

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

**FACULTA DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN TIC's**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA

LICENCIATURA EN INGENIERIA ...

**Trabajo Final de Graduación para optar por el título de Licenciatura de
Ingeniería Electromecánica**

Título

**Propuesta de diseño eléctrico mediante la utilización de paneles solares para
una vivienda residencial.**

Autor: Jotzam David Solís Vargas

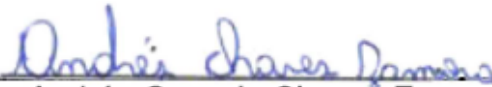
Heredia, Costa Rica

Fecha:

4 de agosto del 2021

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Propuesta de diseño eléctrico mediante la utilización de paneles solares para una vivienda residencial, por el estudiante: Jotzam Solís Vargas, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Latina de Costa Rica, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica:



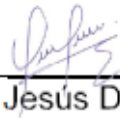
Ing. Andrés Gerardo Chaves Zamora

Tutor



Ing. Christopher Russell Clark

Lector



Ing. Óscar Jesús Delgado Jiménez

Representante

Heredia, 6 de septiembre de 2021

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

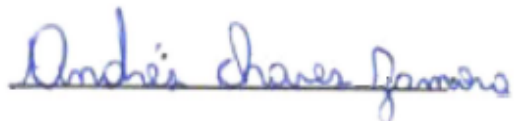
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Propuesta de diseño eléctrico mediante la utilización de paneles solares para una vivienda residencial, elaborado por el estudiante Jotzam Solís Vargas puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Andrés Gerardo Chaves Zamora

Tutor

Heredia, 6 de septiembre de 2021

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Propuesta de diseño eléctrico mediante la utilización de paneles solares para una vivienda residencial, elaborado por el estudiante Jotzam Solís Vargas puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Christopher Russell Clark

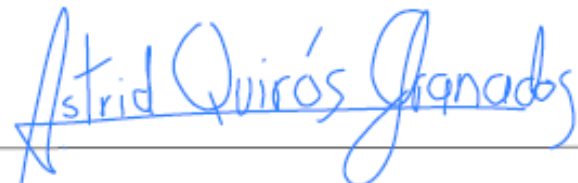
Lector

A quien interese:

Yo, Astrid Quirós Granados, Filóloga de la Universidad de Costa Rica; con cédula de identidad 3-438-182, inscrita en el Colegio Licenciados y Profesores, con el carné N° 80791 y en la Asociación Costarricense de Filólogos, con el carné N° 0096, hago constar que he revisado el trabajo. Y he corregido en él, los errores encontrados en redacción, ortografía, gramática y sintaxis. El trabajo se titula:

**PROPUESTA DE DISEÑO ELÉCTRICO
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE
PANELES SOLARES PARA UNA
VIVIENDA RESIDENCIAL.
JOTZAM DAVID SOLÍS VARGAS**

Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, en la ciudad de San José a los diez días del de setiembre del dos mil veintiuno. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su revisión.



Teléfono: 8315 95 27 Correo: asqui24@hotmail.es

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Jotzam David Solís Vargas estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

Propuesta de diseño eléctrico mediante la utilización de paneles solares para una vivienda residencial.

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Heredia, 12 de octubre del 2021



Jotzam Solís Vargas

“Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Solis Vargas Jotzam David

De la Carrera / Programa: **Ingeniería Electromecánica**

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Propuesta de diseño eléctrico mediante la utilización de paneles solares para una vivienda residencial.

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) 6 del mes 9 de año 2021 a las 6:00 p.m. . Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:

Introducción

El proyecto que se está realizando es la propuesta de diseño de la parte eléctrica de una vivienda, la cual mide 389.12 m², se divide en tres pisos y a su vez posee piscina, como un tema de ahorro se propone incluir paneles solares en esta vivienda, pues es bastante grande y contiene muchos elementos de alto consumo energético, por lo cual los paneles solares vienen a compensar la tarifa eléctrica del propietario además de ser amigable con el ambiente, se procede a realizar el diseño en planos para que el propietario visualice la ubicación de todos los elementos eléctricos de la vivienda y de su aprobación para así empezar a realizar el cálculo del diseño basándose en el Código Eléctrico Nacional vigente, aplicando cada artículo correspondiente a este diseño de vivienda. Además, se incluirán típicos errores que se cometen en la construcción de la parte eléctrica de una vivienda señalando como debe ir instalado o en qué aspectos se deben fijar en una inspección, se realizará el presupuesto aproximado del que va a tener la vivienda en la parte eléctrica. Se espera poder concluir con el proyecto terminando todo el diseño de la forma más correcta y precisa aplicando cada artículo de la NFPA-70 y que se muestre como debe ser una correcta inspección de una vivienda en la parte eléctrica.

Índice General

Capítulo I	2
1. Problema y Propósito.....	2
1.1. Síntoma.....	2
1.2. Causas.....	2
1.3. Pronóstico.....	3
1.4. Control al pronóstico.....	3
1.5. Formulación del problema	4
1.6. Sistematización del problema.....	4
1.7. Objetivo General	5
1.8. Objetivos Específicos.....	5
1.9. Estado actual de la investigación	5
1.10 Metodológica.....	6
Capitulo II.....	8
2. Marco Teórico.....	8
2.1 Marco Situacional.....	8
2.2 Antecedentes Históricos de la empresa.....	8
2.3 Misión de la empresa.....	9
2.4 Visión de la empresa.....	9
2.5 Ubicación espacial	9
2.6 Organigrama.....	10
2.7. Marco Conceptual o Marco Teórico del objeto de Estudio	11
2.7.1. Marco Regulatorio	11
2.7.1.1. Decreto Ejecutivo N° 36979-MEIC	11
2.7.1.2. Norma NFPA-70: NEC 2017	11
2.7.1.3. Reglamento para el trámite de planos y la conexión de los servicios eléctricos.....	12
2.7.1.4. Supervisión de la instalación y equipamiento de acometidas eléctricas (AR-NT-SUINAC).	14
2.7.1.5. Reglamento para la Contratación de Servicios de Consultoría en Ingeniería y Arquitectura.....	14
2.7.2. Definiciones	15
2.7.2.1. Sistema monofásico trifilar.....	15
2.7.2.2. Voltaje de Operación.....	16
2.7.2.3. Carga instalada y carga demandada	16

2.7.2.4 Factor de demanda	17
2.7.2.5. Factor de potencia	17
2.7.2.6. Balance de cargas	17
2.7.2.7 Protección contra sobrecorriente.....	17
2.7.2.8 Sistema de puesta tierra.....	19
2.7.2.9 Caída de tensión.....	20
2.7.3. Sistema eléctrico.....	21
2.7.3.1. Acometida.....	21
2.7.3.2. Interruptor principal.....	22
2.7.3.3. Tablero de distribución.....	22
2.7.3.4. Circuitos ramales.....	23
2.7.3.5. Salidas.....	23
2.7.4. Materiales empleados en la construcción del sistema eléctrico de viviendas	24
2.7.4.1. Conductores portadores de electricidad.....	24
2.7.4.2. Tubería	24
2.7.4.3. Accesorios.....	26
2.7.5. Planos eléctricos.....	26
2.7.5.1. Generalidades.....	26
2.7.5.2. Simbología:.....	26
2.7.5.3. Planta de distribución eléctrica.....	28
2.7.5.4. Tablero de distribución.....	30
2.7.5.5. Tabla resumen del proyecto.....	31
2.7.5.6. Diagrama unifilar eléctrico.....	32
2.7.5.7. Notas eléctricas.....	33
2.7.5.8. Diagramas adicionales.....	35
2.8 Hipótesis	37
2.9 Limitaciones	37
2.10 Alcances.....	38
Capitulo III	40
3. Desarrollo.....	40
3.1 Diseño y cálculos del sistema eléctrico.....	44
3.1.1 Cálculo de circuitos ramales.....	44
Circuito de tomacorrientes generales	57

Circuitos de tomacorrientes para el área de cocina	59
Circuito de lavandería.....	60
Circuito de cuartos de baños	61
Circuito de cocina.....	62
Circuito de secadora.....	63
Circuito de calentador de agua	64
Circuito de vehículo eléctrico	66
Circuito del tablero TB.....	66
3.1.2 Cálculo de las cargas para diseño de acometida.....	66
Alimentadores de fase y neutro.....	66
Cálculo del sistema puesta a tierra	69
Diámetro de canalización.....	70
Capacidad del interruptor principal	70
Calculo de la caída de tensión de la acometida.....	70
Caída de tensión de circuitos ramales	70
Factor de demanda.....	70
Paneles Solares.....	73
Área de la piscina	75
3.2 Inspecciones de obra	77
Sección del Medidor	77
Tablero de distribución.....	78
Circuito de iluminación.....	82
Circuito de tomacorrientes	84
Salidas especiales de cocina y secadora	87
Calentador de agua	87
Conductores	88
Tubería	91
3.3 Presupuesto de la parte eléctrica de la vivienda	92
Conclusiones	94
Recomendaciones	95
Bibliografía	96
Glosario	98
Anexos	100

Índice de Tablas

Tabla 1.	Porcentaje de sección transversal de conductos y tuberías para conductores y cables	26
Tabla 2.	Cuadro resumen de los cálculos del circuito de iluminación.	57
Tabla 3.	Cuadro resumen de los cálculos del circuito de tomacorrientes generales.	58
Tabla 4.	Cuadro resumen de los cálculos del circuito de tomacorrientes de cocina.....	60
Tabla 5.	Cuadro resumen de los cálculos del circuito de tomacorrientes de lavandería.	61
Tabla 6.	Cuadro resumen de los cálculos del circuito de cuartos de baño.....	62
Tabla 7.	Cuadro resumen de los cálculos de cocina.....	63
Tabla 8.	Cuadro resumen de los cálculos del circuito de la secadora.....	64
Tabla 9.	Cuadro resumen de los cálculos del circuito de calentador de agua.....	65
Tabla 10.	Cuadro resumen de las cargas de cada circuito ramal sin aplicar factores.....	67
Tabla 11.	Tabla de presupuesto	92

Índice de Figuras

Figura 1.	Ubicación espacial de la empresa VoltaG	9
Figura 2.	Organigrama de la empresa voltaG.....	10
Figura 3.	Conexión de un sistema monofásico trifilar 240 V.....	16
Figura 4.	Disyuntores termomagnéticos de un polo.....	18
Figura 5.	Disyuntor termomagnético de 2 polos.....	18
Figura 6.	Sistema de puesta a tierra de vivienda	20
Figura 7.	Diagrama de conexión general de acometida.....	22
Figura 8.	Salida de receptáculos de 120 V y 240 V.....	23
Figura 9.	Simbología de luminarias	27
Figura 10.	Simbología de tomacorrientes	28
Figura 11.	Ejemplo de una planta de distribución de tomacorrientes.....	29
Figura 12.	Ejemplo de planta de distribución de iluminación.....	30
Figura 13.	Descripción de tablero de distribución	31
Figura 14.	Tabla resumen del proyecto.....	32
Figura 15.	Diagrama unifilar típico de una vivienda.....	33
Figura 16.	Notas Aclaratorias	34
Figura 17.	Diagrama unifilar de televisión.....	35
Figura 18.	Diagrama unifilar de telefonía.....	35
Figura 19.	Detalles extras	36
Figura 20.	Planta de distribución de la vivienda nivel 1	41
Figura 21.	Planta de distribución de la vivienda nivel 2	42
Figura 22.	Planta de distribución de la vivienda nivel 3	43
Figura 23.	Cargas de iluminación general por tipo de ocupación basado por área de la ocupación...	44
Figura 24.	Planta de distribución de tomacorrientes nivel 1	47
Figura 25.	Planta de distribución de tomacorriente piscina	48
Figura 26.	Planta de distribución de tomacorrientes nivel 2	49
Figura 27.	Planta de distribución de tomacorrientes nivel 3	50
Figura 28.	Planta de distribución de iluminación nivel 1	51
Figura 29.	Planta de distribución de iluminación piscina.....	52
Figura 30.	Planta de distribución de iluminación nivel 2	53
Figura 31.	Planta de distribución de iluminación nivel 3	54
Figura 32.	Tablero de distribución de la vivienda	72

Figura 33.	Diagrama unifilar eléctrico de la vivienda	74
Figura 34.	Tapa de la base de un medidor para exterior	77
Figura 35.	Varilla Copperweld con certificación UL.....	78
Figura 36.	Probador de voltaje.....	79
Figura 37.	Incorrecta instalación de conductores.....	80
Figura 38.	Tester de seguridad.....	80
Figura 39.	Tablero de distribución.....	81
Figura 40.	Correcta instalación de luminarias y sus colillas	82
Figura 41.	Correcta manipulación de la tubería.....	83
Figura 42.	Conexión en cajas octogonales	83
Figura 43.	Caja octogonal.....	84
Figura 44.	Probador de receptáculos	85
Figura 45.	Receptáculos para exteriores.....	85
Figura 46.	Correcta instalación de receptáculos	86
Figura 47.	Mala instalación de receptáculos.....	86
Figura 48.	Instalación de receptáculos especial 240V.....	87
Figura 49.	Conductor fase certificado	88
Figura 50.	Conductor neutro certificado.....	89
Figura 51.	Conductor tierra certificado	89
Figura 52.	Conductor de retorno certificado	90
Figura 53.	Tubería PVC clase A, certificada	91

Capítulo 1

Capítulo I

1. Problema y Propósito.

1.1. Síntoma

En este proyecto, se dedicará a resolver el diseño eléctrico de una vivienda, la cual goza de 3 pisos, incluyendo un gimnasio personal, piscina, cuarto de máquinas y todo lo esencial que debe aportar una vivienda a una persona, el propósito de este diseño es explicar cómo se procede a diseñar la parte eléctrica de una vivienda con todas las normas aplicadas que provienen de la norma NFPA-70, que cada cierto tiempo se va actualizando y cambiando ciertas normas, en este proyecto el diseño se hará con las normas más actualizadas y la últimas exigencias de momento por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. Por otro lado, se incluirán previstas para paneles solares en este proyecto de tal forma que llegue como forma de abaratar costos en la factura eléctrica, indicando el precio de toda la instalación y equipos fotovoltaicos para así estimar en cuanto tiempo se recuperará la inversión, en este proyecto se explicará de forma teórica como se haría el diseño incluyendo conceptos básicos y después se explicará cómo se hace el diseño en la realidad o al menos como se hace en la empresa con la cual se realizó este diseño y mostrando que papeles se deben presentar a la empresa que brinda los servicios y se agregará que se debe realizar en una inspección supervisada de la vivienda y los posibles errores que se cometen en una obra y, así mismo, incluyendo el presupuesto de la parte eléctrica de la obra.

1.2. Causas

La vivienda a diseñar es de grandes dimensiones, además de poseer 3 pisos e incluye diversas áreas como el gimnasio y la piscina, la cual ocupa un cuarto de máquinas para instalar una bomba. Son varios los factores que implican que esta casa va a consumir demasiada energía eléctrica y su tarifa se va a ver muy elevada, por lo que se propone para contrarrestar este problema que va a tener es la de incluir paneles solares los cuales sean los que suministren de energía la casa de forma más económica y limpia y así dejando una prevista para su construcción cuando se tenga información de la demanda anual de la casa y así elegir la cantidad de paneles solares que suplan la casa de energía

eléctrica, para que el dueño de la casa vea que la inversión se verá reflejada en unos años y como la tarifa de va a disminuir y en cuanto tiempo recupera la inversión. También en este proyecto, se desea reflejar los errores típicos en una construcción en la parte eléctrica, para mostrar cómo debe estar una correcta instalación del sistema.

El problema también radica en que cada vez se aumenta el costo de vida, es buena idea buscar formas de cómo ahorrar dinero siempre y cuando esté al alcance de recuperar la inversión, como ingenieros siempre se busca eso.

1.3. Pronóstico

La empresa VoltaG, con la que se está realizando este proyecto, se destaca por su gran calidad y compromiso en las obras y lo muy importante su responsabilidad de entregar los proyectos antes de lo previsto en todo lo posible al no realizar y llevar a cabo este proyecto esta empresa podrá perder su calidad en la imagen que tiene, pues se atrasaría el proyecto, ya que se deben entregar los planos en un lapso de 7 días al cliente para que dé el visto bueno y de ahí entregar al colegio de ingenieros para su aprobación, se podría hasta perder futuros clientes por la mala imagen que se podría ocasionar. Además, al no realizarse el problema, el ingeniero a cargo se puede ver afectado comprometiéndose a dejar otros proyectos pendientes de los cuales, ya tiene un contrato de entrega para poder concluir con este y desbalanceando el tiempo de todo el contrato establecido, quedando mal con los demás profesionales.

1.4. Control al pronóstico

En cuanto estén listos los planos por parte de la arquitecta, se procede a realizar un análisis de la vivienda y basándose en el Código Eléctrico Nacional vigente para definir cuales artículos son los requeridos en este proyecto para un correcto diseño, se realiza una entrevista con el cliente para proceder a tener una idea más clara de lo que quiere en su vivienda, ya sea el tipo de luces, ubicación de tomas o cualquier cosa que el desee, además de proponerle más cosas como por ejemplo incluir paneles solares para disminuir la tarifa eléctrica, pues la casa va a ser grande y con muchos aparatos que consumen mucha energía, al aceptar la propuesta se diseña en planos las ubicaciones de los elementos eléctricos que el cliente exige y el medidor de producción fotovoltaica en el diagrama unifilar, una tabla en Excel con todas las cargas eléctricas de diseño y notas

eléctricas lo más antes de lo previsto, para que sea aprobado por el cliente y el colegio de ingenieros y arquitectos más rápido y mostrarle al cliente el presupuesto de la parte eléctrica la cual no debe pasar de la cantidad propuesta por el cliente y así la obra pueda iniciar rápido para agendar las respectivas inspecciones o si necesita algunos cambios se puedan realizar lo más antes, en este tipo de trabajos lo más importante es el tiempo.

1.5. Formulación del problema

El proyecto a resolver trata de realizar el diseño eléctrico de una vivienda de 3 pisos la cual mide 389.12 m² y que en uno de sus pisos incluye un gimnasio personal y atrás de la vivienda tendrá una piscina y cuarto de máquinas y también se realizará los planos, todo esto por medio de software, se plantea explicar cómo se realiza de forma teórica para luego mostrar cómo se hace en el campo y realizar por medio de Excel los cálculos y apegándose a la norma NFPA-70. También, se realizará las respectivas inspecciones de la obra para verificar que se haya seguido al pie de la letra el plano y no haya errores en la construcción y se le realizará el presupuesto de la parte eléctrica de la vivienda por medio de Excel. Además, se le incluirá en el diseño paneles solares con el fin de ser un mediador de ahorro de energía y abarate el gasto en la tarifa eléctrica y estimar en cuanto tiempo se podrá recuperar la inversión en los paneles solares.

1.6. Sistematización del problema

El diseño se realizará apegado a todo lo que se menciona en la norma NFPA-70 para el diseño eléctrico de viviendas. Se indagará en esta norma para aplicar cada artículo a todo lo que la vivienda llevará incluido, además de buscar en fichas técnicas y páginas web para saber que paneles solares son los recomendados y haya en el país para vivienda y con la mayor eficiencia energética, además de como calcular cuántos paneles necesitará la vivienda para abastecerse de energía eléctrica y aplicar todos los conocimientos aprendidos en los cursos para realizar el diseño eléctrico, se realizará un plano eléctrico con todos los elementos eléctricos exigidos por el cliente, por experiencia un proyecto de estos se puede tomar un día para ser realizado, por lo cual, al ser concluido se enviará al cliente para que este apruebe la propuesta y si hay que hacerle cambios sean con tiempo, y al estar aprobado por el cliente se le enviará el presupuesto de lo que costará la parte eléctrica de la vivienda y no haya ningún problema con este apartado y de inmediato se

enviará al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos para su respectiva aprobación y empezar la construcción de inmediato, como el mayor enemigo en este proyecto es el tiempo. Se propone realizar tres inspecciones de la vivienda para corregir errores de construcción con anticipación y se vaya agilizando la finalización de la obra además de que es una vivienda bastante grande, con tres inspecciones son las suficientes para poder concluir con la construcción de manera más anticipada a la fecha estimada de finalización, toda la inspección se debe vigilar que la obra cumpla con los requisitos.

1.7. Objetivo General

- a) Elaborar un diseño eléctrico de una vivienda de 389.12 m² de 3 pisos con su gimnasio personal, piscina y cuarto de máquinas con sus respectivas inspecciones a partir de reglamentación nacional vigente, además de incluir en el diseño paneles solares como forma de consumo de energía eléctrica y así abaratar la tarifa eléctrica del cliente.

1.8. Objetivos Específicos

- a) Analizar el anteproyecto para determinar todos los elementos eléctricos y su ubicación a través de una entrevista con el cliente para diseñar los planos eléctricos.
- b) Definir los equipos eléctricos y las cantidades de estos que tendrá la vivienda para calcular la memoria de cálculo y definir calibres de conductores, tamaños de canalización y costos.
- c) Estimar la cantidad de paneles solares que la vivienda requerirá para deducir cuanto ahorraría en la tarifa eléctrica, basándose en los datos de las tablas de paneles solares de la empresa HiPower.

1.9. Estado actual de la investigación

El tema trata de realizar un diseño eléctrico e inspección de una vivienda con todas las medidas de la norma NFPA-70 y adjuntarle también su presupuesto eléctrico. El área de conocimiento de este proyecto sería en la materia de diseño eléctrico para ingeniería electromecánica o eléctrica.

Este tema de investigación es muy interesante y necesaria, es algo que casi siempre se va a ocupar a la hora de realizar un proyecto de construcción, por eso, es muy importante que siempre existan profesionales en esta área, pues los ingenieros tienen además de muchos propósitos uno de ellos es el de buscar siempre la forma de cómo ahorrar dinero

en algún proyecto. En este caso ,el de incluir paneles solares como energía renovable y limpia, esto para reducir los costes en la tarifa eléctrica ya que la vivienda es de grandes dimensiones y requiere de muchos aparatos de un alto consumo eléctrico, proporcionando al cliente ahorro y recuperación de la inversión.

1.10 Metodológica

1. Realizar una investigación, recopilación y revisión de todos los datos o información teórica que brinde la norma NFPA-70, para el diseño eléctrico de viviendas en sus artículos respectivos y buscar información sobre los paneles solares de su funcionamiento en viviendas como se calcula y diseña en planos y recabar en la materia brindada por la universidad. Además de agregar información relevante que lleva una vivienda en todo el sistema eléctrico.
2. Hacer una entrevista con el cliente de todo lo que desea que lleve la casa para que así a partir de ahí poder hacer todos los cálculos y diseño respectivo a todo lo que el cliente ha solicitado en la vivienda.
3. Al tener el diseño completo y aprobado por el cliente de todo lo que va a poseer la vivienda ya sea cantidad de luces o tomas y más, se procede a realizar el presupuesto de lo que va a costar la parte eléctrica de la vivienda y mostrar esto en el trabajo.
4. Realizar las respectivas inspecciones de la vivienda para verificar que no haya errores en la construcción de la parte eléctrica de esta y de ser así hacer hincapié a esto y mostrar en el trabajo los típicos errores y solicitar al técnico la corrección para después mostrar el cambio.

Capítulo 2

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Marco Situacional

La empresa VoltaG tiene aproximadamente 4 años realizando diseños de vivienda y más, este proyecto que se está realizando tiene la particularidad de ser una vivienda bastante grande y con muchos elementos que componen el sistema eléctrico, los cuales consumen bastante energía, más que posee piscina, la cual tiene que llevar un sistema de bombeo, como ahora se busca siempre ahorrar energía y que sea más barato el consumo se le propuso al cliente dejarle una prevista de diseño para paneles solares, la cual es una gran inversión inicial, pues son costosas, pero es algo que a largo plazo va a alivianar la tarifa eléctrica. Para esto, el cliente haber estado en su vivienda viviendo un año aproximadamente con todos los elementos eléctricos funcionando al máximo y así ver con la compañía electrificadora cuanto consume normalmente al año energía eléctrica y de ahí se procede a hacer el cálculo para saber la cantidad de paneles solares necesarios, además de esto con base al NFPA-70 vigente en el país, se realizará el diseño eléctrico de la vivienda con todas las normas requeridas, aparte se procede a realizar sus inspecciones respectivas para dar mayor seguridad a la construcción de la parte eléctrica de la vivienda y corregir al técnico dado el caso de ser necesario y se le incluirá el presupuesto del coste de los materiales de la parte eléctrica de la vivienda.

2.2 Antecedentes Históricos de la empresa

La empresa VoltaG surgió hace unos 4 años con la necesidad de llevar calidad y seguridad a las personas en los diseños eléctricos, inició con pequeños proyectos de vivienda en la zona norte y poco a poco fue creciendo con proyectos más grandes a nivel comercial e industrial, hace unos 3 años la empresa obtuvo un contrato con la empresa Superbloque con la cual se ha tenido la mayoría de los proyectos brindándole siempre la confianza y eficacia en cada proyecto, la empresa VoltaG tiene experiencia en el diseño de detección de incendios, cableado estructurado, control de accesos, domótica y otros.

2.3 Misión de la empresa

Somos una empresa que brindamos el servicio de diseño eléctrico, inspección y consultoría con la mayor seguridad y eficacia, apegados a las normas nacionales vigentes, todo desarrollado con las necesidades de nuestros clientes.

2.4 Visión de la empresa

La empresa VoltaG será siempre altamente capacitada para el diseño eléctrico, inspección y consultoría en los siguientes años, siempre innovando y manteniéndose actualizada con los requerimientos eléctricos para la comodidad y seguridad del cliente.

2.5 Ubicación espacial

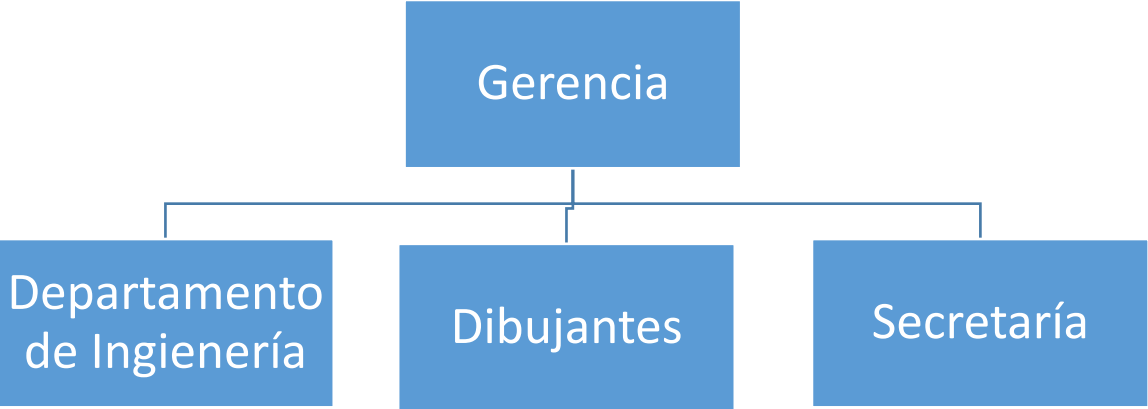
Urbanización Ana Mercedes, Ciudad Quesada, San Carlos, Alajuela.



