balance de paneles

Una vez finalizados todos los cálculos eléctricos explicados anteriormente, se realiza el balanceo del panel eléctrico de la residencia iniciando el día 25 de septiembre del año 2023 y finalizando el día 28 de septiembre del año 2023 los cálculos y selección del panel adecuado. Estarán regidos bajo las normas del Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN) y tomando como referencia la bibliografía mencionada en el marco de referencia en el apartado “Balanceo de paneles” con su respectiva fórmula matemática.

Los instrumentos que se utilizaran son el software AutoCAD para el diseño del formato de cuadro de cargas de un tablero (ver tabla 3.2) y el uso de Excel como hoja de cálculo y mejor ordenamiento de la información que se vaya obteniendo.

Las mediciones necesarias del balanceo del panel se obtendrá de los cálculos realizados con anterioridad (plano de fuerza e iluminación, cálculo de caída de tensión) el balanceo del panel deberá cumplir con las normas del CIEN sin superar el límite de porcentaje establecido por dichas normas, el formato utilizado como medio de recolección de información es la revisión bibliográfica del código CIEN y la bibliografía mencionada en el marco de referencia y la revisión de catálogos de paneles eléctricos, la información que se espera obtener son el porcentaje de desfase entre las barras del panel, longitud de los circuitos al panel, calibre de los conductores de cada circuito, amperaje por circuito y su potencia en watts, tipo de carga, número de circuito, barra en la que se encuentra cada circuito.

Toda esta información será obtenida mediante los cálculos correspondientes e información de cálculos anteriores como el de caída de tensión.

Toda la información será procesada de manera ordenada en una hoja de cálculo del programa Excel y revisando si cumplen con las normas CIEN, el análisis de los resultados se hará elaborando el formato correspondiente (ver tabla 3.2) en el software AutoCAD para ser incluida en los planos eléctricos del rediseño eléctrico de la residencia.

Tabla: 2 Formato de cuadro de cargas de un tablero

Long	Calibre	Amps	W	Carga		Int	No	Barras		No	Int	Carga		W	Amps	Calibre	Long
mts			Circ	Tipo	Cant	Amp	Circ	A	B	Circ	Amp	Tipo	Cant	Circ			mts

Fuente: (Bratu. N, 1995).

Objetivo #3

El objetivo número 3 consiste en la propuesta de equipos con tecnología IoT con el propósito de un mayor ahorro energético, mediante la revisión de catálogos que ofrezcan estos dispositivos e información de las necesidades eléctricas de la residencia las cuales se deberán de conocer gracias al cumplimiento de los objetivos 1 y 2, a continuación, se explica más a fondo como se cumplirá el objetivo número 3

Propuesta de Equipos con Tecnología IoT

A fin de cumplir con el objetivo #3, se realiza la propuesta de equipos que cuenten con tecnología IoT las cuales buscan ayudar con el ahorro energético e implementación de domótica en la residencia iniciando el día 29 de septiembre del año 2023 y finalizando el día 15 de octubre del año 2023 la selección de los equipos adecuados se hará tomando en cuenta su eficiencia energética, precio y necesidades de la residencia. Por cada área de la residencia se irán proponiendo diferentes dispositivos, todos los equipos del hogar que posean esta tecnología se pretende sean controlados por un asistente virtual.

Los instrumentos que se utilizaran son los diversos catálogos disponibles en el mercado y el software Excel con el fin de obtener un mejor ordenamiento de la información que se vaya consiguiendo.

Las mediciones necesarias a fin de concluir si lo más óptimo es cambiar el dispositivo eléctrico se obtendrá de los cálculos realizados con anterioridad en el censo de carga, el formato utilizado como medio de recolección de información es la revisión de páginas webs especializadas en los dispositivos con tecnología IoT y catálogos que ofrezcan dichos dispositivos, la información que se espera obtener son el consumo eléctrico y costo del dispositivo eléctrico y demás información complementaria de acorde a las necesidades como puede ser el tamaño de los dispositivos. Toda esta información será obtenida mediante los catálogos que sean revisados y estudiados.

Toda la información será procesada de manera ordenada en una hoja de cálculo del programa Excel, el análisis de los resultados se hará elaborando una tabla de los dispositivos seleccionados con su consumo y precio en dólares estadounidenses, además de elaborar un nuevo censo de carga con los nuevos dispositivos propuestos a la residencia y realizar una gráfica comparativa entre el primer censo de carga realizado con los dispositivos antiguos y el censo de carga con los nuevos dispositivos.

VII Resultados

Método de cálculo de los lúmenes.

Este método se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado en interiores y está basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado. Con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) puede obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes:

$$E = \frac{\Phi_e}{S} = \frac{\text{Lúmenes emitidos}}{\text{Área en m}^2} = \text{Luxes}$$

Este valor difiere de los luxes medidos, debido a que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria o por la influencia de otros factores tales como la suciedad de la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas, entre otras.

Determinación del nivel de iluminación requerido.

El Anexo A presenta los niveles de iluminación para diversas tareas, recomendados en el informe # 29 de la "International Commission on Illumination" (Comisión Internacional de Iluminación) constituida por los comités nacionales de iluminación de treinta países (Manual de Alumbrado de Phillips, 1983). Estas recomendaciones representan valores mínimos en el lugar mismo de la tarea visual de acuerdo con la práctica actual; una total comodidad visual puede requerir niveles superiores.

Determinación del coeficiente de utilización (CU).

El *coeficiente de utilización* es el cociente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo (plano horizontal a 75 cms. del suelo) y los totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo. A causa de las múltiples reflexiones que tienen lugar dentro de un local, una parte de luz pasa hacia abajo a través del plano imaginario de trabajo más de una vez, por lo que en algunas circunstancias el coeficiente de utilización puede sobrepasar la unidad. En general cuanto más alto y estrecho sea el local, mayor será la proporción de luz absorbida por las paredes y menor el coeficiente de utilización.

Este efecto se considera mediante la relación de la cavidad del local (RCL) que se define como sigue:

$$RCL = \frac{5H (LARGO + ANCHO)}{LARGO \times ANCHO}$$

Dónde: H = altura de la cavidad.

Los datos técnicos para distintas luminarias están reunidos en la Tabla 1. Cuando se trabaja con luminarias no incluidas en dichas páginas, el *coeficiente de utilización* deberá tomarse de la tabla de otra luminaria de eficacia y curva de distribución similares.

Determinación del factor de pérdidas totales (FPT).

El *factor de pérdidas totales* es el resultado final por la presencia de todos los factores parciales. Se define como el cociente de la iluminación cuando alcanza su nivel más bajo en el plano de trabajo (antes de efectuar alguna acción correctora) entre el nivel nominal de iluminación de las lámparas (sin considerar factores parciales de pérdidas).

Los niveles de iluminación dados en el Anexo A representan los valores mínimos requeridos en todo momento. De acuerdo con esto, el *factor de pérdidas totales* debe incluir las pérdidas atribuibles a todo tipo de causas, algunas de las cuales se van acumulando hasta que se efectúe una acción correctora.

Los factores parciales de pérdida que deben considerarse se detallan a continuación. Algunos de ellos sólo pueden estimarse de manera aproximada; otros pueden evaluarse a través de pruebas o ensayos. Estos ocho factores son:

Características de funcionamiento de la balastra o reactor. La Asociación de Fabricantes de Balastras de E.U.A. (Certified Ballast Manufacturers Association) especifica que las lámparas fluorescentes requieren una balastra con una reactancia tal que la lámpara emita el 95% de la luminosidad que proporciona cuando funciona con una reactancia patrón (o de laboratorio) utilizada para establecer el valor nominal.

