

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA



**Construcción de dos sistemas solares
fotovoltaicos para alimentar sistemas de
telecomunicación rurales.**

PRESENTADO POR:

ROBERTO CARLOS GACÍA RIVAS

CARLOS ERNESTO RAMOS OSORIO

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2012

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

DIRECTOR :

ING. JOSÉ WILBER CALDERÓN URRUTIA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título :

**Construcción de dos sistemas solares
fotovoltaicos para alimentar sistemas de
telecomunicación rurales.**

Presentado por :

ROBERTO CARLOS GARCÍA RIVAS

CARLOS ERNESTO RAMOS OSORIO

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

Dr. CARLOS EUGENIO MARTÍNEZ CRUZ

San Salvador, Septiembre 2012

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

Dr. CARLOS EUGENIO MARTÍNEZ CRUZ

DEDICATORIA.

Este trabajo de graduación se lo dedico a Dios todo poderoso por haberme permitido alcanzar una meta más en mi vida.

Se lo dedico a mis padres Juan y Argentina, por ser ellos quienes siempre me han dado el cariño, amor, comprensión y su apoyo incondicional que necesité a lo largo de mi estudio. Por estar al pendiente y querer siempre lo mejor para mí. Por ser los excelentes padres que son y sobreponer ante sus necesidades mi estudio y mi superación. Es por su sacrificio que hoy he podido lograr cumplir uno de mis muchos objetivos y coronar mi carrera profesional. Este triunfo alcanzado en mi vida es un fruto más cosechado por sus buenos valores que inculcaron siempre a lo largo de mi educación. Este triunfo lo dedico a ustedes. Los amo.

Se lo dedico a mis hermanitas Sonia y Milagro, por siempre darme su apoyo incondicional en los momentos que lo he necesitado porque siempre han sido ellas un motivo más para que logre alcanzar mis metas. Siempre han sido parte muy importante de mi vida y mis triunfos son sus triunfos. Las amo mucho.

Se lo dedico a mi sobrinito Juancito, pues es el miembro más pequeñito de mi familia y ha sido él quien ha llegado a dar muchas alegrías a nuestras vidas con su inocencia, un motivo más por quien querer seguir triunfando en la vida.

Se lo dedico al amor de mi vida a mi novia Carmencita, por ser la luz de mis ojos, por estar siempre apoyándome y dándome ánimos a luchar en mi vida para conseguir cumplir siempre todas las metas que me he propuesto. Por ser ella parte muy especial en mi corazón. Mis triunfos son tus triunfos también mi amor.

ROBERTO GARCÍA.

Este triunfo se lo dedico primeramente a Dios que me dio la vida y que me cuida siempre sin el nada es posible.

También va dedicado a mi papá José Ramos que me ayudo durante mis estudios apoyándome económicamente sin negarme nada. Te doy las gracias papá y me hubiera gustado que estuvieras en mi graduación físicamente pero sé que estarás en mi corazón. Fuiste un buen padre y te agradezco todo lo que hiciste por mí. Que descanses en paz papá.

Le dedico este triunfo también a mi mamá Ana Osorio porque también me apoyó económicamente y porque siempre ha estado a mi lado. Te doy las gracias mama y te agradezco todo lo que has hecho por mí. Gracias a ti no me hizo falta nada.

Carlos Ernesto.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios todo poderoso por haberme dado la vida, la sabiduría y fuerza necesaria para lograr coronar mi carrera universitaria. A mi madre santísima la Reina de la Paz, pues ha sido ella quien siempre me ha cuidado en mi constante viajar a lo largo de todo mi estudio universitario.

Agradezco a mis padres Juan y Argentina pues han sido ellos todo para mí, pues gracias a sus consejos y la buena educación que me han sabido dar en mi vida he logrado mantenerme firme, cumplir mis objetivos y todas las metas que me he trazado. Pues es por su amor, por su sacrificio y por su apoyo incondicional que he logrado culminar mi estudio universitario. Papá gracias por todo, gracias por sacrificarse siempre por mí. Mamá gracias por todos sus consejos, por sus ánimos, por darme la mano para levantarme cada vez que caí. Les estoy eternamente agradecido por absolutamente todo lo que me han dado en la vida. Los amo.

Agradezco a mis hermanitas Sonia y Milagro, porque siempre han estado al pendiente de mis padres y de todo en mis largas ausencias debido a mis estudios, gracias por estar al pendiente de todo lo que yo necesité. Gracias por siempre ser parte fundamental en mi vida, gracias por ayudarme siempre a lo largo de mi vida y por ser todo para mí. A mi sobrinito Juancito por dar alegría a nuestra familia.