Figura 1. Ubicación espacial de la empresa VoltaG

Fuente: Google maps, 2021

2.6 Organigrama



*Figura 2. Organigrama de la empresa voltaG
Fuente: VoltaG, 2021*

2.7. Marco Conceptual o Marco Teórico del objeto de Estudio

2.7.1. Marco Regulatorio

2.7.1.1. Decreto Ejecutivo N° 36979-MEIC

Artículo 1. Oficialícese como “Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad”, la norma NFPA-70, en su última versión actualizada en español, emitida por la NFPA, con la excepción del artículo 90 y de aquellos artículos que se encuentran afectados en este Reglamento. (Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad, 2012)

Siendo actualmente aprobada la versión en español denominada NEC 2017 (National Electrical Code), todo profesional responsable ya sean ingenieros o técnicos encargados ya sea del diseño, instalación, renovación, ampliar y aprobar los sistemas eléctricos deben acatar obligatoriamente esta norma con sus disposiciones, además este decreto aclara que el colegio de ingenieros y arquitectos son los responsables de fiscalizar los proyectos realizados por sus profesionales agremiados, verificando que se haya cumplido con todas las normas de diseño e instalación establecidos en el Código Eléctrico Nacional, como lo menciona el siguiente artículo.

Artículo 4. Competencias

- a) **CFIA. De conformidad con la Ley N° 3663 del 10 de enero de 1966, Ley Orgánica del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos y sus reformas, corresponderá al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA), en su calidad de ente público no estatal, regulador de las áreas de la Ingeniería y de la Arquitectura, la responsabilidad de fiscalizar el ejercicio profesional de sus colegiados, para garantizar el cumplimiento de lo establecido en este Código en lo referente a las instalaciones eléctricas, incluyendo las excepciones que correspondan.** (Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad, 2012)

2.7.1.2. Norma NFPA-70: NEC 2017

El Código Eléctrico Nacional (NFPA-70) es la norma actualmente vigente en Costa Rica, es el código que todo profesional debe utilizar a la hora de realizar un diseño, instalación, ampliación y revisión eléctrica ya sea ingeniero o técnico responsable de la obra.

El propósito de esta norma es la de ser salvaguarda de la vida y la propiedad de las personas dictando una serie de artículos, los cuales explican cómo se debe realizar un diseño o instalación de la parte eléctrica de prácticamente cualquier obra, establece lineamientos sobre los materiales eléctricos y su uso adecuado de ellos y de realizar los cálculos adecuados para el diseño de cada obra, en el caso de este proyecto se aplicará y se explicará todos los artículos aplicados en una vivienda. Además, se debe aclarar que esta norma no funciona como un manual de instrucciones o una especificación de diseño para personal no calificado, debe ser siempre profesionales que conozcan sobre los que se está haciendo, esta norma no es necesariamente eficiente a la hora de realizar ampliaciones futuras de la instalación eléctrica, esto se debe que muchas veces a la hora de realizar el diseño de la obra no se toman en cuenta incrementos en la corriente eléctrica y esto genera sobrecargas.

Este código se divide en nueve capítulos que, a su vez, se puede agrupar del uno al cuatro como capítulos de aplicación general y del cinco al nueve como capítulos de aplicación en lugares y equipos especiales u otras restricciones.

2.7.1.3. Reglamento para el trámite de planos y la conexión de los servicios eléctricos.

El Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA) establece el presente reglamento para la presentación de los planos eléctricos y los trámites necesarios para la conexión de los servicios, de acuerdo con lo que establece su Ley Orgánica en cuanto a la obligación de regular el ejercicio profesional y salvaguardar a los usuarios. El propósito es que estos se ajusten a la buena técnica y a los avances científicos y técnicos y que la calidad de las obras esté de acuerdo con las normas establecidas. Se procede a establecer que toda obra de ingeniería y/o arquitectura que requiera de estos sistemas, cuente con los planos elaborados de acuerdo con la buena técnica y que, en todas las obras, los profesionales brinden el servicio completo de consultoría, suministrándole al cliente el diseño eléctrico basado en normas y códigos que le permita contar con instalaciones de alta calidad, seguras y confiables. (Reglamento para el Trámite de Planos y la Conexión de los Servicios Eléctricos, 2020).

En términos generales, este reglamento se especifica muchas normas básicas de seguimiento a la hora de diseñar para los profesionales en ingeniería responsables de diseñar, instalar, renovar, modificar, aprobar, verificar y revisar sistemas eléctricos y sus regulaciones.

Además, acata requerimientos para trámites de planos eléctricos, desde la elaboración de un plano, ámbito de aplicación, cobertura y más, agrega también en varios artículos la información básica en un plano eléctrico, el artículo 15 es muy importante en este proyecto porque indica los requerimientos básicos que debe llevar el diseño de una vivienda unifamiliar, el cual indica:

Artículo 15. Para las viviendas unifamiliares se deberá cumplir con lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 36979-MEIC Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y la Propiedad y sus reformas, en lo que corresponda.

Además, se debe contar al menos con los siguientes circuitos y salida de telecomunicaciones:

- Dos (2) circuitos para carga de iluminación y tomacorrientes de uso general bifilares de 15 A o 20 A, 120 vAC.
- Dos (2) circuitos electrodomésticos pequeños (tomas para el área de cocina) bifilares de 20 A, 120 vAC, cada uno con una carga de 1.500 VA.
- Un (1) circuito ramal para el baño o baños de la residencia, bifilar de 20 A, 120 vAC (no se requiere cálculo de carga adicional para este circuito)
- Un (1) circuito ramal para lavandería, bifilar de 20 A, 120 vAC, con una carga de 1.500 VA.
- Un (1) circuito ramal para una cocina eléctrica para una carga no inferior a 8.000 VA, 240 vAC.
- Un (1) circuito ramal para un calentador de agua caliente para una carga no inferior a 6.000 VA, 240 vAC.
- Una acometida para el servicio de telecomunicaciones (telefonía y/o de Internet) de la unidad de vivienda y con mínimo una salida de telecomunicaciones.

Es incondicional que cada profesional que se quiera adentrar en esta área lea este reglamento para que comprenda mejor los requerimientos necesarios para diseñar.

2.7.1.4. Supervisión de la instalación y equipamiento de acometidas eléctricas (AR-NT-SUINAC).

Esta norma establece que es obligatorio que todas las compañías de distribución de energía eléctrica acaten las medidas de comprobación de las condiciones en las acometidas eléctricas establecidas en esta norma técnica. Además de que esta norma indica las distancias que deben existir entre el edificio y las redes de distribución para garantizar mayor seguridad a la propiedad privada, la vida humana, prácticamente rige condiciones mínimas de seguridad y protección con la que se debe contar, estas normas no aplican en instalaciones eléctricas temporales como circos, turnos, ferias, conciertos, entre otros, las cuales deben regir por lo que establece el Código Eléctrico de Costa Rica.

Esta norma es establecida por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), es muy importante conocer cada detalle aquí descrito para la hora de cerrar un proyecto velar por los cumplimientos de la acometida, pues es la que va a suplir la energía al edificio que se haya construido, en ella vendrán las normas de forma más específica para cada sección de la acometida de todas sus partes y como deben ir instaladas y sus distancias y velar que vengan certificados los materiales que se van a instalar, para este trabajo unos puntos muy importantes seria en el capítulo 5 llamado edificios unifamiliares o de ocupación simple donde se habla de las distancias, ubicaciones y supervisiones de la acometida y en el capítulo 8 donde se detalla el sistema de puesta de tierra, ya que es importante que todo edificio este aterrizado a tierra, aquí se detalla las condiciones del sistema puesta tierra, ubicación del electrodo del sistema puesta tierra y conexión efectiva a tierra de las partes metálicas de la acometida, hay más puntos importantes a atender pero estos que se mencionan lo son más, para que se dé la idea de lo que ahí se menciona.

2.7.1.5. Reglamento para la Contratación de Servicios de Consultoría en Ingeniería y Arquitectura.

Con base en este reglamento, se menciona ciertos aspectos importantes que debe tomar en cuenta tanto el profesional responsable del proyecto como el cliente, este reglamento es para asegurar que se cumpla una ética profesional y respalde al cliente y al consultor de cualquier contrato, esto abarca desde la remuneración que debe recibir el consultor, no menciona precios

establecidos, esto debe ser un acuerdo entre el profesional y el cliente en el contrato. No debe ser menor al establecido, pues se estaría incumpliendo con la ética profesional y puede ser considerado ilícito, si se va a cobrar a un precio más bajo de los honorarios establecidos, debe ser indicado al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos indicando la razón, muchas veces es por un bien social y esta remuneración va a cubrir todos los aspectos del proyecto, desde el estudio, anteproyectos, confección de planos, cualquier consulta o duda que tenga el cliente, presupuesto hasta programación de la obra y realizar inspecciones de la obra, etc. Por otro lado, el cliente también tiene ciertas responsabilidades con el consultor, como la de brindar toda la información necesaria para cumplir con el proyecto, no comprometer al consultor exigiéndole o interponiéndose en decisiones legales por el consultor que lo pueda comprometer, se debe tener una buena relación con respeto entre el cliente y el consultor brindarse toda la confianza y transparencia de la información. También estipula que el consultor puede solicitar un cobro adicional en ciertos casos, ya sea cuando se presente alguna prolongación imprevista durante el proceso de realización de estudios o prestación de servicios, también cuando se le solicite durante la realización de los estudios, modificaciones substanciales a los documentos o planos elaborados en proceso, si estos habían sido aprobados previamente por el cliente y cuando el cliente solicite varias opciones o soluciones sobre un mismo problema. Finalmente, el contrato entre el profesional y el cliente se debe cumplir, en caso de alguna modificación debe ser acordado entre ambas partes, también debe realizarse un contrato entre profesionales, es decir entre dos o más miembros del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

2.7.2. Definiciones

En esta sección se explicarán ciertas definiciones que se estarán hablando a lo largo de este trabajo, para así poder comprender de mejor manera de que se está hablando.

2.7.2.1. Sistema monofásico trifilar.

Es el sistema utilizado por las compañías para suministrar energía eléctrica a las viviendas. Este sistema se le llama trifilar, ya que consta de 2 polos o líneas vivas y se le agrega un cable neutro para balancear las cargas, al final la conexión es de 240 V, cada fase es de 120 V, todo este sistema funciona para alimentar equipos de bajo consumo y, a su vez, equipos de alto consumo como cocinas, por ejemplo. En la siguiente imagen se muestra de manera más clara la conexión de un sistema monofásico trifilar.

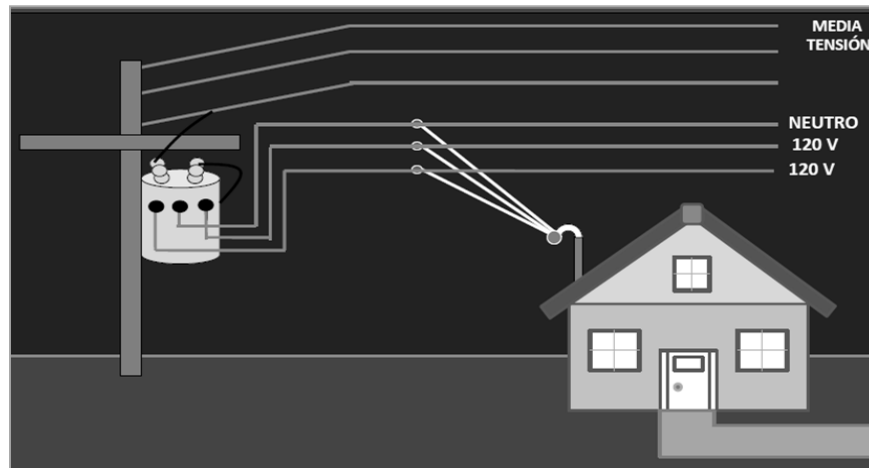


Figura 3. Conexión de un sistema monofásico trifilar 240 V

Fuente: CNFL, 2010

2.7.2.2. Voltaje de Operación.

El voltaje de operación vendría siendo el voltaje necesario para que ciertos aparatos eléctricos en la vivienda funcionen correctamente y garantizar el correcto uso del circuito al que se le está conectando el aparato eléctrico.

Por ejemplo, en viviendas es muy común utilizar aparatos de bajo consumo, por eso es que se diseñan circuitos que funcionen a 120V y otros que funcionen a 240V, esto ya es establecido por las compañías electrificadoras en el país, hay otros países que utilizan voltajes más grandes o menores, pero en el caso de Costa Rica siempre será 120/240V, los circuitos diseñados a 120 V siempre son los circuitos ramales, circuitos de cocina, circuitos de lavandería, iluminación y a 240V serían circuitos especiales como la cocina, secadora, calentador de agua y etc.

2.7.2.3. Carga instalada y carga demandada

La carga instalada en una vivienda es el total de un sistema eléctrico tomando en cuenta que todos los circuitos se van a utilizar en forma completa al 100%, mientras que la carga demandada es la que se va a utilizar realmente en un determinado tiempo, normalmente va a ser menor que la instalada, pues es casi imposible que todos los circuitos se utilicen al 100%.

2.7.2.4 Factor de demanda

El factor de demanda vendría siendo la relación que existe entre la demanda máxima de un sistema eléctrico y la carga total conectada al sistema eléctrico, el resultado de este siempre debe ser menor a 1 o en términos de porcentaje debe ser menor a 100%, esto se debe a que el código permite esto, ya que el uso de los circuitos es casi imposible que sean usados en su totalidad, es muy baja la probabilidad de que suceda.

2.7.2.5. Factor de potencia

El factor de potencia es la relación que existe entre la potencia de trabajo útil y la potencia aparente y con esto se mide la eficacia en la que se está aprovechando la energía eléctrica, un alto factor de potencia se refiere a una eficiente utilización de la energía, mientras que bajo factor de potencia es un mal aprovechamiento de la energía, esto se debe a un mal estado del sistema eléctrico o de los aparatos eléctricos y la presencia de aires acondicionado, los valores deben estar entre 0 y 1, siendo uno el valor máximo es decir la condición ideal del sistema.

2.7.2.6. Balance de cargas

El balance de cargas es algo muy importante que se debe hacer en un diseño y a la hora de la instalación en tablero, consiste en colocar cargas de 120 V en cada barra del tablero de por medio de tal forma que la suma de las cargas de cada barra sean lo más similares posibles al igual que la corriente, en el tablero vienen 2 fases que se colocan una en cada barra. En el caso de los circuitos que operan a 240 V no hay problema alguno, pues operan con disyuntores termomagnéticos de 2 polos lo cual hace que la corriente sea la misma en ambas barras. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo.

2.7.2.7 Protección contra sobrecorriente.

Todos los cables que alimentan cada circuito ramal deben ir conectados a un sistema que los proteja de sobrecorriente llamado disyuntores termomagnéticos que se colocan en el tablero de distribución, existen de diferentes amperajes dependiendo de la corriente que exija el circuito ramal al que se le va a colocar y también depende de la cantidad de polos ya sea de un polo para los circuitos de 120 V o de dos polos para los circuitos de 240 V, estos dispositivos limitan el flujo de corriente dependiendo del tipo de calibre de cable. El funcionamiento de este es que a la hora de pasar corriente por un cable que va conectado al disyuntor de cierto amperaje, en el momento que por ese conductor está pasando más corriente del debido empieza a generar calor y en ese momento es cuando el disyuntor se abre y no deja pasar más corriente por ese circuito así

protegiendo de incendios o daños en el sistema eléctrico, estos disyuntores a su vez se pueden abrir o cerrar de forma manual. Es importante saber que existen 3 tipos, como el GFCI, el cual son utilizados para circuitos destinados a ambientes húmedos como baños, cocina, lavandería y más, también existen los AFCI que son utilizados para la protección de falla de arco para circuitos ramales o que no estén expuestos en ambientes húmedos y existen interruptores que traen ambos sistemas para más facilidad a la hora de construir y no confundir cual va en su lugar. En la siguiente imagen, se puede observar un ejemplo de estos.

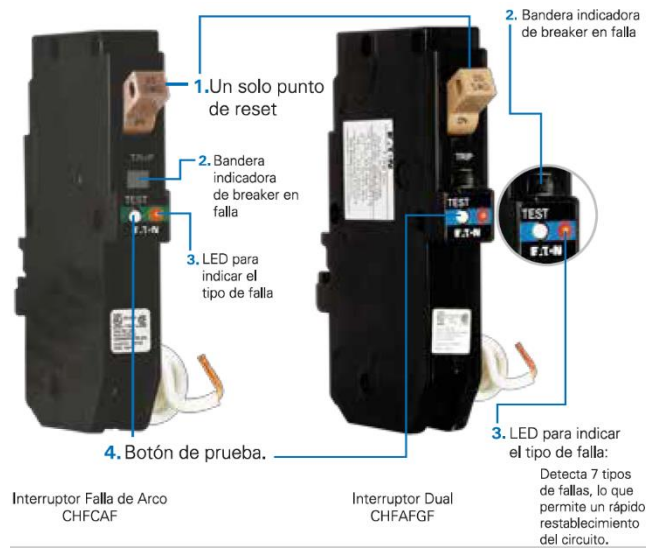


Figura 4. Disyuntores termomagnéticos de un polo

Fuente: Catalogo EATON, 2015



Figura 5. Disyuntor termomagnético de 2 polos

Fuente: Catalogo EATON, 2015

2.7.2.8 Sistema de puesta tierra

Este sistema de puesta a tierra se encarga de proteger a las personas por descargas eléctricas atmosféricas o choques eléctricos y a la vez funciona para dar estabilidad en la tensión de operación y también protege el equipo eléctrico conectado al sistema eléctrico, en caso de un evento falla de tierra se garantiza que toda la corriente de corto circuito retorne a la fuente de manera más controlada. Por eso, todos los cables de tierra de los equipos estarán conectados a este, en el código eléctrico a partir del artículo 250 se habla todo lo que se debe saber sobre la puesta a tierra, se menciona que se recomienda que las varillas puestas a tierra sean de 25Ω o menos y las distancias de estos. También, se debe hacer un estudio de suelo para verificar la resistencia de este con un equipo especial y evitar la saturación de este, toda esta información la brinda la empresa electrificadora, esto se debe a que dependiendo del suelo se exigirán más de dos varillas, siempre se recomiendan 2, una cerca del interruptor principal y la otra lo más cerca de la casa que va conectada al tablero de distribución. En su conexión, se le aterriza un neutro y de ahí sale la tierra a la varilla que normalmente se usa electrodo de puesta de tierra y de ahí sale otro conductor puesto a tierra a un electrodo secundario el cual se conecta con el tablero como se dijo anteriormente. El dimensionamiento de la del conductor de puesta a tierra se debe verificar en la tabla 250-66 del Código Eléctrico Nacional. En la siguiente imagen se muestra su conexión.

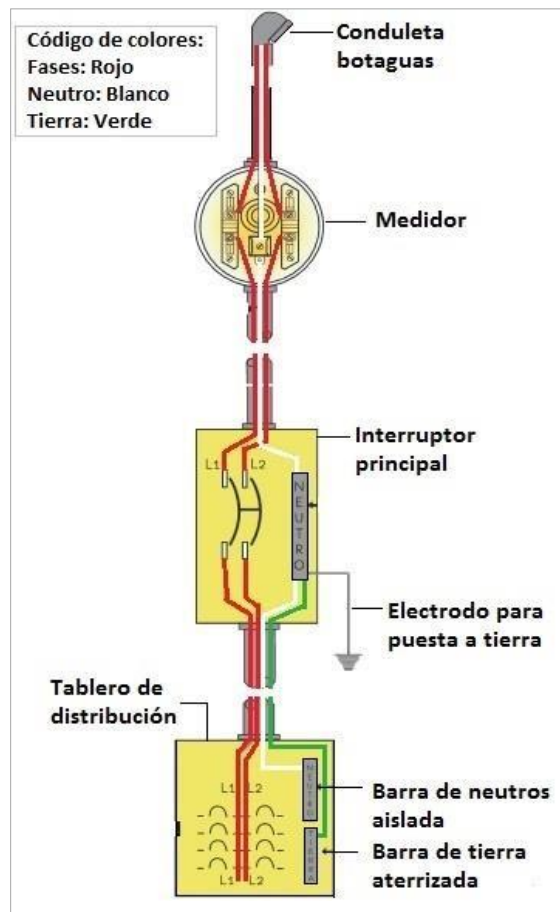


Figura 6. Sistema de puesta a tierra de vivienda

Fuente: ICE, 2013

2.7.2.9 Caída de tensión

La caída de voltaje es algo que se da por varios factores como la resistencia de los conductores instalados en el sistema eléctrico, el largo del cable y el diámetro del cable. El código eléctrico recomienda una caída de tensión del 3% en los circuitos ramales y un 2% en los alimentadores.

A continuación, se muestra en la ecuación 1, la cual se aplica para encontrar la caída de tensión en los circuitos, según el código la caída de tensión se debe medir en porcentaje, la cual se verá en la ecuación 2.

$$\Delta V = \frac{2 \cdot R \cdot L \cdot I}{1000} \quad (1)$$

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_{alim}} * 100 \quad (2)$$

Donde:

ΔV = Caída de Tensión

$\Delta V\%$ = Caída de tensión en porcentaje

L= Distancia del conductor en pies

I= Corriente de carga

R= Resistencia del conductor

V_{alim}= Voltaje del circuito ya sea 120V o 240V

Muy importante es que los datos de la resistencia de los conductores se encuentran en la tabla 8 del capítulo 9 de la NFPA-70 2017, ya sea cobre o de aluminio y fijarse en la columna llamada cantidad, pues ahí vienen la cantidad de hilos de cada conductor, es importante verlo, ya que en Costa Rica se utiliza conductores de 7 hilos y definirlo a una temperatura de 75 °C.

2.7.3. Sistema eléctrico.

El sistema eléctrico en una vivienda es todo aquello que compone el conjunto de equipos eléctricos que hacen que una vivienda sea habitable otorgando iluminación y proporcionando electricidad para la utilización de equipos electrónicos usados cotidianamente en un hogar, estos equipos pueden ser como los receptáculos, tuberías, conductores eléctricos, aparatos que suministran luz y más. Todos estos aparatos deben basarse e instalarse bajo normas establecidas por la NFPA-70 y deben estar certificadas para brindar mayor confiabilidad.

Los componentes del sistema eléctrico son los siguientes:

2.7.3.1. Acometida.

La acometida vendría siendo los conductores que vienen de la red eléctrica suministrada por la compañía que brinda el servicio hasta la entrada del tablero de distribución, puede ser subterránea como aérea y depende de cual se vaya a colocar varían los materiales de tubería, en la subterránea se colocaría una tubería plástica para evitar que por la humedad se dañe y en aérea se utiliza una tubería metálica ya que no se dañaría por la humedad, ya que estaría expuesta al ambiente. Los alimentadores entran en el mismo concepto de la acometida.

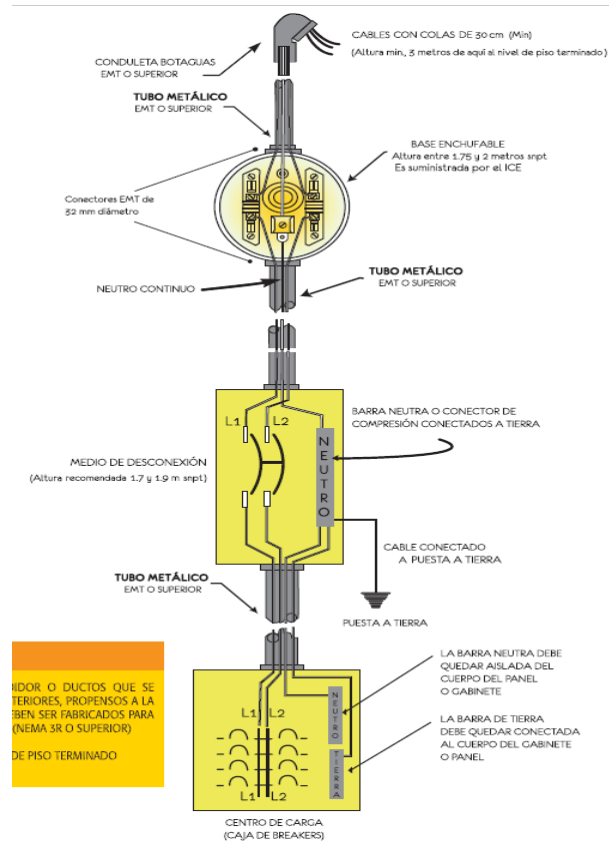


Figura 7. Diagrama de conexión general de acometida

Fuente: ICE, 2020

2.7.3.2. Interruptor principal.

Es un dispositivo el cual se coloca en la base del medidor y funciona como protector de los alimentadores y del tablero de distribución en caso de sobrecarga o corto circuito, el cual se desconecta al sobrecalentarse los alimentadores más de lo que permite el interruptor y desconecta toda la electricidad de la vivienda. También se puede hacer desconexión de forma manual.

2.7.3.3. Tablero de distribución

El tablero de distribución es una caja que se empotra o se deja externa en la pared de alguna habitación de fácil acceso en este tablero van los disyuntores termomagnéticos, los cuales, por medio de circuitos ramales, se distribuye la electricidad a toda la vivienda y además de proteger la vivienda de incendios al dispararse por sobrecorriente o corto circuito, consta de dos barras de cobre y una neutral cuya función es alimentar todos los circuitos ramales, se debe

balancear adecuadamente las cargas de tal manera que ambas barras tengan prácticamente la misma corriente.

2.7.3.4. Circuitos ramales.

Los circuitos ramales es toda aquella carga eléctrica que esta alimentado por corriente y distribuida por medio de conductores, empiezan desde el tablero y su salida es a receptáculos o dispositivos de iluminación, existen los circuitos ramales de uso general que alimenta 2 o más salidas de tomacorrientes o iluminación y los individuales que alimentan un equipo en específico.

2.7.3.5. Salidas.

Es el punto donde la corriente es tomada para alimentar equipos eléctricos usados en el hogar las salidas pueden ser tomacorrientes o salidas de iluminación en caso de viviendas, los tomacorrientes pueden ser salidas de 120 V o 240 V.



Figura 8. Salida de receptáculos de 120 V y 240 V

Fuente: Catalogo EATON, 2015

2.7.4. Materiales empleados en la construcción del sistema eléctrico de viviendas

2.7.4.1. Conductores portadores de electricidad

Los conductores de electricidad que se usan en las construcciones en Costa Rica utilizan las referencias estadounidenses, por lo que el calibre de los cables se indica con las siglas AWG (American Wire Gauge), estas siglas son un certificado que estos poseen, los materiales más usados en vivienda es el cobre que se identifica con THHN, el cual indica el tipo de forro y color, también existe en aluminio identificado con THWN que significa lo mismo el tipo de forro, este llega a abaratar los costos de los conductores, pero el mejor conductor es el cobre, el tamaño del calibre depende de la cantidad de corriente que requiera cada circuito, puede venir desde el calibre 12 hasta 4/0, en viviendas el calibre máximo usado normalmente es número 2, en casos excepcionales se puede utilizar 1/0, entre más pequeño sea el número del calibre significa que este es más grande y puede conducir más corriente que los calibres de números más grandes, los calibres de número 14 para arriba son prohibidos. Estos se eligen en la tabla 310.15 (B)(16), existen para temperaturas de hasta 90 °C, pero en el país solo se utilizan de 60 °C y 75 °C, usar de 90 °C habrá excepciones, los de 60 °C se puede utilizar para corrientes menores a 100 A y los de 75 °C para corriente mayor a 100 A, también existe un código de colores, el cual se debe respetar para evitar accidentes, la fase puede utilizar colores como el rojo o negro, para el neutro únicamente color blanco y para la tierra solamente se puede utilizar color verde, para lo que es la tierra y el neutro no se pueden cambiar los colores, siempre se deben respetar, no es como el caso de la fase que puede ser rojo o negro.