Tensión de alimentación de las luminarias. La tensión de servicio en la luminaria es difícil de predecir. Para lámparas de filamento, así como para lámparas de mercurio (con reactancias de valor alto), una desviación del 1 % de la tensión nominal causa aproximadamente una variación del 3% en los lúmenes emitidos. Los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varían aproximadamente un 1% por cada 2.5% de variación en la tensión.

Variaciones de la reflectancia de la luminaria. Este efecto es normalmente pequeño, pero después de un período de tiempo largo puede ser significativo en las luminarias con acabados (o plásticos) de baja calidad. No se dispone de datos precisos.

Lámparas fundidas. La pérdida de iluminación es proporcional al porcentaje de lámparas fuera de servicio.

Temperatura ambiente. Las variaciones de temperatura no tienen una influencia determinante en las lámparas de filamento ni de mercurio. Las lámparas fluorescentes se calibran fotométricamente a 25°C por lo que desviaciones significativas de esta temperatura - hacia arriba o abajo- pueden significar pérdidas sustanciales de la emisión luminosa -no se dispone de datos de ensayos extensivos.

Luminarias con intercambio de calor. Existen luminarias cuyo diseño permite que se utilicen como parte del sistema de ventilación o aire acondicionado. Estas luminarias se calibran fotométricamente sin paso de aire. Por tanto, cuando son instaladas y se extrae o inyecta aire a través de ellas, su eficiencia aumenta, a veces hasta un 20%. Este incremento es función de la cantidad y la temperatura del aire que pasa a través de la luminaria.

Degradación luminosa de la lámpara. La reducción gradual de la luminosidad producida por el paso del tiempo es diferente para cada tipo y calidad de lámpara. Para el 70% de vida estimada, la disminución aproximada de los lúmenes emitidos es de 8% para lámparas fluorescentes, de 8.5% para las de filamento y de 6.5% para las de vapor de mercurio.

Cálculo del número de luminarias.

El número de luminarias (unidades de alumbrado) puede calcularse de la siguiente manera:

$$N = \frac{E \cdot S}{\phi \cdot l \cdot CU \cdot FPT}$$

Donde:

N=Número de luminarias o unidades de alumbrado.

E= Iluminación requerida.

S= Superficie.

ϕ = Flujo luminoso por lámpara.

l= Número de lámparas por luminaria.

Determinación del acomodo de las luminarias.

La colocación de las luminarias depende de la arquitectura general, de las dimensiones del edificio, del tipo de luminaria y de la ubicación de las tomas de energía existentes. Para conseguir una distribución uniforme de iluminación sobre una zona, se recomienda respetar la separación resultante al usar los factores que aparecen en la nota: "Separación no superior a" de la Tabla 1 y que están en función de la altura de montaje (al plano de trabajo). En la mayoría de los casos, resulta necesario colocarlas más próximas a fin de obtener los niveles de iluminación requeridos. Frecuentemente los equipos fluorescentes deben montarse en filas continuas.

Cálculo de Iluminación

$$RCL = \frac{5H (LARGO + ANCHO)}{LARGO \times ANCHO}$$

$$N = \frac{E \cdot S}{\phi \cdot I \cdot CU \cdot FPT}$$

N=Número de luminarias o unidades de alumbrado.

E= Iluminación requerida.

S= Superficie.

ϕ = Flujo luminoso por lámpara.

I/= Número de lámparas por luminaria

Área de administración

Largo=4

E=400 LUX

Ancho = 2

Ø= 2900 lum

H=2.75

FPT=0.81

I=2

$$RCL = \frac{(5 \times 2.75) (4+2)}{(4 \times 2)} = 10.31$$

DATOS DE ENTRADA						
ITEM: AREA DE ADMON						
DEPENDENCIA	NIVEL LUX RECOMENDADO	NIVEL LUX ELEGIDO	DIMENSIONES			
			LONGITUD (m.)	ANCHO (m.)	ALTO (m.)	
Oficina General	200 a 500	400	4	2	2.75	
ALTURA	REFLEXION MUROS					
PL. DE TRAB. (m.)	TECHO	PAREDES	SUELO	FACTOR DE PERDIDA DE LUZ		
0.75	7	7	1	0.8	AMBIENTE LIMPIO Y MANTENIMIENTO ANUAL	
REPRODUCCION COLORES	REFLEXION PLANO TRABAJO					
IMPORTANCIA PRIMORDIAL	BUENA					
CARACTERISTICAS DE DISEÑO						
INDICE	COEFICIENTE	RENDIMIENTO	TEMPERATURA	CLASE	TIPO DE LAMPARA	
DEL LOCAL	q	CROMATICO	COLOR	FOTOMETRICA		
0.67	5	85 < Ra	K<3.500	SUBIR LUX	Incandescenc./ Halógenas / Fluoresc.	
LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA						
TIPO DE LAMPARA y WATS.	LÚMENES/LAM P.	LUMINARIA CLASE	RTO. LUMINARIA	Nº LAMPARAS/LUMINARIA	NUMERO DE LUMINARIAS	Dº. MÁX. CENTROS (m.)
FLUORESCENTE	2900	D	0.5	2	2	3.38
50						
Se proponen:	2	filas	a	1.87		
	1	columnas	CENTRADA			
			INDICE	28.74	w/m2	

Según lo indicado en tabla se recomienda la instalación de 2 luminarias fluorescente en el área administrativa, las cuales tienen un índice de 28.74 w/m2.

Área Ventas

Largo=4

E=500 LUX

Ancho = 5.11

Ø= 2900 lum

H=2.75

FPT=0.8

I=2

$$RCL = \frac{(5 \times 2.75) (4 + 5.11)}{(4 \times 5.11)} = 6.12$$

DATOS DE ENTRADA						
ITEM: Area de ventas						
DEPENDENCIA	NIVEL LUX RECOMENDADO	NIVEL LUX ELEGIDO	DIMENSIONES			
Comercio	500	500	LONGITUD (m.)	ANCHO (m.)	ALTO (m.)	
			4	5.11	2.75	
ALTURA	REFLEXION MUROS					
PL. DE TRAB. (m.)	TECHO	PAREDES	SUELO	FACTOR DE PERDIDA DE LUZ		
0.75	7	7	1	0.8	AMBIENTE LIMPIO Y MANTENIMIENTO ANUAL	
REPRODUCCION COLORES	REFLEXION PLANO TRABAJO					
IMPORTANCIA PRIMORDIAL	BUENA					
CARACTERISTICAS DE DISEÑO						
INDICE DEL LOCAL	COEFICIENTE q	RENDIMIENTO CROMATICO	TEMPERATURA COLOR	CLASE FOTOMETRICA	TIPO DE LAMPARA	
1.12	4	85 < Ra	K<3.500	SUBIR LUX	Incandescenc./ Halógenas / Fluoresc.	
LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA						
TIPO DE LAMPARA y WATS.	LÚMENES/LAMP.	LUMINARIA CLASE	RTO. LUMINARIA	Nº LAMPARAS/LUMINARIA	NUMERO DE LUMINARIAS	Dº. MÁX. CENTROS (m.)
FLUORESCENTE	2900	D	0.5	2	6	3.38
50						
Se proponen:	2	filas	a	1.91		
	3	columnas	a	1.91		
			INDICE:	27.28	w/m2	

Según lo indicado en tabla se recomienda la instalación de 6 luminarias fluorescente en el área de ventas, las cuales tienen índice de 27.28 w/m2.

