UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD Y CONTROL INDUSTRIAL

TÍTULO:

"Mejoramiento del cableado de las luminarias abastecidas mediante el sistema fotovoltaico que está ubicado al ingreso de la casa sustentable del AEIRNNR"

INFORME TÉCNICO PREVIO A OPTAR POR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD Y CONTROL INDUSTRIAL.

AUTOR:

Edison Fernando Sarango Merino

DIRECTOR :

Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mg.

DOCENTE DEL ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA; Y DIRECTOR DEL INFORME TÉCNICO.

CERTIFICA:

Que el trabajo de investigación titulado **"Mejoramiento del cableado de las luminarias abastecidas mediante el sistema fotovoltaico que está ubicado al ingreso de la casa sustentable del AEIRNNR"**, desarrollado por el señor **Edison Fernando Sarango Merino**, previo a optar el grado de Tecnólogo en Electricidad y Control Industrial ha sido realizado bajó mi dirección, mismo que cumple con los requisitos de grado exigidos en las Normas de graduación, por lo que autorizo su presentación ante el tribunal de grado.

Loja, julio del 2015

Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mgs.

DIRECTOR DEL INFORME TÉCNICO

AUTORÍA

Yo, **EDISON FERNANDO SARANGO MERINO**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma: .....

Cédula: 1104370836

Fecha: 31/07/2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo **EDISON FERNANDO SARANGO MERINO**, declaro ser autor del informe técnico titulado: **"MEJORAMIENTO DEL CABLEADO DE LAS LUMINARIAS ABASTECIDAS MEDIANTE EL SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE ESTÁ UBICADO AL INGRESO DE LA CASA SUSTENTABLE DEL AEIRNNR"**, como requisito para optar al Título de: **TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD Y CONTROL INDUSTRIAL**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI; en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenido la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los treinta uno días del mes de julio del dos mil quince.

Firma:

……

Autor: Edison Fernando Sarango Merino

Cedula: 1104370836

Dirección: Catamayo (24 de mayo y Alonso de Mercadillo.)

Correo: sarangoedison@gmail.com

Teléfono: **Celular:** 0939440980

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc.

Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc.

Ing. Byron Agustín Solórzano Castillo, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

A **dios** por darme la fortaleza para ser constante y seguir adelante.

A mi director Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mg. Sc por su valioso apoyo y sus sabios consejos para la realización de este trabajo.

A mis docentes el Ing. Ramiro Borrero, Ing. Jorge Maldonado, Ing. José Espinoza, Ing. Henry Cueva, Ing. Luis Yunga, por sus enseñanzas y por las iniciativas que tiene en los proyectos científicos.

A las autoridades de esta institución educativa como es la Universidad Nacional de Loja , por las facilidades otorgadas para la realización de mis estudios en el Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.

A mi muy apreciado Ing. Luis Yunga en especial, por haberme motivado, por sus consejos y apoyo; y por brindarme su infinita colaboración para la culminación del presente estudio.

A mis queridos padres, quien con su humilde pero digno trabajo supieron sacarme adelante.

A todas las personas que de alguna forma pusieron su granito de arena para culminar con éxito mi carrera en la Universidad Nacional de Loja. Dios les bendiga a todos.

EL AUTOR

DEDICATORIA

A mi querido Padre Celestial: "DIOS" que me supo brindar de sabiduría, ciencia, fortaleza, bondad y amor infinito e incondicional.

Con todo el cariño, a mis queridos padres Fernando y Edith, por haber luchado junto a mí todos los días de mi vida, por haberme enseñado los valores de la humildad, honradez, respeto, bondad, por haberme inculcado desde niño a ser una persona de bien. Padres queridos, con todo mi amor y empeño para ustedes atribuyo el trabajo de titulación.

Edison Fernando Sarango Merino

RESUMEN

En el presente informe técnico se describe el mejoramiento del sistema de alimentación eléctrica de las luminarias de ingreso a la casa sustentable del AEIRNNR. También se hace una descripción sobre el mejoramiento de los pozos de revisión los cuales se encontraban en mal estado debido a una deficiente construcción.

Mediante la realización de una inspección al sistema, se encontró un mal funcionamiento de las luminarias que abastecen a la casa sustentable del AEIRNNR, debido a la mala selección del conductor, por lo que en este trabajo se presenta el estudio técnico económico para la selección del conductor que pueda sustituir al conductor actual.

En este trabajo también se presenta ciertas consideraciones para escoger el tipo de aislante de los conductores, así como el método para determinar la sección económica del conductor.

Luego de los respectivos cálculos se seleccionó el conductor TTU-PLASTI PLOMO calibre AWG # 12 por su coste económico y su facilidad de instalación.

SUMMARY

In this technical report it is described the improved supply system luminaires of the income to sustainable house AEIRNNR. After such calculations the TTU-caliber PLASTI PLOMO # 12 AWG wire due to the economic cost and its ease of installation was selected. It was also proceeded to improve revision wells which were in a bad condition due to bad construction.

Inside the maintenance malfunction luminaires supplying sustainable AEIRNNR house due to bad sectioning of the cable, so in this work presentation the technical and economic study is presented for the selection of cable that can replace the current wire is found.

By performing maintenance to the system, we find a malfunction of the lights that cater to the sustainable house AEIRNNR due to poor wire selection, so in this study the technical economic it is presented for the selection of wire that can replace the current cable.

This paper also presents some considerations for choosing the type of insulation of the conductors, and the method to determine the economic section of the conductor.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDOS		PÁG.
Portada.		i
Certificación.		ii
Autoría.		iii
Carta de autorización de tesis por parte del autor.		iv
Agradecimiento.		v
Dedicatoria.		vi
Resumen.		vii
Summary.		viii
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y UTILIDAD	3
1.	Ubicación del Sistema Fotovoltaico	3
1.1	Sistema Fotovoltaico	3
2.	Elementos que conforman el Sistema Fotovoltaico.	4
2.1	Panel Solar	4
2.2.	Regulador de carga	6
2.3.	Inversor de carga DC/AC	7
2.4.	Baterías o Acumuladores	8
2.5.	Cables Subterráneos	10
2.5.1.	Aislante	11
2.5.2.	Funcionamiento del cable	12
2.5.3.	Normas para la elección de un cable subterráneo	13
2.5.4.	Configuraciones de los Cables Subterráneos	14
2.6.	Cable Plastiplomo	16
2.7.	Luminarias	17
2.7.1.	Luminarias para alumbrado público	18
2.7.2.	Luminarias LED	18

2.7.3. Luminarias LED de alta intensidad para exteriores 19

III. MATERIALES 22

IV. PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO 23

V. RESULTADOS 29

VI. CONCLUSIONES 38

VII. RECOMENDACIONES 39

VIII. BIBLIOGRAFÍA 40

IX. ANEXOS 41

Anexo 1 TABLA DE CONSTANTES PARA EL CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN EN % 41

Anexo 2 SECUENCIA DE TRABAJOS REALIZADOS 42

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos, que permiten la generación de electricidad a partir de la radiación solar, constituyen una alternativa importante en aplicaciones en que se requiere alimentar equipos eléctricos en áreas que se encuentran excesivamente alejadas de la red eléctrica, o en que las condiciones del terreno circundante imposibilita la extensión de las líneas de transmisión para cubrir las necesidades de electrificación en estas zonas.

Este tipo de sistemas fotovoltaicos no son muy difundidos a nivel comercial en áreas urbanas o con posibilidad de conectarse a una red de electrificación, debido a que la fabricación de las celdas solares que conforman los paneles, principales componentes del sistema fotovoltaico, requiere actualmente un elevado consumo energético; lo que se traduce en alto costo de inversión inicial.