Agradezco a mi novia Carmencita por toda su comprensión por toda la ayuda que ella me ha brindado, porque ha sido parte muy importante en mi vida, porque siempre ha sabido comprender mis ocupaciones y mis dificultades en mi estudio. Por absolutamente todo su apoyo, por hacerme saber y sentir que soy parte principal de su vivir. Por ser el complemento de mi vida. Gracias por todo mi amor. Te amo.

Agradezco a niña Jesús Gáneas, por haberme apoyado cuando más lo necesite, por haberme brindado su ayuda sin interés alguno. Gracias por su sincera amistad con nuestra familia y por estar al pendiente de mis necesidades a lo largo del desarrollo de mi estudio y trabajo de graduación.

Agradezco a mis amigos, Cristóbal y Johanna que fueron quienes estuvieron al pendiente de todas mis necesidades y por haberme dado su ayuda en momentos cuando más la necesite.

Agradezco a todos y cada uno de mis familiares que siempre estuvieron apoyándome a todos mis tíos gracias por toda su ayuda, gracias por ser parte de mi triunfo. A los miembros del ministerio de alabanza Asís, pues gracias a ellos me supe mantener siempre por el camino del bien y por ser parte de mi vida. Gracias a todos.

Agradezco al asesor de esta tesis, Dr. Carlos Martínez por su tiempo, dedicación, por su gran responsabilidad e incentivo al mejoramiento y desarrollo de este trabajo de graduación. Gracias por sus consejos y su buena voluntad de trabajo.

ROBERTO GARCÍA.

Le agradezco primeramente a Dios por brindarme salud, por darme el pan de cada día y por cuidar de mis padres durante mucho tiempo. Por todo eso puedo decir que he terminado mis estudios en la universidad.

Un agradecimiento al Doctor Carlos Martínez porque no solo fue un asesor de tesis si no porque siempre estuvo pendiente que fuéramos avanzando en nuestra tesis y así terminarlo en un tiempo justo. Además se preocupó porque nuestro trabajo quede bien desarrollado.

Un agradecimiento al Ing. Carlos Pocasangre por ayudarnos a solucionar el problema que teníamos en nuestra tesis.

Carlos Ernesto.

ACRÓNIMOS.

AH:	Amperios Hora.
EIE:	Escuela de Ingeniería Eléctrica.
MP01:	Mesh Potato versión 01.
IP:	Protocolo de Internet.
VoIP:	Voice over Internet Protocol.
PBX:	Private Branch eXchange.
SIP:	Session Initiation Protocol.
IAX:	Inter-Asterisk eXchange.
PSTN:	Public Switch Telephone Network.
WAN:	Wide Area Network.
WIFI:	Wireless Fidelity.
LAN:	Local Area Network.
ATA:	Analog Telephone Adapter.
RTP	Realtime Transport Protocol.
NAT	Network Address Translators.
MGCP	Media Gateway Control Protocol.

Contenido

CAPITULO I.	1
1 INTRODUCCION.....	1
1.1 Interés de la investigación.....	1
1.2 Motivación.	2
1.3 Objetivos del trabajo de graduación.....	2
1.4 Organización.....	2
CAPITULO II	4
2 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.	4
2.1 ELEMENTOS BASICOS EN UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO.	4
2.2 CALCULOS TEORICOS.....	5
2.2.1 Cálculos para Router MP01	6
2.2.2 Cálculos para la centralita IP01.	8
2.2.3 Cálculos para la centralita IP04.	10
2.2.4 Cálculos para la centralita IP08.	12
2.2.5 Resumen de resultados para los cálculos teóricos.	12
2.3 SIMULACION DEL SISTEMA CON EL SOFTWARE CENSOL 5.0	12
CAPITULO III	17
3 CONSTRUCCION DE LOS SISTEMAS, PRUEBAS Y RESULTADOS.	17
3.1 CONSTRUCCION DEL PRIMER SISTEMA.....	17
3.2 CONSTRUCCION DEL SEGUNDO SISTEMA.....	20
3.3 PRUEBAS Y RESULTADOS.....	22
3.3.1 PRIMER SISTEMA FRENTE A LA ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA.....	22
3.3.2 SEGUNDO SISTEMA.	28
CAPITULO IV	29
4 DISEÑO Y CONFIGURACION DEL SERVIDOR VoIP.....	29
4.1 EQUIPO A UTILIZAR.	29
4.2 DISEÑO DE LA RED TELEFÓNICA.....	31
4.3 CONFIGURACIÓN DE LA TRONCAL SIP EN LA CENTRALITA IP01 COMO SERVIDOR ASTERISK.....	33
4.4 CONFIGURACIÓN DE EXTENSIONES SIP INTERNAS EN LA CENTRALITA IP01.....	35