Con estas características se propone lámparas Master LedTube dado que sólo un 50% de consumo de energía en comparación con los tubos fluorescentes, tienen excepcional vida útil de hasta 50.000 horas, intercambiable con las actuales lámparas T8 en instalaciones con balasto EM, sin mercurio, cebador de protección (EMP050) y tres fusibles de seguridad en el tubo; y con las ventajas de costes

Área de Producción

Largo=8.61

E=750 LUX

Ancho = 4.44

Ø= 2900 lum

H=2.75

FPT=0.8

I=2

$$RCL = \frac{(5 \times 2.75) (4.44 + 8.61)}{(4.44 \times 8.61)} = 4.7$$

DATOS DE ENTRADA						
ITEM: Area de Producción						
DEPENDENCIA	NIVEL LUX RECOMENDADO	NIVEL LUX ELEGIDO	DIMENSIONES			
			LONGITUD (m.)	ANCHO (m.)	ALTO (m.)	
Trabajo de precision	750	750	8.61	4.44	2.75	
ALTURA	REFLEXION MUROS					
PL. DE TRAB. (m.)	TECHO	PAREDES	SUELO	FACTOR DE PERDIDA DE LUZ		
0.75	7	7	1	0.8	AMBIENTE LIMPIO Y MANTENIMIENTO ANUAL	
REPRODUCCION COLORES	REFLEXION PLANO TRABAJO					
IMPORTANCIA PRIMORDIAL	BUENA					
CARACTERISTICAS DE DISEÑO						
INDICE DEL LOCAL	COEFICIENTE q	RENDIMIENTO CROMATICO	TEMPERATURA COLOR	CLASE FOTOMETRICA	TIPO DE LAMPARA	
1.46	4	85 < Ra	3.500<K<5.000	ELM	Fluorescentes	
LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA						
TIPO DE LAMPARA y WATS.	LÚMENES/LAMP.	LUMINARIA CLASE	RTO. LUMINARIA	Nº LAMPARAS/LUMINARIA	NUMERO DE LUMINARIAS	Dº. MÁX. CENTROS (m.)
FLUORESCENTE	2900	D	0.5	2	15	3.38
50						
Se proponen:	5	filas	a	1.60		
	3	columnas	a	1.60		
			INDICE:	38.95	w/m2	

Según lo indicado en tabla se recomienda la instalación de 15 luminarias fluorescente en el área de producción, las cuales tienen índice de 38.95 w/m2.

Con estas características se propone lámparas Master LedTube dado que sólo un 50% de consumo de energía en comparación con los tubos fluorescentes, tienen excepcional vida útil de hasta 50.000 horas, intercambiable con las actuales lámparas T8 en instalaciones con balasto EM, sin mercurio, cebador de protección (EMP050) y tres fusibles de seguridad en el tubo; y con las ventajas de costes operativos reducidos,

Área Horneado

Largo=4.61

E=450 LUX

Ancho = 7.11

Ø= 2900 lum

H=2.75

FPT=0.8

I=2

$$RCL = \frac{(5 \times 2.75) (4.61 + 5.11)}{(4.61 \times 5.11)} = 5.67$$

DATOS DE ENTRADA						
ITEM: AREA HORNEADO						
DEPENDENCIA	NIVEL LUX RECOMENDADO	NIVEL LUX ELEGIDO	DIMENSIONES			
Cocina Industrial	500	450	LONGITUD (m.)	ANCHO (m.)	ALTO (m.)	
			4.61	7.11	2.75	
ALTURA	REFLEXION MUROS					
PL. DE TRAB. (m.)	TECHO	PAREDES	SUELO	FACTOR DE PERDIDA DE LUZ		
0.75	7	7	1	0.8	AMBIENTE LIMPIO Y MANTENIMIENTO ANUAL	
REPRODUCCION COLORES	REFLEXION PLANO TRABAJO					
IMPORTANCIA PRIMORDIAL	BUENA					
CARACTERISTICAS DE DISEÑO						
INDICE DEL LOCAL	COEFICIENTE q	RENDIMIENTO CROMATICO	TEMPERATURA COLOR	CLASE FOTOMETRICA	TIPO DE LAMPARA	
1.40	5	85 < Ra	K<3.500	SUBIR LUX	Incandescenc./ Halógenas / Fluoresc.	
LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA						
TIPO DE LAMPARA y WATS.	LÚMENES/LAMP.	LUMINARIA CLASE	RTO. LUMINARIA	N° LAMPARAS/LUMINARIA	NUMERO DE LUMINARIAS	Dº. MÁX. CENTROS (m.)
FLUORESCENTE	2900	D	0.5	2	8	3.38
50						
Se proponen:	2	filas	a	2.07		
	3	columnas	a	2.07		
			INDICE	23.37	w/m2	

Según lo indicado en tabla se recomienda la instalación de 8 luminarias fluorescente en el área de horneado, las cuales tienen índice de 23.37 w/m2.

Con estas características se propone lámparas Master LedTube dado que sólo un 50% de consumo de energía en comparación con los tubos fluorescentes, tienen excepcional vida útil de hasta 50.000 horas, intercambiable con las actuales lámparas T8 en instalaciones con balasto EM, sin mercurio, cebador de protección (EMP050) y tres fusibles de seguridad en el tubo.

Área de Lavado

Largo=3.1

E=850 LUX

Ancho = 5.68

Ø= 2900 lum

H=2.75

FPT=0.8

I=2

$$RCL = \frac{(5 \times 2.75) (4.61 + 5.11)}{(4.61 \times 5.11)} = 5.67$$

DATOS DE ENTRADA						
ITEM: AREA DE LAVADO						
DEPENDENCIA	NIVEL LUX RECOMENDADO	NIVEL LUX ELEGIDO	DIMENSIONES			
Lavandería	500 a 1.000	850	LONGITUD (m.)	ANCHO (m.)	ALTO (m.)	
			3.1	5.68	2.75	
ALTURA	REFLEXION MUROS					
PL. DE TRAB. (m.)	TECHO	PAREDES	SUELO	FACTOR DE PERDIDA DE LUZ		
0.75	7	7	1	0.8	AMBIENTE LIMPIO Y MANTENIMIENTO ANUAL	
REPRODUCCION COLORES	REFLEXION PLANO TRABAJO					
IMPORTANCIA PRIMORDIAL	BUENA					
CARACTERISTICAS DE DISEÑO						
INDICE DEL LOCAL	COEFICIENTE q	RENDIMIENTO CROMATICO	TEMPERATURA COLOR	CLASE FOTOMETRICA	TIPO DE LAMPARA	
1.00	4	85 < Ra	3.500<K<5.000	SUBIR LUX	Fluorescentes	
LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA						
TIPO DE LAMPARA y WATS.	LÚMENES/LAMP.	LUMINARIA CLASE	RTO. LUMINARIA	Nº LAMPARAS/LUMINARIA	NUMERO DE LUMINARIAS	Dº. MÁX. CENTROS (m.)
FLUORESCENTE	2900	D	0.5	2	8	3.38
50						
Se proponen:	2	filas	a	1.47		
	4	columnas	a	1.47		
			INDICE	46.38	w/m2	

Según lo indicado en tabla se recomienda la instalación de 8 luminarias fluorescente en el área de lavado, las cuales tienen índice de 46.38 w/m2.

Con estas características se propone lámparas Master LedTube dado que sólo un 50% de consumo de energía en comparación con los tubos fluorescentes, tienen excepcional vida útil de hasta 50.000 horas, intercambiable con las actuales lámparas T8 en instalaciones con balasto EM, sin mercurio, cebador de protección (EMP050) y tres fusibles de seguridad en el tubo.