Por otra parte, este tipo de tecnología presenta numerosas ventajas: instalación simple, emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente. Dos ventajas principales las instalaciones de generación fotovoltaica es que son autónomas y fácilmente expandibles, de donde se deriva una de sus más importantes aplicaciones en la actualidad: la electrificación para uso doméstico en lugares que se encuentran aislados de la red eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos están siendo considerados en varios sectores, ayudando a reducir el consumo de energía eléctrica de la red por este motivo se han instalado luminarias al ingreso de la Casa Sustentable y cuyo cableado se encontraba en mal estado, evidenciándose un deterioro que posiblemente se debió a un mal dimensionamiento del calibre del conductor, de ahí la necesidad de mejorar el sistema eléctrico a través del proyecto denominado **"Mejoramiento del cableado de las luminarias abastecidas mediante el sistema fotovoltaico que está ubicado al ingreso de la casa sustentable del AEIRNNR"**

OBJETIVO:

- ✓ Mejorar el cableado de las luminarias abastecidas mediante el sistema fotovoltaico que está ubicado al ingreso de la casa sustentable del AEIRNNR"

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y UTILIDAD

1. Ubicación del sistema fotovoltaico.

El sistema fotovoltaico se encuentra ubicado al lado de la casa sustentable del área de la Energía, bloque cuatro, número Z10.S02.MD.B4; consta de seis paneles fotovoltaicos, un regulador, dos inversores y cuatro baterías. La carga instalada a la cual alimenta el sistema es de 450W y es un sistema de iluminación que consta de dos lámparas led y dos reflectores. Ver figura 1.

Fig. 1. Fotografía Implantación del sistema fotovoltaico

Fuente. Autor

1.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, cuya finalidad es trasformar la energía recibida por el sol en energía eléctrica. Consta principalmente de los siguientes elementos. (Componentes de una instalación solar fotovoltaica, 2010)

- Módulo solar
- Regulador de carga
- Baterías de almacenamiento eléctrico
- Inversor de corriente DC/AC

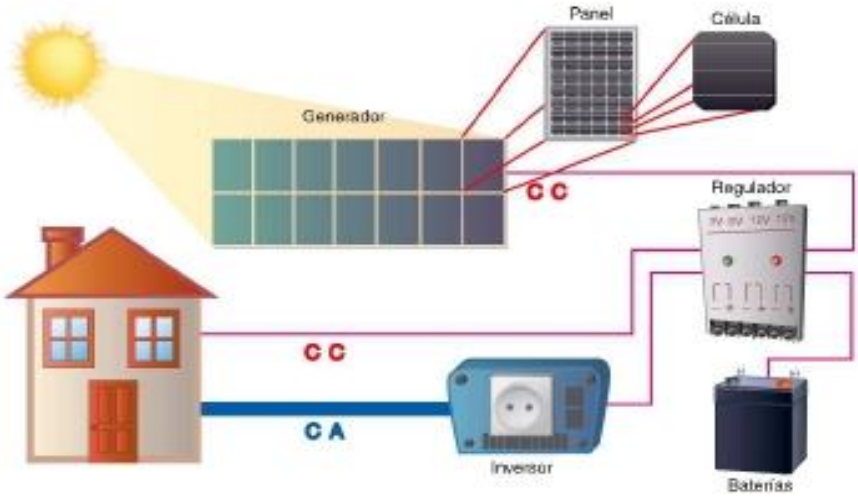

Figura 2. Sistema de generación fotovoltaico.

Fuente. (Componentes de una instalación solar fotovoltaica, 2010)

2. Elementos que conforman el Sistema Fotovoltaico.

2.1. Panel Solar

Fig. 3. Fotografía Panel solar instalado en la casa sustentable

Fuente. Autor

Características:

Potencia:	100W
Voltaje de circuito abierto:	22.0V
Corriente de cortocircuito:	6.14A
Tensión En Pmax:	17.5V

Corriente en Pmax.: 5.71A

Máximo Sistema Voltaje: 1000V

El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el panel solar, convierte la energía del sol en energía (corriente continua). Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico dónde convierte directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol.

En un panel fotovoltaico la producción de corriente depende de la irradiancia (nivel de iluminación), de tal forma que a medida que aumenta la irradiancia, aumenta la intensidad a través de la célula.

Para el diseño del módulo fotovoltaico, existe la posibilidad de utilizar un sólo panel o un conjunto de paneles que se montarán agrupados sobre un determinado soporte y conectados entre sí eléctricamente.

En aplicaciones de poca potencia, es posible hasta la utilización de paneles solares flexibles, que permitan aplicaciones como alimentar un equipo de comunicaciones, recargar la batería de un teléfono, etc. Cuando el requerimiento sea una potencia elevada que no se puede obtener con un único módulo fotovoltaico, se recurre a la conexión en grupo de varios paneles solares, en el mercado se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia desde 5 W; de potencia media, por ejemplo 55 W; y de alta potencia, hasta 160 W, en aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 W.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 años. El mantenimiento del panel solamente consiste en una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

La elección del tipo del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético

requerido. (ITER, INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA, 2008 Pag. 5, 6,7)

2.2. Regulador de carga

Fig. 4. Fotografia Regulador de carga instalado en la casa sustentable

Fuente. Autor

Características:

Corriente de carga	60A
Rango de temperatura de operación:	-40 ºC to 45 ºC
Rango de voltaje de operación:	10 – 68 Vdc
Máxima entrada solar (circuito abierto):	125 Vdc
Corriente mínima de interrupción:	75A

Este dispositivo es el encargado de proteger a la batería o grupo de acumuladores frente a sobrecargas y descargas profundas. El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. Actualmente existen dispositivos que permiten realizar esta función, pero son complejos y su elevado costo limita su uso en sistemas FV domésticos.

En la mayoría de los casos, el precio del regulador representa solamente el 5% de la inversión inicial en el sistema FV. Pero el costo que puede representar a largo plazo es mucho mayor, debido a que las baterías pueden ser el componente de mayor coste a lo largo de la vida útil del sistema y la duración de estas depende directamente de la calidad del regulador de carga. Por esa razón deben emplearse reguladores de carga de

buena calidad y con una vida útil superior a los 10 años.

También genera alarmas en función del estado de dicha carga. Los reguladores modernos utilizan microcontroladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso, los hay que memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado. Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga-descarga y capacidad del acumulador. (Bejarano, 2011, Pag.54,55)

2.3. Inversor de carga DC/AC

Fig. 5. Fotografia Inversor de carga DC/AC instalado en la casa sustentable

Fuente. Autor

Características:

Fabricante: ISOFOTON,SA.

Modelo: ISOVERTER

N° de serie: 73412

Potencia: 250W

Vln: 12V [10-16 V]

Vlf out: 120 Vac 60Hz

I ln: 20.8A [15.6-25 A]

La función de los inversores en los sistemas fotovoltaicos es adecuar las características de la energía generada a las demandadas por las aplicaciones de la instalación. Un sistema de conmutación electrónico, llamado inversor, transforma la corriente continua de las baterías en corriente alterna.

Los inversores utilizan dispositivos de conmutación para transformar la corriente directa en corriente alterna, al mismo tiempo suben los voltajes de 12, 24 a 48 VDC.