2.7.4.2. Tubería

La tubería es muy importante porque es el que protege el cable de elementos externos que lo vayan a romper, cortar o generar un corto circuito, estos son pasados a través de paredes y cielos rasos o bajo tierra, en el mercado hay de varios tipos, pero los usados en Costa Rica y permitidos en construcción eléctrica son el denominado PVC o metálicos, eso va a depender de donde se quieran colocar, el PVC, es ideal en lugares secos o húmedos, a través de paredes, pisos, etc. y los metálicos es más utilizado en la instalación de la acometida, lo más utilizado es el PVC para interiores del cual se divide en 2.

Dentro de las plásticas existen 2 familias:

PVC clase A:

Es una tubería más liviana porque tiene menos espesor, es únicamente permitida en unidades de vivienda, se debe asegurar que no vaya a ser expuesto al daño físico, pues este es más frágil porque se utiliza el de cedula 40, si va a estar expuesto a daño físico el ideal es de cédula 80. Además, según el boletín informativo 3516 del Colegio de Ingenieros Electricistas Mecánicos e Industriales (CIEMI), también se podrá utilizar oculto en otros componentes de la edificación, como pisos, paredes, cielos, siempre y cuando esté protegido contra daño físico.

PVC Kraloy:

Es más robusto, se puede utilizar en todo lado excepto donde este expuesto al sol porque se degrada.

Dentro de la familia de las metálicas tenemos:

EMT:

Es una tubería metálica, resistente a cualquier daño físico, es preferible utilizarla en ambientes externos por temas de la corrosión, esta tubería está diseñada especialmente para la conducción de electricidad por medio de conductores, para zonas industriales, comerciales y residenciales.

Para elegir el tamaño del tubo, va a depender mucho del área del cable y la cantidad de estos, pues si no se elige bien y el tubo es más pequeño de lo debido estos cables se pueden empezar a calentar tras el choque de los campos electromagnéticos. Para calcular estos, se debe utilizar la tabla 5 del capítulo 9 de la NFPA-70, que sirve para ver el área del cable dependiendo de su calibre y luego dirigirse a la tabla 4 del capítulo 9 de la NFPA-70, para ver el área del tubo comercial que se ocupa y los distintos materiales, siendo el PVC clase A el más utilizado en viviendas y a la vez esta tabla depende de la cantidad de conductores, mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 1. Porcentaje de sección transversal de conductos y tuberías para conductores y cables

Cantidad de conductores y/o cables	Área Transversal (%)
1	53
2	31
Más de 2	40

Fuente: NFPA 70, 2017

2.7.4.3. Accesorios.

Los accesorios son todos aquellos elementos utilizados para alojar tomacorrientes, apagadores, salidas para iluminación. La fabricación es de acuerdo al material y deben tener la certificación UL, los elementos plásticos no deben ir pegados con pegamento, se requiere de otros accesorios diseñados para este efecto, lo mismo es para los metálicos que no deben ir soldados si no requiere dispositivos diseñados para sostenerse.

2.7.5. Planos eléctricos

2.7.5.1. Generalidades.

En los planos eléctricos son parte fundamental del diseño, ya que en ellos vienen toda la información necesaria para que el técnico comprenda que se debe hacer en la construcción de la vivienda, disminuyendo las interpretaciones ambiguas, para evitar errores o mala praxis de la construcción y se pueda tener una mejor visión de la vivienda, toda la información y requerimientos que debe cumplir un plano eléctrico se mencionan en el Capítulo IV del Reglamento para el trámite de planos. A continuación, se mencionará partes que debe incluir el plano eléctrico:

2.7.5.2. Simbología:

La simbología eléctrica representa todos los elementos que se emplearon en el diseño con una descripción de que significa cada elemento y agregando en qué lugar se va a colocar, ya sea cielo, pared, mueble, etc., no existe un estándar de símbolos para diseñar, cada ingeniero crea su propio símbolo. Se presentará ejemplo de simbología utilizada.

SIMBOLOGÍA LUMINARIAS			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALOR	UBICACIÓN
	LUMINARIA TIPO PLAFÓN	75 W	CIELO
	SPOT LED PARA EMPOTRAR	550 lm	CIELO
	REFLECTOR LED PARA EXTERIORES IP65	1200 lm	PARED
	LÁMPARA PARA PARED	400 lm	PARED
	LÁMPARA CON SENSOR DE MOVIMIENTO	DEFINIR EN OBRA	CIELO
	FLUORESCENTE DOBLE	100 W	CIELO
	LÁMPARA CON VENTILADOR A ESCOGER EN SITIO	DEFINIR EN OBRA	CIELO
	LUMINARIA LED PARA ESCALERAS	DEFINIR EN OBRA	ESCALERA
	LUMINARIA LED PARA EMPOTRAR	1500 lm	CIELO
	LUMINARIA COLGANTE	DEFINIR EN OBRA	CIELO
	EXTRACTOR DE AIRE	150 m³/h	CIELO
	LUMINARIA COLGANTE	DEFINIR EN OBRA	CIELO
	LÁMPARA A PARED PARA EXTERIORES	300 lm	PARED
	LUMINARIA DE EMERGENCIA, SYLVANIA E-40 LED	INDICADA	PARED
	APAGADOR SENCILLO	15 A	1.2 m SNPT
	APAGADOR DOBLE	15 A	1.2 m SNPT
	APAGADOR TRIPLE	15 A	1.2 m SNPT
	SALIDA PARA TELEVISIÓN, COAXIAL O UTP, SEGÚN REQUERIMIENTO DE PROVEEDOR DE TELECOM	RG6 O CAT. 6	DEFINIR EN OBRA
	SALIDA UTP PARA DATOS CON JACK RJ45	CATEGORÍA 6	DEFINIR EN OBRA
	BOTONERA PARA APERTURA DE PORTÓN ELÉCTRICO	DEFINIR EN OBRA	1.2 m SNPT
	INTERCOMUNICADOR	DEFINIR EN OBRA	1.2 m SNPT
	ACOMETIDA DE TELECOMUNICACIONES	TUBERÍA 1/2 PULGADA	DEFINIR EN OBRA
	TABLERO DE TELECOMUNICACIONES 30 cm x 50 cm CON TOMACORRIENTE INTERNO	A ESCOGER EN OBRA	1.7 m SNPT

NOTA: CUANDO SE SEÑALA EN UN APAGADOR UN NÚMERO 3 PREVIO A LA LETRA QUE SEÑALA LA LUMINARIA, IMPLICA QUE SE TRATA DE UN THREE WAY, POR LO QUE DEBERÁ SUMINISTRARSE E INSTALARSE COMO TAL.

Figura 9. Simbología de luminarias

Fuente: VoltaG, 2021

















SIMBOLOGÍA TOMACORRIENTES			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALOR	UBICACIÓN
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO CON PROTECCIÓN TR	15 A	0.3 m SNPT
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO CON PROTECCIÓN TR	15 A	1.2 m SNPT
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO CON PROTECCIÓN TR	15 A	1.6 m SNPT
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO CON PROTECCIÓN TR	15 A	1 m SNPT
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO CON PROTECCIÓN PARA INTEMPERIE WR - TR	15 A	0.3 m SNPT
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO CON ALIMENTACIÓN PARA USB. PROTECCIÓN TR	15 A	1.2 m SNPT
	SALIDA DE TUBERÍA PARA INSTALACIÓN DE PORTÓN ELÉCTRICO	1/2 PULGADA	DEFINIR EN OBRA
	SALIDA ESPECIAL 240 V	50 A	DEFINIR EN OBRA
	TERMODUCHA	INDICADO EN TABLAS	DEFINIR EN OBRA
	CALENTADOR DE AGUA DE PASO	INDICADO EN TABLAS	DEFINIR EN OBRA
	AIRE ACONDICIONADO TIPO MINI SPLIT	INDICADO EN TABLAS	DEFINIR EN OBRA
	JACUZZI	INDICADO EN TABLAS	DEFINIR EN OBRA
	PREVISTA CARGADOR DE VEHÍCULO ELÉCTRICO EN TUBERÍA 3/4" EN RAMAL INDEPENDIENTE	DEFINIR EN OBRA	DEFINIR EN OBRA
	MEDIDOR ELÉCTRICO EN LÍMITE DE PROPIEDAD	BASE NEMA 3R 100 A	1.7 m SNPT
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	INDICADO EN TABLAS	1.6 m SNPT
	DISYUNTOR TERMOMAGNÉTICO PRINCIPAL	INDICADO EN TABLAS	BASE DE MEDIDOR

Figura 10. Simbología de tomacorrientes

Fuente: VoltaG, 2021

2.7.5.3. Planta de distribución eléctrica

En la planta de distribución eléctrica se presenta como va la ubicación ya sea de las luces, tomacorrientes 120 V o 240 V, ubicación del tablero en la vivienda, colocación de apagadores y todos los elementos eléctricos, se debe dejar en la planta de distribución los muebles fijos para tener una mejor proyección de la vivienda y la ubicación de estos elementos eléctricos. Además, se presenta la cantidad de circuitos que van conectados por una línea los cuales se identifican con un número. Se mostrará un ejemplo de una planta de distribución eléctrica.

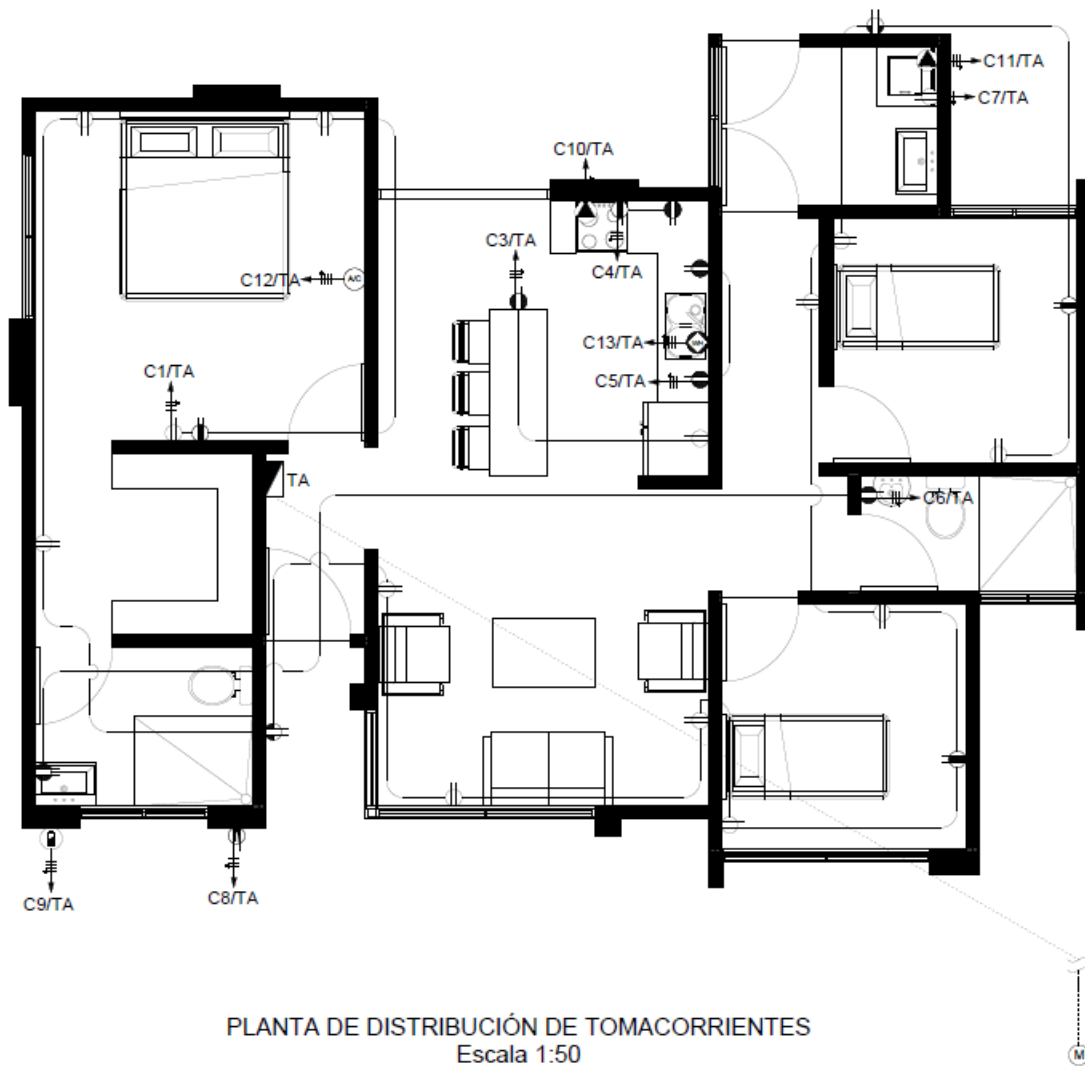


Figura 11. Ejemplo de una planta de distribución de tomacorrientes

Fuente: VoltaG, 2021

La imagen de arriba muestra un ejemplo de la distribución de tomacorrientes de una vivienda muy común, incluye todos los tomacorrientes de 120V hasta los tomacorrientes especiales de 240V e incluye una salida de aire acondicionado.

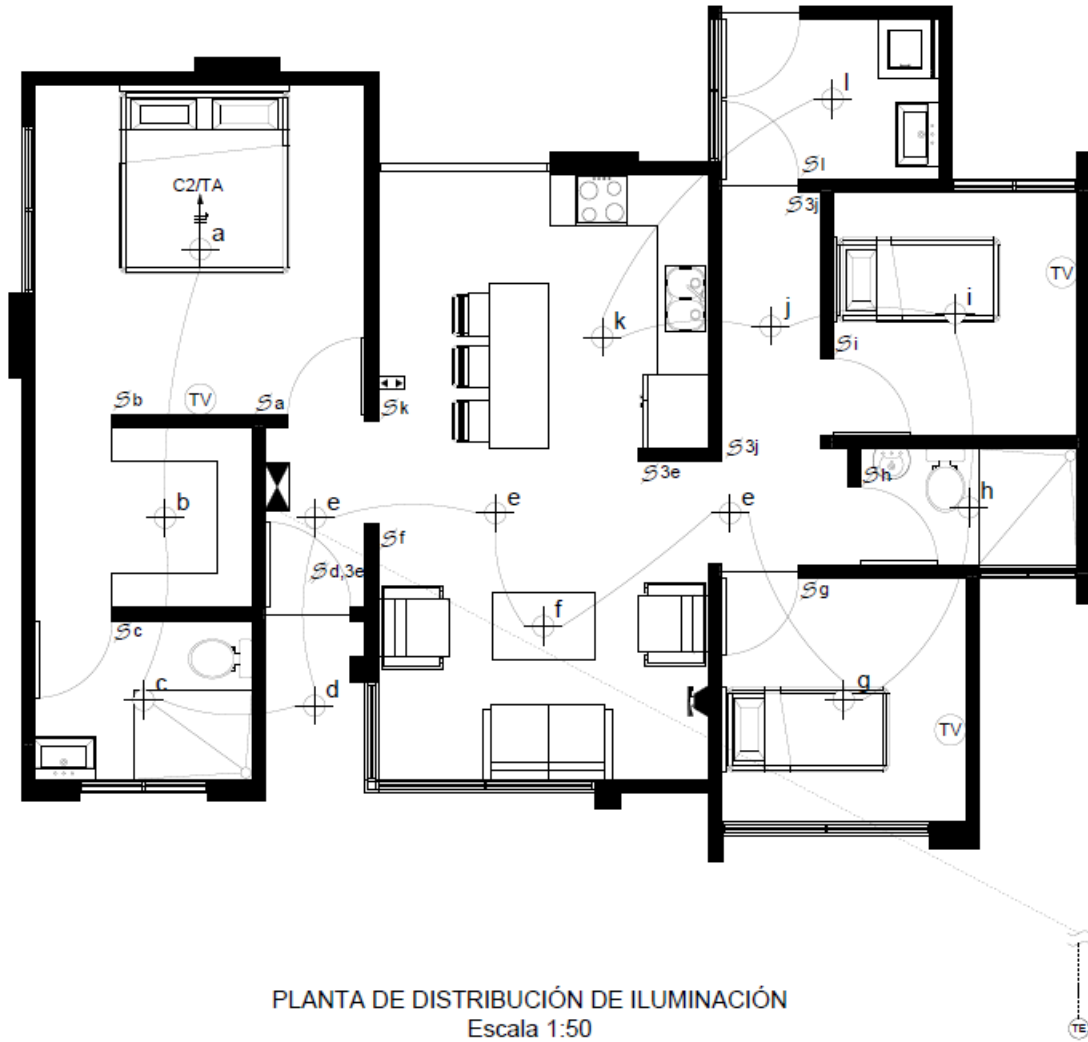


Figura 12. Ejemplo de planta de distribución de iluminación

Fuente: VoltaG, 2021

La imagen de arriba muestra un ejemplo de distribución de luminarias de una vivienda muy común, se muestra una iluminación muy sencilla de tipo plafón en toda la vivienda.

2.7.5.4. Tablero de distribución.

El tablero de distribución es una hoja en Excel donde viene toda la información de los cálculos realizados para el diseño eléctrico, contiene la suma de las cargas por cada fase, la cantidad de circuitos, el amperaje de cada interruptor por circuito, la caída de tensión en porcentaje, conductor a tierra, detalle de cada circuito, el calibre de los cables por cada circuito

ramal y también de la acometida, el factor de potencia usado, el factor de demanda y más. Se mostrará un ejemplo de un tablero de distribución.

Tablero de Distribución Eléctrica Principal											TA		
Posición en Barras	# Circ.	Descripción	Potencia		Voltaje	Interruptor ramal			Calibre de Cables			Conduit mm	▲ V %
			Fase A	Fase B		Polos	Amp.	Tipo	Fase	Neutro	Tierra		
1	1	Tomacorrientes generales	1000		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,93%
2	2	Iluminación general		1000	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,00%
3	3	Tomacorrientes cocina 1	1500		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,85%
4	4	Tomacorrientes cocina 2		1500	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,75%
5	5	Tomacorrientes baños	1500		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,26%
6	6	Tomacorrientes lavandería		1500	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,75%
7,9	7	Vehículo eléctrico (Prevista)	750	750	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	19	N/A
10,8	8	Salida especial cocina	4000	4000	240	2	50	QO	6	6	10	25	0,25%
11,13	9	Calentador de agua de paso	4500	4500	240	2	50	QO	6	6	10	25	0,15%
12,14	10	Secadora de ropa	2500	2500	240	2	40	QO	8	8	10	19	0,14%
Potencia por Fase (Watts)			15750	15750				Factor de Potencia:			1		
Potencia Total (Watts)			31500					Factor de Demanda:			0,45		
									Potencia Demandada (W)			14175	
Corriente Nominal (A)			131					Corriente Demandada (A)			59		
Corriente Nominal (B)			131					Corriente Demandada (B)			59		
Caída de Voltaje estimada:			1,00%	Longitud máxima		15	metros						
Descripción tablero: 20 Espacios, voltaje 120/240, barras principales 200 A, fases 1, tierra y neutros independientes, modelo referencia: QO12024L125G													
Acometida:			Fases 2#2 AWG XHHW-2					Interruptor principal:			100 Amp.		
			Neutro 1#2 AWG XHHW-2										
			Tierra 1#6 AWG XHHW-2										
Conduit:			38 mm Ø PVC					Interruptor principal incorporado:			- Amp.		

Figura 13. Descripción de tablero de distribución

Fuente: VoltaG, 2021

2.7.5.5. Tabla resumen del proyecto.

La tabla resumen como su nombre lo indica es un resumen del diseño del proyecto el cual incluye, la potencia total, la potencia demandada, factor de demanda, factor de potencia, el calibre de los cables de la acometida, la longitud de esta en el sistema SI, voltaje nominal, voltaje calculado y la caída de tensión, esta tabla resumen se debe colocar en la esquina derecha superior del plano eléctrico y seguir el formato especificado en el Reglamento de trámites de planos, para viviendas esta tabla se debe presentar para proyectos sin transformador. Se mostrará un ejemplo de una tabla resumen.

TABLA B	
Proyectos sin transformador	
TABLA RESUMEN DEL PROYECTO	
	TA
KVA totales	31,5
KVA demandados	14,2
Factor de demanda	0,45
Factor de potencia	1
Acometidas	
Líneas vivas	2#2
Neutro	1#2
Tierra	1#6
Longitud (m)	15
Voltaje nominal (v)	240
Voltaje calculado	238
% Caída de voltaje	1,00%

Figura 14. Tabla resumen del proyecto

Fuente: VoltaG, 2021

2.7.5.6. Diagrama unifilar eléctrico.

En este diagrama es donde se muestran las características de la instalación eléctrica, mostrando la conexión desde la acometida hasta el tablero de distribución, aquí se indica el calibre de los conductores como lo es las fases, el neutro y la tierra, su material a utilizar, el medidor, el disyuntor principal, se indica las protecciones a tierra como los electrodos de puesta a tierra, características del tablero de distribución y más.

A continuación, se mostrará un ejemplo de un diagrama unifilar típico de una vivienda sin paneles solares, más adelante en el diseño de la vivienda se mostrará un diagrama unifilar para una vivienda con paneles solares.

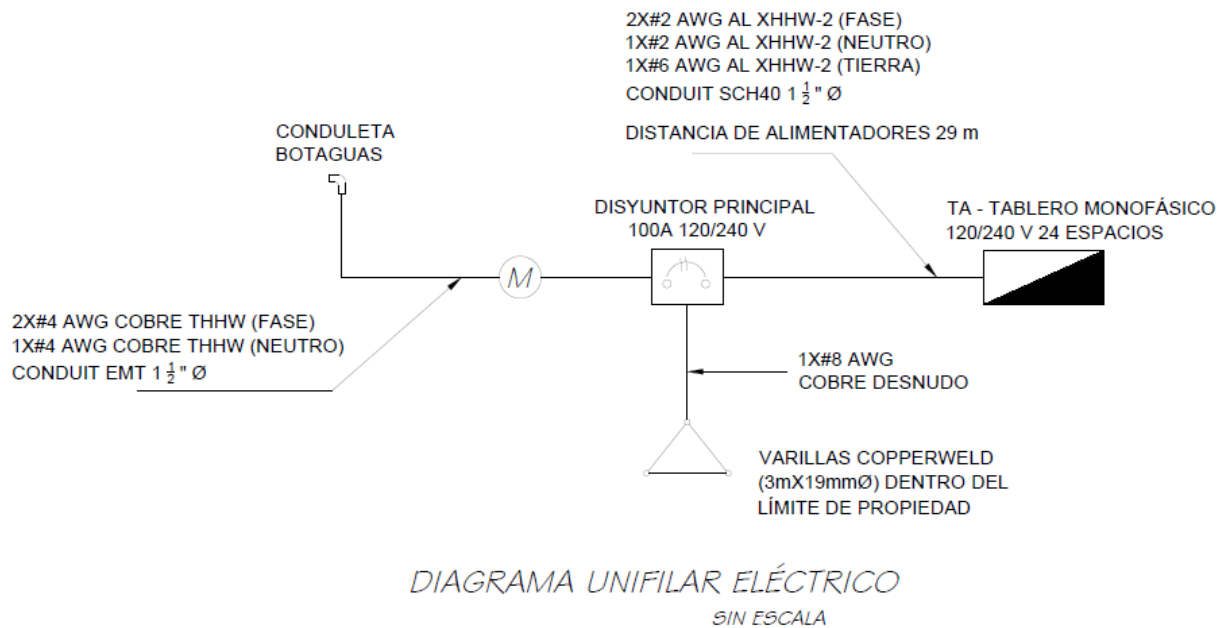


Figura 15. Diagrama unifilar típico de una vivienda

Fuente: VoltaG, 2021

2.7.5.7. Notas eléctricas.

En este apartado es donde el ingeniero hace aclaraciones más específicas y detalladas para que a la hora de construir la parte eléctrica de la vivienda se pueda comprender más el diseño, se especifica los colores a utilizar en cada conductor de electricidad dependiendo del destino que se va a utilizar, las tuberías deben sujetarse con gasas, que todas las tuberías y accesorios eléctricos a almacenar los tomacorrientes o apagadores y más deben llevar la certificación UL y muchos detalles más que el técnico debe captar a la hora de construir la vivienda. Se mostrará un ejemplo de este.