4.5	CONFIGURACIÓN DEL PLAN DE MARCADO DE LA RED INTERNA EN LA IP01.	37
4.6	CONFIGURACIÓN DEL PLAN DE MARCADO PARA LLAMADAS ENTRANTES EN LA IP01....	38
4.7	CONFIGURACIÓN DE RED INALÁMBRICA PARA INTEGRARLA AL SERVIDOR VOIP.....	38
4.7.1	Configuración de las troncales SIP en routers MP.	39
4.7.2	Configuración de las extensiones SIP en routers MP.	39
4.7.3	Configuración del plan de marcado en routers MP.	41
4.8	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SERVICIO VoIP CONFIGURADO EN LA IP01.	44
4.8.1	Registro de MP 01 con la centralita IP01.	44
4.8.2	Registro de MP 02 con la centralita IP01.	44
4.8.3	Registro de MP 03 con la centralita IP01.	45
4.8.4	Registro de la centralita IP01 con los servidores VoIP UES y Skype.....	46
4.8.5	Llamada enlazada desde el MP01 con extensión 6004.....	48
4.8.6	Solución al problema de pérdida de audio conectando la centralita IP01 a internet residencial Claro y a una IP pública.....	50
CAPITULO V		51
5	CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS.	51
5.1	CONCLUSIONES.	51
5.2	LÍNEAS FUTURAS.	52
Bibliografía		53
ANEXOS		55
ANEXO A.....		55
A.	Cuenta Skype Manager.	55
	CONFIGURACION DEL PERFIL SIP EN LA SECCION SKYPE CONNECT.	58
	INFORME DE COMPRA DE SALDO EN SKYPE MANAGER.....	62
	INFORME DE ASIGNACIONES Y RECUPERACIONES DE CREDITO.....	63
ANEXO B.....		64
B.	TARIFAS DE PROVEEDORES DE VoIP NACIONALES E INTERNACIONALES.	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Sistema solar fotovoltaico.....	4
Figura 2.2: Controlador de carga solar.....	8
Figura 2.3: Base de datos de Censol 5 para la radiación solar en San Salvador.	13
Figura 2.4: Simulación del sistema fotovoltaico para router MP01.....	14
Figura 2.5: Simulación del sistema fotovoltaico para la IP01.....	15
Figura 2.6: Simulación del sistema fotovoltaico para la IP04 e IP08.....	15
Figura 3.1: (a) Dimensiones físicas de un panel fotovoltaico, (b) Estructura metálica para el arreglo de paneles fotovoltaicos, (c) Dimensiones lineales para la base del panel y (d) Calculo de distancia de soporte para fijar ángulo.....	17
Figura 3.2: Estructura de soporte para el arreglo de paneles fotovoltaicos.....	18
Figura 3.3: Caja provisional para instalar batería y regulador en las primeras pruebas.....	18
Figura 3.4: Dimensiones físicas de la batería.	19
Figura 3.5: (a) Pernos para fijar estructuras en el poste y anclas para fijar la cabina. (b) Caja metálica para albergar la batería y el controlador.....	19
Figura 3.6: (a) Hueco de la base para cabina telefónica. (b) Base para fijar la cabina telefónica. (c) Base de concreto para poste galvanizado. (d) Instalación completa del sistema solar y cabina telefónica.....	20
Figura 3.7: (a) Soporte del panel (b) Soporte de la estructura. (c) Estructura de soporte a montar en el poste.....	21
Figura 3.8: Dimensiones de la batería.....	21
Figura 3.9: a) Dimensionamiento b) Soporte de la batería terminada.	22
Figura 3.10: Conexión de medidores.	23
Figura 3.11: (a) Corriente medida con el MP conectado. (b) Voltaje medido con el MP conectado. (c) Corriente medida con el MP desconectado. (d) Panel fotovoltaico utilizado en primeras pruebas.....	23
Figura 3.12: Voltaje de carga de batería.	24
Figura 3.13: (a) Corriente suministrada por los paneles. (b) Voltaje en los paneles. (c) Corriente demandada por el MP. (d) Voltaje suministrado al MP.....	25
Figura 3.14: Conexiones de panel y batería para controlador solar SunGuard.	25
Figura 3.15: (a) Instalación del controlador phocos en el primer sistema. (b) Medición de corriente y voltaje en la carga con el teléfono colgado. (c) Medición de corriente y voltaje en la carga con el teléfono descolgado.....	26
Figura 3.16: Medición de voltaje y corriente con una batería de 9AH	27
Figura 3.17: Medición de corriente y voltaje en la carga con teléfono colgado.....	28
Figura 4.1: Centralita IP01.....	29
Figura 4.2: Router Bullet2.	30
Figura 4.3: Router MP01.	30
Figura 4.4: Diseño de la red telefónica.....	31
Figura 4.5: Plan de marcado para llamadas salientes internacionales.	43
Figura 4.6: Llamadas nacionales desde MP01 con extensión 6004.	48