Las principales características que deben considerarse para el dimensionamiento del inversor son:

- La tensión de entrada
- Máxima potencia que puede manejar
- Margen de sobrecarga permisible
- Potencia, tensión y forma de la onda de la salida
- Frecuencia de trabajo y máximo error de frecuencia
- Eficiencia de transformación (generalmente cercana al 85%)

(Bejarano, 2011, Pag.56)

2.4. Baterías o acumuladores

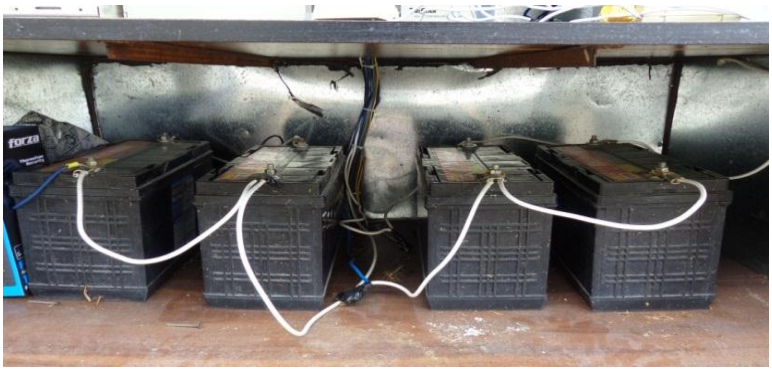

Fig. 6. Fotografia Baterías instaladas en la casa sustentable

Fuente. Autor

Características:

Deep cycle battery	31DC115
Group:	31
Voltage:	12V
10H capacity:	115A
20H capacity:	121A

La función principal de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

Otra importante función de las baterías es de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Tal es el caso de un motor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

Generalmente el banco de baterías y los paneles fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas. Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor que la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte.

A partir de una determinada hora de la mañana la energía generada por los módulos fotovoltaicos superada la energía promedio demandada. Los módulos no solo atenderán la demanda sino que además, todo exceso se almacenará en la batería que empezará a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda la entrega a la batería. En la noche, la generación es nula y todo el consumo lo afronta la batería.

Las baterías usadas en sistemas fotovoltaicos son especiales ya que deben ser resistentes a la carga y descarga continúa, podemos decir que la unidad de construcción básica de una batería es la celda de 2 V. También se puede hacer una clasificación de las baterías en base a su capacidad de almacenamiento, y a su ciclo de vida útil.

La capacidad de almacenamiento de energía de una batería depende de la velocidad de la descarga. La capacidad nominal que la caracteriza, corresponde a un tiempo de descarga de diez horas aproximadamente. En condiciones normales, el banco de baterías fotovoltaicas, trabajan conjuntamente para alimentar a las cargas, y lo hace durante las horas de la noche toda la energía demandada, por la carga a lo largo del día. (Bejarano, 2011, Pag.58,59)

2.5. CABLES SUBTERRÁNEOS

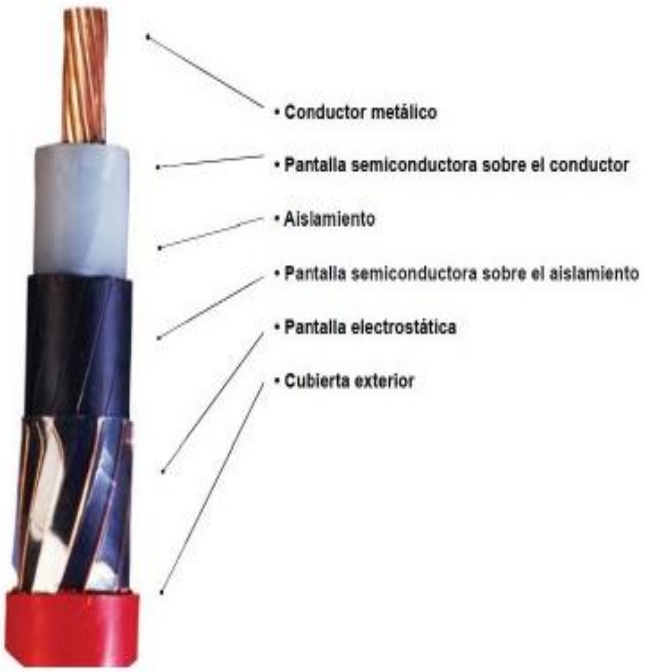

Fig. 7. Cables Subterráneos

Fuente. (Instalaciones eléctricas Ed. CECSA, 2ª ed. UNE Madrid 1994)

Se denomina cable en general, al conjunto formado por uno o varios conductores cableados, adecuadamente aislados, casi siempre provistos de uno o más recubrimientos protectores, como se muestra en la figura 7. Se llama pieza a la longitud de cable que es objeto de suministro; esta longitud es del orden de decenas o centenas de metro y un suministro puede incluir varias piezas. Se denomina muestra, a la longitud del cable necesaria para la realización de pruebas y ensayos eléctricos y mecánicos; esta longitud es relativamente corta y no excede de algunos metros.

2.5.1. AISLANTE

Es un material que se resiste al flujo de carga, algunos ejemplos de aislante son la ebonita, el plástico, la mica, la baquelita, el azufre y el aire.

a. PAPEL IMPREGNADO

El papel impregnado fue uno de los primeros materiales utilizados para el aislamiento de los cables para la transmisión de energía eléctrica y continúa siendo el mejor aislamiento para cables de alta tensión.

Sus principales características son las siguientes:

- ✓ Alta rigidez dieléctrica
- ✓ Bajas pérdidas dieléctricas
- ✓ Resistencia elevada a las descargas parciales (ionización)
- ✓ Posee buenas características térmicas

Su gran desventaja consiste en que es muy higroscópico y que la absorción de la humedad deteriora considerablemente sus cualidades dieléctricas, por esta razón el aislamiento de papel debe secarse perfectamente durante el proceso de fabricación del cable y protegerse con un forro hermético.

Para realizar este tipo de aislamiento se enrolla sobre el conductor cintas de papel, helicoidalmente, en capas superpuestas, hasta obtener el espesor de aislamiento deseado; A continuación se seca y se desgasifica el aislamiento calentándolo y sometiéndolo a un vacío elevado y se impregna con aceite mineral.

b. TERMOPLÁSTICOS

Son materiales orgánicos sintéticos obtenidos por polimerización. Se vuelve plástico al aumentar la temperatura lo que permite aplicarlos por extrusión en caliente sobre los conductores, solidificándose después al hacer pasar el cable por un baño de agua fría.

Los termoplásticos más utilizados como aislamientos de cables eléctricos son el cloruro de polivinil (PVC) y el polietileno.

El PVC mezclado con otra sustancia se utiliza extensamente como aislante sobre todo en cables de baja tensión, debido a su bajo costo, a su mayor resistencia a la ionización comparado con otros aislamientos orgánicos sintéticos y a poder obtenerse con mezclas adecuadas, temperaturas de operación que van desde 60 ºC a 150 ºC. Tiene el inconveniente de tener una constante dieléctrica elevada y en consecuencia pérdidas eléctricas altas, lo que limita su empleo en tensiones más elevadas.

Sin embargo en Alemania e Italia se han desarrollado compuestos de PVC que, a la temperatura de operación del cable, tiene pérdidas dieléctricas relativamente bajas. Actualmente se fabrica cable con aislamiento de PVC para tensiones hasta de 23 kV.

El polietileno que se obtiene por polimeración de gas etileno, tiene excelentes características como aislante eléctrico: rigidez dieléctrica comparable a la del papel impregnado y pérdidas dieléctricas menores. Tienen también una conductividad térmica mayor que el papel impregnado, lo que facilita la disipación del calor.

c. TERMOFIJOS

Los Aislamientos agrupados bajo el nombre de termofijos están constituidos por materiales que mediante un proceso de vulcanización se hace desaparecer su plasticidad y se aumente su elasticidad, y la consistencia mecánica.

Estos aislamientos se aplican generalmente por extrusión y se someten a un proceso de vulcanización elevando la temperatura a los valores requeridos.

Los aislantes termofijos más usados son el hule natural y los hules sintéticos, conocidos con el nombre genérico de elastómeros y más reciente algunos derivados del polietileno. (InstalacionesEléctricasEd.CECSA, 2ªed, UNEMadrid1994)

2.5.2. FUNCIONAMIENTO DEL CABLE

- **Tensión Nominal de la Red (Vn)**: Es el valor eficaz de la tensión entre conductores de línea para la cual la red ha sido designada.