Área de Suministros

Largo=8.61

E=100 LUX

Ancho = 2

Ø= 2900 lum

H=2.75

FPT=0.8

l=2

$$RCL = \frac{(5 \times 2.75) (8.61 + 2)}{(8.61 \times 2)} = 8.47$$

DATOS DE ENTRADA						
ITEM: Area de suministros						
DEPENDENCIA		NIVEL LUX RECOMENDADO	NIVEL LUX ELEGIDO	DIMENSIONES		
Almacén		50 a 100	100	LONGITUD (m.)	ANCHO (m.)	ALTO (m.)
				8.61	2	2.75
ALTURA	REFLEXION MUROS					
PL. DE TRAB. (m.)	TECHO	PAREDES	SUELO	FACTOR DE PERDIDA DE LUZ		
0.75	7	7	1	0.8	AMBIENTE LIMPIO Y MANTENIMIENTO ANUAL	
REPRODUCCION COLORES		REFLEXION PLANO TRABAJO				
IMPORTANCIA PRIMORDIAL		BUENA				
CARACTERISTICAS DE DISEÑO						
INDICE DEL LOCAL	COEFICIENTE q	RENDIMIENTO CROMATICO	TEMPERATURA COLOR	CLASE FOTOMETRICA	TIPO DE LAMPARA	
0.81	6	85 < Ra	K<3.500	SUBIR LUX	Incandescenc./ Halógenas / Fluoresc.	
LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA						
TIPO DE LAMPARA y WATS.	LÚMENES/LAMP.	LUMINARIA CLASE	RTO. LUMINARIA	Nº LAMPARAS/LUMINARIA	NUMERO DE LUMINARIAS	Dº. MÁX. CENTROS (m.)
FLUORESCENTE	2900	D	0.5	2	1	
50						
Se proponen:	2	filas	a	4.00		
	0	columnas		CENTRADA		
			INDICE:	6.25	w/m2	

Según lo indicado en tabla se recomienda la instalación de 1 luminarias fluorescente en el área de suministros, la cual tiene índice de 6.25 w/m2.

Con estas características se propone lámparas Master LedTube dado que sólo un 50% de consumo de energía en comparación con los tubos fluorescentes, tienen excepcional vida útil de hasta 50.000 horas, intercambiable con las actuales lámparas T8 en instalaciones con balasto EM, sin mercurio, cebador de protección (EMP050) y tres fusibles de seguridad en el tubo.

Área de Bodega

Largo=3.10

E=50 LUX

Ancho = 6.44

Ø= 2900 lum

H=2.75

FPT=0.8

I=2

$$RCL = \frac{(5 \times 2.75) (8.61 + 2)}{(8.61 \times 2)} = 8.47$$

DATOS DE ENTRADA						
ITEM: Bodega						
DEPENDENCIA		NIVEL LUX RECOMENDADO	NIVEL LUX ELEGIDO	DIMENSIONES		
Almacén		50 a 100	50	LONGITUD (m.)	ANCHO (m.)	ALTO (m.)
				5.68	6.44	2.75
ALTURA PL. DE TRAB. (m.)	REFLEXION MUROS			FACTOR DE PERDIDA DE LUZ		
0.75	TECHO	PARDES	SUELO			
	7	7	1	0.8	AMBIENTE LIMPIO Y MANTENIMIENTO ANUAL	
REPRODUCCION COLORES		REFLEXION PLANO TRABAJO				
IMPORTANCIA PRIMORDIAL		BUENA				
CARACTERISTICAS DE DISEÑO						
INDICE DEL LOCAL	COEFICIENTE q	RENDIMIENTO CROMATICO	TEMPERATURA COLOR	CLASE FOTOMETRICA	TIPO DE LAMPARA	
1.51	6	85 < Ra	K<3,500	R	Incandescenc./ Halógenas / Fluoresc.	
LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA						
TIPO DE LAMPARA y WATS.	LÚMENES/LAMP.	LUMINARIA CLASE	RTO. LUMINARIA	N° LAMPARAS/LUMINARIA	NUMERO DE LUMINARIAS	Dº. MÁX. CENTROS (m.)
FLUORESCENTE	2900	D	0.5	2	1	
50						
Se proponen:		1 filas	CENTRADA			
		1 columnas	CENTRADA			
			INDICE:	2.48	w/m2	

Según lo indicado en tabla se recomienda la instalación de 1 luminarias fluorescente en el área de bodega, las cuales tienen índice de 2.48 w/m2.

Con estas características se propone lámparas Master LedTube dado que sólo un 50% de consumo de energía en comparación con los tubos fluorescentes, tienen excepcional vida útil de hasta 50.000 horas, intercambiable con las actuales lámparas T8 en instalaciones con balasto EM, sin mercurio, cebador de protección (EMP050) y tres fusibles de seguridad en el tubo; y con las ventajas de costes operativos reducidos, menos costes de mantenimiento, máxima seguridad de instalación y aplicación.

Cálculo de Conductores

En el diseño de instalaciones eléctricas una de las tareas más importantes (y más repetitivas) es el cálculo de la sección de los alimentadores, es decir, la especificación de los conductores que suministrarán energía eléctrica a una carga. De la precisión de estos cálculos depende, en buena medida, la seguridad y el buen funcionamiento de la instalación, así como el costo de la inversión inicial y de los gastos de operación y mantenimiento.

La intención es encontrar los calibres AWG (American Wire Gage) o MCM (miles de circular mils) que cumplan con los requisitos necesarios de un sistema confiable y económico evitando conductores con secciones sobradas, que se traducen en gastos innecesarios y reflejan un trabajo superficial del proyectista. Una estimación cuidadosa de la carga es de gran importancia para lograr un cálculo confiable de la sección de los conductores.

Los principales criterios que se deben considerar para la especificación del conductor son: capacidad de conducción de corriente para las condiciones de instalación, caída de tensión permitida, capacidad para soportar la corriente de cortocircuito y calibre mínimo permitido para aplicaciones específicas.

Otros criterios menos importantes son: pérdidas por efecto Joule, fuerza de tiro en el proceso de cableado y alimentadores de calibres diferentes que pueden compartir la misma canalización.

Caída de tensión

La caída de tensión máxima permitida por las NTIE (1981, incisos 202.6 y 204.3) es: 3% para el circuito alimentador o principal y 3% para el circuito derivado, sin que los dos circuitos juntos sobrepasen el 5%. En nuestro caso tomamos una caída de tensión máxima permitida de 2% para el circuito principal.

Conductores

Considerando que la mayoría de los alimentadores son de cobre de 100 % de conductividad IACS (International Annealed Copper Standard) y suponiendo una temperatura de operación de 60°C se tiene que: $p = 1/50$; por lo que para obtener la sección de conductores de cobre se utiliza la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \cdot c \cdot L \cdot I}{e \cdot V}$$

Donde

s = Área o sección transversal (conductora) del alimentador en mm².

I = Corriente de carga en Amperes.

L = Longitud del alimentador en metros.

e = Caída de voltaje permitida en por ciento.

V = Voltaje aplicado en Volts (normalmente el voltaje nominal).

Para circuitos monofásicos y bifásicos $c = 2$ (debido a que existe un hilo de retorno); para circuitos trifásicos $c = \sqrt{3}$ ya que el voltaje nominal corresponde al voltaje entre fases:

$$V_{nominal} = \sqrt{3} \cdot V_{fase-neutra}$$

La sección obtenida se compara con la de los diferentes calibres y se especifica aquél que tenga un área transversal igual o mayor.