NOTAS ELÉCTRICAS:

- 1-SE ACATARÁN TODAS LAS NORMAS DE LA AUTORIDAD REGULADORA DE SERVICIOS PÚBLICOS Y LA EMPRESA DISTRIBUIDORA, RESPETANDO EL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL Y EL REGLAMENTO DE LAS INSTALACIONES TELEFÓNICAS (RITE) VIGENTES.
- 2-TODOS LOS CONDUCTORES IRÁN ENTUBADOS POR CIELOS, PAREDES Y PISOS, LAS TUBERÍAS POR CIELOS SE SOPORTARÁN RÍGIDAMENTE CON GAZAS METÁLICAS APROPIADAS A LA ESTRUCTURA DE TECHOS.
- 3- LAS TUBERÍAS PARA LAS CANALIZACIONES ELÉCTRICAS SEAN EN MATERIAL PVC U OTRO MATERIAL, DEBERÁN ESTAR CERTIFICADOS UL LISTED PARA EL USO RESPECTIVO.
- 4-LAS CURVAS Y LAS UNIONES PARA TUBERÍA PVC SERÁN DE FÁBRICA. NO SE PERMITE EL USO DE FABRICADAS EN SITIO. LA UNIÓN EN ESTAS PARTES DE TUBERÍA PVC SE HARÁN CON PEGAMENTO ADECUADO.
- 5-LA UNIÓN DE TUBERÍAS O CAJAS DE REGISTRO Y TABLEROS SE REALIZARÁ CON CONECTORES METÁLICOS APROPIADOS.
- 6-LAS CAJAS DE REGISTRO SERÁN DE LÁMINA METÁLICA GALVANIZADA UL LISTED, LAS CUALES LLEVARÁN TAPA DONDE CORRESPONDE. LOS TIPOS DE CAJA A UTILIZAR SERÁN:
RECTANGULAR 10 x 5cm
OCTOGONAL 10cm DIÁMETRO
CUADRADA 10 x 10cm
CUADRADA CON ARO DE REPELLO DE 1 GANC.
CUADRADA CON ARO DE REPELLO DE 3 GANC.
TODAS LAS CAJAS DE REGISTRO METÁLICAS CON CONDUCTORES DE POTENCIA ELÉCTRICA DEBERÁN TRAER EL TORNILLO PARA ATERRIZAR DE FÁBRICA.
- 7-LAS CAJAS METÁLICAS DE TABLEROS E INTERRUPTORES DEBERÁN QUEDAR SOLIDAMENTE ATERRIZADOS.
- 8-LOS EMPALMES SOLO SE DEBEN REALIZAR EN CAJAS DE REGISTRO, UTILIZANDO CONECTORES DE RESORTE APROBADOS PARA CABLE #12 Y #10 AWG, O CONECTORES DE TORNILLOS PARA CABLES MAYORES. ESTO INCLUYE LOS EMPALMES DE LOS CONDUCTORES CON LAS LUMINARIAS.
- 9-LA PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL BORDE EXTERIOR DE LAS CAJAS EN PARED SERA DE 1cm DE LA PARED TERMINADA.
- 10-TODAS LAS SALIDAS EN PARED DEBERÁN LLEVAR CAJA METÁLICA Y CONECTORES.
- 11-LA TUBERÍA DE PISOS DEBERÁ SER SECADA Y LIMPIADA ANTES DE LA INSTALACIÓN DE LOS CONDUCTORES.
- 12-LAS CAJAS DE REGISTRO DEBEN ESTAR LIMPIAS Y LLEVAR DOS MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA ANTES DE PROCEDER A UTILIZARLAS.
- 13-LAS CAJAS DE REGISTRO EN CIELO SE FIJARÁN RÍGIDAMENTE Y LLEVARÁN TAPA.
- 14-TODOS LOS CONDUCTORES SE UTILIZARÁN Y CODIFICARÁN POR COLOR DE ACUERDO A LA SIGUIENTETABLA:

COLOR	UTILIZACION
ROJO	FASE
AZUL	FASE
NEGRO	FASE
BLANCO	NEUTRO
VERDE	TIERRA
- 15-TODOS LOS CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES Y SALIDAS ESPECIALES LLEVARÁN HILO A TIERRA A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- 16-LOS TABLEROS ELÉCTRICOS DEBEN LLEVAR BARRA A TIERRA INDEPENDIENTE DE LA BARRA DE NEUTROS.
- 17- LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS DEBERÁN LLEVAR MARCAS VISIBLES DE FÁBRICA INDICADO EL NÚMERO DE CALIBRE Y EL TIPO DE FORRO USADO.
- 18- LOS BAJANTES A LAS LAMPARAS DEBERÁN IR EN CONDUCTORES TGP (TC-ER), MC, NM O ENTUBADOS CON BX-UL O CONDUIT. CERTIFICADO UL LISTED
- 19- SE DEBERÁ DEJAR COMO MÍNIMO DOS TUBOS DE 19mm PREVISTOS EN EL TABLERO Y LLEGANDO AL CIELO RASO, DOS LLEGANDO AL PATIO FRONTAL Y OTRO LLEGANDO AL PATIO TRASERO
- 20- LOS TOMACORRIENTES EN COCINA, BAÑOS Y DONDE SE INDIQUE DEBERÁN UBICARSE A 1.20m SOBRE EL NIVEL DE PISO TERMINADO.
- 21- LOS TOMACORRIENTES EN EXTERIORES DEBEN SER CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA ASÍ MISMO DEBERÁN ESTAR PROVISTOS CON PLACA DE PROTECCIÓN PARA INTERPERIE (WP).
- 22- SE DEBERÁ DEJAR COMO MÍNIMO UN ACCESO AL CIELO RASO.
- 23- TODOS LOS MATERIALES ELÉCTRICOS A USAR EN LA OBRA SERÁN NUEVOS, DE PRIMERA CALIDAD Y CON CERTIFICACIÓN UL LISTED.
- 24- LAS INSTALACIONES PROVISIONALES UTILIZADAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN CONTARÁN AL MENOS CON LAS CONDICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD.
- 25- TODA TUBERÍA ENTERRADA NO ESTARÁ A MENOS DE 30 cm DE PROFUNDIDAD Y RECUBIERTA DE CONCRETO PIGMENTADO CON OCRE ROJO.
- 26- LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES DEBEN SER CONTINUOS HASTA EL ÚLTIMO DEL CIRCUITO. NO CORTAR LOS CABLES, PELARLOS EN CADA TOMACORRIENTE Y SACAR COLAS.
- 28- LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA NO SERÁ MAYOR DE 20 OHMIOS DE LO CONTRARIO SE REFORZARÁ CONECTANDO MÁS VARILLAS. EL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA DEBE TENER UN REGISTRO 30x30 CM DE DIÁMETRO MÍNIMO.
- 29-PARA DAR POR CONCLUÍDA LA OBRA TODAS LAS SALIDAS , TAPAS Y ELEMENTOS ELÉCTRICOS DEBERÁN ESTAR COLOCADOS. LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN DEBERÁN TENER TODOS SUS CIRCUITOS IDENTIFICADOS SEGÚN PLANOS.
- 30- LOS BREAKER PARA TOMACORRIENTES GENERALES CON CAPACIDAD INTERRUPTIVA SUPERIOR A LOS 15 AMP. DEBERAN SER CON PROTECCION DE FALLA DE ARCO(AFCI) Y LOS INTERRUPTORES DE TOMACORRIENTES PARA BAÑOS, LAVANDERÍA, COCINA Y OTROS LUGARES HÚMEDOS, DEBERÁN SER CON PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA(GFCI)
- 31-TODOS LOS CONDUCTORES, TUBERÍAS, TOMACORRIENTES, PLAFONES, DISYUNTORES, TABLEROS, AISLANTES Y DEMÁS MATERIALES A UTILIZAR EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEBERÁN SER UL LISTED.
- 32-LOS TOMACORRIENTES A UBICAR EN EL EXTERIOR DE LA OBRA DEBERÁN CONTAR CON PROTECCIÓN PARA LA APERTURA Y ESTARÁN CERTIFICADOS PARA SU UTILIZACIÓN A LA INTEMPERIE.
- 33-LAS SALIDAS PARA ILUMINACIÓN EN EXTERIORES DEBERÁN NECESARIAMENTE CONTAR CON CERTIFICACIÓN DE USO PARA INTEMPERIE.
- 34- LA SEPARACIÓN ENTRE LOS CONDUCTORES DE POTENCIA Y LOS CABLES DE DATOS SE REGIRÁ POR LOS SIGUIENTES CRITERIOS:
 - POTENCIA Y DATOS EN PARALELO: 30 cm.
 - CAJAS DE SERVICIO ELÉCTRICO: 91 cm.
 - LUCES FLUORESCENTES: 61 cm.
 - CRUCE DE POTENCIA Y DATOS: 15 cm A UN ÁNGULO DE 90°.
 - EN CANALETAS PODRÁN IR EN UNA MISMA TANTO DATOS COMO POTENCIA, SIEMPRE QUE ESTÉ LISTADA UL PARA ESTE FIN Y TENGA UNA SEPARACIÓN FÍSICA CONTINUA.

Figura 16. Notas Aclaratorias

Fuente: VoltaG, 2021

2.7.5.8. Diagramas adicionales.

En los diseños de vivienda también se deben incluir otros diagramas adicionales como lo el de televisión, salidas coaxiales para teléfono o internet, diagramas que especifican más a fondo las conexiones de apagadores, luminarias, detalles de conexión de acometida de servicio, conexiones a tierra y más, para que el técnico se pueda guiar mejor.

A continuación, se mostrarán ejemplos de estos detalles.

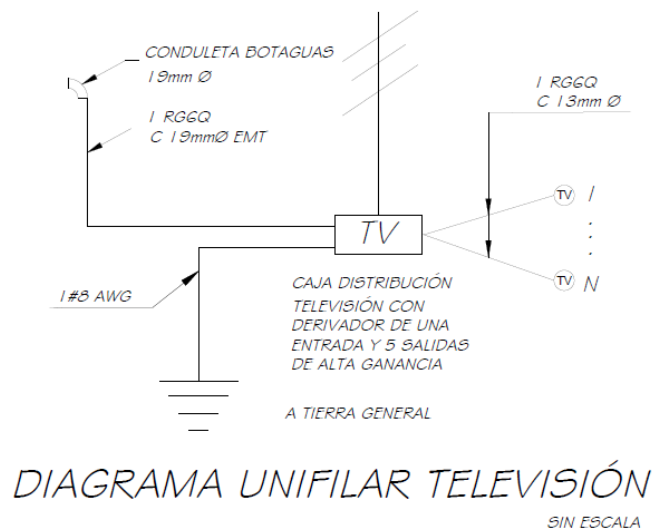


Figura 17. Diagrama unifilar de televisión

Fuente: VoltaG, 2021

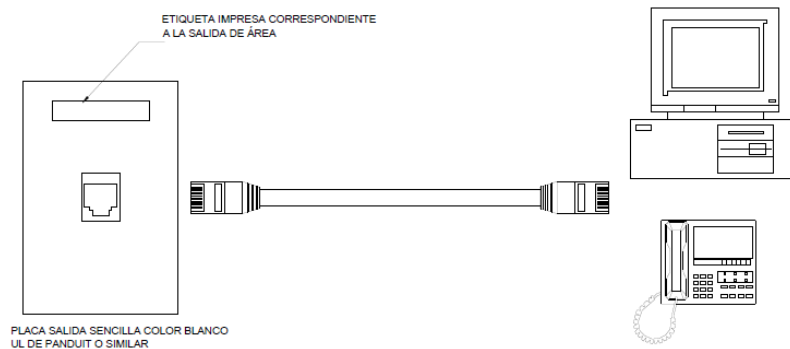


Figura 18. Diagrama unifilar de telefonía

Fuente: VoltaG, 2021

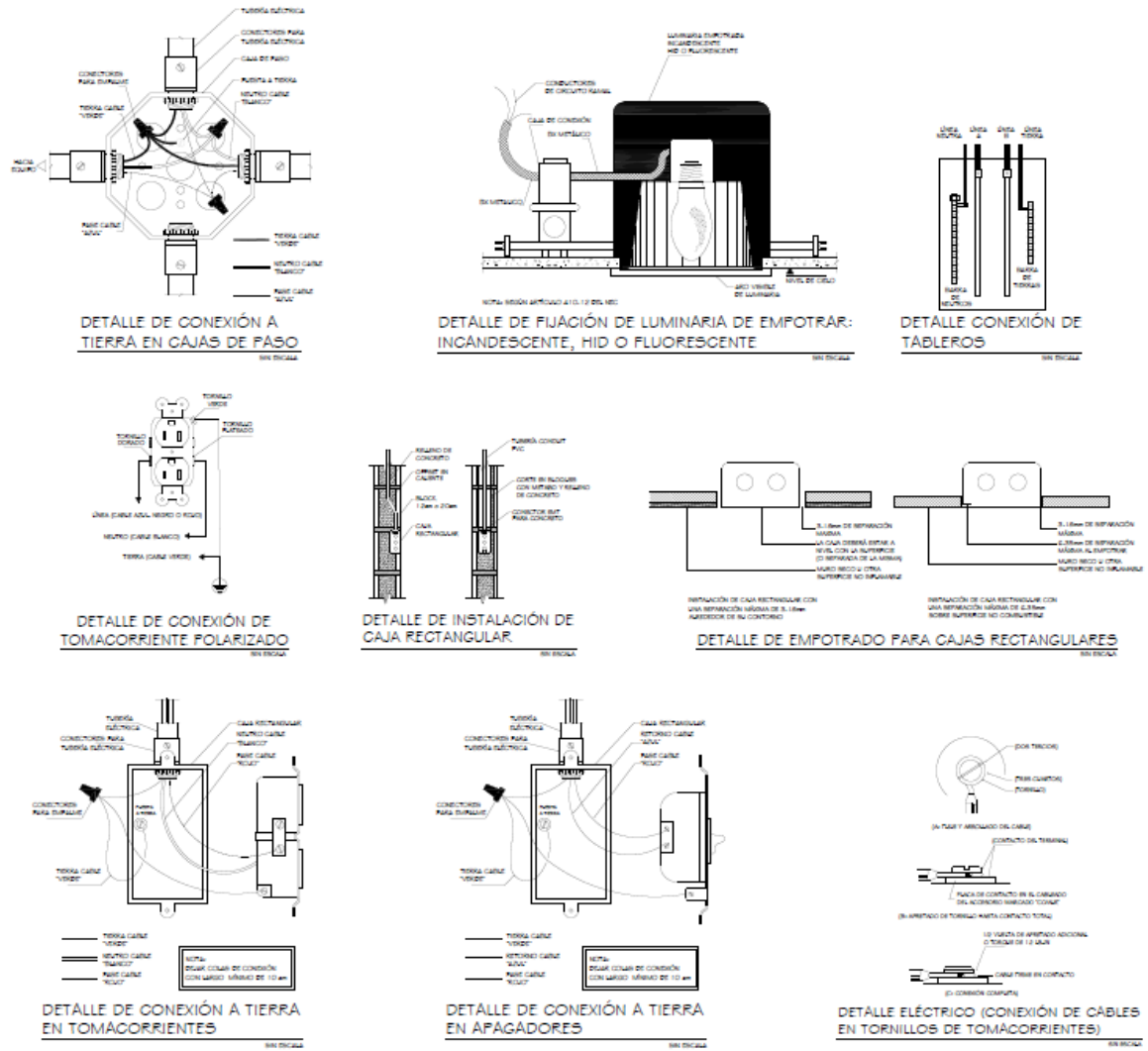


Figura 19. Detalles extras
 Fuente: VoltaG, 2021

2.8 Hipótesis

La necesidad de siempre abaratar costos en algo que se consume con mucha demanda es necesario siempre y es la tarea de los ingenieros implementar o buscar soluciones para que esto suceda. En el caso de este proyecto, el cual es el diseño eléctrico de una vivienda que es bastante grande de 389.12 m², para ser exactos, y posee ciertas áreas de mucho consumo eléctrico como el gimnasio y la piscina, la cual requiere de una bomba centrífuga, es muy probable que el alto consumo energético llegue a tarifas elevadas de consumo, se debe tomar en cuenta esto.

Por ello, al cliente de esta vivienda se le propuso dejar como prevista un medidor de producción fotovoltaica como prevista para una futura instalación de paneles solares cuando ya haya vivido en la vivienda al menos un año con todos los equipos eléctricos utilizándolos de forma cotidiana, pues esto, a largo plazo, traerá un gran beneficio al bolsillo del cliente y apaciguará la factura eléctrica.

2.9 Limitaciones

Para este diseño, los paneles solares es algo que no estaba contemplado para el cliente, es una propuesta que se hizo después sin saber si el cliente aceptaría o no, ya que tenía un cierto presupuesto para la construcción de la vivienda el cual no contemplaba la posibilidad de agregar paneles solares a la casa, ese presupuesto podría ir variando con forme se va construyendo la vivienda pero nunca se pensó en los paneles, los cuales hoy en día son costosos por no ser tan comúnmente empleados, pero viendo bien todos los elementos eléctricos que la vivienda va a llevar el cliente aceptó la propuesta de dejarle una prevista para la instalación de estos e incluirlos en el presupuesto que se tenía pensado, lo cual limita la instalación inmediata de estos es que el dueño de la vivienda debe utilizar la vivienda por un año completo teniendo ya todos los aparatos eléctricos básicos instalados para así saber cuánto es lo que consume en promedio por mes en energía eléctrica e ir a la empresa electrificadora a solicitar el dato, para así hacer el cálculo de la cantidad de paneles que se deben utilizar para que abastezca la vivienda de energía eléctrica renovable. Entonces, se deberá esperar por bastante tiempo para empezar a realizar la instalación de los paneles solares.

2.10 Alcances

El proyecto consiste en el diseño eléctrico de una vivienda de 3 pisos, la cual mide 389.12 m² que incluye, a su vez, un gimnasio personal, una piscina y todos los elementos básicos que la hacen ser una vivienda, además se incluirán las inspecciones que requiera la vivienda, observando que los materiales empleados sean de calidad y certificados y la revisión de todas las cajas que contengan tomacorrientes o apagadores estén aterrizados y por medio de fotos representar errores que pueda tener la vivienda durante la construcción de la parte eléctrica. Todo esto basándose en las inspecciones supervisadas por el ingeniero a cargo y con la aprobación y las exigencias del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, dándole al cliente la confianza y seguridad en su vivienda para evitar incendios, se incluirá además el presupuesto de la parte eléctrica de la vivienda.

La vivienda contará con una prevista de un medidor de producción fotovoltaica para una futura instalación de paneles solares, esto siendo aprobado por el cliente pensándose en disminuir el coste de la tarifa eléctrica y no depender tanto del suministro de la compañía electrificadora y a la vez empleando energía renovable la cual ayuda al ambiente el cual es el camino que se desea tomar e ir implementando cada vez más esta tecnología y se haga más común y accesible.

Capítulo III

Capítulo III

3. Desarrollo

En este capítulo, se empezará a desarrollar todo lo que es el diseño eléctrico de la vivienda propuesta basándose en el Código Eléctrico Nacional vigente en Costa Rica, además de estar supervisada bajo el ingeniero responsable de la obra, quien se identifica como Juan Diego González Picado (IE-25250), para así dar seguridad en el diseño de que sea seguro y poder salvaguardar la vida humana. Se detallarán algunos pasos para poder diseñar la vivienda como el calibre de cable necesario, el tamaño de tubería y todo lo que necesite la vivienda y citando algunos de los artículos utilizados para este proyecto, también se incluirán errores típicos en una construcción de la parte eléctrica de una vivienda a la hora de realizar una inspección y se incluirá el presupuesto de la parte eléctrica. Se dará una explicación de cómo funciona los paneles solares y de todo lo que necesita para la instalación de una vivienda.

En proceso al diseño eléctrico de la vivienda, primeramente, se realiza el plano eléctrico con base en lo que el cliente desea, después de realizar una entrevista previa, para quedar con un acuerdo con lo exigido. Se incluye en el plano todo lo necesario para que el técnico pueda comprender bien el diseño abarcando notas como las de piscina o más generales y diagramas como el unifilar, por ejemplo, para facilitar la comprensión de instalación y siga ciertas normas que se exigen. También, al mismo tiempo, se consulta la Código Eléctrico Nacional para que el diseño quede bajo todas las normas necesarias en el proyecto, al concluir con el plano, seguidamente, se procede a realizar los cálculos para definir calibres de cables, tamaños de tubería, caídas de tensión, saber cuál va a ser la carga instalada y la demandada para saber que interruptores colocar en cada circuito y en el principal que desconectará todo el sistema eléctrico y de paso saber el calibre del conductor del sistema puesta a tierra, después de terminado los planos y cálculos se envía el plano al cliente para que revise que todo está de acuerdo a lo que se solicitó, de ser aprobado por el cliente se envía el plano con la boleta al colegio para ser aprobado y sellado. Después cuando en la construcción ya están instalados algunos elementos eléctricos, se puede empezar a realizar la primera inspección, normalmente se realizan tres.

Cabe destacar que la ubicación de la iluminación, apagadores, salidas de receptáculos y demás elementos eléctricos fueron escogidos por el cliente mediante una entrevista

A continuación, se mostrará la vivienda que se propuso en este proyecto:

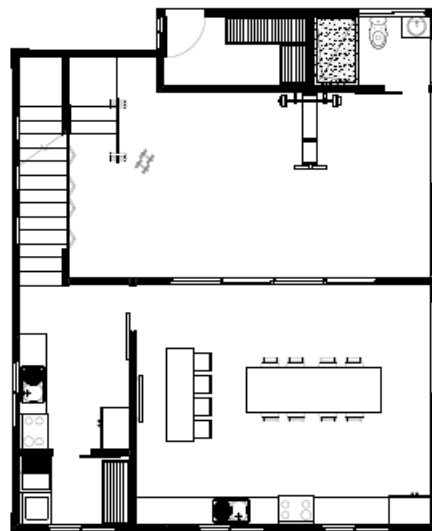
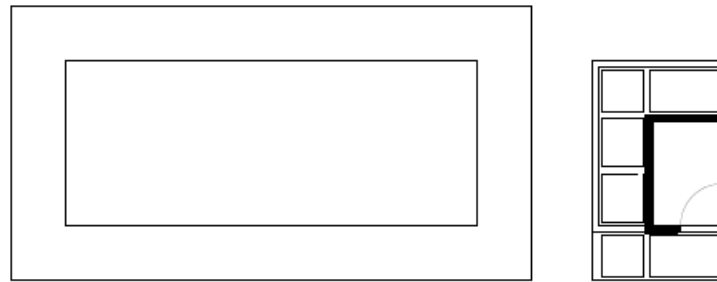


Figura 20. Planta de distribución de la vivienda nivel 1

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba se muestra la planta de distribución de la vivienda propuesta en este proyecto, lo que se muestra es la primera planta incluyendo la piscina.

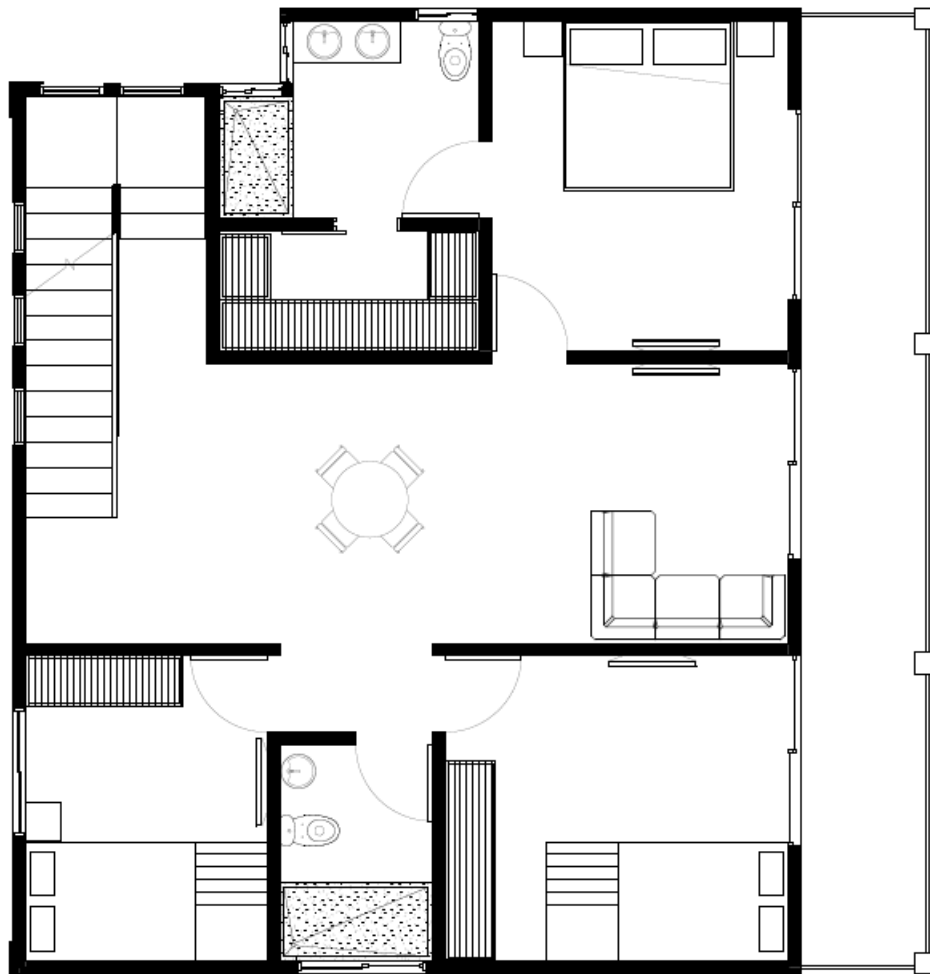


Figura 21. Planta de distribución de la vivienda nivel 2

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba se muestra la planta de distribución de la vivienda propuesta en este proyecto, lo que se muestra es la segunda planta.

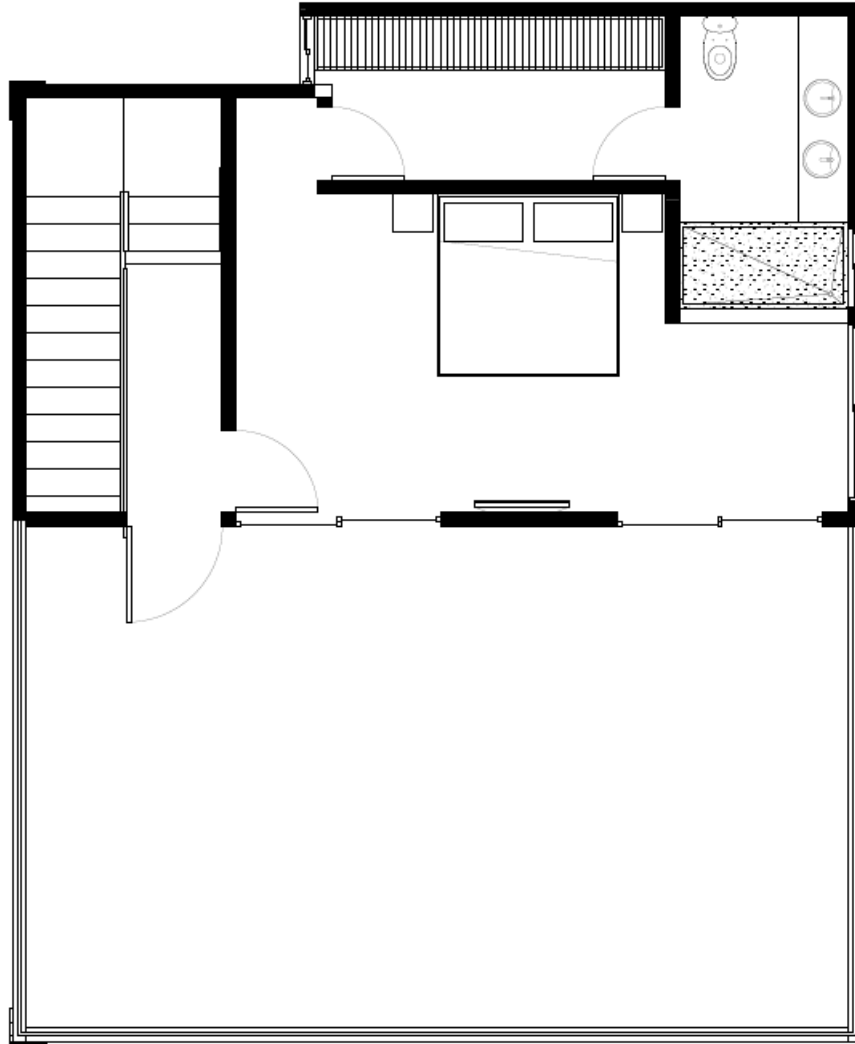


Figura 22. Planta de distribución de la vivienda nivel 3

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba se muestra la planta de distribución de la vivienda propuesta en este proyecto, lo que se muestra es la tercera planta.

Cabe destacar que es muy importante que el arquitecto o arquitecta incluya en la planta arquitectónica muebles y los electrodomésticos fijos, para así asimilar mejor la ubicación de las cosas y poder realizar un mejor diseño y ubicaciones del sistema eléctrico.

3.1 Diseño y cálculos del sistema eléctrico.

Primeramente, para realizar este tipo de diseños se debe tener una entrevista con el cliente para realizarle una serie de preguntas con respecto a la vivienda, ya sea que tipo de iluminación desea, si habrá portón eléctrico, si ira a colocar un aire acondicionado y más preguntas con las cuales se puede basar y tener más facilidad a la hora de diseñar y que los cambios que solicite el cliente al enviarle el plano de aceptación sean menores o nulos.

3.1.1 Cálculo de circuitos ramales.

Los circuitos ramales son todos aquellos circuitos que se consideran en iluminación y tomacorrientes, con sus respectivos artículos. Para realizar el cálculo de la cantidad de circuitos ramales se basa con la tabla 220.12 del Código Eléctrico Nacional.

Tabla 220.12 Cargas de iluminación general por tipo de ocupación

Tipo de ocupación	Carga unitaria	
	Volt-Ampere/m ²	Volt-Ampere/pie ²
Armerías y auditorios	11	1
Bancos	39 ^b	3½ ^b
Barberías y salones de belleza	33	3
Iglesias	11	1
Clubes	22	2
Juzgados	22	2
Unidades de vivienda ^a	33	3
Garajes — (almacenamiento comercial)	6	½
Hospitales	22	2
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos ^a	22	2
Edificios industriales y comerciales (áticos)	22	2
Casas de huéspedes	17	1½
Edificios de oficinas	39 ^b	3½ ^b
Restaurantes	22	2
Escuelas	33	3
Tiendas	33	3
Depósitos (almacenamiento)	3	¼
En cualquiera de las ocupaciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	-	-
Lugares de reunión y auditorios	11	1
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	6	½
Espacios de almacenamiento	3	¼

Figura 23. Cargas de iluminación general por tipo de ocupación basado por área de la ocupación

Fuente: NFPA 70, 2017

Esta tabla se basa en la fila donde dice unidades de vivienda, ya que el proyecto trata de eso, la tabla contiene más datos para más tipos de ocupación dependiendo del proyecto que se esté trabajando y para realizar este cálculo se requiere el área de la ocupación.