- **Tensión Máxima de la Red (Vm)**: Es el valor eficaz más elevado de la tensión entre conductores de la línea, que puede ser mantenida en las condiciones normales de explotación en todo instante y en cualquier punto de la red. Excluye las variaciones temporales y transitorias y transitorias de tensión debidas a condiciones de defecto o ha repentina desconexión de cargas importantes.
- **Tensión Nominal del Cable:** Es la tensión nominal a frecuencia industrial para la cual el cable ha sido construido y a la cual debe poder funcionar continuamente en condiciones normales de servicio. La tensión nominal del cable se designa por dos valores que corresponden, respectivamente, a la tensión a cada uno de los conductores y la envoltura metálica, la pantalla y a la tensión cualquiera de los conductores.
- **Grado de Aislamiento de un Cable**: Es una designación empírica que tiene en cuenta las características constructivas y de prueba del cable. Su valor coincide con el de la tensión de prueba a frecuencia industrial al cual debe de someterse la pieza del cable, expresado en kV.
- **Nivel de Aislamiento de un Cable:** Es una designación empírica que tiene en cuenta las características constructivas y de prueba en relación a posibles sobre tensiones de origen atmosférico. Su valor coincide con el de tensión de prueba a impulso a la cual debe someterse la prueba del cable, expresada en kV.
- **Tensión de Impulso:** Es el valor de cresta de la tensión comprobada a las ondas de choque, entre cada uno de los conductores y la pantalla o la envoltura metálica para la cual se ha establecido el cable.

2.5.3. NORMAS PARA LA ELECCIÓN DE UN CABLE SUBTERRÁNEO

Para la elección de un cable subterráneo han de tenerse en cuenta cuatro factores fundamentales:

- Tensión de la red y régimen de explotación
- Intensidad que debe transportar el cable
- Intensidades de cortocircuito y tiempo de cortocircuito
- Caídas de tensión de régimen de intensidad máxima prevista

La importancia de estos factores depende de la tensión de servicio de cable. Por ejemplo: para bajas tensiones de servicio puede ser determinante la caída de tensión, factor que tiene poca importancia en altas tensiones de servicio; sim embargo, en este último caso tiene gran importancia el régimen de explotación de la red, factor poco importante para bajas tensiones de servicio.

(InstalacionesEléctricasEd.CECSA, 2ªed, UNEMadrid1994)

2.5.4. CONFIGURACIONES DE LOS CABLES SUBTERRÁNEOS

Cables subterráneos unipolares

Los cables unipolares son de un solo conductor de sección circular, como se muestra en la figura 8, con el aislamiento circular y los recubrimientos protectores que sean necesarios, (la corrosión, deterioros mecánicos, etc.) pueden o no ser armados.

Fig. 8. Cable subterráneo unipolar

Fuente. (InstalacionesEléctricasEd.CECSA, 2ªed, UNEMadrid1994)

Cables subterráneos bipolares

Estos cables se utilizan normalmente en el transporte de energía eléctrica para corriente continua, corriente alterna monofásica o bifásica, como se muestran en la figura 9. Están constituidos por dos conductores de sección circular, con cubierta exterior de sección circular.

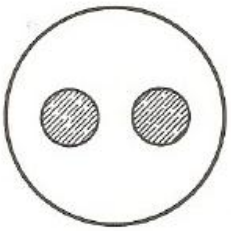

Fig. 9. Cable subterráneo bipolar

Fuente. (InstalacionesEléctricasEd.CECSA, 2ªed, UNEMadrid1994)

Cables subterráneos tripolares

Estos cables se utilizan normalmente en el transporte de energía eléctrica para corriente alterna trifásica sin neutro. Los conductores son de sección circular, desplazados entre sí 120º y la cubierta es de sección circular.

También existen los conductores que tienen sección sectoral, siendo la cubierta de sección circular, como se muestra en la figura 10, para las mismas medidas del cable, el área de conducción es más grande en el cable de sección sectoral, que el cable de sección circular, por lo que se podrían utilizar para la instalación en los lugares en que el espacio disponible es más pequeño; sin embargo su fabricación resulta más laboriosa que la de los cable de sección circular, además, se presentan problemas de tipo eléctrico, ya que los esfuerzos eléctricos a que está sometido el papel aislante son más elevados, lo que reduce su campo de aplicación hasta unos 10 kV, mientras que los cables de sección circular admiten tensiones mucho más grandes. También existen los cables llamados triplomo, la sección de los conductores es circular, pero la sección de cubierta exterior es triangular, con los que resulta un ahorro del material aislante.

(a) (b) (c)

Fig. 10. (a) Conductores con sección transversal circular y cubierta circular.
(b) Conductores con sección transversal sectoral y cubierta circular.
(c) Conductores con sección transversal circular y cubierta triangular.

Fuente. (InstalacionesEléctricasEd.CECSA, 2ªed, UNEMadrid1994)

Cables subterráneos tetrapolares

Estos cables se utilizan normalmente en el transporte de energía eléctrica para corriente alterna trifásica con neutro. El neutro es de menor sección que los conductores de las

fases. Existen dos tipos de cables tetrapolares el primero es en el que todos los conductores son de sección circular, con cubierta también de sección circular, como se muestra en la figura 11.

El segundo son los que tienen los conductores de fase de sección sectoral y el neutro de sección circular, bajo cubierta de sección circular. En las redes trifásicas con neutro resulta más conveniente la instalación separada del neutro, con el neutro independiente los trabajos con empalmes y operaciones eléctricas se realizan con mayor rapidez y facilidad.

(a) (b)

Fig. 11. (a) Conductores de fases con sección circular y neutro de sección transversal circular.

(b) Conductores de fases con sección transversal sectoral y neutro de sección circular.

Fuente. (InstalacionesEléctricasEd.CECSA, 2ªed, UNEMadrid1994)

2.6. CABLE PLASTIPLOMO

Fig. 12. Fotografía Cable plastiplomo instalado en la casa sustentable

Fuente. Autor

Ventajosamente pueden ser enterrados directamente en instalaciones cubiertas o expuestas y en viviendas uní o multifamiliares del lado exterior de las paredes. Resistente a humedad, corrosión, hongos.

APLICACIONES:

Acometidas, sistemas de alumbrado para casa, edificaciones rurales, almacenes y talleres, líneas auxiliares directamente enterradas en lugares secos y/o húmedos.

AISLANTE:

Cloruro de polivinilo (PVC) 60 °C (140 °F), resistente a la humedad, no propaga la llama.

(http://powerplace.com.ec/catalogo/miscelaneos/cables/cable-ascr-alum.htm)

2.7. LUMINARIAS

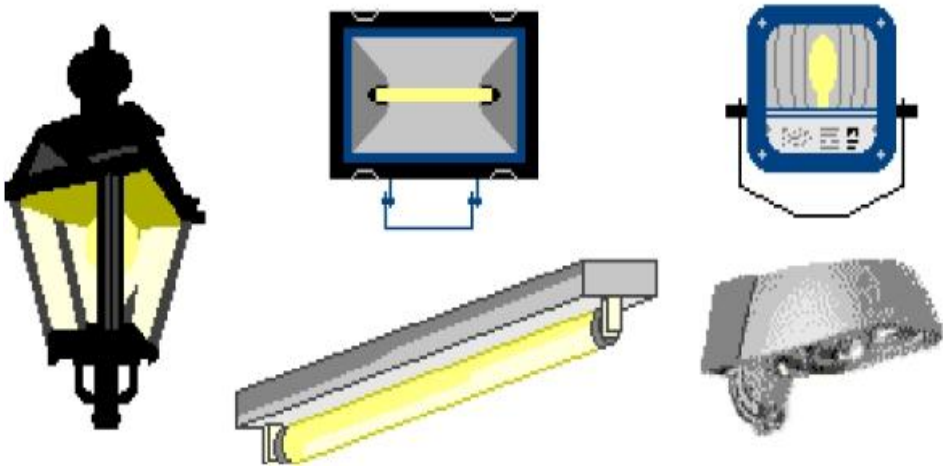

Fig. 13 Ejemplos de Luminarias

Fuente. (Néstor Bejarano, 2011, Pag.32)

Las luminarias son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por las lámparas, también sirven para contener los accesorios de las fuentes luminosas, protegerlascontra la intemperie y fundamentalmente dirigir sobre la calzada con el mínimo de perdidas y en la dirección deseada el flujo luminoso emitido por la fuente, reducir en ciertos casos el deslumbramiento debido a las fuentes.