Para cálculo de conductores específicos se utiliza:

$$S = \frac{2 \cdot c \cdot P \cdot I}{e \cdot V^2}$$

Para cálculo de conductores generales se utiliza

$$S = \frac{2 \cdot c \cdot P}{e \cdot V^2} \sum l$$

Donde

s = Área o sección transversal (conductora) del alimentador en mm².

P = Potencia de carga en Watts.

L = Longitud del alimentador en metros.

e = Caída de voltaje permitida en por ciento.

V = Voltaje aplicado en Volts (normalmente el voltaje nominal).

Canalización

Desde el punto de vista de ventilación sería deseable que todos los conductores estuvieran colocados de tal forma que el aire circulara libremente por su superficie. Sin embargo, debido a las necesidades de los proyectos, normalmente van alojados en algún tipo de ducto: tubos de acero o de materiales plásticos, ductos cuadrados (con o sin bisagra), electro ductos de distintos fabricantes, charolas especiales y otros. Todos estos tipos de ductos pueden fijarse en las paredes o techos, colocarse en trincheras, o enterrarse directamente. En ocasiones tienen que construirse estructuras especiales o compartirse las existentes con otro tipo de instalaciones. Los soportes deben ser lo suficientemente rígidos para resistir los esfuerzos durante el proceso de cableado.

Además del aislamiento eléctrico, los conductores, así como los ductos, deben protegerse contra daños mecánicos y apartarse de fuentes de calor. En ambientes corrosivos deberán aplicarse los recubrimientos necesarios a las canalizaciones metálicas. Debido a que la capacidad de conducción se calcula para cierta condición, debe procurarse que los alimentadores tengan las mismas características de ventilación y agrupamiento en todo su trayecto.

Cálculo y especificación de tuberías y ducto cuadrado.

Para la especificación del diámetro de tuberías para alojar varios conductores eléctricos aislados (NTIE, 1981, inciso 301.9), debe observarse cierta relación entre la suma total de las secciones transversales de los conductores (incluyendo su aislamiento) y el área transversal del interior del tubo. Esta relación se conoce como *factor de relleno*, y las NTIE (1981) inciso 306.7 señalan como valor máximo

aceptable para este factor un 40%, aunque proyectos particulares pueden exigir valores menores.

Resulta conveniente mencionar los *factores de relleno* aceptados por las NTIE (1981) para dos casos típicos: uno y dos conductores en un ducto. Para un conductor puede ser de 55%. Para dos conductores se limita a un máximo de 30%. Esto se debe a que en el segundo caso la manera de tener cierta holgura para el cableado es que el diámetro interior del tubo sea un poco más amplio que la suma de los diámetros de los dos conductores. Por esta misma razón debe analizarse la conveniencia de invertir en ductos más amplios para facilitar el proceso de instalación.

Para facilitar el trabajo del proyectista se han incluido las tablas 5.2, 5.3 y 5.4. La Tabla No. 5.2 proporciona la sección total en mm² de uno hasta diez conductores de los utilizados más comúnmente en las instalaciones. Esta tabla es válida únicamente para conductores con aislamiento TW y TWH. En la tercera columna aparece el diámetro exterior de este tipo de conductores de tal forma que puede utilizarse para otro tipo de aislamientos que no sobrepasen el diámetro marcado.

En la Tabla No. 5.3 se presentan los valores correspondientes al 100%, 40%, 30% Y 20% del área interior de la tubería conduit cédula 20. En la Tabla No. 5.4 se muestran los mismos porcentajes para los ductos cuadrados considerados típicos (esta información se puede utilizar para ductos con bisagra).

Iluminación

Área de administración (iluminación # 1-CK2-PP)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90W}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 \cdot 2.2666) + (2 \cdot 8.8604)$$

$$e = 0.1135\%$$

Se instalara conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Calculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 mm^2$$

Calculo del Interruptor

Potencia Total = $2 \cdot 90 \text{ watts} = 180 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{180 \text{ watts}}{220 V} = 0.8182 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I \cdot 1.25 = 0.8182 A \cdot 1.25 = 1.0227 A$$

Se instalara un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de ventas (iluminación # 1-CK1-PS1)

$$e = \frac{2 \cdot c \cdot P}{s \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 2.105) + (2 * 2.105) + (3 * 1.1666) + (4 * 2.105) + (5 * 2.105) + (6 * 6.9218)$$

$$e = 0.3991\%$$

Se instalara conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Calculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 mm^2$$

Calculo del Interruptor

Potencia Total = $6 \cdot 90 \text{ watts} = 540 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{540 \text{ watts}}{220 V} = 2.4545 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I \cdot 1.25 = 2.4545 A \cdot 1.25 = 3.0682 A$$

Se instalara un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de producción (iluminación # 1-CK1-PS2)

$$e = \frac{2 \cdot c \cdot P}{s \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 2.47) + (2 * 2.47) + (3 * 2.47) + (4 * 2.47) + (5 * 9.9508)$$

$$e = 0.4227\%$$

Se instalara conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{48.1380}{0.4} = 120.3450 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $5 \cdot 90 \text{ watts} = 450 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{450 \text{ watts}}{220 V} = 2.0455 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 2.0455 A * 1.25 = 2.5568 A$$

Se instalara un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de producción (iluminación # 2-CK2-PS2)

$$e = \frac{2 \cdot c \cdot P}{s \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 2.47) + (2 * 2.47) + (3 * 2.47) + (4 * 2.47) + (5 * 7.73)$$

$$e = 0.3597\%$$

Se instalara conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{48.1380}{0.4} = 120.3450 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $5 \cdot 90 \text{ watts} = 450 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{450 \text{ watts}}{220 V} = 2.0455 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 2.0455 A * 1.25 = 2.5568 A$$

Se instalara un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de producción (iluminación # 3-CK3-PS2)

$$e = \frac{2 \cdot c \cdot P}{s \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 2.47) + (2 * 2.47) + (3 * 2.47) + (4 * 2.47) + (5 * 5.51)$$

$$e = 0.2967\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{48.1380}{0.4} = 120.3450 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $5 \cdot 90 \text{ watts} = 450 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{450 \text{ watts}}{220 V} = 2.0455 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 2.0455 A * 1.25 = 2.5568 A$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de suministros (iluminación #4-CK4-PS2)

$$e = \frac{2 \cdot c \cdot P}{s \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 16.034)$$

$$e = 0.091\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de 1.31 mm^2 . Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 \text{ mm}^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{48.1380}{0.4} = 120.3450 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 \text{ mm}^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $1 \cdot 90 \text{ watts} = 90 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{90 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 0.4091 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 0.4091 \text{ A} * 1.25 = 0.5114 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de horneado (iluminación # 1-CK1-PS3)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 2.484) + (2 * 2.484) + (3 * 2.484) + (4 * 1.5066) + (5 * 2.484) + (6 * 2.484) + (7 * 2.484) + (8 * 6.3828)$$

$$e = 0.6626\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{48.1380}{0.4} = 120.3450 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ " con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $8 \cdot 90 \text{ watts} = 720 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{720 \text{ watts}}{220 V} = 3.2727 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 3.2727A * 1.25 = 4.0909 A$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de lavado (iluminación # 2-CK2-PS3)

$$e = \frac{2 \cdot c \cdot P}{s \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 1.892) + (2 * 1.892) + (3 * 1.892) + (4 * 0.5666) + (5 * 1.892) + (6 * 1.892) + (7 * 1.892) + (8 * 3.9288)$$

$$e = 0.4491\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{48.1380}{0.4} = 120.3450 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ " con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $8 \cdot 90 \text{ watts} = 720 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{720 \text{ watts}}{220 V} = 3.2727 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 3.2727 A * 1.25 = 4.0909 A$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de Bodega (iluminación # 3-CK3-PS3)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 14.16)$$

$$e = 0.0804\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de 1.31 mm^2 . Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 \text{ mm}^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{48.1380}{0.4} = 120.3450 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 \text{ mm}^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $1 \cdot 90 \text{ watts} = 90 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{90 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 0.4091 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 0.4091 \text{ A} * 1.25 = 0.5114 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Se recomienda Placa 1 módulo, color blanco, modelo AM503SV/1BN.