Figura 4.7: Llamadas internacionales desde MP01 con extensión 6004.	49
Figura A.1: Página para crear cuenta Skype Manager.	55
Figura A.2: Cuenta Skype Connect.	55
Figura A.3: Sección Skype Connect.	56
Figura A.4: Elegir un nombre para un perfil SIP.	57
Figura A.5: Compra de un canal para un perfil SIP.....	57
Figura A.6: Información de autenticación para un perfil SIP.	58
Figura A.7: Configuración del perfil SIP.....	59
Figura A.8: Crédito asignado a Llamadas salientes.	59
Figura A.9: Agregar miembros a la cuenta Skype Manager.	60
Figura A.10: Crear o Invitar miembros a la cuenta Skype Manager.....	60
Figura A.11: Miembros de la cuenta Skype Manager.	61
Figura A.12: Quitar un miembro de la cuenta Skype Manager.....	61
Figura B.1: Oferta económica de Claro para telefonía digital E1.	65
Figura B.2: Tarifas internacionales de Claro para telefonía digital E1.	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Resultados de las capacidades panel solar y batería.	12
Tabla 2.2: Resultados necesarios para el dimensionamiento del sistema.....	14
Tabla 2.3: Promedio de Horas Sol Pico para diferentes ángulos de inclinación.	16
Tabla 3.1: Resultados en las mediciones.....	23
Tabla 3.2: Cálculo de potencia.	27
Tabla 3.3: Calculo de potencia del sistema.	28
Tabla B.1: Tarifas de Skype.....	64
Tabla B.2: Tarifas de Telefónica Móviles El Salvador para el servicio E1.	67
Tabla B.3: Tarifas Google Voice.....	68

LISTA DE CONFIGURACIONES.

Configuración 1: Crear una IP virtual en la centralita IP01.	32
Configuración 2: Interfaces eth0 en la centralita IP01.....	32
Configuración 3: Troncal SIP 1.....	33
Configuración 4: Troncal SIP 2.....	34
Configuración 5: Prueba de estado para la troncal SIP.....	35
Configuración 6: Extensión interna 6002, archivo sip.conf.....	35
Configuración 7: Extensión interna 6003, archivo sip.conf.....	36
Configuración 8: Extensión interna 6004, archivo sip.conf.....	36
Configuración 9: Contexto extensiones.	37
Configuración 10: Plan de marcado para llamadas entrantes.	38

Configuración 11: Registro de la troncal MP 01.....	39
Configuración 12: Registro de la troncal MP 02.....	39
Configuración 13: : Registro de la troncal MP 03.....	39
Configuración 14: Extensión SIP MP 01.	40
Configuración 15: Extensión SIP MP 02.	40
Configuración 16: Extensión SIP MP 03.	41
Configuración 17: Plan de marcado MP 01.....	41
Configuración 18: Plan de marcado MP 02.....	42
Configuración 19: Plan de marcado MP 03.....	42
Configuración 20: Registro de MP 01 con la Centralita IP01.	44
Configuración 21: Registro de MP 02 con la Centralita IP01.	45
Configuración 22: Registro de MP 03 con la Centralita IP01.	46
Configuración 23: Corrida de Asterisk en la Centralita IP01.	47

CAPITULO I.

1 INTRODUCCION.

La dispersión de las viviendas en la zona rural, la poca demanda energética, el escaso poder adquisitivo de los pobladores, el difícil acceso y la dificultad para el mantenimiento son algunas de las razones por las que las compañías de distribución eléctrica no tienen interés en ampliar sus servicios hasta estas zonas. En El Salvador según la Comisión Nacional de Energía (CNE), cerca del 20% de la población rural salvadoreña carece del servicio de energía eléctrica [1]. Por consiguiente, se carece también de muchos servicios de telecomunicación. Nuestro estudio se enfocará en resolver el problema de energizar, mediante métodos fotovoltaicos, equipo de telecomunicación de bajo consumo de potencia. Para ello se utilizará el router telefónico MP01, un teléfono convencional, un controlador de carga y una batería de ciclo profundo. También se incluye como carga una pequeña central telefónica tipo IP-PBX.

1.1 Interés de la investigación.

En la Universidad de El Salvador se han realizado diferentes trabajos de graduación relacionados con el tema de la energía solar fotovoltaica. En el año 2002, se desarrolló un trabajo de graduación con la idea de introducir un sistema de energía fotovoltaica en el cantón El Alto, Potonico, Chalatenango [2]. En este trabajo se presentó la viabilidad de ejecutar el proyecto (en cada cantón). También, en el año 2006 se realizó otro trabajo de graduación cuyo objetivo era realizar una propuesta basada en la combinación de las tecnologías: solar fotovoltaica y energía eólica [3]. Recientemente en la Escuela de Ingeniería Eléctrica se han desarrollado trabajos de graduación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red [4] [5] [6] [7].