Otra función de las luminarias es aislar térmicamente la fuente del ambiente exterior, con el fin de alcanzar la temperatura de funcionamiento que corresponde al máximo de eficiencia luminosa, las luminarias pueden ser de tipo cerrado o abierto.

Las luminarias cerradas presentan la ventaja de proteger más eficazmente el sistema óptico y las fuentes contra el polvo y la acción de los agentes atmosféricos.
(Néstor Bejarano, 2011, Pag.33)

2.7.1. Luminarias para alumbrado público

Las luminarias con respecto a la simetría del flujo emitido se pueden clasificar de la siguiente forma.

Luminarias de distribución simétricas

Son aquellas que reparten simétricamente el flujo luminoso con respecto al eje de simetría, la distribución espacial de las intensidades luminosas puede representarse con una sola curva fotométrica.

Luminarias de distribución asimétricas

Son aquellas luminarias que reparten el flujo luminoso de una forma no simétrica respecto a un eje, la distribución espacial de las intensidades luminosas solo puede expresarse por medio de un sólido fotométrico.

Según la distribución de la luz se clasifican en:

Esta clasificación de las luminarias se realiza basándose en el diagrama Isocandela, de Coordenadas rectangulares, en el cual se sobreponen una serie de líneas longitudinal de Calzada (LLC) y de líneas transversales de calzadas (LTC) en múltiplos de la altura de montaje (AM) con esta información permite tener una idea general de la luminaria y su distribución. (Néstor Bejarano, 2011, Pag.33)

2.7.2. Luminarias LED

En los últimos años se ha venido invadiendo la nueva tecnología en iluminación mediante luminarias LED (Diodo Emisor de Luz).

En un futuro no muy lejano, en el ámbito de la iluminación, es previsible que la utilización de los LED se incremente, ya que sus aplicaciones son superiores a las lámparas incandescentes y al tubo fluorescente, desde diversos puntos de vista. La iluminación con LED tiene muchas ventajas. Es importante también señalar que diversas pruebas realizadas por importantes laboratorios internacionales y organismos gubernamentales han concluido que el ahorro energético varía entre un 60% y 80% en relación con la iluminación tradicional. Esto es una de las grandes ventajas que los LED ofrecen para el alumbrado público.

Ventajas desde el punto de vista de eficiencia energética

- ✓ Eficiencia y ahorro energético
- ✓ Mejora de la competitividad, modernización en los sistemas de gestión
- ✓ Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero
- ✓ Reducción de los costos ocasionados por el consumo eléctrico
- ✓ Prevención y limitación de riesgos
- ✓ Protección a personas, flora, fauna, bienes y ambiente en general

Desventajas: El mayor inconveniente que tiene el LED sin duda es su precio, pero si evaluamos sus múltiples e inmejorables condiciones de funcionamiento, y sobre todo su larga vida en comparación con los demás sistemas de iluminación, estamos en condiciones de afirmar que es la inversión más sensata, eficaz y rentable que podemos hacer.

(ILUMINACIÓN INTELIGENTE, G. Manual de alumbrado público e iluminación exterior con led de alta intensidad, Colombia, 2008)

2.7.3. Luminarias LED de alta intensidad para exteriores

Con la nueva tecnología de lámparas con LED en el mercado, se ha creado la nueva iluminación a base de LED para exteriores, estas lámparas son utilizadas para iluminar zonas exteriores en las avenidas y calles, plantas, fábricas y estacionamientos grandes, ahorrando más de 50% y hasta 80% de energía. Con una vida útil de 50,000 horas lo cual es todavía más larga que las antiguas lámparas y las ahorradoras de energía.

También garantiza los más altos estándares de calidad a través de todas las etapas de fabricación, todos los componentes y subconjuntos son revisados y probados, con la experiencia en ingeniería de soluciones de ahorro de energía desde 1969. ISO9001, ISO14001 y certificación TS16949, y operan de acuerdo a la más alta calidad, normas de seguridad y protección al ambiente.

Las luminarias más comunes que hay en el mercado y que reúnen las mismas características son:

- ✓ Luminaria LED LU2
- ✓ Luminaria LED LU4
- ✓ Luminaria LED LU6

Características de las luminarias LED

Revolucionario sistema fotométrico

Sin brillo molesto

Sin contaminación visual

Encienden de inmediato

Resistentes a impactos, a prueba de shock, sin rayos ultravioleta e infrarrojos

Alto índice de color

Larga vida, hasta 50,000 horas

Protegen el ambiente

Trabaja con bajo voltaje y baja temperatura

Alta eficiencia de luminosidad.

(ILUMINACIÓN INTELIGENTE, G. Manual de alumbrado público e iluminación exterior con led de alta intensidad, Colombia, 2008)

Fig. 14. Fotografía Luminaria Led instalada en la casa sustentable

Fuente. Autor

Características:

Modelo: GLX66-SL

Entrada: 100-240VAC, 50/60Hz, 2A

Potencia: 195W max

Temperatura: -35 ºC to 40 ºC

III. MATERIALES

Los materiales que se utilizaron para el mejoramiento del cableado de las luminarias abastecidas mediante el sistema fotovoltaico son:

Tabla.1. Materiales y Presupuesto

Número	descripción	P/U	Total
100	Metros de cable plastiplomo AWG # 12	2,00	200,00
0,5	m³ de grava ¾	30,00	15,00
3	Cintas aislantes de 20 yardas	1,00	3,00
5	Metros de manguera negra de ¾	0,50	2,50
2	Cajetines rectangulares metálicos	2,50	5,00
1	Mano de obra	50,00	50,00
		Total	275,50

Fuente. Autor

IV. PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO.

Los métodos de investigación existentes brindan resultados muy concretos e indispensables en el desarrollo de los procesos investigativos.

Es por ello que en la ejecución del presente proyecto, se ha creído conveniente la utilización de diferentes métodos y técnicas que permitan llegar a obtener resultados que satisfagan los requerimientos y necesidades para el mejoramiento del cableado de estas luminarias abastecidas por un sistema fotovoltaico.

Inicialmente, con la finalidad de que los conocimientos se encuentren acorde a las necesidades del proyecto, se realizó consultas bibliográficas e investigaciones vía internet, libros, revistas; además de entrevistas con profesionales especializados que permitan adquirir información necesaria y suficiente para el desarrollo del proyecto.

En cuanto, a la realización de este proyecto, uno de los métodos indispensables en su desarrollo fue el **método deductivo**, el cual permitió obtener una idea más clara sobre la utilización del cable necesario para el mejoramiento del sistema eléctrico.

A continuación se presentan una serie de pasos que se desarrollaron en la ejecución del proyecto **para el mejoramiento del cableado de las luminarias abastecidas mediante el sistema fotovoltaico.**

- Recopilación de la información sobre los tipos de cables que se puede utilizar en este sistema.
- Proposición del sistema de cableado a utilizar para el desarrollo del proyecto.
- Realización del informe técnico.
- Retirar cable eléctrico que estuvo conectado en el sistema fotovoltaico.
- Conexión del cable plastiplomo #12.
- Puesta de grava 3⁄4 en los pozos de revisión.
- Cambio de manguera 3⁄4 que se dirige a uno de los pozos de revisión que estuvo en deterioro por causas del clima.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

Determinación de las cargas en corriente alterna.