Área de administración (toma corriente general #1-CK2-PP)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 290w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 6.23)$$

$$e = 0.0354\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ " con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $2 \cdot 290 \text{ watts} = 580 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{580 \text{ watts}}{220 V} = 2.6364 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 2.6364 A * 1.25 = 3.2955 A$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Se recomienda toma corriente dúplex 2P+T, de 15 A.

Área de producción (toma corriente general #2-CK4-PP)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 64w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 16.75)$$

$$e = 0.0338\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de 1.31 mm^2 . Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 \text{ mm}^2$, Se asume en tabla el calibre # 14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ " con área de } 132 \text{ mm}^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $2 \cdot 64 \text{ watts} = 128 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{128 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 0.5818 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 0.5818 \text{ A} * 1.25 = 0.7273 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Se recomienda toma corriente dúplex 2P+T, de 15 A.

Área de horneado (toma corriente general #3-CK3-PP)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 64w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 13.31)$$

$$e = 0.0537 \%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de 1.31 mm^2 . Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

$$3 \text{ \#16 } A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{A_c}{F_{\text{relleno}}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 \text{ mm}^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $2 \cdot 64 \text{ watts} = 128 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{128 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 0.5818 \text{ Amperios}$$

$$I_{\text{nominal}} = I * 1.25 = 0.5818 \text{ A} * 1.25 = 0.7273 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Se recomienda toma corriente dúplex 2P+T, de 15 A.

Área de Ventas (toma corriente específico #1-CK1-PS1)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 800w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 8.41)$$

$$e = 0.4245\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de 1.31 mm^2 . Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 \text{ mm}^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ " con área de } 132 \text{ mm}^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $1 \cdot 800 \text{ watts} = 800 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{800 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 3.6364 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 3.6364 \text{ A} * 1.25 = 4.5455 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Área de Ventas (toma corriente específico #2-CK2-PS1)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 800w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 9.28)$$

$$e = 0.4684\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ " con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $1 \cdot 800 \text{ watts} = 800 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{800 \text{ watts}}{220 V} = 3.6364 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 3.6364 A * 1.25 = 4.5455 A$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Área de producción (toma corriente específico #1-CK1-PS2)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 810w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 6.62)$$

$$e = 0.3383\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ " con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $1 \cdot 810 \text{ watts} = 810 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{810 \text{ watts}}{220 V} = 3.6818 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 3.6818 A * 1.25 = 4.6023 A$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Área de producción (toma corriente específico #2-CK2-PS2)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 810w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 11.16)$$

$$e = 0.5703\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, Se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $1 \cdot 810 \text{ watts} = 810 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{810 \text{ watts}}{220 V} = 3.6818 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 3.6818 A * 1.25 = 4.6023 A$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 10 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Área de Lavado (toma corriente específico #1-PS3)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1500w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 8)$$

$$e = 0.7571\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de 1.31 mm^2 . Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 \text{ mm}^2$, se asume en tabla calibre #14

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ " con área de } 132 \text{ mm}^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $1 \cdot 1500 \text{ watts} = 1500 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{1500 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 6.8182 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 6.8182 \text{ A} * 1.25 = 8.5227 \text{ A}$$

$$I_{Arranque} = I_{nominal} * 1.75 = 8.5227 \text{ A} * 1.75 = 14.9147 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 15 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Para tomacorrientes específicos se recomienda tomas de 1 modulo, de 15 A.

Cálculo de Climatización

La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados.

La normativa española define climatización como: dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.¹ Puede apreciarse que se ha abandonado cualquier referencia al aire acondicionado, por ser una expresión que, aunque correcta, puede prestarse a equívoco, ya que la mayoría de la gente parece entender que se refiere exclusivamente a la refrigeración (climatización de verano), aunque sería más lógico se refiriese al acondicionamiento del aire en todas las épocas, verano e invierno.

Así pues, la climatización comprende tres cuestiones fundamentales: la ventilación, la calefacción, o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano.

L = 4 mts

A = 2 mts

H = 2.75 mts

Equipos = 3 luminarias y 2 laptops

Máquinas = 1 Aire Acondicionado

Niveles de BTU necesarios:

Área: $(L \cdot A \cdot H) \cdot 50 \text{ BTU} = ((4 \cdot 2 \cdot 2.75) \text{ mts}) \cdot (50 \text{ frigorías}) = (22 \text{ m}^3) (50 \text{ BTU}) = 1100 \text{ frigorías}$

BTU = $(1100 \text{ frigorías}) (4 \text{ BTU}) = 4400 \text{ BTU}$

$(2 \text{ personas}) (450 \text{ BTU}) = 900 \text{ BTU}$

$(5 \text{ equipos}) (100 \text{ BTU}) = 500 \text{ BTU}$

$(1 \text{ maquina}) (200 \text{ BTU}) = 200 \text{ BTU}$

BTU total = 6000 BTU

Se instalara un aire acondicionado Split de 9000 BTU, marca LG modelo Jetcool SP091CN , de 1090 watts.

Cálculo de conductores

Área de administración (CK1-PP)

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot P}{S \cdot V^2} \sum l$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1090w}{1.31 \cdot (220)^2} \sum (1 * 6.23)$$

$$e = 0.4284\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de $1.31mm^2$. Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

3 #16 $A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7203 mm^2$, se asume en tabla calibre #14.

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{27.7203}{0.4} = 69.3008 mm^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 mm^2$$

Cálculo del Interruptor

Potencia Total = $1 \cdot 1090 \text{ watts} = 1090 \text{ watts}$.

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{1090 \text{ watts}}{220 V} = 4.9545 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 4.9545 A * 1.25 = 6.1932 A$$

$$I_{arranque} = I_{nominal} * 1.75 = 6.1921 A * 1.75 = 10.8362 A$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 15 A.

Se recomienda un aislamiento THW a $75^\circ C$ en tubo conduit.

Cálculo de selección de Transformador

Transformador.

El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En instalaciones grandes (o complejas) pueden necesitarse varios niveles de voltajes, lo que se logra instalando varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y por lo tanto no requieran de transformador.

Formula a utilizar:

$$S_{KVA} = \frac{2VI}{1000}; \text{Para bifásico}$$

$$S_{KVA} = \frac{2 \cdot 220V \cdot 46.9818A}{1000} = 20.6720 \text{ KVA}$$

Se instalará un banco bifásico de 25KVA (este estará conformado por 1 transformador de 25KVA).

La instalación tendrá una demanda del 70% de toda la potencia.

$$\frac{25 \text{ KVA}}{14.4704 \text{ KVA}} = \frac{100\%}{x \%}$$

$$x = 57.8816 \%$$

El banco de transformador estará trabajando al 57.8816 % de su capacidad.

Protección del sistema

Fusible

El fusible es dispositivo utilizado para proteger dispositivos eléctricos y electrónicos. Este dispositivo permite el paso de la corriente mientras ésta no supere un valor establecido. En la figura se ve un fusible encapsulado de vidrio

Si el valor de la corriente que pasa, es superior a éste, el fusible se derrite, se abre el circuito y no pasa corriente. Si esto no sucediera, el equipo que se alimenta se puede recalentar por consumo excesivo de corriente: (un corto circuito) y causar hasta un incendio.