Entonces se procederá a realizar los cálculos para saber la cantidad de circuitos ramales requeridos en esta vivienda a partir de las siguientes formulas y pasos:

Para empezar, se va a realizar el cálculo con medidas inglesas, entonces se procede a pasar el área de la vivienda a medidas del sistema inglés, la vivienda mide 389.12 m², lo cual equivale también a 4188.45 ft², a partir de ese dato se puede utilizar las fórmulas.

$$CI= A_o \cdot C_u \quad (3)$$

$$\text{No Circuitos} = \frac{CI}{P} \quad (4)$$

Donde:

CI= Carga Instalada (VA)

A_o= Área de la ocupación (ft²)

C_u= Carga unitaria (A/ft²)

P= Potencia de circuitos (VA)

No Circuitos= Cantidad de circuitos que requiere la ocupación

Conociendo las fórmulas que se deben utilizar en esta parte se procede a hacer los cálculos requeridos para conocer la cantidad de circuitos ramales.

Con la fórmula 3, se conocerá la carga instalada, nos basamos en el área y con la carga unitaria que sale de la tabla 220.12 del Código Eléctrico Nacional, en la fila de unidades de vivienda se observa hacia la derecha las cargas unitarias, en este caso, se basa en la de unidades inglesas, la cual sería 3 A/ft².

$$CI= 4188.45 \cdot 3$$

$$CI= 12565.35 \text{ VA}$$

Conociendo la carga instalada ya se podrá averiguar la cantidad de circuitos ramales que requiere la vivienda.

$$\text{No Circuitos} = \frac{12565.35}{120 \cdot 20}$$

$$\text{No Circuitos} = 5.24$$

El resultado da 5,24 circuitos, el cual se debe siempre redondear al mayor, es decir 6 circuitos ramales se emplearán en esta vivienda, se debe destacar que aquí no se incluye los circuitos de cocina, lavandería, el de baños o salidas fijas, prácticamente se hace referencia a circuitos de iluminación y tomacorrientes ubicados en áreas como la sala, la habitación, pasillos y exteriores, los circuitos que no se incluyen es porque el código exige realizar circuitos aparte para estos, se mencionarán cuáles son estos.

Como se indica en el artículo 210.11(C)(1), además del número de circuitos ramales exigidos, se debe suministrar 2 o más circuitos ramales de 20 A o 1500 VA para electrodomésticos en todas las salidas de receptáculos, en la sección 210.52(B) se especifica más.

De igual forma, se menciona en el artículo 210.11(C)(2), además del número de circuitos ramales exigidos, se debe suministrar al menos un circuito ramal de 20 A o 1500 VA para alimentar salidas de receptáculos de lavandería, en la sección 210.52(F) se hacen más especificaciones. Este circuito no debe tener otras salidas.

También se menciona en el artículo 210.11(C)(3), además de la cantidad de circuitos ramales requeridos, se debe suministrar un circuito ramal de 120 V y de 20 A o, asimismo, se puede de 1500 VA que alimente uno o más receptáculos en el cuarto de baños y dichos circuitos no deben tener otras salidas.

Conociendo estos artículos y teniendo los cálculos listos se puede proceder a realizar el diseño en AutoCAD, pues se sabe la cantidad de circuitos requeridos, se presentará a continuación la vivienda con el diseño terminado y aprobado por el cliente.

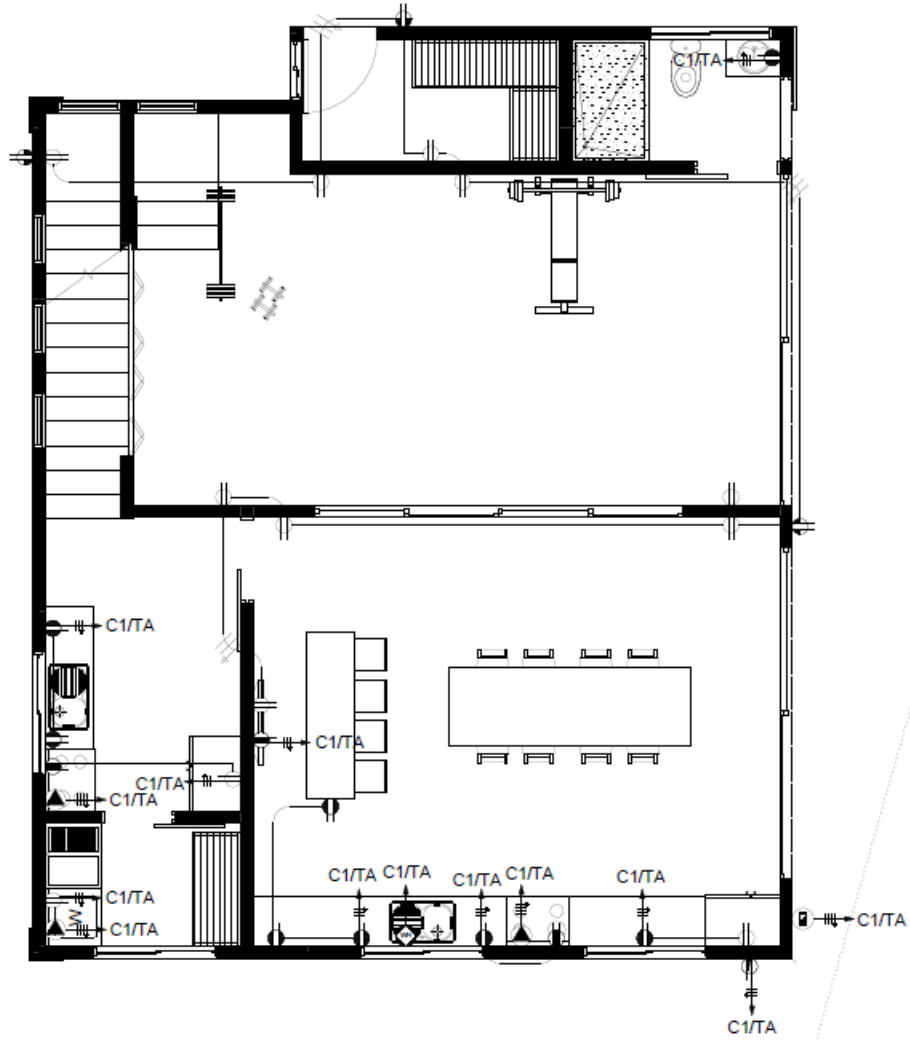


Figura 24. Planta de distribución de tomacorrientes nivel 1

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba, se muestra la distribución de los tomacorrientes de la vivienda propuesta en este proyecto de la primera planta, se muestra los tomacorrientes de 120V hasta los tomacorrientes especiales de 240V, se muestra el número respectivo de cada circuito en el tablero de distribución.

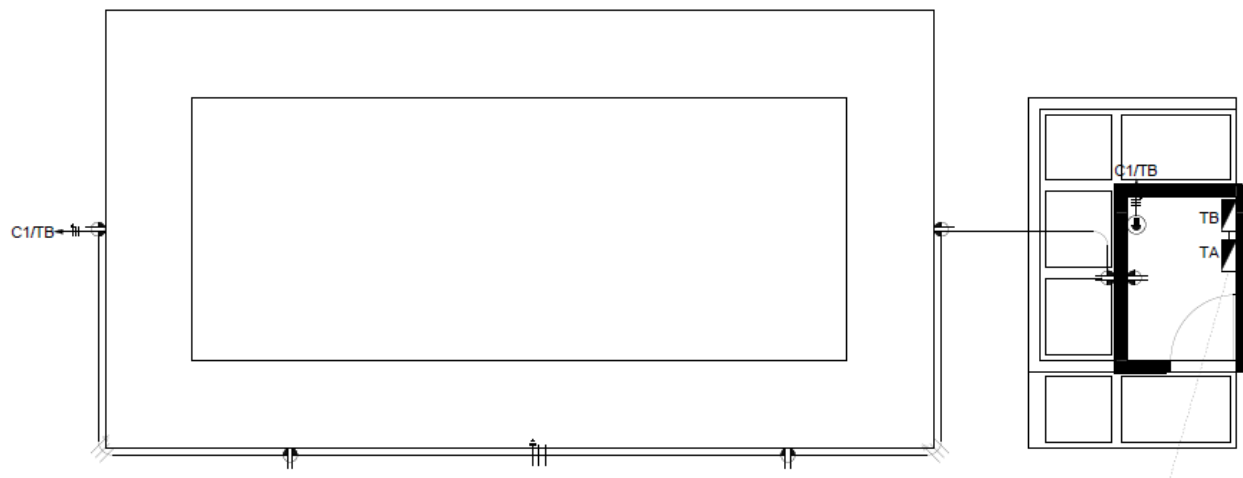


Figura 25. Planta de distribución de tomacorriente piscina

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba se muestra la distribución de los tomacorrientes de la piscina propuesta en este proyecto, se exponen los tomacorrientes de 120V, para exteriores hasta el circuito especial de 240V para la bomba de agua, se indica el número respectivo de cada circuito en el tablero de distribución.

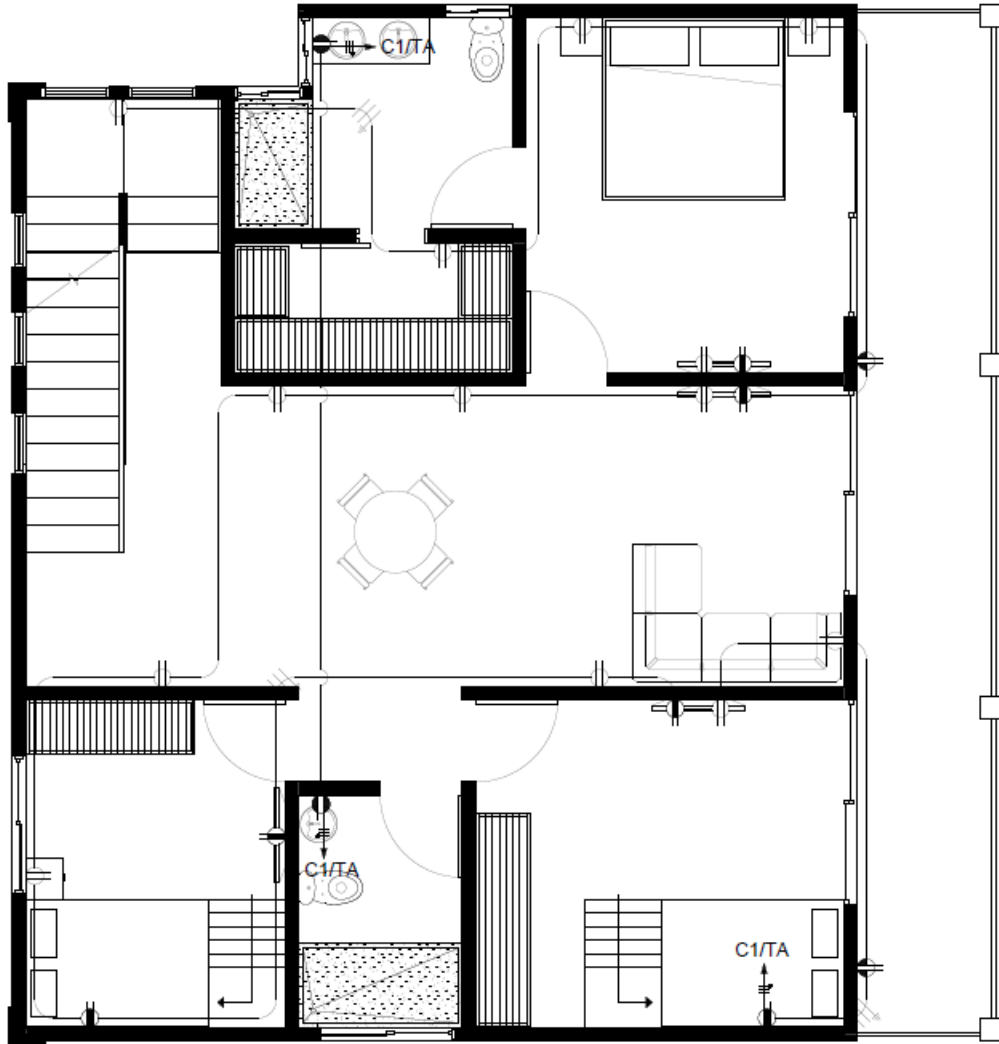


Figura 26. Planta de distribución de tomacorrientes nivel 2

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba, se muestra la distribución de los tomacorrientes de la vivienda propuesta en este proyecto de la segunda planta, se muestra los tomacorrientes de 120V, no se muestra tomacorrientes de 240V, ya que no existen equipos que lo requieran en esta planta, se indica el número respectivo de cada circuito en el tablero de distribución.

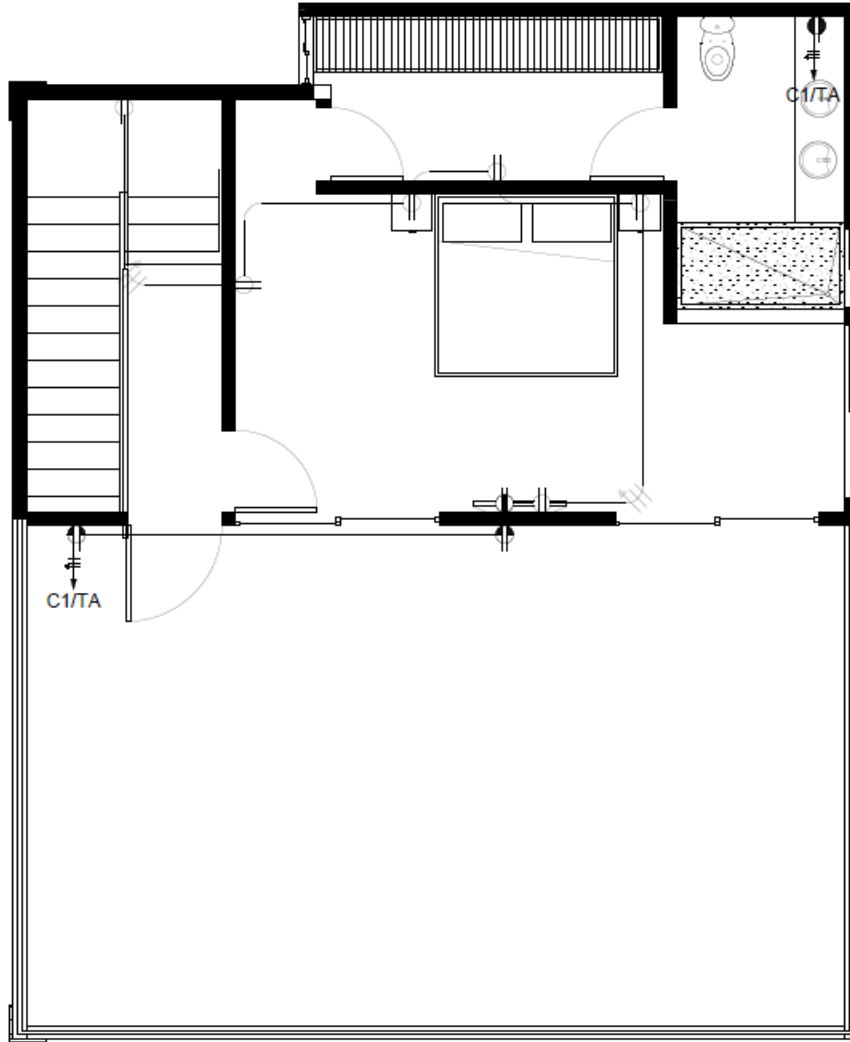


Figura 27. Planta de distribución de tomacorrientes nivel 3

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba, se muestra la distribución de los tomacorrientes de la vivienda propuesta en este proyecto de la tercera planta, se muestra los tomacorrientes de 120V, no se exponen tomacorrientes de 240V, pues no existen equipos que lo requieran en esta planta, se indica el número respectivo de cada circuito en el tablero de distribución.

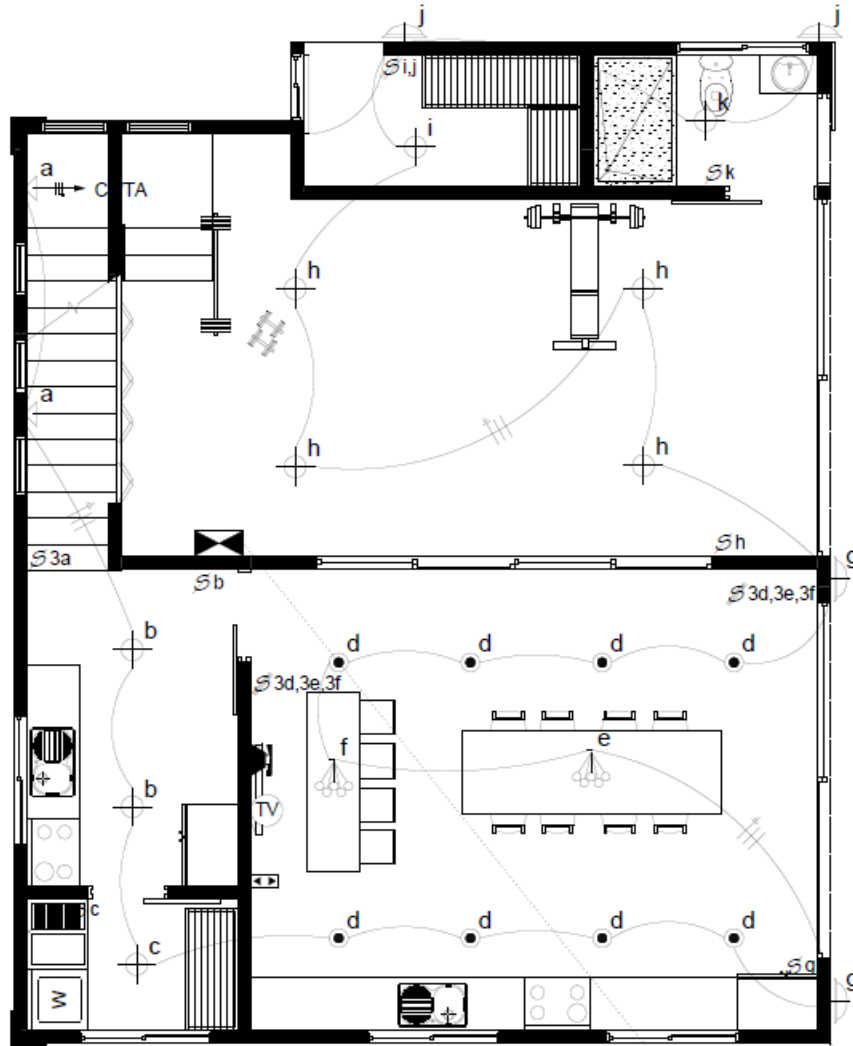


Figura 28. Planta de distribución de iluminación nivel 1

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba se muestra la planta de distribución de luminarias de la primera planta de la vivienda propuesta en este proyecto y una iluminación bastante compleja, incluyendo plafones, spot led, luces para exterior, luces de escalera, y lámparas colgantes, además de mostrar la ubicación de los apagadores y el número de circuito en el tablero de distribución.

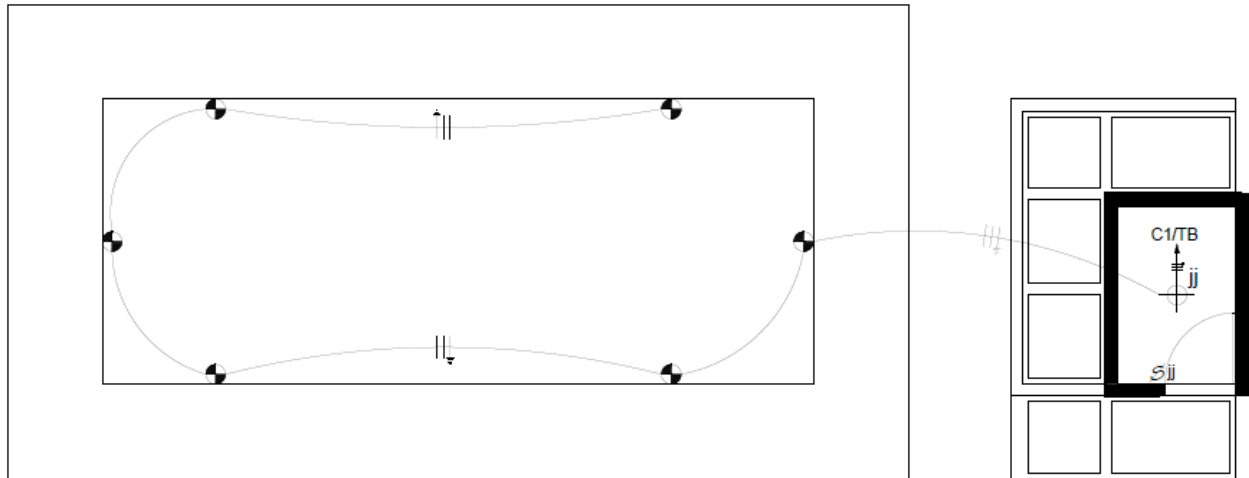


Figura 29. Planta de distribución de iluminación piscina

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba, se muestra la distribución de luminarias de la piscina propuesta en este proyecto y luminarias especiales de piscina y la del cuarto de máquinas, además de mostrar la ubicación del apagador, se muestra el número respectivo del circuito en el tablero de distribución.

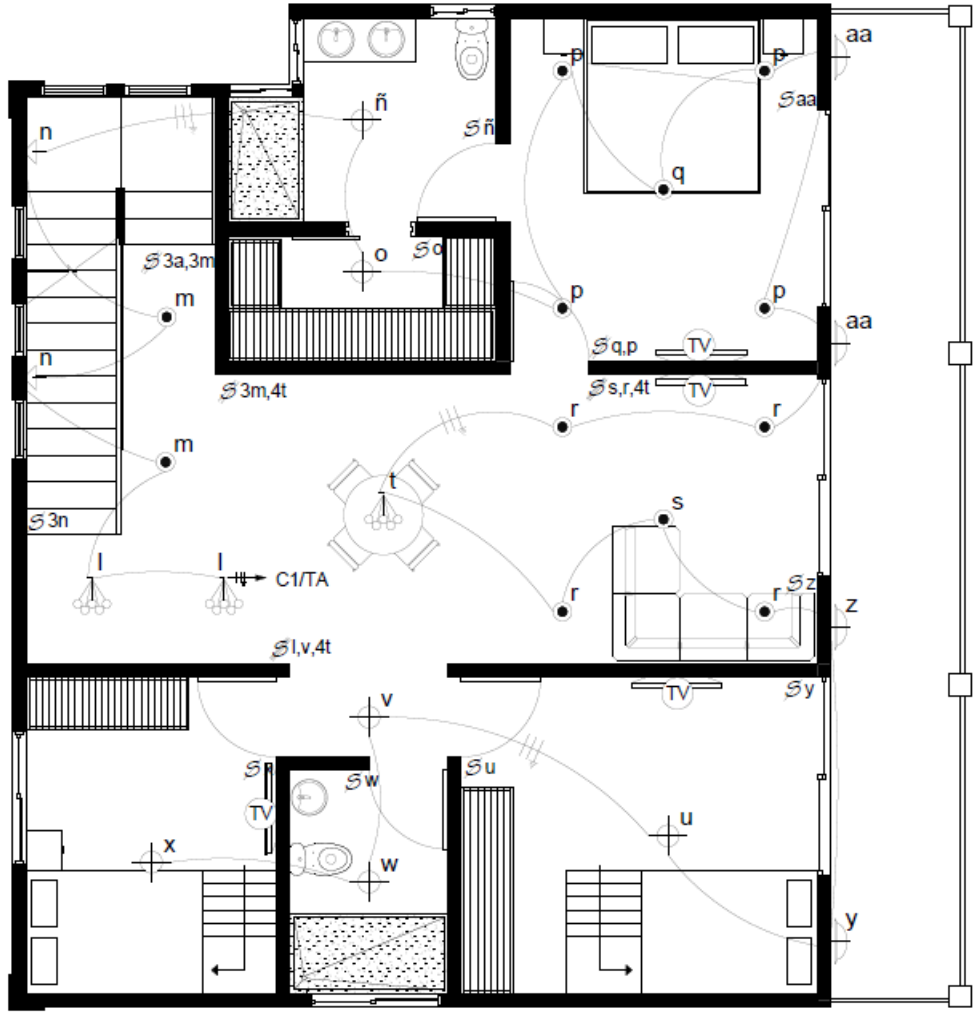


Figura 30. Planta de distribución de iluminación nivel 2
Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba se muestra la planta de distribución de luminarias de la segunda planta de la vivienda propuesta en este proyecto, las cual tiene una iluminación bastante compleja, incluyendo plafones, spot led, luces para exterior, luces de escalera, y lámparas colgantes, además de mostrar la ubicación de los apagadores y el número de circuito en el tablero de distribución.

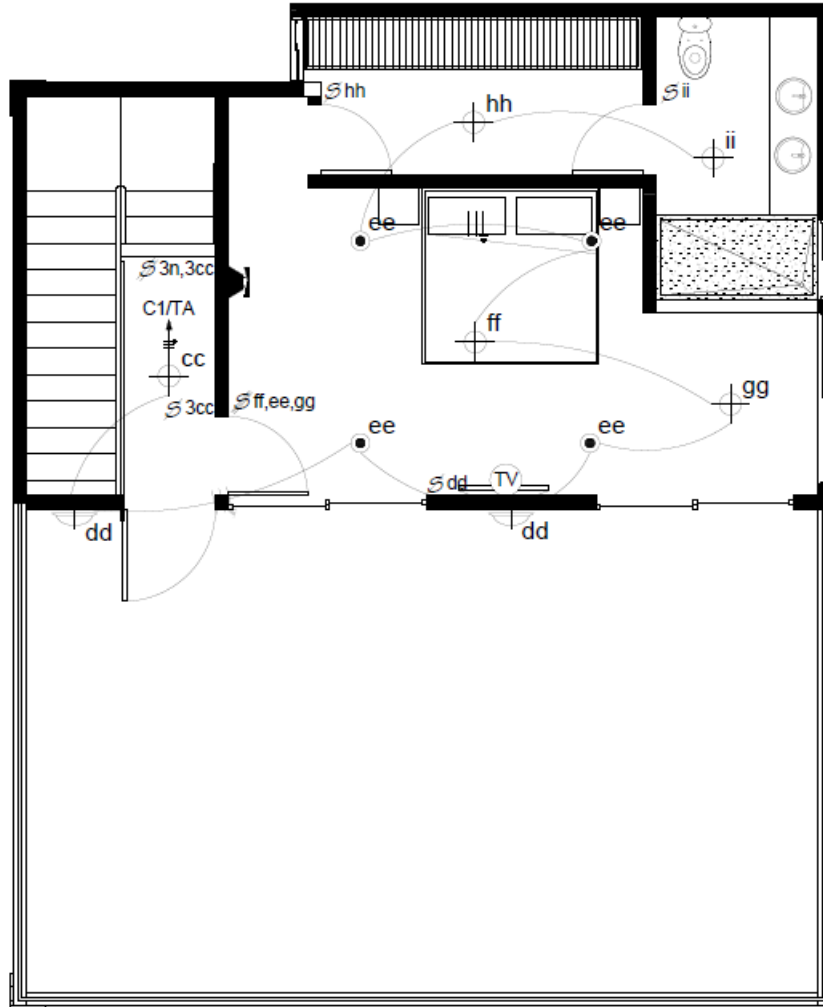


Figura 31. Planta de distribución de iluminación nivel 3

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen de arriba se muestra la planta de distribución de luminarias de la tercera planta de la vivienda propuesta en este proyecto, con una iluminación bastante compleja, incluyendo plafones, spot led, luces para exterior, luces de escalera y lámparas colgantes, además de mostrar la ubicación de los apagadores y el número de circuito en el tablero de distribución.