Hasta la fecha no hay antecedentes en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de trabajos de graduación relacionados con aplicaciones solares fotovoltaicas para energizar equipo de telecomunicación. Sin embargo se han desarrollado varios trabajos de graduación relacionados con servicios de telecomunicación para zonas rurales.

En el año 2011, se desarrolló un trabajo de graduación basado en proporcionar telefonía VoIP a través de una red inalámbrica tipo malla. La red tenía la capacidad de conectarse a la red de pública telefónica. Además se contaba con servicio de internet [8]. Este trabajo utilizó el estándar IEEE 802.11 b/g. También, se presentaron los pasos de cómo cambiar firmware a los routers, la configuración del equipo y el software para convertir los routers en nodos y supernodos de la misma red. La red se incorporó a la red VoIP de la UES.

En el año 2012, se presentó como trabajo de graduación una propuesta de voz iterativa para el Hospital Nacional Rosales [9]. En el trabajo de graduación se implementó una

herramienta de comunicación basada en los más recientes avances tecnológicos en materia de voz sobre protocolo de Internet (VoIP). De aquí se utilizó las configuraciones de los router y de la central telefónica basada en Asterisk.

1.2 Motivación.

Como ha podido constatarse en la revisión bibliográfica no existen antecedentes sobre la implantación de sistemas solares fotovoltaicos para alimentar sistemas de telecomunicación rurales.

1.3 Objetivos del trabajo de graduación.

Objetivo general.

Construir un sistema de suministro eléctrico basado en energía fotovoltaica para alimentar un router de bajo consumo de potencia.

Objetivos específicos.

Dotar de autonomía energética a un router inalámbrico.

Construir un prototipo de bajo costo de un sistema de telecomunicación.

Ofrecer servicio de telecomunicación gratuito para realizar llamadas dentro del campus a la comunidad de la FIA.

Investigar la posibilidad de utilizar proveedores VoIP internacionales para dar servicio de llamadas a larga distancia.

1.4 Organización.

Este trabajo de graduación se divide en cinco capítulos. En el primer capítulo se presenta los intereses del proyecto y organización del mismo. Además, se incluye la motivación para llevar a cabo este servicio y los objetivos del trabajo. En el segundo capítulo se trata el problema del dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico. Éste está formado por tres componentes principales: batería, panel fotovoltaico y controlador de carga. En este capítulo se tratan los cálculos teóricos para las especificaciones de los componentes antes mencionados.

En el tercer capítulo se trata la construcción de los dos sistemas, las pruebas y los resultados. Se explica cómo se diseñó y construyó las dos estructuras de cada sistema. En la construcción de estos sistemas fotovoltaicos se tuvo en consideración reducir el costo del mismo. Las pruebas realizadas se enfocaron a dotar de confiabilidad al sistema fotovoltaico. Tal como se presenta en este capítulo el resultado final son sistemas baratos y confiables.

En el cuarto capítulo se introduce la configuración de los equipos de telecomunicación utilizados (router MP01 y Centralita IP01). Se implementa una red VoIP con tres routers telefónicos MP01 funcionando como nodos, un router Bullet2 funcionando como supernodo, una centralita IP01 funcionando como servidor VoIP y una troncal SIP que permite hacer llamadas internacionales. Esta red tiene como objetivo crear un sistema de telefonía de voz sobre IP para llamadas internacionales mediante el software Asterisk enrutadas a través de un proveedor como Skype.

Finalmente en el quinto capítulo se muestran las conclusiones y líneas futuras para este trabajo de graduación.

CAPITULO II

2 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Para realizar un buen dimensionamiento del sistema es necesario conocer cada uno de los elementos a utilizar. Es por ello que en este capítulo previamente se presentan algunos conceptos básicos utilizados en los cálculos teóricos que son indispensables para tomar las mejores decisiones. Por ejemplo, a la hora de comprar o especificar un tipo de batería se tiene que escoger la que mejor se adecúe a la necesidad a cubrir, ya que en el mercado existe una gran diversidad de éstas.

2.1 ELEMENTOS BASICOS EN UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO.

Los elementos básicos a dimensionar en un sistema solar aislado son: Panel solar, batería y controlador de carga. La Figura 2.1 muestra el esquema de un sistema solar fotovoltaico aislado. Este servirá de base para nuestros prototipos. A continuación se detallan cada uno de las partes.