Para iniciar los cálculos del sistema fotovoltaico, en la tabla 2 se tiene los datos principales a utilizar para realizar los cálculos correspondientes para el sistema de generación, en la primera columna de la tabla 2 se tiene el nombre de los artefactos, la segunda columna contiene la cantidad de lámparas a utilizar seguido de la potencia de cada luminaria, la cuarta columna contiene el uso de horas día son las horas que los artefactos van a estar en funcionamiento horas que se proponga a utilizar en este caso se propuso 4 horas de funcionamiento.

Tabla 2. Tabla sobre la determinación de las cargas de corriente alterna

Artefactos CA	Cantidad	Potencia (W)	Uso (horas/días)	Energía Wh/día C*P*U	Carga Pico
Lámparas LED	2	195	4	1560	0
Reflectores LED	2	30	4	240	0
			Total	1800Wh/día	

Fuente. Autor

En la quinta columna se aprecia la trasformación de la cantidad de artefactos por la potencia y por el número de horas a funcionar en energía solar Wh/día. La carga pico que no obtiene valor es la energía solar Wh/día de las cargas en corriente directa si se utilizara aparatos que funcionen en corriente directa, dato importante a utilizar en el cálculo para la carga máxima que se detalla más adelante.

- **Cálculo de la Potencia de las Luminarias Led.**

La potencia de las luminarias led se determina mediante la ecuación 1:

(Ecuación 1)

$$E1 = C * P * h$$

Donde:

C= cantidad de artefactos

P= potencia de los artefactos

h= uso de los artefactos (horas/ día)

E1= carga CA diaria Wh/día (lámparas)

- **Cálculo de la Potencia de los Reflectores.**

La potencia en cada uno se los reflectores se determina mediante la ecuación 2:

(Ecuación 2)

$$E2 = C * P * h$$

Donde:

E2= carga CA diaria Wh/día (reflectores)

- **Cálculo de la Carga Total en CA.**

La suma de las cargas de las luminarias led y los reflectores se concluye la carga CA total diaria Wh/día la cual se determina mediante la ecuación 3:

(Ecuación 3)

$$Et = E1 + E2$$

Donde:

Et= carga CA total diaria Wh/día.

- **Cálculo de la Carga Total Diaria en CD.**

El total de cargas en CA se transforman en CD para estandarizar los cálculos posteriores, para ello se determina mediante la ecuación 4:

(Ecuación 4)

$$E = Et * 1{,}2$$

Donde:

E= carga CD total diaria

1.2= Factor de seguridad (pérdidas del sistema)

- **Cálculo de la Carga máxima Pico.**

La carga máxima pico se determina mediante la ecuación 5:

(Ecuación 5)

$$Pp = C * P + Cp$$

Donde:

Pp= carga máxima pico

Cp= carga pico

- **Cálculo de la corriente pico del módulo.**

La corriente pico del módulo se determina mediante la ecuación 6:

(Ecuación 6)

$$I = E/Us$$

Donde:

Us = tensión del sistema en corriente continua

- **Cálculo de la corriente corregida.**

La corriente corregida se determina mediante la ecuación 7:

(Ecuación 7)

$$Ic = I * 1{,}2$$

Donde:

Ic = corriente corregida

- **Cálculo Corriente Total.**

Para el cálculo de la corriente total (It) se divide la corriente corregida para la radiación solar para este caso se basó en la tabla 3 acogiendo 3.84 kW/m²/día dato del mes más desfavorable del año en radiación directa, para ello se determina mediante la ecuación 8:

(Ecuación 8)

$$It = Ic/4.13kWh/m^2/\text{día}$$

Donde:

3.84 kW/m²/día= dato del mes del año en radiación directa.

It= corriente total

- **Dimensionamiento del módulo fotovoltaico.**

Para el dimensionamiento del módulo fotovoltaico se determina mediante la ecuación 9:

(Ecuación 9)

$$Arreglo\ de\ módulos = It/Imp$$

Donde:

Imp= corriente pico del panel solar

Uns= tensión nominal del sistema del panel solar

It= corriente total

- **Cálculo de número total de paneles.**

El número total de paneles solares se determina mediante la ecuación 10:

(Ecuación 10)

$$Ntp = \frac{Us}{Uns} =* Arreglo\ de\ módulos$$

Donde:

Ntp= número total de paneles

Uns= tensión nominal del sistema del panel solar

Us= tensión del sistema

- **Dimensionamiento del cableado para las luminarias.**

- **Cálculo de la intensidad**

Para el cálculo de las intensidades de cada uno de los tramos que se muestran en la figura 15 se determina mediante la ecuación 11:

(Ecuación 11)

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

Donde:

I=	Intensidad	A
P=	Potencia	W
V=	Voltaje	V

- **Cálculo de la sección del conductor en porcentaje de caída de tensión.**

Para el cálculo de la sección del conductor en porcentaje de cada uno de los tramos que se muestran en la figura 15 se determina mediante la ecuación 12:

(Ecuación 12)

$$\Delta V\% = KlI$$

Donde:

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

K=0,0082 constantes para el cálculo de la caída de tensión en % del cable plastiplomo #12

l= longitud m I= Intensidad A

V. RESULTADOS.

Potencia Diaria de las Luminarias Led.

De la ecuación 1 se calcula la potencia de las luminarias led, se calculó mediante la multiplicación de la cantidad de luminarias por la potencia y por el uso de horas diarias.

$$E1 = C * P * h$$

$$E1 = 2 * 195W * 4\ hora/día$$

$$E1 = 1560\ Wh/día$$

Potencia Diaria de los reflectores.

Se tomó la ecuación 2 para calcular la potencia de los reflectores.

$$E2 = C * P * h$$

$$E2 = 2 * 30W * 4\ hora/día$$

$$E2 = 240\ Wh/día$$

Carga total CA diaria.

La suma de las cargas E1 y E2 se concluye, Et= carga CA total diaria Wh/día, donde se tomó la ecuación 3.

$$Et = E1 + E2$$

$$Et = 1560\ W/h/día + 240\ Wh/día$$

$$Et = 1800\ W/h/día$$

Carga Total Diaria en CD.

El total de cargas en CA se transforman en CD para estandarizar los cálculos posteriores, el **factor 1,2** representa las pérdidas del inversor de voltaje, para ello se tomó la ecuación 4.

$$E = Et * 1{,}2$$

$$E = 1800\ Wh/día * 1{,}2$$

$$E = 2160\ Wh/día$$

Carga máxima Pico

De la ecuación 5 se calculó la carga máxima pico (Pp) se obtuvo de la multiplicación de la cantidad de artefactos (C) por la potencia (P) y sumatoria de la carga pico. La carga CD diaria y la carga pico será cero, al no utilizar aparatos que trabajen directamente con corriente directa utilizando los datos para demostrar los parámetro estandarizados en las ecuaciones.

$$Pp = C * P + Cp$$

$$Pp = 2 * 225 + 0$$

$$Pp = 450\ W$$

Corriente pico del módulo

De la ecuación 6 se calculó la corriente pico del módulo, se toma en cuenta cargas totales de CD más cargas totales CA, en este caso solo se tiene cargas CA que vendría a ser únicamente $\boldsymbol{2160\ Wh/día}$.

La tensión CD del sistema se ha tomado como referencia **12 V.**

$$I = E/Us$$

$$I = 2160\ Wh/día\ /12V$$

$$I = 180\ Ah$$

Corriente corregida.

De la ecuación 7 se calculó la corriente corregida, se aplicó el factor de seguridad 1,2 por pérdidas de corriente que sufre el sistema FV

Quedando una corriente corregida (Ic).

$$Ic = I * 1{,}2$$

$$Ic = 180Ah * 1{,}2$$

$$Ic = 216\ Ah$$

La corriente pico del sistema es igual a (corriente total It), para determinar la It se aplicó los datos de radiación solar que se puede obtener a través de los mapas del atlas solar o también se puede encontrar en internet la información emitida de la NASA en, irradiación solar.