A continuación, se procederá a realizar los cálculos requeridos en cada circuito para poder saber el calibre de los cables que necesita cada circuito y el tamaño de la tubería, pues se conoce la cantidad de circuitos y se tiene el diseño para conocer todos los circuitos que contiene.

Circuito de iluminación.

Se debe instalar al menos una salida para iluminación controlada por un interruptor de pared en todas las zonas habitables de la vivienda, incluyendo el lado exterior donde estén las entradas y salidas de la vivienda (ver Artículo 210.70 del Código Eléctrico Nacional, 2017).

Esas son las exigencias mínimas por la NFPA-70, pero el cliente decidió un diseño más personalizado en su vivienda, ya el cálculo de la cantidad de circuitos por toda el área de la vivienda está contemplado, se puede incluir la cantidad de iluminación que desee, más que todas las luminarias empleadas serán LED, las cuales tienen un bajo consumo.

Los interruptores de pared deben ir colocados de la forma más cómoda y accesible para el usuario, evitar por completo que se coloquen en zonas donde va a quedar detrás de puertas, pero si debe ir lo más cerca a la entrada de la habitación para el fácil acceso. La carga que se aplica normalmente en iluminación es de 1000 W, por ser LED de bajo consumo, el siguiente cálculo sería el mismo para todos los circuitos de iluminación de la vivienda que son tres, ya que el cálculo de la cantidad de circuitos ramales en total había dado seis, se repartió en tres para iluminación y tres para tomacorrientes, uno de cada uno por piso. Entonces el cálculo de la corriente se hace de la siguiente manera:

$$I = \frac{P}{V} \quad (5)$$

Donde:

I= Corriente máxima del circuito (A)

P= Potencia nominal del circuito (W)

V= Voltaje de operación (V)

Entonces aplicando la fórmula 5 para averiguar la corriente sería:

$$I = \frac{1000 W}{120 V}$$

$$I = 8.33 A$$

Como se trata de un circuito ramal de uso general, se procede a realizar el cálculo de protección de cargas continuas, como se explica en los artículos del Código Eléctrico Nacional, en el artículo 210.19(A)(1) y en el artículo 210.20(A), donde se debe multiplicar la corriente del circuito por 1.25, para darle más protección al cable. Entonces la fórmula sería:

$$I_p = I \cdot 1.25 \quad (6)$$

Donde:

I_p = Corriente con protección al circuito (A)

I = Corriente máxima del circuito (A)

Aplicando la fórmula 6 para averiguar la corriente con protección sería.

$$I_p = 8.33 \cdot 1.25$$

$$I_p = 10.41 A$$

Conociendo el valor de la corriente se procede a realizar la respectiva clasificación del circuito, normalmente se escoge que el circuito sea de 20 A (ver Artículo 210.23 del Código Eléctrico Nacional, 2017). Una vez que se ha clasificado la corriente del circuito, se procede a utilizar la tabla correspondiente la cual es la tabla 310.15(B)(16) de la NFPA-70, la cual está en el anexo 1, para seleccionar el calibre del cable para una corriente de 20 A. Con base en esta tabla el calibre que se debe utilizar para iluminación sería N° 12 AWG THHN.

Finalmente conociendo el calibre del conductor para el circuito ramal de iluminación, se puede proceder a elegir el tamaño de la tubería que esta necesita, en el marco teórico se explica cómo se elige el tamaño de la tubería, se reiterara de nuevo. En este caso, se ve cuál es el área del cable que se está usando en la tabla 5 del Código Eléctrico, del capítulo 9, la cual está en el anexo 2 y esa área se debe multiplicar por la cantidad de conductores que requiere, en este caso son 3 conductores los cuales seria, la fase, el retorno y la tierra. Después de saber el área del cable se

observa en la tabla 4 del capítulo 9, la cual está en el anexo 3, en la tubería PVC clase A y como son más de dos cables se observa en la columna la cual dice que se debe llenar un 40%, la cual es para dos o más cables y ahí se busca la tubería más próxima, la cual en este caso da un designador métrico de 16 la cual se asocia para 13 mm. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 2. Cuadro resumen de los cálculos del circuito de iluminación.

Carga total	1000 W
Voltaje de operación	120 V
Corriente máxima	8.33 A
Corriente con protección al circuito	10.41 A
Clasificación del circuito	20 A
Conductores a utilizar	3 # 12 AWG
Diámetro de canalización	13 mm

Fuente: Elaboración propia, 2021

Circuito de tomacorrientes generales

Se debe colocar tomacorrientes en todas las zonas habitables de la vivienda que se consideren necesarios, como en comedores, salas, dormitorios y en exteriores mínimo en la parte frontal y posterior de la vivienda (ver Artículo 210.52(E)(1) del Código Eléctrico Nacional, 2017). La separación de tomacorrientes debe ser de 1.8 m cuando exista un espacio libre de pared siempre y cuando no este interrumpido por buques de pared, chimeneas u otros, se debe destacar que estos términos de separación no siempre se cumplen en unidades de vivienda, ya que se pueden colocar más tomacorrientes de los que se requiere o por decisión del cliente.

La carga mínima que se utiliza en tomacorrientes generales es de 1500 W con este dato se procede a calcular la corriente del circuito con la fórmula 5.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1500 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 12.5 \text{ A}$$

Y como el circuito ramal se trata de uso general, se debe calcular la corriente con protección al circuito mediante la ecuación 6:

$$I_p = I \cdot 1.25 = 12.5 \cdot 1.25 = 15.6 \text{ A}$$

Ya conociendo el valor de la corriente con protección, se puede proceder a determinar el calibre de los cables, se sabe que la corriente da 15.6 A, pero en términos de diseño para tomacorrientes generales se debe hacer con 20 A (ver Artículo 210.2(A) del Código Eléctrico Nacional, 2017). Con el anexo 1, se puede ver la tabla utilizada para elegir el calibre del cable el cual nos indica que el calibre adecuado para tomacorrientes generales es N° 12 AWG THHN.

Ahora conociendo el calibre del cable, se puede definir el tamaño del tubo que requiere con base a la tabla que está en el anexo 2 la cual indica el área del cable y con esa área se multiplica con la cantidad de cables que requiere que serían 3 los cuales son fase, neutro y tierra, con esa área se puede ver el tubo que se requiere en la tabla que está en el anexo 3, la cual indica el tubo comercial. En este caso, da un designador métrico de 16, el cual se puede relacionar con un tubo comercial de 13 mm. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 3. Cuadro resumen de los cálculos del circuito de tomacorrientes generales.

Carga total	1500 W
Voltaje de operación	120 V
Corriente máxima	12.5 A
Corriente con protección al circuito	15.6 A
Clasificación del circuito	20 A
Conductores a utilizar	3 # 12 AWG
Diámetro de canalización	13 mm

Fuente: Elaboración propia, 2021

Circuitos de tomacorrientes para el área de cocina

Según el Código Eléctrico Nacional vigente, se deben colocar al menos 2 o más circuitos de cocina, ya sea en el desayunador, despensa u otras zonas similares con el fin de suministrar energía eléctrica a electrodomésticos pequeños, en el caso de esta vivienda posee 2 cocinas, una de ellas llevará 3 circuitos de cocina por ser la más grande y es la que llevará más uso, mientras que la segunda área de cocina llevará 2 circuitos de cocina por ser pequeña y de menor uso. La carga que se le debe de emplear a cada circuito de cocina es de 1500 W (ver Artículo 220.52(A) del Código Eléctrico Nacional, 2017). Conociendo la carga que se debe aplicar a cada circuito de cocina independientemente se procede a calcular la corriente de cada circuito aplicando la fórmula 5.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1500 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 12.5 \text{ A}$$

Y también como se trata de un circuito ramal de uso continuo, se debe calcular la corriente con protección al circuito aplicando la fórmula 6.

$$I_p = I \cdot 1.25 = 12.5 \cdot 1.25 = 15.6 \text{ A}$$

Se calcula la corriente con protección y da un valor de 15.6 A, da menor a lo que se exige en el artículo 210.11(C)(1), pues ahí menciona que debe ser de 20 A, por lo cual el circuito quedará bien dimensionado. Por ello, con base en la tabla en el anexo 1, se averigua el calibre del cable el cual da N° 12 AWG THHN.

Conociendo el calibre del cable requerido se puede averiguar la tubería requerida con la tabla del anexo 2 para averiguar el área del cable y multiplicándolo por la cantidad de cables los cuales son 3 en total, fase, neutro y tierra, basándose en la tabla del anexo 3 averiguamos el diámetro del tubo comercial PVC clase A que se requiere el cual da un designador métrico de 16 con el que se puede relacionar con un tubo comercial de 13 mm. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 4. Cuadro resumen de los cálculos del circuito de tomacorrientes de cocina

Carga total	1500 W
Voltaje de operación	120 V
Corriente máxima	12.5 A
Corriente con protección al circuito	15.6 A
Clasificación del circuito	20 A
Conductores a utilizar	3 # 12 AWG
Diámetro de canalización	13 mm

Fuente: Elaboración propia, 2021

Circuito de lavandería

Como se menciona en el capítulo 3 en la sección 3.1.1 de este proyecto, se debe suministrar a la vivienda un circuito aparte para lavandería, puede alimentar a uno o más receptáculos de salida, el circuito debe tener una carga de 1500 W (ver Artículo 220.52(B) del Código Eléctrico Nacional, 2017). Con este dato, se puede averiguar la corriente del circuito aplicando la fórmula 5.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1500 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 12.5 \text{ A}$$

Y también como se trata de un circuito ramal de uso continuo se debe calcular la corriente con protección al circuito aplicando la fórmula 6.

$$I_p = I \cdot 1.25 = 12.5 \cdot 1.25 = 15.6 \text{ A}$$

El cálculo da menor de lo que exige la NFPA-70, el cual menciona que para el circuito de lavandería se debe calcular para 20 A, el cual va a quedar un circuito más dimensionado, basándose en ese dato se elige el calibre del cable con base a la tabla que está en el anexo 1, el cual da que es para un cable N° 12 AWG THHN. Conociendo el calibre del cable requerido se puede averiguar la tubería requerida con la tabla del anexo 2 para averiguar el área del cable y multiplicándolo por la cantidad de cables los cuales son 3 en total, fase, neutro y tierra, basándose en la tabla del anexo 3 averiguamos el diámetro del tubo comercial PVC clase A que se requiere

el cual da un designador métrico de 16 con el que se puede relacionar con un tubo comercial de 13 mm. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 5. Cuadro resumen de los cálculos del circuito de tomacorrientes de lavandería.

Carga total	1500 W
Voltaje de operación	120 V
Corriente máxima	12.5 A
Corriente con protección al circuito	15.6 A
Clasificación del circuito	20 A
Conductores a utilizar	3 # 12 AWG
Diámetro de canalización	13 mm

Fuente: Elaboración propia, 2021

Circuito de cuartos de baños

Como se ha mencionado anteriormente, una vivienda debe poseer un circuito independiente para cuarto de baños, si esta posee un solo baño, se puede hacer la excepción de conectar con el de lavandería, de lo contrario se realiza un circuito independiente el cual debe ser de 1500 W. Con esto, se averigua la corriente del circuito con la fórmula 5.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1500 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 12.5 \text{ A}$$

Y también como se trata de un circuito ramal de uso continuo se debe calcular la corriente con protección al circuito aplicando la fórmula 6.

$$I_p = I \cdot 1.25 = 12.5 \cdot 1.25 = 15.6 \text{ A}$$

El cálculo da menor que lo que exige la NFPA-70, el cual menciona que para el circuito de lavandería se debe calcular para 20 A, el cual va a quedar un circuito más dimensionado, basándose en ese dato se elige el calibre del cable con base a la tabla que está en el anexo 1, el cual da que es para un cable N° 12 AWG THHN. Conociendo el calibre del cable requerido se puede averiguar la tubería requerida con la tabla del anexo 2 para averiguar el área del cable y multiplicándolo por la cantidad de cables los cuales son 3 en total, fase, neutro y tierra, basándose

en la tabla del anexo 3 averigua el diámetro del tubo comercial PVC clase A que se requiere, el cual da un designador métrico de 16 con el que se puede relacionar con un tubo comercial de 13 mm. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 6. Cuadro resumen de los cálculos del circuito de cuartos de baño

Carga total	1500 W
Voltaje de operación	120 V
Corriente máxima	12.5 A
Corriente con protección al circuito	15.6 A
Clasificación del circuito	20 A
Conductores a utilizar	3 # 12 AWG
Diámetro de canalización	13 mm

Fuente: Elaboración propia, 2021

Circuito de cocina

La vivienda de este proyecto va a poseer dos cocinas, las cuales van a tener un circuito ramal independiente, se propone utilizar una potencia nominal de 8000W a un voltaje de operación de 240 V (ver Artículo 210.19(A)(3) del Código Eléctrico Nacional, 2017). No obstante, puede que no se cumpla la carga, puede que el cliente adquiriera una cocina de menor potencia, puede variar entre lo que elija el cliente. Partiendo de una carga de 8000W, se averigua la corriente con la fórmula 5.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{8000 \text{ W}}{240 \text{ V}} = 33.3 \text{ A}$$

Como en este caso se trata de circuitos individuales no se necesita realizar el cálculo de protección al circuito. En el mismo artículo que se menciona anteriormente, se dice que el circuito debe operar a 40 A, por lo que el circuito quedara bien dimensionado, aunque en términos de diseño es preferible que sea a 50A, conociendo el amperaje del circuito se puede conocer el calibre de los cables los cuales da que es N° 8 AWG THHN, pero se recomienda colocar un cable N° 6 AWG THHN, en caso de que el propietario adquiriera una cocina de mayor potencia a la que se menciona en el código y con respecto a la tabla 250.66 del Código Eléctrico

Nacional, la cual está en el anexo 4, se averigua el valor del cable de tierra el cual nos da para un calibre N° 10 AWG THHN.

Teniendo el calibre de los cables se averigua el área que estos poseen con la tabla que está en el anexo 2, teniendo el área se dirige al anexo 3 para saber el tamaño de tubería el cual se indica que da para una tubería comercial PVC clase A de 25 mm en la sección para 2 o más cables, ya que posee 3 cables esos circuitos, como lo son 2 fases y la tierra. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 7. Cuadro resumen de los cálculos de cocina

Carga total	8000 W
Voltaje de operación	240 V
Corriente máxima	33.3 A
Clasificación del circuito	50 A
Conductores a utilizar	2 # 6 AWG y 1 # 10 AWG
Diámetro de canalización	25 mm

Fuente: Elaboración propia, 2021

Circuito de secadora

En este proyecto, la vivienda va a poseer una secadora eléctrica, para esto se debe realizar un circuito independiente, la carga para secadoras de ropa eléctrica en viviendas debe ser de 5000W o la capacidad nominal de la placa, en este caso como no se conoce que secadora va a colocar el propietario se deja a 5000W la carga con un voltaje de operación de 240V, (ver Artículo 220.54 del Código Eléctrico Nacional, 2017). Conociendo la carga, se puede averiguar la corriente del circuito con la fórmula 5.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5000 \text{ W}}{240 \text{ V}} = 20.8 \text{ A}$$

Como en este caso, se trata de circuitos individuales no se necesita realizar el cálculo de protección al circuito, aunque por protección a que es ambigua la secadora que se va a elegir se calcula con un amperaje de 40A, para que el circuito quede bien dimensionado.

Conociendo el amperaje a utilizar en este circuito se puede elegir el calibre de los conductores fase, el cual con base en la tabla del anexo 1 indica que es para un calibre N° 8 AWG THHN y con la tabla del anexo 4 se calcula el calibre del cable tierra el cual da un calibre N° 10 AWG THHN.

Teniendo el calibre de los cables se averigua el área que estos poseen con la tabla que está en el anexo 2, teniendo el área nos dirigimos al anexo 3 para saber el tamaño de tubería el cual se indica que da para una tubería comercial PVC clase A de 19 mm en la sección para 2 o más cables, pues posee 3 cables esos circuitos, como 2 fases y la tierra. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 8. Cuadro resumen de los cálculos del circuito de la secadora

Carga total	5000 W
Voltaje de operación	240 V
Corriente máxima	20.8 A
Clasificación del circuito	40 A
Conductores a utilizar	2 # 8 AWG y 1 # 10 AWG
Diámetro de canalización	19 mm

Fuente: Elaboración propia, 2021

Circuito de calentador de agua

El Código Eléctrico Nacional, ya no menciona en sus textos la termoducha, ahora es únicamente los calentadores de agua, por cuestión de seguridad, las termoduchas son más inestables y más propensas a ocasionar incendios, a los clientes se les explica esto y además se les agrega que los seguros no cubren incendios en hogares con termoduchas. Los calentadores de agua existen 3 tipos, el tanque de acumulación en el cual se llena un tanque de agua y se empieza a calentar el agua, el inconveniente es que si la persona dura mucho le puede tocar agua fría, ya que el tanque requiere de tiempo para calentar el agua, el otro tipo es el tanque de agua de paso, pero su principal problema es que se herrumbra ya que mantiene agua almacenada y el último tipo es el instantáneo, el cual se utiliza más ahora y no tiene ninguno de los problemas de los tanques anteriores, a cómo pasa el agua se va calentando.

Para viviendas como las de este proyecto la potencia más utilizada y la cual hay en el mercado es de 12000W, con un voltaje de operación de 240V, conociendo este dato se puede proceder a encontrar la corriente con la fórmula 5.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{12000 \text{ W}}{240 \text{ V}} = 50 \text{ A}$$

Como en este caso, se trata de circuitos individuales no se necesita realizar el cálculo de protección al circuito, además de ser un equipo fijo se puede dejar el amperaje calculado.

Conociendo el amperaje a utilizar en este circuito se puede elegir el calibre de los conductores fase el cual con base en la tabla del anexo 1 indica que es para un calibre N° 6 AWG THHN y con la tabla del anexo 4, se calcula el calibre del cable tierra el cual da un calibre N° 10 AWG THHN.

Teniendo el calibre de los cables se averigua el área que estos poseen con la tabla que está en el anexo 2, teniendo el área se dirige al anexo 3 para saber el tamaño de tubería el cual se indica que da para una tubería comercial PVC clase A de 25 mm en la sección para 2 o más cables, pues posee tres cables esos circuitos, como lo son dos fases y la tierra. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 9. Cuadro resumen de los cálculos del circuito de calentador de agua

Carga total	12000 W
Voltaje de operación	240 V
Corriente máxima	50 A
Clasificación del circuito	50 A
Conductores a utilizar	2 # 6 AWG y 1 # 10 AWG
Diámetro de canalización	25 mm

Fuente: Elaboración propia, 2021

Circuito de vehículo eléctrico

Actualmente, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos exige que en las viviendas exista un circuito exclusivo para vehículos eléctricos, pensándose a futuro cuando se cambie la flotilla de autos de combustión a eléctricos, cada vez hay más en el país, aunque el propietario de la vivienda nunca llegue a adquirir un vehículo de estos, en la vivienda debe poseer este circuito, lo que comúnmente se hace es dejar la prevista de este circuito, en el mercado estos cargadores normalmente andan en unos 1500W, operando con un voltaje de 240V. En este caso solo se dejará la prevista de la tubería de unos 19mm, no llevará cables, por lo cual no se realizará el cálculo del calibre, además de que no se incluirá el disyuntor termomagnético (ver Artículo 625 del Código Eléctrico Nacional, 2017).

Circuito del tablero TB

Este proyecto incluirá un tablero extra en el cual se le incluirán los circuitos exclusivos de la piscina, pero se le debe sumar la carga de este tablero TB al tablero TA, es decir, al principal de toda la vivienda. Esto se hace por mayor comodidad y cualquier circuito extra se le puede agregar al tablero TB que tendrá más espacio, y conectándolo al tablero TA la ventaja es que desconectando este tablero se desconectara automáticamente el tablero TB, el tablero TB incluye el circuito de tomacorriente, el de iluminación y el de la bomba centrífuga que llenará la piscina, la potencia dada en cada barra es la que se incluye en el tablero TA, con el mismo disyuntor termomagnético, el calibre de los cables y la tubería que se indica en el tablero TB. Los cálculos de cada circuito se realizan igual a como se ha hecho anteriormente, la potencia de la bomba para la piscina es la que normalmente se usa y hay en el mercado.

3.1.2 Cálculo de las cargas para diseño de acometida

Después de haber realizado el cálculo de cargas de cada circuito ramal por individual, se puede proceder a realizar el cálculo de la acometida, en el Código Eléctrico Nacional existen 2 métodos para el cálculo de este y aplicando factores de demanda, pues el cálculo de la acometida es con base a la carga demandada.

Alimentadores de fase y neutro

A continuación, se mostrará una tabla con todos los circuitos individuales y sus cargas, sin realizar algún factor de demanda, ya que se requiere la demanda total de todos los circuitos sumados para calcular la carga demandada.

Tabla 10. Cuadro resumen de las cargas de cada circuito ramal sin aplicar factores

No Circuito	Descripción	Carga (W)
1	Tomacorrientes generales	1500
2	Tomacorrientes generales	1500
3	Tomacorrientes generales	1500
4	Iluminación general	1000
5	Iluminación general	1000
6	Iluminación general	1000
7	Tomacorrientes de cocina	1500
8	Tomacorrientes de cocina	1500
9	Tomacorrientes de cocina	1500
10	Tomacorrientes de cocina	1500
11	Tomacorrientes de cocina	1500
12	Tomacorrientes de baños	1500
13	Tomacorrientes de lavandería	1500
14	Vehículo eléctrico	1500
15	Salida especial de cocina	8000
16	Salida especial de cocina	8000
17	Secadora de ropa	5000
18	Calentador de agua	12000
19	Tablero TB	4400
Total:		56900

Fuente: Elaboración propia, 2021

Teniendo la carga total de la suma de todos los circuitos, se puede calcular la carga demandada, en el Código Eléctrico Nacional existen dos formas de calcular la demanda, en este proyecto se va a aplicar la más sencilla y la más utilizada en diseño de viviendas.

Según en el artículo 220.82(B) menciona que la carga general calculada no debe ser inferior al 100% de los primeros 10 KVA más el 40% del remanente de las siguientes cargas como lo son:

1. 33 volt-amperes/m² o 3 volt-amperes/pie² para iluminación general y receptáculos de uso general. El área del suelo de cada piso se debe calcular a partir de las dimensiones exteriores de la unidad de vivienda. La superficie calculada del suelo no debe incluir los pórticos abiertos, los garajes ni los espacios no utilizados o sin terminar que no sean adaptables para su uso futuro.

2. 1500 volt-amperes por cada circuito ramal de bifilar de 20 A para pequeños electrodomésticos y por cada circuito ramal para lavandería contemplados en las secciones 210.11(C)(1) y (C)(2).

3. El valor nominal de la placa de características de los siguientes elementos:

a. Todos los electrodomésticos que estén fijos en su sitio, conectados permanentemente o localizados para conectarlos a un circuito específico.

b. Estufas, hornos de pared, parrillas de mesón.

c. Secadoras de ropa que no están conectadas al circuito ramal de lavandería que se especifica en el numeral (2).

d. Calentadores de agua.

4. El valor nominal de la placa de características en amperes o KVA de todos los motores conectados permanentemente que no se incluyen en el numeral (3).

A continuación, se mostrará las fórmulas utilizadas:

$$\text{Excedente} = \text{Carga total} - 10000 \quad (7)$$

$$\text{Remanente} = \text{Excedente} \cdot 40\% \quad (8)$$

$$\text{Carga demandada} = \text{Remanente} + 10000 \quad (9)$$

Conociendo las fórmulas a aplicar, se procede a realizar el cálculo:

$$\text{Excedente} = 56900 - 10000$$

$$\text{Excedente} = 46900 \text{ W}$$

$$\text{Remanente} = 46900 \cdot 40\%$$

$$\text{Remanente} = 18760 \text{ W}$$

$$\text{Carga demandada} = 18760 + 10000$$

Carga demandada= 28760 W

La carga demandada da un valor de 28760 W, a partir de este dato se puede encontrar la corriente demandada con la fórmula 5.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{28750 \text{ W}}{240 \text{ V}} = 119.8 \text{ A}$$

Conociendo este dato el cual es muy importante porque a partir de aquí se puede calcular el calibre de los cables, el tamaño de tubería y escoger el interruptor principal.

Basándose en la tabla del anexo 1 se elige el calibre de los conductores tanto para las fases como para el neutro, ya que, al haber elegido este método de cálculo de la carga demandada, el neutro automáticamente pasa a ser del mismo tamaño de las fases. Por lo que los calibres de los conductores basándose a 75 °C, ya que supera los 100 A serian de N° 1/0 AWG THHN.

Cálculo del sistema puesta a tierra

Como se menciona en el marco teórico para el sistema de puesta tierra según la reglamentación vigente se debe garantizar una resistencia no mayor a 25 Ω .

Con base en la tabla del anexo 4, se puede calcular el conductor del electrodo, el cual se selecciona de acuerdo al calibre del conductor más grande de la acometida, siendo el N° 1/0 AWG el más grande y de material de cobre, con este dato el calibre para el conductor del electrodo sería N° 6 AWG THHN.

El electrodo como se menciona en el marco teórico es la que envía las descargas hacia la tierra, a partir del artículo 250 del Código Eléctrico Nacional se menciona todo lo que se debe saber sobre la puesta a tierra, la más utilizada es el electrodo de puesta a tierra, pues posee un núcleo de acero recubierto de cobre, adecuado para el ambiente en el que se expone, ya que debe ser resistente a la corrosión, la distancia mínima como se menciona en el artículo 250.52(5) es de 2.44 metros, pero se elige una distancia comercial de 3 metros con un diámetro de 19 milímetros, normalmente se deben colocar 2 electrodos, una cerca del medidor al frente de la vivienda y la otra cerca de la casa, algunas compañías electrificadoras exigen hasta 3 electrodos de puesta tierra porque ya tienen estudiada la resistividad de la tierra del lugar. En este caso, se colocan 2 electrodos permitidos por la empresa electrificadora de la zona el cual es Coopelesca.

Diámetro de canalización

Se tiene el calibre de los conductores de la acometida y el conductor del electrodo, se puede realizar el cálculo de la tubería basándose en la tabla del anexo 2 para saber el área de cada conductor y así dirigirse a la tabla del anexo 3 para averiguar el diámetro de la tubería en la sección para 2 o más cables ya que son dos fases, un neutro y una tierra y utilizando la tabla para tubería PVC clase A, pues será subterránea, dando como resultado un diámetro de tubería de 38 milímetros.

Capacidad del interruptor principal

Según el artículo 230.79(C), menciona que el interruptor principal no debe ser inferior a 100 A, trifilar debido a que el servicio es monofásico trifilar a 240 V y de dos polos, debido a que la acometida tiene 2 fases, en el caso de este proyecto la vivienda supera los 100 A, siendo exactos aproximadamente 120 A por fase, por lo que se eligió un interruptor principal de 150 A, basándose en un catálogo de Shneider Electric, la cual está en el anexo 5.

Calculo de la caída de tensión de la acometida

En el marco teórico, se especifica lo que es la caída de tensión y cuál es la fórmula que se debe aplicar, en esta sección, se procede a calcular la caída de tensión de la acometida, la cual mide 25 metros.

$$\Delta V = \frac{2 * (0.127 * 3) * 82.021 * 120}{1000} = 7.50$$

$$\Delta V \% = \frac{7.50}{240} * 100 = 3.00\%$$

Caída de tensión de circuitos ramales

La fórmula de la caída de tensión funciona para cualquier circuito tanto acometida como cada circuito ramal, todo depende del calibre de los cables para averiguar su resistividad, la distancia y el voltaje en el que trabaja el circuito. El cálculo se realiza igual que el cálculo de la caída de tensión de la acometida, por eso no se mostrará el cálculo para cada circuito porque se utiliza la misma fórmula y mismo procedimiento.