El fusible normalmente se coloca entre la fuente de alimentación y el circuito a alimentar.

$$I_{\text{primario}} = \frac{KVA}{\text{Voltaje de la red}} = \frac{20.6720 \text{ KVA}}{13.2 \text{ KV}} = 1.5661$$

Se instalará un fusible de 10 A del primario del transformador

Pararrayo

Un pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando del aire para excitar, llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas o construcciones.

Se instalará un pararrayo Thyrite para sistemas de 2.4 a 138 KV. En este caso como la red existente es 13.2kV por lo general se instala un pararrayo de 10kV.

Cálculo de la acometida

Caída de tensión de la acometida al panel principal

$$S = \frac{2 \cdot c \cdot I \cdot l}{e \cdot V}$$

$$S = \frac{2 \cdot 2 \cdot 46.9818 \cdot 25}{2 \cdot (220)}$$

$$S = 10.6777 \text{ mm}^2$$

Se utilizará un conductor # 6 con un área de 13.29 mm^2 .

Cálculo del interruptor

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{10336 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 46.9818 \text{ Amperios}$$

$$I_{\text{nominal}} = I * 1.25 = 46.9818 \text{ A} * 1.25 = 58.7273 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 60 A.

Caída de tensión de panel Secundario # 1 al panel principal

$$e = \frac{2 \cdot c \cdot I \cdot l}{s \cdot V}$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 9.7273 \cdot 6.7667}{1.31 \cdot (220)}$$

$$e = 0.9136\%$$

Se instalará conductor calibre #16 con un área de 1.31 mm^2 . Dado que en una instalación eléctrica residencial este es el calibre más alto a instalar.

Cálculo de Canalización

$$3 \text{ \#16 } A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.43}{2}\right)^2 = 3 \cdot 9.2401 = 27.7204 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{A_c}{F_{\text{relleno}}} = \frac{27.7204}{0.4} = 69.3010 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 \text{ mm}^2, \text{ Se}$$

asume en tabla el calibre # 14

Cálculo del interruptor

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{2160 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 9.7273 \text{ Amperios}$$

$$I_{\text{nominal}} = I * 1.25 = 9.7273 \text{ A} * 1.25 = 12.1591 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 15 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Caída de tensión de panel secundario # 2 al panel principal

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot I \cdot l}{s \cdot V}$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 13.9092 \cdot 11.26}{3.32 \cdot (220)}$$

$$e = 0.86\%$$

Se utilizará un conductor # 12 con un área de 3.32 mm^2 .

Cálculo de Canalización

$$3 \#12 A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.91}{2}\right)^2 = 3 \cdot 12 = 36.0217 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{A_c}{F_{\text{relleno}}} = \frac{36.0217}{0.4} = 90.0543 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 \text{ mm}^2, \text{ Se}$$

asume en tabla el calibre # 12

Cálculo del interruptor

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{3060 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 13.9092 \text{ Amperios}$$

$$I_{\text{nominal}} = I \cdot 1.25 = 13.9092 \text{ A} \cdot 1.25 = 17.2865 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 20 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Caída de tensión de panel secundario # 3 al panel principal

$$e = \frac{2 \cdot C \cdot I \cdot l}{s \cdot V}$$

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 23.0965 \cdot 11.3768}{3.32 \cdot (220)}$$

$$e = 1.4390\%$$

Se instalará un conductor # 12 con un área de 3.32 mm^2 .

Cálculo de Canalización

$$3 \#12 A_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{3.91}{2}\right)^2 = 3 \cdot 12 = 36.0217 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{A_c}{F_{relleno}} = \frac{36.0217}{0.4} = 90.0543 \text{ mm}^2 \quad \text{tubo conduit } \frac{1}{2} \text{ "con área de } 132 \text{ mm}^2, \text{ Se}$$

asume en tabla el calibre # 12

Cálculo del interruptor

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje Aplicado}} = \frac{3030 \text{ watts}}{220 \text{ V}} = 11.3182 \text{ Amperios}$$

$$I_{nominal} = I * 1.25 = 11.3182 \text{ A} * 1.25 = 14.1477 \text{ A}$$

Se instalará un interruptor termo magnético de 15 A.

Se recomienda un aislamiento THW a 75° C en tubo conduit.

Recomendaciones de productos a utilizar

Interruptores

Se recomiendan interruptores termo magnéticos TIVEN (NEMA), monofásicos y bifásicos, de 10 A, 15 A, y 50 A.

Conductores

Se recomiendan conductores AWG, dado a su variedad y calidad de estos; el tamaño es una de las especificaciones esenciales que se imprimen en los datos de los cables. El más grueso o número mayor en esta norma es 0000 AWG ó 4/0 AWG y el más fino esta por orden de 44 AWG. Se recomiendan conductores recubiertos.

Los cables y alambres por lo general tienen un aislamiento plástico de alguno de los siguientes colores: blanco, negro, verde y rojo. El aislamiento café es menos común pero también tiene presencia en el mercado. Los colores son utilizados para facilitar la identificación de los alambres o cables por el electricista o la persona que hace las instalaciones eléctricas. Generalmente los colores se utilizan de la siguiente manera:

Dureza de los conductores

Se recomienda una dureza según el criterio de que nuestra instalación eléctrica estará entubada, semidura.

Varilla a tierra.

Eléctricamente, el globo terráqueo es considerado con potencial cero. No obstante, el material que la compone puede tener una resistividad eléctrica muy alta, así que, para conseguir una toma de tierra adecuada, debe hacerse un estudio para tener la certeza de que la resistencia está dentro de límites adecuados (permitidos).

De acuerdo con el diccionario IEEE (std. 100-1977) la resistencia a tierra es la que existe entre el electrodo de la toma de tierra que se desea considerar y otro electrodo lejano de resistencia cero. Por lejano se entiende que está a una distancia tal que la resistencia mutua de los electrodos considerados (cambio de voltaje producido en un electrodo por la circulación de un Ampere de corriente directa en el otro) es esencialmente cero.

El significado de la resistencia a tierra puede entenderse si se analiza el flujo o de corriente que circula por una varilla o barra enterrada (verticalmente) y cómo se dispersa por la tierra que la rodea. La parte del suelo que está directamente en contacto con la varilla o barra tiene un papel muy importante en el camino de este flujo de corriente.

Considérese un tubo de un centímetro de espesor del material que rodea la varilla y divídase en secciones que tengan una altura y una longitud media de arco igual a un centímetro, tal y como se muestra en la Figura 10.1. Si se pudiera medir la resistencia entre la superficie interior y exterior (suponiéndolas equipotenciales) de un elemento de esas dimensiones, se obtendría la definición de resistencia

Tableros

Se recomienda los tableros de carga BR Cuttler Hammer son tableros utilizados para distribución y protección de circuitos Monofásico, Bifásico y Trifásico.

Características

- Interruptores derivados enchufables: Servicio Monofásico o Trifásico 120/240V.
- Capacidad Interruptiva: 10 KA y 22 KA, 2 a 42 circuitos.
- Interruptores derivados: 1, 2, 3 polos, 50-200 Amperes.
- Barra de Neutro Integrada: Gabinete NEMA 1.

Aplicaciones

Alimentación de Circuitos de alumbrado y fuerza residencial, industrial y comercial.

Normas

Cumplen con NMX-J-266-1994-ANCE y UL 489.

Arrancador

Importancia del arrancador:

- Controla el motor
- Protege al motor contra sobrecarga (el interruptor sólo protege contra cortocircuito)

El Código Eléctrico Nacional requiere que el motor sea protegido de su destrucción bajo condición de sobrecarga, tal como rotor bloqueado. Exigido para motores de uso continuo mayores a 1 Hp, y de 1 Hp o menos con arranque automático.