Tabla 3. Datos de la NASA de la irradiacion directa y difusa de todos los meses del año

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m²/day)

Lat -3.991 Lon -79.205	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	4.83	4.80	5.19	4.88	4.65	4.59	4.65	4.93	5.18	4.95	5.26	5.07	4.91
K	0.46	0.45	0.49	0.48	0.49	0.51	0.51	0.51	0.50	0.47	0.50	0.49	0.49
Diffuse	2.23	2.33	2.31	2.13	1.92	1.78	1.83	2.00	2.19	2.31	2.19	2.16	2.11
Direct	3.84	3.53	4.07	3.98	4.17	4.45	4.38	4.33	4.24	3.74	4.48	4.35	4.13
Tilt 0	4.76	4.73	5.12	4.82	4.60	4.55	4.60	4.87	5.11	4.88	5.18	4.99	4.85
Tilt 3	4.80	4.75	5.12	4.86	4.67	4.64	4.68	4.93	5.13	4.89	5.22	5.04	4.89
Tilt 18	4.86	4.72	4.96	4.91	4.89	4.96	4.96	5.06	5.05	4.82	5.28	5.16	4.97
Tilt 90	2.43	2.07	1.71	2.34	2.87	3.20	3.07	2.63	1.96	1.95	2.50	2.65	2.45
OPT	4.87	4.76	5.12	4.92	4.91	5.05	5.02	5.06	5.13	4.90	5.29	5.16	5.02
OPT ANG	15.0	8.00	1.00	14.0	25.0	30.0	28.0	19.0	6.00	6.00	14.0	18.0	15.3

Fuente. (Kusterer, John M, 2015)

Corriente Total.

De la ecuación 8 se calculó la corriente total (It) se divide la corriente corregida para la radiación solar para este caso se basó en la tabla 3 acogiendo 3.84 kW/m²/día dato del mes más desfavorable del año en radiación directa.

$$It = Ic/4.13kWh/m^2/\text{día}$$

$$It = 216Ah/3.84kWh/m^2/\text{día}$$

$$It = \mathbf{56.25\ A}$$

Dimensionamiento del módulo fotovoltaico

De la ecuación 9 se calculó el arreglo de módulos es igual a la corriente total dividido para la corriente pico del panel solar

$$Arreglo\ de\ módulos = It/Imp$$

$$Arreglo\ de\ módulos = 56.25A/5.71A$$

$$Arreglo\ de\ módulos = \mathbf{9.85A}$$

Donde:

Imp= 5.71 corriente pico del panel solar

Uns= 17.5 tensión nominal del sistema del panel solar

It= 56.25 A corriente total

Número total de paneles.

De la ecuación 10 se calculó el número total de paneles es igual a la tensión del sistema dividido para la tensión nominal del sistema del panel solar y por el arreglo de módulo.

$$Ntp = \frac{Us}{Uns} =* Arreglo\ de\ módulos$$

$$Ntp = \frac{12V}{U17.5V} = 0.6 * 9.85A = \mathbf{5.91} = \mathbf{6\ paneles\ solares}$$

$$Ntp = \mathbf{6\ paneles\ solares}$$

Donde:

Ntp= número total de paneles

Uns= 17.5 V tensión nominal del sistema del panel solar

Us= 12 V tensión del sistema

Dimensionamiento del cableado para las luminarias

Características técnicas que constan cada uno de los materiales a utilizar:

Tensiones que cumplen cada uno de los elementos a utilizar:

Luminarias led 120V

Reflectores 120V

Potencia de cada uno de los elementos

Luminarias led 195W

Reflectores 30W

El conductor que se utilizó es el AWG # 12 tipo plastiplomo cuya constante es igual K=0,0082

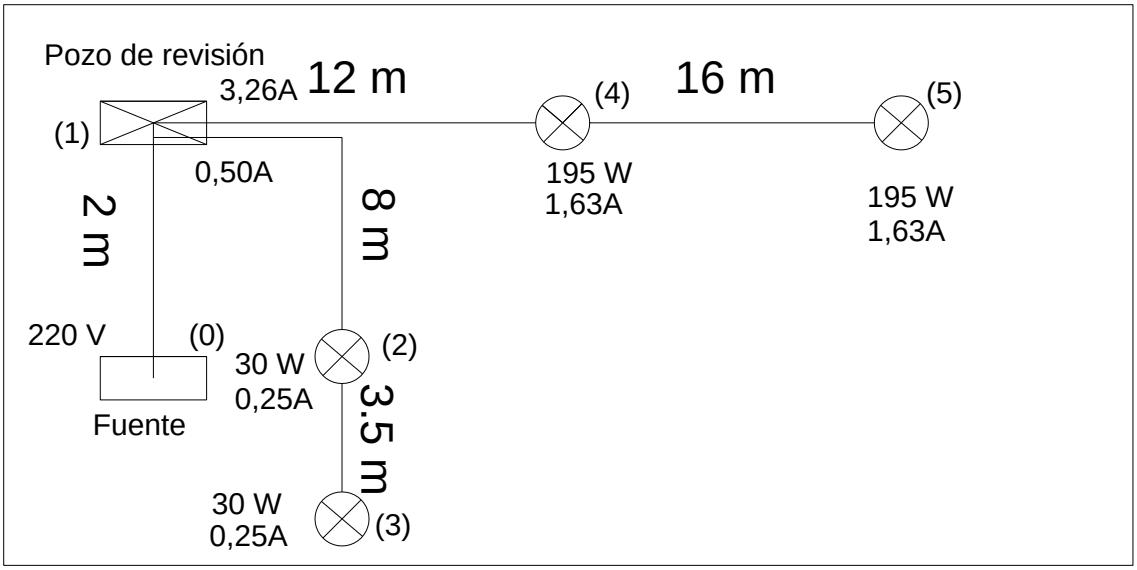

Fig. 15. Esquema del sistema de iluminación

Fuente. Autor

Tabla.4. Resultados del diseño del cableado

TRAMO	POTENCIA (W)	INTENSIDAD (A)	TENSIÓN (V)	K.AWG# 12	LONGITUD (m)	ΔV%	ΔV% ACUMULADO
0-1	450	3,76	120	0,0082	2	0,061664	0,061664
1-2	60	0,5	120	0,0082	8	0,0328	0,094464
2-3	30	0,25	120	0,0082	3,5	0,007175	0,101639
1-4	390	3,26	120	0,0082	18	0,481176	0,582815
4-5	195	1,63	120	0,0082	22	0,294052	0,876867

Fuente. Autor

Cálculo de la intensidad tramo 0-1:

De la ecuación 11 se calculó la intensidad que pasa por el tramo 0-1 como se ve en la figura 15 se divide la potencia de todas las luminarias en este caso 450W para el voltaje de salida 120V.

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

$$I = \frac{450W}{120V}$$

$$I = 3.76A$$

Cálculo de la intensidad tramo 1-2 :

De la ecuación 11 se calculó la intensidad que pasa por el tramo 1-2 como se ve en la figura 15 se divide la potencia de los dos reflectores igual a 60W para el voltaje de salida 120V.

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

$$I = \frac{60W}{120V}$$

$$I = 0{,}5A$$

Cálculo de la intensidad tramo 2-3 :

De la ecuación 11 se calculó la intensidad que pasa por el tramo 2-3 como se ve en la figura 15 se divide la potencia del reflector igual a 30W para el voltaje de salida 120V.

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

$$I = \frac{30W}{120V}$$

$$I = 0{,}25A$$

Cálculo de la intensidad tramo 1-4 :

De la ecuación 11 se calculó la intensidad que pasa por el tramo 1-4 como se ve en la figura 15 se divide la potencia de las dos luminarias led igual a 390W para el voltaje de salida 120V.

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

$$I = \frac{390W}{120V}$$

$$I = 3{,}26A$$

Cálculo de la intensidad tramo 4-5 :

De la ecuación 11 se calculó la intensidad que pasa por el tramo 4-5 como se ve en la figura 15 se divide la potencia de la luminaria led igual a 195W para el voltaje de salida 120V.