Factor de demanda

En el marco teórico se explica que es el factor de demanda y de cómo se calcula. A continuación, se mostrará la fórmula a utilizar:

$$\text{Factor de demanda} = \frac{Pd}{Pt} \quad (10)$$

Donde:

Pd= Potencia demandada

Pt= Potencia total

Se procederá a realizar el cálculo con la fórmula anteriormente descrita.

$$\text{Factor de demanda} = \frac{25605}{56900}$$

$$\text{Factor de demanda} = 0.45$$

Se mostrará con una tabla de Excel todos los resultados anteriormente hechos, esta tabla es la que la empresa VoltaG utiliza para los proyectos de vivienda, es una representación de que los cálculos hechos manualmente y aplicando los factores dan muy similar a esta tabla con la que es más rápido trabajar.

Tablero de Distribución Eléctrica Principal											TA		
Posición en Barras	# Circ.	Descripción	Potencia		Voltaje	Interruptor ramal			Calibre de Cables			Conduit mm	▲ V %
			Fase A	Fase B		Polos	Amp.	Tipo	Fase	Neutro	Tierra		
1	1	Tomacorrientes generales 1	1500		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,39%
2	2	Tomacorrientes generales 2		1500	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,82%
3	3	Tomacorrientes generales 3	1500		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,60%
4	4	Iluminación general 1		1000	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,07%
5	5	Iluminación general 2	1000		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,00%
6	6	Iluminación general 3		1000	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,57%
7	7	Tomacorrientes cocina 1	1500		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,85%
8	8	Tomacorrientes cocina 2		1500	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,75%
9	9	Tomacorrientes cocina 3	1500		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,96%
10	10	Tomacorrientes cocina 4		1500	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,26%
11	11	Tomacorrientes cocina 5	1500		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,75%
12	12	Tomacorrientes baños		1500	120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	1,26%
13	13	Tomacorrientes lavandería	1500		120	1	20	AFCI + GFCI	12	12	12	13	0,75%
14	14	Vehículo eléctrico (Prevista)	750	750	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	19	N/A
15,17	15	Salida especial cocina 1	4000	4000	240	2	50	QO	6	6	10	25	0,21%
16,18	16	Salida especial cocina 2	4000	4000	240	2	50	QO	6	6	10	25	0,25%
19,21	17	Secadora de ropa	2500	2500	240	2	40	QO	8	8	10	19	0,12%
20,22	18	Calentador de agua de paso	6000	6000	240	2	50	QO	6	6	10	25	0,20%
23,25	19	Tablero TB	2200	2200	240	2	50	QO	6	6	10	25	0,08%

Potencia por Fase (Watts)	29450	27450		Factor de Potencia:	1
Potencia Total (Watts)	56900			Factor de Demanda:	0,45
				Potencia Demandada (W)	25605
Corriente Nominal (A)	245			Corriente Demandada (A)	110
Corriente Nominal (B)	229			Corriente Demandada (B)	103
Caída de Voltaje estimada:	3,00%	Longitud máxima	25 metros		
Descripción tablero:	30 Espacios, voltaje 120/240, barras principales 200 A, fases 1, tierra y neutros independientes, modelo referencia: QO13040L200G				
Acometida:	Fases	2#1/0	AWG XHHW-2	Interruptor principal:	150 Amp.
	Neutro	1#1/0	AWG XHHW-2		
	Tierra	1#6	AWG XHHW-2		
Conduit:	38 mm Ø	PVC		Interruptor principal incorporado:	- Amp.

Figura 32. Tablero de distribución de la vivienda

Fuente: VoltaG, 2021

Paneles Solares

En este proyecto, se incluirán paneles solares como modo de ahorro en la tarifa eléctrica, se explicará el funcionamiento de estos en vivienda. Los paneles solares producen la energía en corriente directa, esa energía se necesita que sea alterna, pues así opera la vivienda, hay dos posibilidades de convertir esa energía a alterna, una de ellas es mediante un inversor centralizado, esos paneles se conectan a un solo punto común de conexión y van al inversor, el cual es el que la convierte en energía alterna y la otra opción, la cual es la que más se utiliza para residencial son los microinversores, se le coloca un microinversor a cada panel solar, cada uno convierte la energía directa a alterna y luego se manda una conexión eléctrica de cada microinversor a una caja de bracker, entonces en esa caja se conectan todos los microinversores y se colecta la energía alterna que viene de los paneles. Una vez convertida la energía de directa a alterna, esa energía eléctrica se va a un medidor que está al frente de la propiedad llamado medidor de producción de energía el cual va a medir toda la energía que se produjo en los paneles, de ese medidor se conecta al bracker principal de la casa, en la vivienda se verán dos medidores al frente, además del medidor de producción de energía estará el medidor bidireccional, el cual será el medidor de la vivienda, el cual contabiliza la energía que sale como la que entra (ver Artículo 691 del Código Eléctrico Nacional, 2017).

La única forma de calcular la cantidad de paneles que requiere la vivienda es cuando el propietario ya está viviendo en su casa con todos los equipos eléctricos instalados y funcionando, solicite a la compañía electrificadora la cantidad de energía que consume en la vivienda por mes y, a partir de ese dato, se puede saber la cantidad de paneles que se requieren para suministrar energía a la vivienda, cubriendo al menos un 90% de la tarifa eléctrica. Con la carga demandada aproximadamente la vivienda podría consumir unos 500 KWh con una tarifa aproximadamente de 70000 colones mensuales, por lo cual requerirá de unos 12 paneles solares ahorrándose aproximadamente 63000 colones mensuales, basándose en la tabla del anexo 10.

En términos de diseño, se deja la prevista del medidor tanto en planos como en la construcción de la vivienda. Se mostrará cómo debe quedar el diagrama unifilar de la vivienda de este proyecto que va a poseer paneles solares.

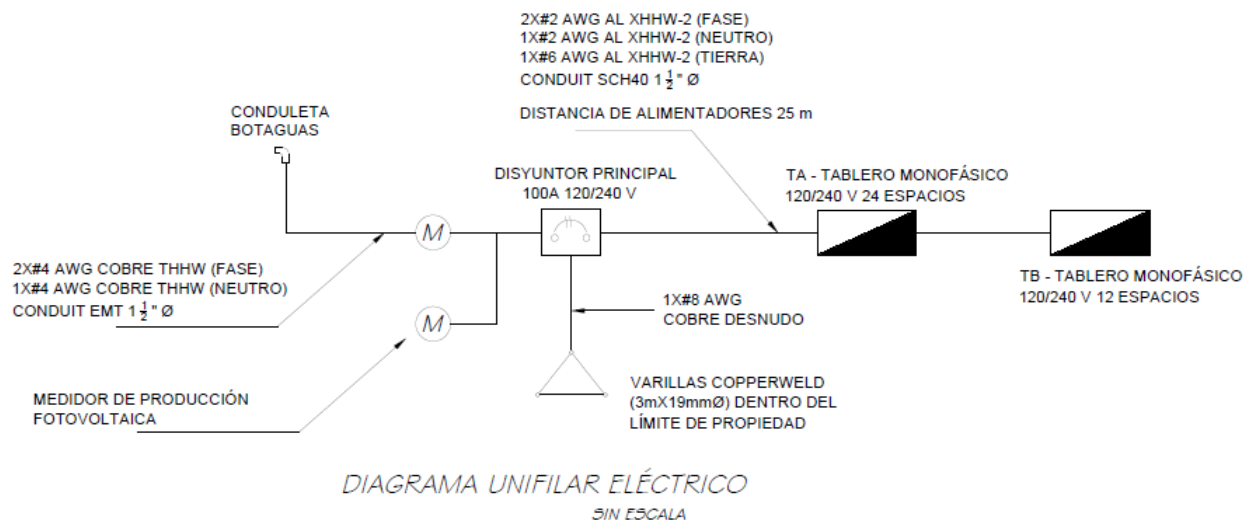


Figura 33. Diagrama unifilar eléctrico de la vivienda

Fuente: VoltaG, 2021

Con respecto al artículo 690 de Código Eléctrico Nacional cabe destacar que es muy importante un buen sistema a tierra para evitar fallas o incendios. El sistema de puesta a tierra debe cumplir ciertos requisitos como los mencionados en el artículo 690.5(A) hasta el (C), los cuales mencionan que debe tener la capacidad de detectar una falla en los componentes y conductores portadores de corriente del arreglo fotovoltaico, debe interrumpir el flujo de corriente de falla, además, de suministrar una indicación de la falla, también debe estar listado para brindar protección contra fallas a tierra fotovoltaicas y debe aparecer una etiqueta de advertencia en el inversor interactivo de la empresa de servicios públicos o debe ser colocada por el instalador cerca del indicador de falla a tierra en una ubicación visible que indique riesgo de choque eléctrico si se indica una falla a tierra. La conexión de puesta a tierra del circuito se debe hacer en cualquier punto (un solo punto) del circuito fotovoltaico de salida. Según el artículo 690.45, se elige el conductor de puesta a tierra con base en la tabla del artículo 250.122 la cual se encuentra en el anexo 9 de este proyecto, además menciona que el conductor no debe ser un calibre menor a 14 AWG.

Basándose en ese dato, de una forma estimada la casa requerirá aproximadamente 12 paneles solares, este dato se obtuvo por los paneles que ofrece la compañía HiPower en Costa Rica, la tabla se encuentra en el anexo 10, cada uno produciendo 345 W, lo cual en total por los

12 paneles produciría 4140 W. De este modo, se puede aplicar la fórmula 5 para conocer la corriente del sistema fotovoltaico.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4140 \text{ W}}{240 \text{ V}} = 17.25 \text{ A}$$

Al obtener la corriente se podrá averiguar con la tabla 250.122 el calibre del conductor a tierra, como la corriente da 17.25 A, se puede redondear al mayor amperaje, el cual sería de 20 A, dando como calibre del cable el cual da N° 12 AWG THHN, respetando también el artículo 690.46, que nos envía al artículo 250.120(C), el cual menciona que un conductor inferior al N° 6 AWG, se debe canalizar para protegerlo de daños físicos, todo los elementos del sistema fotovoltaico se conecta al conductor que va a dar a un solo punto de salida de electrodo, que se debe instalar un sistema de electrodo de puesta a tierra (ver Artículo 690.47(A) del Código Eléctrico Nacional, 2017). También se debe colocar desconectores como se menciona en el artículo 690.35(A), que cumplan con lo indicado en la parte tres del artículo, uno muy importante de estos es que es sistema se debe desconectar al momento de que se va la luz desde la compañía electrificadora, esto con el fin de asegurar la vida de los operadores que estén haciendo reparaciones en el lugar y no energice el cableado y no pueda ocasionar accidentes.

Área de la piscina

Esta área es bastante delicada y para esto existe todo un artículo que habla exclusivamente de piscinas, pero se mencionarán los que se destacan más. Las disposiciones de este artículo se aplican a la construcción e instalación del cableado eléctrico de los equipos y a los equipos que hay dentro o al lado de todas las piscinas deportivas, recreativas, terapéuticas y decorativas; fuentes, bañeras térmicas; jacuzzis y bañeras de hidromasaje; que estén instaladas permanentemente o que se puedan almacenar; así como para el equipo auxiliar metálico como bombas, filtros y similares. El término cuerpo de agua que se usa a lo largo de la Parte I se aplica a todos los cuerpos de agua tratados en este alcance, a menos que se modifique de otra manera (ver Artículo 680.1 del Código Eléctrico Nacional, 2017).

Muy importante es destacar que no se debe permitir que exista algún tipo de cableado subterráneo por debajo de la piscina e incluso tampoco debe haber cableado en un área que se extienda hasta 1.5 metros horizontalmente desde las paredes interiores de la piscina, en caso de que no exista suficiente espacio para cumplir con lo descrito anteriormente se puede permitir que

dicho cableado se instale en un sistema de canalización completa de conduit metálico rígido y deben ser resistentes a la corrosión y adecuada para ese tipo de instalación (ver Artículo 680.10 del Código Eléctrico Nacional, 2017).

Según el artículo 680.21(A)(1), los circuitos ramales que estén asociados para motores de piscina se deben instalar en conduit metálico rígido lo más común en el país sería tubería EMT. A parte también se debe construir una malla común de puesta a tierra con un conductor sólido de cobre aislado desnudo, la cual deberá seguir el contorno de la piscina a no más de 1.5 metros de las paredes internas de la piscina. En ella, se deberán conectar mediante conectores a presión o abrazaderas de cobre las partes indicadas a continuación: todas las partes metálicas de la estructura de la piscina, incluyendo el metal reforzado de la misma brocal y cubierta, todas las envolventes de los porta luminarias, todos los accesorios metálicos que estén dentro o fijados a la estructura de la piscina, las partes metálicas de equipo eléctrico relacionado con la circulación del agua de la piscina, incluyendo motores de la bomba y los tubos metálicos, conduit y todas las partes fijas que estén dentro de una distancia de 1.5 metros de las paredes internas de la piscina.

Como es un área muy húmeda y con riesgo a que les pueda acceder agua a los circuitos todos deben ir con protección GFCI, todos los receptáculos de 15 y 20 amperes, 125 volts, ubicados a una distancia máxima de 6 metros de las paredes interiores de la piscina deben estar protegidos con un interruptor de circuito contra falla a tierra como se menciona en el artículo 680.22(A)(4), también debe haber para el circuito de bombas para piscina sea conexión a un receptáculo o directa como se menciona en el artículo 680.21(5)(C).

También este artículo menciona la ubicación de las luminarias montadas en la pared, este artículo es el 680.23(A)(5) el cual menciona que las luminarias montadas en la pared se deben instalar de tal modo que la parte superior de su lente quede mínimo a 450 mm por debajo del nivel normal del agua de la piscina, a menos que la luminaria esté listada e identificada para uso a menores profundidades, además no se debe permitir la instalación de ninguna luminaria a menos de 100 mm por debajo del nivel normal del agua de la piscina. Estos son puntos muy importantes en esta área.

3.2 Inspecciones de obra

En esta sección, se mostrará las debidas inspecciones en una construcción, estas siendo también supervisadas por el ingeniero a cargo de la obra en la parte eléctrica de la vivienda, identificándose como Juan Diego González Picado (IE-25250) y tomando todas las exigencias del Código Eléctrico Nacional y las exigencias del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

Sección del Medidor

Lo primero al llegar a una obra, es revisar la sección donde se va a ubicar el medidor, revisar que la conexión esta debida demente correcta como lo exige el Código Eléctrico Nacional y ARESEP y que cumpla con los requisitos, verificar que el caja metálica donde se encuentra el equipo sea el adecuado para exteriores, esto lo sabremos ya que en la tapa se indicaría el código 3R, el cual significa que es para exteriores, además de poseer dos tapas que lo cubrirán, después se debe observar la conexión a tierra esté debidamente correcta, que exista el electrodo de puesta a tierra en su lugar y enterrada.

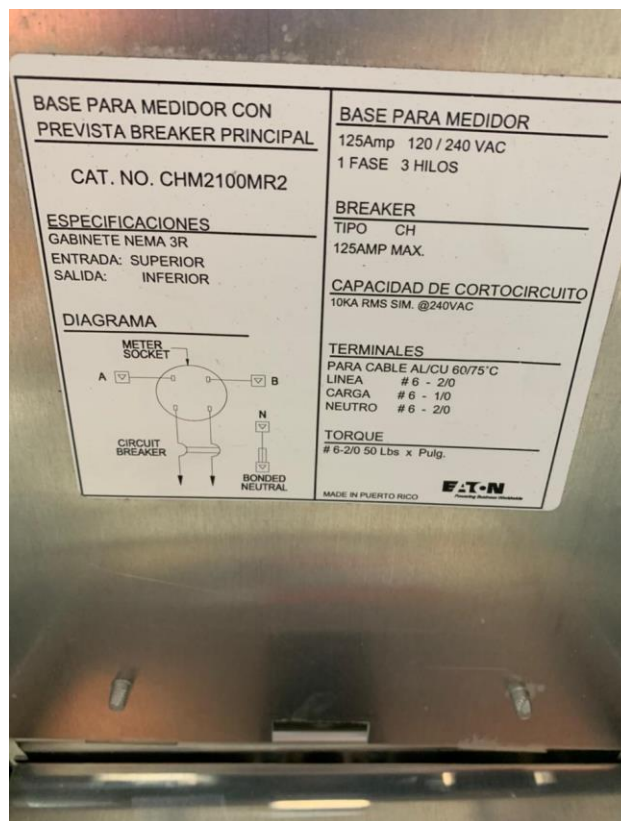


Figura 34. Tapa de la base de un medidor para exterior

Fuente: VoltaG, 2021

Como se muestra en la imagen anterior, es la tapa de una base de medidor para exterior la cual se identifica por tener en las especificaciones NEMA 3R, esta base de medidor debe poseer 2 tapas para la protección interna del interruptor principal y los conductores de los elementos exteriores.



Figura 35. Varilla Copperweld con certificación UL

Fuente: VoltaG, 2021

Como se aprecia en la imagen anterior es un electrodo de puesta a tierra la cual es utilizada para aterrizar todas las descargas a la tierra, se le conecta el conductor de tierra color verde, debe ir bien enterrada, se debe utilizar dos de estas, una cerca del medidor y otra lo más cerca del frente de la vivienda que se conecta al medidor de la vivienda, en ocasiones, se utiliza 3, esto va a depender de la resistividad del suelo y deben estar con la certificación UL.

Tablero de distribución

Lo segundo que se debe realizar en una inspección es ir a revisar el tablero de distribución, pues en este es donde se controla todos los circuitos ramales de la vivienda desde los circuitos 120V hasta los circuitos de 240V, es muy necesario inspeccionar que cada circuito

ramal conectado al disyuntor termo magnético estén funcionando correctamente, al ya estar energizado el tablero de distribución se prueba con un probador de voltaje si a cada circuito le está llegando energía en cada fase, en la siguiente imagen, se muestra que es un probador de voltaje.



Figura 36. Probador de voltaje

Fuente: Amazon, 2021

Este funciona colocando la punta blanca en la fase de cada circuito y este debe ponerse de color rojo y emitir un sonido si está pasando energía por ese circuito, también se debe colocar en el neutro y la tierra para verificar que estos no estén energizados. Otra cosa que se debe de hacer es revisar que todos los conductores estén con el calibre correcto que se diseñó y con la certificación UL, también se debe verificar que los conductores estén bien aferrados de los disyuntor termomagnéticos y que, a su vez, no exista más de un conductor en el mismo receptor del disyuntor termomagnético, barra de neutros o de la barra de tierras.



Figura 37. Incorrecta instalación de conductores

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen anterior, se aprecia como instalaron dos conductores en el mismo receptor del disyuntor termomagnético, es algo que no está permitido, solo debe ir un conductor, el técnico deberá buscar cómo realizar un empalme para que sea un solo circuito, además de utilizar los colores incorrectos en la construcción.

Después de haber corroborado que todos los conductores del tablero están bien, se puede proceder a revisar que los disyuntores termomagnéticos del tablero estén funcionando correctamente, para el caso de los disyuntores de 120V, deben traer un tester de seguridad en la parte frontal, en la siguiente imagen se observa el tester de seguridad.



Figura 38. Tester de seguridad

Fuente: Catalogo de EATON, 2015

Al oprimir el botón blanco el disyuntor termomagnético automáticamente se debe de desconectar y no dejar de pasar energía al circuito, si este no funciona se debe de cambiar por otro que si funcione y funciona como método de seguridad, pues al oprimir el botón, se aparecerá una barra roja en la ventana que tiene arriba dando a entender que alguien lo oprimió y está trabajando con ese circuito, si se dispara el disyuntor y no aparece la barra roja es porque se sobre calentó el circuito y se disparó automáticamente.

Después de haber revisado que todos los elementos del tablero estén de la forma correcta de construcción, se puede proceder a revisar cada circuito ramal en sus salidas. La siguiente imagen muestra un tablero ideal.

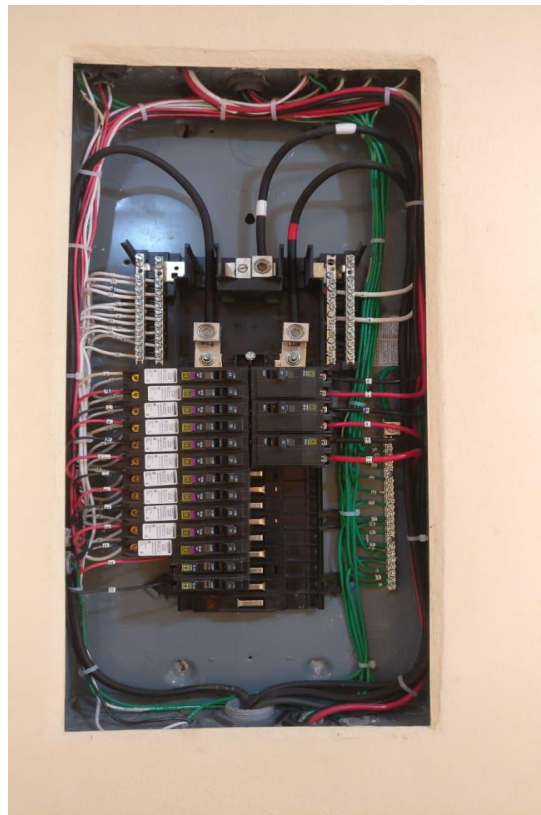


Figura 39. Tablero de distribución

Fuente: VoltaG, 2021

La imagen anterior muestra una excelente construcción del tablero de distribución, con los colores correctos y bastante ordenado.

Circuito de iluminación.

Cuando se habla de revisar el circuito de iluminación, se procede a realizar la inspección de varios puntos, hay que subirse al cielo raso para revisar que los empalmes de la conexión sean los adecuados y no sean empalmados por cinta u otros elementos no permitidos y que la tubería este en buen estado y no haya sido forzada a doblarse, después se procede a revisar los apagadores, observando si la caja metálica en la que se encuentra contenga un tornillo en el cual se debe conectar el cable de tierra para que el circuito quede aterrizado y, además, verificar si se respetaron los colores de los conductores la tierra siempre debe ser verde y el neutro blanco, son conductores que nunca se deben cambiar de color, con respecto a la fase y el retorno se prefiere que la fase siempre sea roja y el retorno azul, muchas veces no se cumple esto y puede que la fase la utilicen de color negro, pero no hay problema con eso siempre y cuando se pueda diferenciar de los demás y que nunca se utilice blanco o verde para estos conductores. Después de revisar que la conexión este correcta se procede a revisar que los bombillos enciendan adecuadamente.



Figura 40. Correcta instalación de luminarias y sus colillas

Fuente: VoltaG, 2021



Figura 41. Correcta manipulación de la tubería

Fuente: VoltaG, 2021

En las imágenes anteriores, se compara como debería de ser idealmente construido la parte de iluminación y manipulación de la tubería.



Figura 42. Conexión en cajas octogonales

Fuente: VoltaG, 2021

Se muestra en la imagen anterior la debida conexión de iluminación en cajas octogonales, las cuales deben ser metálicas con un tornillo para aterrizar la caja a tierra.



Figura 43. Caja octogonal

Fuente: VoltaG, 2021

Como se aprecia en la imagen anterior, esas son las cajas octogonales que se deben emplear en construcción, posee el tornillo para aterrizar la caja a tierra.

Circuito de tomacorrientes

La inspección para todos los tomacorrientes es la misma, ya sea tomacorrientes generales, cocina, lavandería, baños o exteriores, todos deben cumplir el mismo reglamento, hay que verificar que estén a la altura adecuada de diseño y en las respectivas ubicaciones y verificar por medio de un probador de receptáculos si los conductores están bien conectados al receptáculo y no estén los conductores invertidos o abiertos. La siguiente imagen muestra un probador de receptáculos.



Figura 44. Probador de receptáculos

Fuente: Amazon, 2021

Después de utilizar este probador, se puede proceder a abrir los receptáculos para verificar que la caja que contiene esta salida contenga un tornillo en el cual debe ir conectado el conductor de tierra para que la caja quede aterrizada y que se haya respetado el color de los conductores. Cabe destacar que los tomacorrientes exteriores, incluyendo piscinas deben tener unas tapas para protección de polvo y agua.



Figura 45. Receptáculos para exteriores

Fuente: Eagle Electric, 2019

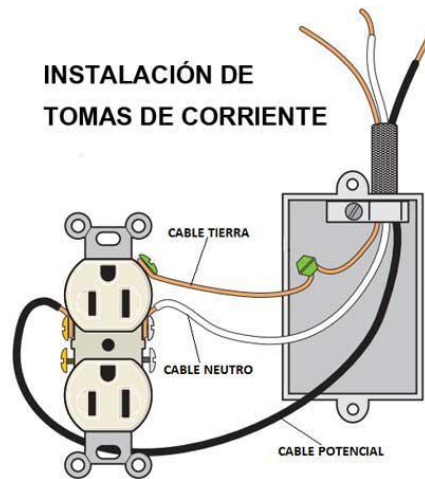


Figura 46. Correcta instalación de receptáculos

Fuente: webmasinteresante, 2021

En la imagen anterior, se muestra la correcta instalación de tomacorrientes, por eso es necesario que las cajas sean metálicas, pues son las únicas que traen el tornillo para aterrizar a tierra.



Figura 47. Mala instalación de receptáculos

Fuente: VoltaG, 2021

Como se aprecia en la imagen anterior, olvidaron aterrizar la caja, colocándole un conductor de tierra, únicamente se aterrizó el tomacorriente.

Salidas especiales de cocina y secadora

Para las salidas especiales de cocina y secadora, el proceso es muy similar y sencillo, únicamente de abrir la tapa que protege la salida y revisar que contenga los conductores requeridos, como lo es las dos fases y la tierra, también que tengan sus colores respectivos cada conductor, se recomienda dejar de prevista un conductor neutro, ya que se está dando que existen salidas que requieren de ese conductor, entonces a futuro si el propietario de la vivienda desea actualizar la salida lo puede hacer sin problema, después con un probador de voltaje verificar que esté pasando energía por las fases y probar que no esté energizado el neutro y la tierra.



Figura 48. Instalación de receptáculos especial 240V

Fuente: VoltaG, 2021

En la imagen anterior, se aprecia a instalación de un tomacorriente especial de 240 V, muy utilizado en viviendas para alimentar secadoras o cocinas, está debidamente aterrizado.

Calentador de agua

Con el calentador de agua, el proceso es igual de sencillo, simplemente se destapa y se revisa que contenga los conductores requeridos como lo es las 2 fases y la tierra, se puede dejar de prevista un neutro en caso de que futuros equipos lo exijan, también se debe observar si los conductores respetan los colores designados, es decir que la tierra sea verde, el neutro de color blanco y las fases preferiblemente de color rojo, después con el probador de voltaje observar si las fases están energizadas y que los demás conductores como la tierra y el neutro no lo estén.

Conductores

Algo muy importante que se debe realizar es la inspección de los conductores que se van a emplear en la construcción de la vivienda, pues estos deben ser de alta calidad ya que son los que conducirán toda la corriente a las salidas de receptáculos o iluminación, se debe revisar que los calibres sean los correspondientes a cada circuito, además de eso se debe revisar que vengan certificados por UL y que contengan un código, el cual se puede ingresar a la página de UL y revisar que es lo que certifica.



Figura 49. Conductor fase certificado

Fuente: VoltaG, 2021

Como se expone en la imagen anterior, se muestra un conductor color rojo, el cual es empleado para la fase o fases de un circuito, se puede apreciar que está certificado por UL y seguidamente tiene un código.