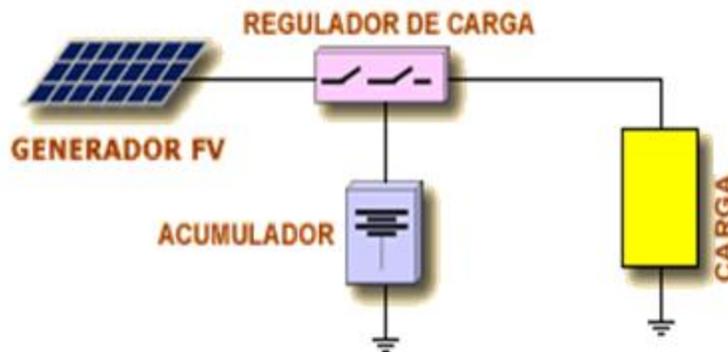


Figura 2.1: Sistema solar fotovoltaico.

El primer elemento a especificar es la batería. Esta se caracteriza a través de su capacidad. La capacidad de la batería es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería cargada al 100%. Se mide en Amperios hora (AH) o vatio hora (Wh). Por ejemplo, una batería de 130AH es capaz de dar 130A en una hora o 13A en diez horas. En sistemas fotovoltaicos se tienen valores típicos de 100 horas o más, pues en este orden se define el período de autonomía mínimo. Otro concepto importante en la especificación de la batería es su eficiencia de carga que es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la real almacenada y disponible. Una eficiencia del 100%

significa que toda la energía empleada para la carga puede ser utilizada posteriormente durante la descarga [10].

El segundo elemento a especificar es el módulo fotovoltaico. Estos son llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos. Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son: Radiación de 1000 W/m^2 y temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ [11].

Al conjunto formado por células conectadas en serie y en paralelo, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos, se le denomina panel o módulo fotovoltaico. La forma más usual no es construir un generador solar de un sólo panel, sino dividirlo en varios paneles de igual voltaje y potencia. Para varias aplicaciones se pueden diseñar módulos estándar, cumpliendo condiciones específicas. Usualmente sólo se usan ciertos voltajes estándar, como 1,5 V, 6 V, 12 V, 24 V y 48 V, que son múltiplos unos de otros. Cualquier pedido específico de potencia se puede satisfacer conectando el número adecuado de módulos en serie y en paralelo. La asociación en serie de paneles permite alcanzar la tensión pedida mientras que la asociación en paralelo permite obtener la potencia deseada. Los paneles que se interconecten deberán tener la misma curva i-v a fin de evitar descompensaciones [12].

El tercer elemento a especificar es el controlador de carga. Éste tiene la misión de regular la corriente que es absorbida por la batería con el fin de que en ningún momento pueda sobrecargarse peligrosamente. Al mismo tiempo evita en lo posible que se deje de aprovechar la energía captada por los paneles. El controlador debe controlar el voltaje, que será una indicación del estado de carga de la batería y si éste llega a un valor previamente establecido, correspondiente a la tensión máxima admisible, actuar de forma que impida que la corriente siga fluyendo hacia la batería [13].

2.2 CALCULOS TEORICOS.

Debemos de tener en cuenta que un sistema fotovoltaico aislado se utiliza en aquellos lugares donde no llega la red eléctrica. Resulta más caro montar una infraestructura para conectarse a la red que instalar un sistema fotovoltaico adecuado a las necesidades de consumo. En nuestro caso el sistema fue diseñado para suministrar energía a un Router Mesh Potato [14]. Este Router se utilizó para establecer un punto de enlace, realizar y recibir llamadas telefónicas nacionales e internacionales, sin perder el objetivo primordial del proyecto que es el de proporcionar el servicio de telefonía digital inalámbrica a bajo costo en lugares remotos y de difícil acceso de nuestro país.

Para calcular la instalación se debe tener en cuenta la demanda energética durante los meses más desfavorables y las condiciones técnicas óptimas de inclinación y orientación de los paneles solares. El sistema a dimensionar tendrá como carga el router MP01, su

consumo de potencia es de 2.5 Watts. Existe la posibilidad que se tenga como carga una de las tres centralitas IP-PBX que la empresa ATCOM fabrica: IP01 su consumo de potencia es de 3 Watts [15], IP04 su consumo de potencia es de 7.2 Watts e IP08 su consumo de potencia es de 7.2 Watts como se muestra en la Tabla 2.1

2.2.1 Cálculos para Router MP01

- ◆ Potencia de la carga (W) potencia que consume el MP:

Según la hoja del fabricante es de 2.5W

$$P_{carga} = 2.5W$$

- ◆ Horas de utilización por día (H_{uso}):

$$H_{uso} = 24h$$

- ◆ Consumo diario en corriente continua (L_{CC} en Wh):

$$L_{CC} = (P_{carga})(H_{uso})$$

$$L_{CC} = (2.5W)(24h) = 60Wh$$

$$L_{CC} = 60Wh$$

- ◆ Dimensionando la batería:

$$L = \frac{L_{CC}}{\eta_g}$$

Dónde:

L : Consumo de energía diaria.

L_{CC} : Consumo en corriente continua en Wh.