Una condición de rotor bloqueado existe cuando el eje del motor no se puede mover. Cuando un motor está trabado se consume una corriente excesiva, calentando así el motor hasta el punto que se daña.

Cuando un motor arranca puede consumir una corriente de 6 a 8 veces su corriente normal de operación (FLA). Un fusible o interruptor termomagnético no puede proteger el motor contra condiciones de sobrecarga. Un motor puede mover una carga menor a su corriente arranque pero lo suficientemente grande para quemar los devanados.

Para ello se recomienda relevadores de sobrecarga Nema que tienen un diseño bimetalico con compensación por temperatura ambiente. Protección por pérdida de

fase Contacto N.A. para circuito de alarma. Botón de restablecer para disparo manual (halando botón) e indicador de disparo por sobrecarga. Corriente a plena carga ajustable (+,-) 24%. Sólo 24 elementos térmicos clase 10 y clase 20. Ajuste Manual/Automático

Elementos térmicos

Se seleccionan de acuerdo a la corriente a plena carga para la aplicación. Los elementos térmicos Cutler-Hammer están disponibles con amplios rangos de ajuste de corriente, de $\pm 24\%$ de la corriente central del rango.

VIII Conclusiones

Al haber efectuado este trabajo se ha logrado determinar que aplicando lo referido a los parámetros generales para el diseño de una instalación eléctrica, se mejorarían las condiciones laborales de manera que el diseño eléctrico se elaboró lo más confiable posible con una máxima eficiencia en los cálculos realizados anteriormente, ajustado a la realidad económica que vive el país y haciendo hincapié en la seguridad que proporcione la instalación eléctrica diseñada. Todos los cálculos y métodos empleados en el diseño de instalación eléctrica se basan en los reglamentos, normas y códigos de instalaciones eléctricas en Nicaragua (CIEN) y se asumirá que serán respetados en la etapa de ejecución del proyecto.

Los parámetros generales que toda instalación eléctrica debe cubrir, es de distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además, debe ser económica, flexible y de fácil acceso.

Se logró calcular en cada área el número de calibre de conductores a utilizar, así se estableció en el diseño la instalación de un transformador, y tres paneles secundarios con el objeto de que sea una instalación segura y eficiente.

Habiéndose prestado una especial atención al estudio y soluciones que garanticen el correcto funcionamiento desde el punto de vista de diseño de instalación eléctrica; de igual modo en base a los cálculos efectuados, en el transcurso del trabajo se realizaron recomendaciones de conductores, protecciones, aislamiento, canalización, climatización, luminarias, transformador, varilla a tierra, paneles, entre otros.

En la parte de conductores se recomiendan AWG recubiertos y cada circuito con su aislamiento termomagnéticos; se estableció el diámetro de tubo conduit a instalar y se recomendó la instalación de un aire acondicionado Split de 1090 watts.

IX Recomendaciones

Los diferenciales e interruptores automáticos que protegen la instalación deben tener una adecuada selectividad; los dispositivos de protección mantienen la continuidad de servicio en la instalación, evitando así pérdidas económicas de y permitiendo que se sigan alimentando equipos cuyo funcionamiento tiene un impacto directo sobre el ahorro energético.

Un buen mantenimiento de la instalación garantiza tanto la disponibilidad y confiabilidad de las funciones empleadas en el sistema, como el cumplimiento de los requisitos del sistema de calidad y las normas de seguridad y medio ambiente.

Se recomienda instalar estabilizadores-reductores de flujo de alto rendimiento dado que permiten reducir el nivel de iluminación en horario de menor utilización de las zonas iluminadas y estabilizar la tensión cuando la instalación funciona a máxima potencia, reduciendo de esta forma el consumo eléctrico y alargando la vida útil de las lámparas.

Compruebe que su instalación eléctrica no tenga fugas. Para ello desconecte todos los aparatos eléctricos incluyendo relojes y timbre, apague todas las luces, y verifique que el disco de su medidor no gire; si el disco está girando, haga revisar su instalación.

Lámparas Fluorescentes Compactas: Sustituya sus focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas; éstos proporcionan el mismo nivel de iluminación, duran 10 veces más y consumen 4 veces menos energía eléctrica. Apague los focos cuando su iluminación no sea necesaria.

X Bibliografía

- Alianza en energía y ambiente con centroamérica. (2008). creación de capacidad en el ahorro y uso eficiente de la energía en el sector publico, empresa privada y sociedad en general de nicaragua. nicaragua: sica.
- articulo66. (18 de enero de 2022). energía eléctrica en nicaragua incrementa un 17 por ciento en enero 2022. obtenido de articulo66: <https://www.articulo66.com/2022/01/18/energia-electrica-nicaragua-aumento/>
- asociación nicaraguense de ex - becarios del japon. (10 de noviembre de 2019). proyecto: productividad y ahorro de energía. obtenido de aneja: <http://aneja.org/proyecto-productividad-y-ahorro-de-energia/>
- bratu. n, c. e. (1995). instalaciones electricas conceptos basicos y diseño. mexico: alfaomega.
- climadesing. (2018). ¿cómo calcular las frigorías para un ambiente? obtenido de climadesing: <https://www.climadesign.com.ar/novedad/como-calcular-las-frigorias-para-un-ambiente>
- estructuras de carga electrica. (12 de marzo de 2017). como hacer un censo general de carga electrica de casa o negocio. obtenido de blogspot: <https://estructurasdecargaelectrica.blogspot.com/2017/03/como-hacer-un-censo-general-de-carga.html?m=1#:~:text=para%20hacer%20un%20censo%20de,el%c3%a9ctrico%2c%20ver%20m%c3%a1s%20abajo%20placas.>
- extra software. (2023). las ventajas del internet de las cosas (iot) en el ahorro energético de la vivienda. obtenido de extra software: <https://www.extrasoft.es/iot-ahorro-energetico-de-la-vivienda/>
- ine. (30 de abril de 2023). pliegos tarifarios disnorte-dissur 2023. obtenido de insituto nicaraguense de energía: https://www.ine.gob.ni/?page_id=109411
- ingeniero jim. (2 de mayo de 2022). como balancear un cuadro de carga eléctrica. obtenido de youtube: <https://youtu.be/8fogz66gsrw>

insituto nicaraguense de energía. (1996). código de instalaciones eléctricas de nicaragua. nicaragua: ine.

magallanes, h. c. (25 de octubre de 2021). proyección de la demanda, oferta y tamaño del mercado a través del método de mínimo cuadrado simple. obtenido de youtube: <https://youtu.be/uv3shp-jmvmk>

radio programas del Perú. (3 de enero de 2022). ¿cómo impacta mi consumo de electricidad en el medio ambiente? obtenido de rpp: <https://rpp.pe/campanas/valor-compartido/como-impacta-mi-consumo-de-electricidad-en-el-medio-ambiente-noticia-1378450>

sánchez, j. j. (9 de febrero de 2018). guía para diagnostico de la instalación eléctrica en vivienda. obtenido de scribd: <https://es.scribd.com/document/371113621/gui-a-para-diagno-stico-de-la-instalacio-n-ele-ctrice-en-vivienda>

schneider electric. (1 de septiembre de 2017). riesgos en instalaciones eléctricas y cómo evitarlos. obtenido de schneider electric: <https://blogespanol.se.com/infraestructuras-y-redes-electricas/gestion-de-infraestructuras/2017/09/01/conoce-evita-riesgos-electricos/>