Figura 50. Conductor neutro certificado

Fuente: VoltaG, 2021

Como se muestra en la imagen anterior, se muestra un conductor color blanco, el cual es empleado para el neutro de un circuito, se puede apreciar que está certificado por UL y seguidamente tiene un código.



Figura 51. Conductor tierra certificado

Fuente: VoltaG, 2021

Como se muestra en la imagen anterior, hay un conductor color verde, el cual es empleado para la tierra de un circuito, se puede apreciar que está certificado por UL y seguidamente tiene un código.



Figura 52. Conductor de retorno certificado

Fuente: VoltaG, 2021

Como se muestra en la imagen anterior, se muestra un conductor color azul, el cual es empleado para el retorno de un apagador, se puede apreciar que está certificado por UL y seguidamente tiene un código.

Tubería

Se debe también inspeccionar la tubería con la que se va a trabajar, ya que debe ser tipo A si es PVC y certificada UL.



Figura 53. Tubería PVC clase A, certificada

Fuente: VoltaG, 2021

Como se aprecia en la imagen anterior, se observa como la tubería viene con el certificado UL y con un código con el cual se puede investigar qué es lo que certifica, además indica que es tipo A.

3.3 Presupuesto de la parte eléctrica de la vivienda

Se incluye el presupuesto de la parte eléctrica de la vivienda de este proyecto, incluyendo todos los materiales que va a necesitar para completar su construcción, incluyendo la mano de obra de la parte técnica y de ingeniería, se le agrega una sección de imprevistos, pues puede suceder cualquier inconveniente y se necesite más material del solicitado. En el anexo 6 y continuación en el anexo 7, se muestra una factura proforma del presupuesto de materiales solicitados con las marcas y las cantidades. Cabe aclarar que todos los equipos solicitados están etiquetados y permitidos en el país de forma legal con su respectivo sello de certificación uno de los muchos que existe que es el UL. Los equipos listados o etiquetados se deben instalar y usar de acuerdo con las instrucciones incluidas en el listado o etiquetado (ver Artículo 110.3(B) del Código Eléctrico Nacional, 2017).

Tabla 11. Tabla de presupuesto

Nombre	Cantidad	Precio (colones)
Luces colgantes	5 unidades	242,670
Spot LED	24 unidades	92,463
Luces para escaleras	4 unidades	51,335
Plafón	20 unidades	11,984
Luces de exterior	10 unidades	65,270
Luces sumergibles	6 unidades	30,580
Apagador sencillo	19 unidades	16,565
Apagador doble	3 unidades	4,380
Apagador triple	5 unidades	10,119
Tomacorrientes	65 unidades	35,507
Cajas para tomacorrientes	65 unidades	40,682
Cajas Octogonales	180 unidades	132,438
Curvas PVC 13mm	90 unidades	48,478
Curvas PVC 19mm	8 unidades	5,348
Curvas PVC 25mm	32 unidades	26,000
Conectores PVC 13mm	558 unidades	86,774
Conectores PVC 19mm	6 unidades	1,202
Conectores PVC 25mm	24 unidades	12,961
Conectores EMT 13mm	4 unidades	1,095
Gazas 13 mm	200 unidades	15,928
Uniones 13 mm	300 unidades	1,090
Uniones 19 mm	20 unidades	5900
Uniones 25 mm	30 unidades	13,800
Tubería PVC 13mm	786 metros	330,680
Tubería PVC 19mm	44 metros	25,064
Tubería PVC 25mm	67 metros	84,995
Tubería EMT 13mm	4 metros	2,342

Conductor rojo #12	786 metros	216,923
Conductor rojo #8	24 metros	22,632
Conductor rojo #6	67 metros	113,359
Conductor blanco #12	786 metros	216,923
Conductor blanco #8	24 metros	26,678
Conductor blanco #6	67 metros	22,632
Conductor verde #12	786 metros	216,923
Conductor verde #10	877 metros	26,670
Conductor verde #6	25 metros	30,000
Conductor azul #12	140 metros	43,416
Conductor #1/0	75 metros	59,802
Tablero 30 espacios	1 unidad	127,272
Tablero 12 espacios	1 unidad	57,881
Interruptor principal 150 A	1 unidad	73,068
Electrodo de puesta a tierra	2 unidades	12,678
Disyuntor 20A un polo	15 unidades	367,394
Disyuntor 30A dos polos	1 unidad	23,286
Disyuntor 40A dos polos	1 unidad	13,250
Disyuntor 50A dos polos	4 unidades	43,017
Calentador de agua	1 unidad	165,230
Motor 2 HP	1 unidad	216,770
Conector derivador	2 paquetes	46,018
Conector resorte	2 paquetes	21,238
Base de medidor	1 unidad	51,721
Mano de obra	-	2,000,000
Imprevistos	10%	672,783
TOTAL		7,400,615

Fuente: Elaboración propia, 2021

Conclusiones

1. Se determinó la ubicación de todos los elementos eléctricos de la vivienda solicitados por el cliente a través de la entrevista, concluyendo con la confección final de los planos eléctricos.
2. Conociendo todos los elementos eléctricos y las cantidades de estos se logró concluir con el diseño de la memoria de cálculo, llegando a definir los calibres de conductores y tamaños de tubería, además de poder cotizar los materiales para saber el presupuesto total de la vivienda.
3. Con las tablas de paneles solares y consumo que brindó la empresa HiPower, se determinó aproximadamente cuantos paneles necesita la vivienda, pudiendo ahorrar un 90% de la tarifa eléctrica.

Recomendaciones

- Se recomienda seguir con investigaciones de paneles solares para mejorar su rendimiento y abaratar sus costos para que pueda ser más accesible a los hogares y no sea algo tan exclusivo en empresas, ya que estos son beneficiosos al ambiente.
- Es importante agregar de prevista un conductor neutro en los receptáculos de 240 V, ya que en otros países se están usando ese tipo de receptáculos que emplean el neutro, podría ser que en cualquier momento empiecen a llegar de esos al país y en caso de que los habitantes de la vivienda se quieran actualizar ya tengan la prevista lista.
- Es preferible utilizar cajas metálicas ya sea para apagadores, cajas octogonales o receptáculos que posean un tornillo para conectar un conductor a tierra y la caja pueda quedar aterrizada, pues las versiones plásticas, muchas veces no vienen certificadas y no poseen este tornillo.

Bibliografía

NFPA 70, Código Eléctrico Nacional. (2017). *National Fire Protection Association*.

Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). (2002). *Norma técnica de Instalación y Equipamiento de Acometidas Eléctricas AR-NTACO*. San José, Costa Rica.

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA). (2020). *Reglamento para el trámite de planos y la conexión de los servicios eléctricos, telecomunicaciones y de otros en edificios*. San José, Costa Rica.

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA). (2013). *Reglamento para la Contratación de Servicios de Consultoría en Ingeniería y Arquitectura*. San José, Costa Rica.

Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica (MEIC). (2013). *RTCR 458:2011 Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad*. San José, Costa Rica.

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (Sin año). *Figuras ilustrativas para la instalación de un servicio eléctrico residencial y comercial*. Recuperado el: 15 de junio de 2021 de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/351f7687-6980-4942-ac1b-b699c01f5f55/Residencial_2020.pdf?MOD=AJPERES&CVID=n9.IhKT&CVID=IK1Y6Lp

Varela, I (20 de Abril de 2017). *Calculadora estima costo para instalar paneles solares en hogares y oficinas*. Recuperado el: 20 de junio de 2021 de: <https://www.nacion.com/ciencia/medio-ambiente/calculadora-estima-costo-para-instalar-paneles-solares-en-hogares-y-oficinas/RWOSI25ZE5HQJLJAXVBAE6HL7A/story/>

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2000). *Niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo*. San José, Costa Rica.

DURMAN. (2017). *Cátalogo Conduit*. Recuperado el: 15 de julio de 2021 de: <https://www.durman.com/catalogos/costarica/conduit.pdf>

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA). (2016). *Informe de evaluación de conformidad de diseño eléctrico residencial*. San José, Costa Rica.

EATON. (2017). *Catálogo Residencial*. Recuperado el: 15 de julio de 2021 de: <https://comunidadeaton.com/producto/catalogo-residencial-2017/>

EATON. (2015). *Centro de Carga*. Recuperado el: 16 de julio de 2021 de: <http://www.eaton.cr/EatonCAC/ProductosySoluciones/Energia/ProductosyServicios/Residencial/CentrosdeCarga/index.htm>

Schneider Electric. (2015). *Catálogo de Lista General de Precios Costa Rica*.

EAGLE. (2019). *Placa doble para interperie*. Recuperado el: 16 de julio de 2021 de: <https://eagle.cr/producto/placa-doble-para-intemperie-plastica/>

Electricaplicada. (2021). *Que es el factor de potencia y cuáles son los valores más comunes*. Recuperado el: 16 de julio de 2021 de: <https://www.electricaplicada.com/que-es-el-factor-de-potencia/>

General Cable. (2018). *Catálogo de fichas técnicas*. Recuperado el: 17 de julio de 2021 de: https://issuu.com/electricoferretero/docs/gc_cat.fichastecnicas_v10-2017

GoSolar. (Sin fecha). *Domicilio rural o urbano residencial*. Recuperado el: 18 de julio de 2021 de: <https://www.gosolar.co.cr/casos/caso-residencial/>

Energías renovables para todos. (Sin año). *Solar Fotovoltaica*. Recuperado el: 18 de julio de 2021 de: http://www.instalacionesindustriales.es/documentos/divrenovables/cuaderno_FOTOVOLTAICA.pdf

Proeléctrica de Centro América (2019). *Sistema de puesta a tierra*. Recuperado el: 20 de junio de 2021 de: <http://www.proelectrica.net/blog/sistema-de-puesta-a-tierra.html>

J. Gonzalez (comunicación electrónica, Julio 17,2021)

Retana, B. (2019). *Apuntes del curso de Diseño Eléctrico*. Escuela de Ingeniería Electromecánica, Universidad Fidélitas.

Glosario

NFPA-70

Es la abreviación de “National Fire Protection Association” el 70 se refiere a la norma que se está utilizando el cual es para el diseño eléctrico de viviendas, comercios e industrial, este código es de alcance internacional.

UL

Es la abreviación de “Underwriters Laboratories” es una empresa internacional de consultoría y certificación brindado seguridad en muchas tecnologías brindando normas, en el apartado eléctrico certifica todos los materiales eléctricos que se deben emplear y poseen un código cada elemento el cual se puede buscar para saber con más detalle de que trata la seguridad que brinda en ese producto.

GFCI

Es la abreviación de “Ground Fault Circuit Interrupter”, ya sea un tomacorriente o interruptor el que posea esta característica quiere decir que el dispositivo protege a las personas de descargas eléctricas que se pueden presentar por el uso de aparatos eléctricos.

AFCI

Es la abreviación de “Arc Fault Circuit Interrupter”, ya sea un tomacorriente o interruptor el que posea esta característica quiere decir que el dispositivo protegerá el circuito de arcos eléctricos potencialmente peligrosos.

Arco Eléctrico

Es una mala maniobra que se ocasiona en los equipos al contactarse dos líneas vivas y forman un flashhover de corriente eléctrica en el aire.

Cedula en tuberías

Cuando se refiere a la cedula en una tubería o Schedule en inglés, es el término que representa el diámetro interno de una tubería, entre más grande el número más ancho será la pared interna del tubo, la más común es cedula 40.

Sistema SI

Es para referirse al sistema internacional de medidas.

Sobrecorriente

Es el término que se le da a un circuito eléctrico cuando sobre pasa la corriente de carga normal.

NEMA 3R

Es la abreviación de “National Electrical Manufactures Association”, es una empresa internacional que brinda una serie de estándares técnicos, el 3R es como el código de lo que cubre como lo son: instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve, además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario.

Anexos

Tabla 310.15(B)(16) (antes Tabla 310.16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y 60°C a 90°C (140°F a 194°F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30°C (86°F)*.

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre AWG o kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18**	—	—	14	—	—	—	—
16**	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000

Anexo 1. Tabla para elegir calibre de conductores

Fuente: Código Eléctrico Nacional, 2017

Tabla 5 Dimensiones de conductores aislados y de cables de artefactos

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm ²	pulg. ²	mm	pulg.
Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RFHH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TE, TFE, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF					
RFH-2, FFH-2, RFHH-2	18	9.355	0.0145	3.454	0.136
	16	11.10	0.0172	3.759	0.148
RHH, RHW, RHW-2	14	18.90	0.0293	4.902	0.193
	12	22.77	0.0353	5.385	0.212
	10	28.19	0.0437	5.994	0.236
	8	53.87	0.0835	8.280	0.326
	6	67.16	0.1041	9.246	0.364
	4	86.00	0.1333	10.46	0.412
	3	98.13	0.1521	11.18	0.440
	2	112.9	0.1750	11.99	0.472
	1	171.6	0.2660	14.78	0.582
	1/0	196.1	0.3039	15.80	0.622
	2/0	226.1	0.3505	16.97	0.668
	3/0	262.7	0.4072	18.29	0.720
	4/0	306.7	0.4754	19.76	0.778
	250	405.9	0.6291	22.73	0.895
	300	457.3	0.7088	24.13	0.950
	350	507.7	0.7870	25.43	1.001
	400	556.5	0.8626	26.62	1.048
	500	650.5	1.0082	28.78	1.133
	600	782.9	1.2135	31.57	1.243
	700	874.9	1.3561	33.38	1.314
	750	920.8	1.4272	34.24	1.348
	800	965.0	1.4957	35.05	1.380
	900	1057	1.6377	36.68	1.444
	1000	1143	1.7719	38.15	1.502
	1250	1515	2.3479	43.92	1.729
	1500	1738	2.6938	47.04	1.852
	1750	1959	3.0357	49.94	1.966
	2000	2175	3.3719	52.63	2.072

(Continúa)

Anexo 2. Tabla para ver el área de los conductores

Fuente: Código Eléctrico Nacional, 2017

Artículo 352 — Conduit de PVC rígido, de Tipo A (PVC)

Designador métrico	Tamaño comercial	Más de 2 cables				1 cable 53%				Diámetro interno nominal		Área total 100%	
		40%		60%				2 cables 31%					
		mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm	pulg.	mm ²	pulg. ²
16	½	100	0.154	149	0.231	132	0.204	77	0.119	17.8	0.700	249	0.385
21	¾	168	0.260	251	0.390	222	0.345	130	0.202	23.1	0.910	419	0.650
27	1	279	0.434	418	0.651	370	0.575	216	0.336	29.8	1.175	697	1.084
35	1¼	456	0.707	684	1.060	604	0.937	353	0.548	38.1	1.500	1140	1.767
41	1½	600	0.929	900	1.394	795	1.231	465	0.720	43.7	1.720	1500	2.324
53	2	940	1.459	1410	2.188	1245	1.933	728	1.131	54.7	2.155	2350	3.647
63	2½	1406	2.181	2109	3.272	1863	2.890	1090	1.690	66.9	2.635	3515	5.453
78	3	2112	3.278	3169	4.916	2799	4.343	1637	2.540	82.0	3.230	5281	8.194
91	3½	2758	4.278	4137	6.416	3655	5.668	2138	3.315	93.7	3.690	6896	10.694
103	4	3543	5.489	5315	8.234	4695	7.273	2746	4.254	106.2	4.180	8858	13.723
129	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
155	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Anexo 3. Tabla para elegir el diámetro de tubería adecuado

Fuente: Código Eléctrico Nacional, 2017

Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida o área equivalente para conductores en paralelo ^a (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre ^b
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 o 1/0	2/0 o 3/0	6	4
2/0 o 3/0	4/0 o 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1100	Más de 900 hasta 1750	2/0	4/0
Más de 1100	Más de 1750	3/0	250

Anexo 4. Tabla para elegir el calibre de conductor del electrodo

Fuente: Código Eléctrico Nacional, 2017

Catálogo	Amperios	Tomar en cuenta en tamaño de las barras
QOM70VH	70A	Para centros de carga tipo QO con barras 125 A
QOM80VH	80A	Para centros de carga tipo QO con barras 125 A
QOM90VH	90A	Para centros de carga tipo QO con barras 125 A
QOM100VH	100A	Para centros de carga tipo QO con barras 125 A
QOM110VH	110A	Para centros de carga tipo QO con barras 125 A
QOM125VH	125A	Para centros de carga tipo QO con barras 125 A
QOM2100VH	100A	Para centros de carga tipo QO con barras 150 A a 225 A
QOM2125VH	125A	Para centros de carga tipo QO con barras 150 A a 225 A
QOM2150VH	150A	Para centros de carga tipo QO con barras 150 A a 225 A
QOM2175VH	175A	Para centros de carga tipo QO con barras 150 A a 225 A
QOM2200VH	200A	Para centros de carga tipo QO con barras 150 A a 225 A
QOM2225VH	225A	Para centros de carga tipo QO con barras 150 A a 225 A

Anexo 5. Tabla para elegir el interruptor principal

Fuente: Catalogo Shneider Electric, 2015

0018 ALMACENES EL COLONO S.A (SAN CARLOS)

3-101-082969

Telef.: 2461-1110 Fax:

300 MTS EST PARQUE CIUDAD QUESADA CALLE SAN MARTIN

COTIZA Y COMPRA POR MEDIO DE FACEBOOK O INSTAGRAM COMO COLONO CONSTRUCCIÓN O AL WHATSAPP 60557181

FACTURA PROFORMA

Cliente : 999999 JOTZAM SOLIS

Cuenta : 999 CLIENTE DE CONTADO(9999)

Vend. : 0107 IVAN HIDALGO RODRIGUEZ

Dir. : DIRECCION

Número : 2155844

Plazo : 1 días

Fecha : 31/07/2021

Cantidad	Codigo	Nombre	Presentacion	Precio Unitario	Precio Linea
20.000	7094474	EAG PLAFON LIVIANO S/CADENA BLANCO 1175W	UND	599.23	11,984.60 *
24.000	7972015	PANEL LED 9" 18W 6000K REDONDON BLANCO 31754-1 BS	UND	3,852.64	92,463.36 *
4.000	7914199	LMC LAMP PAR 80W E27 CHOCO 7894-9	UND	12,833.85	51,335.40 *
1.000	7915775	LMC LAMP COLG 4L E28 40W NEGR 22130-2	UND	74,719.39	74,719.39 *
1.000	7914272	LMC LAMP COLG 40W E27 05194-3	UND	33,277.05	33,277.05 *
2.000	7914488	LMC LAMP TECHO NIQ 03584-4	UND	39,026.55	78,053.10 *
1.000	7914466	LMC LAMP TECHO NIQ 03358-4	UND	56,621.20	56,621.20 *
10.000	7914208	LMC FAROL PARED 100W NEGRO 2020-2	UND	6,527.00	65,270.00 *
52.000	7013808	EAG TOMA TR POLAR EMPOT ULTR270V	UND	682.83	35,507.16 *
52.000	7007426	EAG PLACA MET RECTAN P/TOMA 50AMP 39CH	UND	782.35	40,882.20 *
262.000	7013393	TUBO CONDUIT 12MM 1/2" TIPO A UL	UND	1,262.14	330,680.68 *
14.000	2019563	TUBO CONDUIT 18MM 3/4" TIPO A UL	UND	1,790.35	25,064.90 *
22.000	2019564	TUBO CONDUIT 25MM 1" TIPO A UL	UND	3,883.45	84,995.90 *
1.000	2018004	TUBO EMT RYMCO 12MM 1/2" 3MTS UL	UND	2,342.19	2,342.19 *
86.000	7034046	COND CABLE THHN #12 ROJO (METRO)	METRO	310.11	26,869.46 *
7.000	7015432	COND CABLE THHN #12 ROJO (CAJA 100)	CAJA 100MTS	30,989.05	216,923.35 *
24.000	7034064	COND CABLE THHN #8 ROJO (METRO)	METRO	943.02	22,632.48 *
67.000	7034058	COND CABLE THHN #6 ROJO (METRO)	METRO	1,691.93	113,359.31 *
7.000	7015430	COND CABLE THHN #12 BLANCO (CAJA 100)	CAJA 100MTS	30,989.05	216,923.35 *
86.000	7034044	COND CABLE THHN #12 BLANCO (METRO)	METRO	310.22	26,878.92 *
24.000	7034062	COND CABLE THHN #8 BLANCO (METRO)	METRO	943.02	22,632.48 *
67.000	7034056	COND CABLE THHN #6 BLANCO (METRO)	METRO	1,655.38	110,910.46 *
75.000	7018549	COND CABLE ALUM XHHW-2 #1/0 (METRO)	METRO	797.36	59,802.00 *
7.000	7015431	COND CABLE THHN #12 VERDE (CAJA 100)	CAJA 100MTS	30,989.05	216,923.35 *
86.000	7034047	COND CABLE THHN #12 VERDE (METRO)	METRO	310.12	26,870.32 *
876.000	7034041	COND CABLE THHN #10 VERDE (METRO)	METRO	602.25	527,571.00 *
1.000	7860104	CH CENT CARG 32 1F #CHP32L225X5PF EMP	UND	127,272.99	127,272.99 *
1.000	7022702	SD BREAK PRINC 2X150 #QOM2150VH	UND	73,068.07	73,068.07 *
2.000	7007311	VARILLA COPPERWELD 1/2 C/GAZA 2.40MTS NAC	UND	6,339.08	12,678.16 *
1.000	7860108	CH CENT CARG+BREAK 100A 14ESP 1F #CHP14B100X1PF	COMBO	57,881.78	57,881.78 *
140.000	7034043	COND CABLE THHN #12 AZUL (METRO)	METRO	310.12	43,416.80 *
19.000	7010284	EAG PL APAGADOR SENCILLO BLANCO 1000W	UND	871.87	16,565.53 *
3.000	7010283	EAG PL APAG DOB BLAN 1004W	UND	1,460.16	4,380.48 *

Anexo 6. Factura proforma

Fuente: Colono, 2021

0018 ALMACENES EL COLONO S.A (SAN CARLOS)

3-101-082969

Telef.: 2461-1110 Fax:

300 MTS EST PARQUE CIUDAD QUESADA CALLE SAN MARTIN

COTIZA Y COMPRA POR MEDIO DE FACEBOOK O INSTAGRAM COMO COLONO CONSTRUCCIÓN O AL WHATSAPP 60557181

FACTURA PROFORMA

Cliente : 999999 JOTZAM SOLIS

Cuenta : 999 CLIENTE DE CONTADO(9999)

Vend. : 0107 IVAN HIDALGO RODRIGUEZ

Dir. : DIRECCION

Número : 2155844

Plazo : 1 días

Fecha : 31/07/2021

Cantidad	Codigo	Nombre	Presentacion	Precio Unitario	Precio Linea
5.000	7015393	EAG PL APAG TRIPLE BLAN 1005W	UND	2,023.97	10,119.85 *
90.000	7013401	CURVA 90° CONDUIT 12MM (1/2") TIPO A UL	UND	538.65	48,478.50 *
8.000	7013402	CURVA 90° CONDUIT 18MM (3/4") TIPO A UL	UND	668.60	5,348.80 *
32.000	7013403	CURVA 90° CONDUIT 25MM (1") TIPO A UL	UND	812.58	26,002.56 *
568.000	7013397	CONECTOR CONDUIT 12MM 1/2" TIPO A UL	UND	155.51	88,774.58 *
6.000	7013398	CONECTOR CONDUIT 18MM 3/4" TIPO A UL	UND	200.38	1,202.28 *
24.000	7013399	CONECTOR CONDUIT 25MM 1" TIPO A UL	UND	540.08	12,961.92 *
4.000	7006118	UNION EMT PRESION 12MM 1/2" UL	UND	272.62	1,090.48 *
4.000	7035837	CONECTOR EMT PRESION 12MM 1/2" UL	UND	273.75	1,095.00 *
400.000	7013462	GAZA EMT 12MM 1/2" 1 OREJA UL	UND	39.82	15,928.00 *
180.000	7206899	CAJA EMT OCTAGONAL COMBINADA 1/2-3/4 UL	UND	735.77	132,438.60 *
1.000	7043052	CH BREAK GFCI 1X30A #CHFN130GF	UND	23,286.52	23,286.52 *
15.000	7043102	CH BREAK GFCI 1X20A #CHFN120GF	UND	24,492.94	367,394.10 *
4.000	7043036	CH BREAK PRESION 2X50A #CHF250	UND	10,754.35	43,017.40 *
8.000	2019566	TUBO CONDUIT 38MM 1-1/2" TIPO A UL	UND	5,740.34	45,922.72 *
200.000	7006650	3M CONECTOR DERIVACION 562 12-10AWG	UND	230.09	46,018.00 *
200.000	7006646	3M CONECTOR RESORTE AMARILLA 22-12AWG	UND	106.19	21,238.00 *
1.000	7206650	CH BASE P/MEDIDOR CHM2100MR2+BR2100	COMBO	51,721.24	51,721.24 *

Última Línea

Anexo 7. Continuación de la factura proforma

Fuente: Colono, 2021



Ciudad Quesada, San Carlos 03 de agosto del 2021

Señores (as)
A quién interese

Estimados (as):

Por medio de la presente hago constar que el Ingeniero Jotzam David Solís Vargas, portador de la cédula de identidad 2-0760-0170, ha sido el encargado de realizar completamente el diseño eléctrico de la casa propuesta en su proyecto final de graduación.

Mi persona fue quien proporcionó los planos arquitectónicos, por lo que puedo dar fe de que el diseño es real para una construcción que estamos por desarrollar y la confiabilidad de que los planos eléctricos fueron realizados completamente por el señor Solís Vargas.

Al agradecerles la atención brindada se suscribe,

**JUAN DIEGO
GONZALEZ
PICADO
(FIRMA)** Firmado digitalmente
por JUAN DIEGO
GONZALEZ PICADO
(FIRMA)
Fecha: 2021.08.04
14:50:56 -06'00'

Juan Diego González Picado
Ingeniero electricista IE-25250

ingeniería eléctrica | info@voltag.cr | 8333.9190 ¹

Anexo 8. Carta de afirmación

Fuente: VoltaG, 2021

Tabla 250.122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Valor nominal o ajuste de dispositivos automáticos contra sobrecorriente en circuitos antes del equipo, conduit, etc., sin exceder (Amperes)	Calibre (AWG o kcmil)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre *
15	14	12
20	12	10
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	750
5000	700	1200
6000	800	1200

Anexo 9. Tabla de calibres para puesta a tierra de equipos

Fuente: Código Eléctrico Nacional, 2017

Recibo actual(aprox.)	kWh generados	Cantidad Paneles <small>(345W)</small>	Inversión	Ahorro aprox mensual
₡ 27.000-₡ 40.000	300	8	\$5.865,00	₡24.300-₡36.000
₡ 40.000-₡ 52.000	400	10	\$6.670,00	₡36.000-₡46.800
₡ 52.000-₡ 70.000	500	12	\$7.160,00	₡46.800-₡63.000
₡ 70.000-₡ 83.000	600	15	\$8.140,00	₡63.000-₡74.700
₡ 83.000-₡ 89.000	700	17	\$8.670,00	₡73.700-₡80.100
₡ 89.000-₡ 96.000	800	20	\$9.635,00	₡80.100-₡86.400
₡ 96.000-₡ 110.000	900	22	\$10.110,00	₡86.400-₡99.000
₡ 110.000-₡ 130.000	1050	26	\$11.800,00	₡99.000-₡117.000
₡ 130.000-₡ 150.000	1200	30	\$12.840,00	₡117.000-₡135.000

Anexo 10. Tabla de paneles solares de la empresa HiPower

Fuente:HiPower, 2021

Hoja Guarda