η_g : Eficiencia del acumulador.

Suponiendo una eficiencia de la batería de 85%

$$L = \frac{L_{CC}}{\eta_g} = \frac{60Wh}{0.85} = 70.59 Wh/dia$$

- ◆ Capacidad de la batería:

$$CB^* = \frac{LN}{P_{dmax}}$$

Dónde:

CB*: Capacidad de la batería, en Wh.

L: Energía final necesaria.

N: Número de días de autonomía.

P_{dmax}: Máxima profundidad de descarga de la batería.

Para nuestro diseño los días de autonomía es **N = 1** y **P_{dmax} = 50%**

$$CB^* = \frac{LN}{P_{dmax}} = \frac{(70.59 \text{ Wh/día})(1 \text{ día})}{0.50} = 141.18 \text{ Wh}$$

$$CB^* = 141.18 \text{ Wh}$$

◆ Tamaño del sistema de Acumulación:

Este se obtiene al dividir **CB*** entre el voltaje o tensión nominal del banco de baterías

$$CB(Ah) = \frac{CB^*}{V}$$

$$CB(Ah) = \frac{CB^*}{V} = \frac{141.18 \text{ Wh}}{12V} = 11.77 \text{ Ah}$$

$$CB(Ah) = 11.77 \text{ Ah}$$

Un valor comercial para la batería podría ser de 18AH. Para conocer los amperios horas por día que consume nuestro sistema dividimos la energía final necesaria entre el voltaje nominal del sistema.

$$L(Ah) = \frac{L}{V} = \frac{70.59[V \cdot A]h}{12V} = 5.8825 \text{ Ah por día}$$

$$L(Ah) = 5.8825 \text{ Ah por día}$$

Profundidad de descarga de la batería:

$$P_d = \frac{L(Ah)}{CB(Ah)}$$

$$P_d = \frac{L(Ah)}{CB(Ah)} = \frac{5.88 \text{ Ah}}{18 \text{ Ah}} = 0.33$$

$$P_d = 0.33 \quad \text{Ósea} \quad 33\%$$

◆ Determinación de la potencia del PFV:

$$Potencia(Wp) = 1.25 \times \frac{L}{(HSP)}$$

$$Potencia(Wp) = 1.25 \times \frac{70.59Wh}{(5h)} = 17.65W$$

$$Potencia(Wp) = 17.65W$$

∴ Un valor de Panel Comercial sería uno de 20W a un voltaje de 17V.

◆ Determinación del Regulador :

Lo que nos condiciona la determinación del regulador es la corriente del panel solar por lo tanto calculamos la corriente del sistema agregándole un factor de dimensionamiento de 1.25 en este caso utilizaremos la potencia estándar del panel de 20W a un voltaje del sistema de 12V. De la siguiente manera.

$$I_{max\ del\ regulador} = 1.25 \times \frac{P_{panel}(W)}{V_{sistema}(V)}$$

$$I_{max\ del\ regulador} = 1.25 \times \frac{20W}{12V} = 2.08A$$

$$I_{max\ del\ regulador} = 2.08A$$

El controlador de carga solar phocos CML05 soporta una corriente de 5Amp según sus especificaciones técnicas por lo que tenemos un margen de 2.92Amp [16].



Figura 2.2: Controlador de carga solar.

2.2.2 Cálculos para la centralita IP01.

Según la hoja técnica del fabricante la corriente de la centralita a un voltaje de 12V es de 500mA. Sin embargo, a través de mediciones realizadas en el laboratorio el consumo de

corriente nunca superó los 230mA. Por ello se decidió escoger un valor de 250mA de consumo de corriente.

- ◆ Potencia que consume la centralita IP01:

$$P_{carga} = 3W$$

- ◆ Horas de utilización por día (H_{uso}):

$$H_{uso} = 24h$$

- ◆ Consumo diario en corriente continua (L_{CC} en Wh):

$$L_{CC} = (3W)(24h) = 72Wh$$

$$L_{CC} = 72Wh$$

- ◆ Dimensionando la batería:

$$L = \frac{L_{CC}}{\eta_g} = \frac{72Wh}{0.85} = 84.71 Wh/dia$$

$$L = 84.71 Wh/dia$$

- ◆ Capacidad de la batería:

Con $N = 1$ y $P_{dmax} = 50\%$

$$CB^* = \frac{LN}{P_{dmax}} = \frac{(84.71 Wh/dia)(1 dia)}{0.50} = 169.42Wh$$

- ◆ Tamaño del sistema de Acumulación:

$$CB(Ah) = \frac{CB^*}{V} = \frac{169.42Wh}{12V} = 14.12Ah$$

Un valor comercial para la batería podría ser de 18AH. Para conocer los amperios horas por día que consume nuestro sistema dividimos la energía final necesaria entre el voltaje nominal del sistema.

$$L(Ah) = \frac{L}{V} = \frac{84.71[V \cdot A]h}{12V} = 7.06Ah \text{ por dia}$$

Profundidad de descarga de la batería:

$$P_d = \frac{L(Ah)}{CB(Ah)} = \frac{7.06Ah}{18Ah} = 0.39$$

$$P_d = 0.39 \quad \text{Ósea} \quad 39\%$$

- ◆ Determinación de la potencia del PFV:

$$Potencia(Wp) = 1.25 \times \frac{84.71Wh}{(5h)} = 21.18W$$

∴ Un valor de Panel Comercial sería uno de 20W a un voltaje de 12V.