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

$$I = \frac{195W}{120V}$$

$$I = 1{,}63A$$

Cálculo de la sección del conductor en porcentaje de caída de tensión.

Tramo 0-1:

De la ecuación 12 se calculó la caída de tensión en porcentaje se multiplica la constante del conductor por la longitud que existe entre cada tramo como lo indica la figura 15 y por la intensidad que circula por cada tramo.

$$\Delta V\% = KlI$$

$$\Delta V\% = 0{,}0082 * 2m * 3{,}76A$$

$$\Delta V\% = 0{,}061664\%$$

Tramo 1-2:

De la ecuación 12 se calculó la caída de tensión en porcentaje se multiplica la constante del conductor por la longitud que existe entre cada tramo como lo indica la figura 15 y por la intensidad que circula por cada tramo.

$$\Delta V\% = KlI$$
$$\Delta V\% = 0{,}0082 * 8m * 0{,}5A$$
$$\Delta V\% = 0{,}0328\%$$

Tramo 2-3:

De la ecuación 12 se calculó la caída de tensión en porcentaje se multiplica la constante del conductor por la longitud que existe entre cada tramo como lo indica la figura 15 y por la intensidad que circula por cada tramo.

$$\Delta V\% = KlI$$
$$\Delta V\% = 0{,}0082 * 3{,}5m * 0{,}25A$$
$$\Delta V\% = 0{,}007175\%$$

Tramo 1-4:

De la ecuación 12 se calculó la caída de tensión en porcentaje se multiplica la constante del conductor por la longitud que existe entre cada tramo como lo indica la figura 15 y por la intensidad que circula por cada tramo.

$$\Delta V\% = KlI$$
$$\Delta V\% = 0{,}0082 * 18m * 3{,}26A$$
$$\Delta V\% = 0{,}481176\%$$

Tramo 4-5:

De la ecuación 12 se calculó la caída de tensión en porcentaje se multiplica la constante del conductor por la longitud que existe entre cada tramo como lo indica la figura 15 y por la intensidad que circula por cada tramo.

$$\Delta V\% = KlI$$

$$\Delta V\% = 0{,}0082 * 22m * 1.63A$$

$$\Delta V\% = 0{,}294052\%$$

%ΔV diseño < ∑%ΔV acumulado Esto es igual a que el porcentaje dado o de diseño es menor a la acumulado.

La caída de tensión que se considera para el diseño en el punto más lejano de los circuitos que alimentan salidas de alumbrado, tomacorrientes, salidas especiales, etc., no debe exceder del 3% pero se deberá considerar que la máxima caída de tensión total para los alimentadores y los circuitos anotados, no debe exceder del 5%. (INECEL 1973-3481 Código Eléctrico Ecuatoriano Pag.134)

Como la caída de tensión acumulada es menor a la caída de tensión de diseño (3 %) la condición se cumple por lo tanto el conductor a ubicar es el AWG # 12 tipo plastiplomo.

VI. CONCLUSIONES.

- El diseño eléctrico de las luminarias que son alimentadas por el sistema fotovoltaico de la casa sustentable, no cumplía, con las especificaciones con respecto a los conductores, para cubrir con la necesidad de iluminación para dicha casa sustentable.

- De acuerdo a los resultados obtenidos y a partir del cálculo de la capacidad del sistema fotovoltaico se llegó a la conclusión que el conductor adecuado a instalar es el calibre AWG # 12 plastiplomo.

- Luego de revisar los tipos de aislamiento con que se construyen los conductores eléctricos, se consideró utilizar el tipo plastiplomo por estar construido con doble revestimiento de cloruro de polivinilo por ser resistente a la humedad.

- Se mejoró el cableado de las luminarias alimentadas por el sistema fotovoltaico, también los pozos de revisión y se adecuó el lugar donde se encuentran estos pozos, como parte del mejoramiento del cableado.

VII. RECOMENDACIONES.

- Es aconsejable un mantenimiento preventivo periódico para así prolongar la vida útil del sistema fotovoltaico.

- Para este tipo de instalaciones se puede escoger dos tipos de aislante para conductores que trabajen en áreas con presencia de humedad están el TTU y Plastiplomo.

- Para el dimensionamiento del conductor se debe considerar la potencia, voltaje, intensidad, horas pico que trabajan cada uno de los elementos que constituyen este sistema de iluminación.

- Cada uno de los fabricantes de los equipos instalados proporcionan información y dan recomendaciones acerca del calibre que deben tener los conductores.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS:

- Harper Enríquez. 1980. Manual de Instalaciones Eléctricas, Residenciales e Industriales. Segunda Edición. Editorial Limusa. México. 463 páginas.
- Martin Sánchez.2002.Manual de Instalaciones Eléctricas.

SITIOS WEB:

- http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/luminar1.htm1
- http://powerplace.com.ec/catalogo/miscelaneos/cables/cable-ascr-alum.htm
- http://soysustentable.com/InversoresInterconexion.aspx
- http://spanish.alibab.com/
- http://www.ives.edu.mx/bibliodigital/Arquitectura/PDF%20arq/Iluminacion/07%20Luminarias.pdf
- http://www.sitiosolar.com.
- ILUMINACIÓN INTELIGENTE, G. Manual de alumbrado público e iluminación exterior con led de alta intensidad, Colombia, 2008
- INECEL 1973-3481 Código Eléctrico Ecuatoriano Pag.134
- InstalacionesEléctricasEd.CECSA,2ªed,UNEMadrid1994
- ITER, INTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 2008 Pag. 5, 6,7
- CONELEC. (25 de 08 de 2008). Atlas Solar del Ecuador con fines de Generacion Electrica. Recuperado el 14 de 01 de 2015, de Diseño de un Sistema Fotovoltaico: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- Componentes de una instalación solar fotovoltaica, 2010

IX. ANEXOS

Anexo 1

TABLA.5. CONSTANTES PARA EL CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN EN %

CALIBRE AWG Y MCM	CIRCUITOS MONOFÁSICOS A 127 V	CIRCUITOS MONOFÁSICOS A 220 V	CIRCUITOS TRIFÁSICOS A 220 V	CIRCUITOS TRIFÁSICOS A 440 V
14	0,01305	0,00754	0,00650	0,00326
12	0,00820	0,00474	0,00410	0,00205
10	0,00515	0,00298	0,00258	0,00129
8	0,00323	0,00187	0,00162	0,00081
6	0,00203	0,00117	0,00103	0,00051
4	0,00128	0,00074	0,00064	0,00032
2	0,00081	0,00047	0,00040	0,00020
1/0	0,00050	0,00029	0,00025	0,00013
2/0	0,00040	0,00023	0,00020	0,00010
3/0	0,00032	0,00018	0,00016	0,00008
4/0	0,00025	0,00015	0,00013	0,00006
250	0,00021	0,00012	0,00011	0,00005
300	0,00018	0,0001	0,00009	0,00004
400	0,00013	0,00008	0,00007	0,00003
500	0,00011	0,00006	0,00005	0,00002

Anexo 2 SECUENCIA DE TRABAJOS REALIZADOS

Pozo de revisión en mal estado **Pozo de revisión mejorado**

Conductores eléctricos en mal estado **Mejoramiento del cableado**

Pasando el cable plastiplomo #12

Loja, 31 de julio de 2015

Ing.
Luis Alberto Yunga Herrera
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA AEIRNNR-UNL

CERTIFICA:

Que ha traducido el resumen del documento de tesis **PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD Y CONTROL INDUSTRIAL** del señor estudiante EDISON FERNANDO SARANGO MERINO.

Esto es cuanto puedo certificar para los fines pertinentes que crea el interesado.

Ing. Luis Alberto Yunga Herrera, Mgs.
1102996988