- ◆ Determinación del Regulador :

$$I_{max \text{ del regulador}} = 1.25 \times \frac{P_{panel}(W)}{V_{sistema}(V)}$$

$$I_{max \text{ del regulador}} = 1.25 \times \frac{20W}{12V} = 2.08A$$

El controlador de carga solar phocos CML05 soporta una corriente de 5Amp según sus especificaciones técnicas por lo que tenemos un margen de 2.92Amp

2.2.3 Cálculos para la centralita IP04.

El diseñador de la central realizó pruebas extensivas sobre la central IP04. En una de las pruebas utilizó el peor escenario en cuanto a consumo de potencia. Este escenario es aquel donde hay 4 módulos FXS conectados en la central [17]. En este pero escenario fue de 7.2 Watts trabajando a 12 V.

- ◆ Potencia que consume la centralita IP04:

Según la hoja del fabricante es de 24W

$$P_{carga} = 7.2W$$

- ◆ Horas de utilización por día (H_{uso}):

$$H_{uso} = 24h$$

- ◆ Consumo diario en corriente continua (L_{CC} en Wh):

$$L_{CC} = (P_{carga})(H_{uso})$$

$$L_{CC} = (7.2W)(24h) = 172.8Wh$$

- ◆ Dimensionando la batería:

$$L = \frac{L_{cc}}{\eta_g} = \frac{172.8Wh}{0.85} = 203.3Wh/dia$$

◆ Capacidad de la batería:

Con $N = 1$ y $P_{dmax} = 50\%$

$$CB^* = \frac{LN}{P_{dmax}} = \frac{(203.3 Wh/dia)(1 dia)}{0.50} = 406.6Wh$$

◆ Tamaño del sistema de Acumulación:

$$CB(Ah) = \frac{CB^*}{V} = \frac{406.6Wh}{12V} = 33.9Ah$$

Para conocer los amperios horas por día que consume nuestro sistema dividimos la energía final necesaria entre el voltaje nominal del sistema.

$$L(Ah) = \frac{L}{V} = \frac{203.3[V \cdot A]h}{12V} = 16.9Ah \text{ por dia}$$

Un valor comercial para la batería podría ser de 18AH.

Profundidad de descarga de la batería:

$$P_d = \frac{L(Ah)}{CB(Ah)} = \frac{16.9Ah}{18Ah} = 0.93$$

$$P_d = 0.93 \quad \text{Ósea} \quad 93\%$$

◆ Determinación de la potencia del PFV:

$$Potencia(Wp) = 1.25 \times \frac{203.3Wh}{(5h)} = 50.8W$$

∴ Un valor de Panel Comercial sería uno de 50W a un voltaje de 12V.

◆ Determinación del Regulador :

$$I_{max \text{ del regulador}} = 1.25 \times \frac{P_{panel}(W)}{V_{sistema}(V)}$$

$$I_{max \text{ del regulador}} = 1.25 \times \frac{50W}{12V} = 5.2A$$

El controlador de carga solar phocos CML05 soporta una corriente de 5Amp según sus especificaciones técnicas. La corriente calculada es mayor a la que soporta éste

controlador por el factor de dimensionamiento que se le ha agregado, por lo tanto, podemos concluir que se puede utilizar éste controlador de carga.

2.2.4 Cálculos para la centralita IP08.

Los cálculos para la centralita IP08 se estima que son los mismos que para la IP04. La IP04 tiene un procesador Blackfin 532 y la IP08 tiene un procesador Blackfin 533. Ambos procesadores corren a 400 MHz. Por ello estimamos que el consumo de potencia será similar al de la IP04.

2.2.5 Resumen de resultados para los cálculos teóricos.

Como resumen a los cálculos obtenidos se muestra la Tabla 2.1

Elemento	Potencia de consumo [W]	Corriente del Regulador [A]	Consumo de energía [AH-día]	Capacidad de la batería comercial más próxima [AH]	Profundidad de descarga	Capacidad del panel [W]
IP01	3	5	7.06	18	39 %	20
IP04	7.2	5	16.9	18	93 %	50
IP08	7.2	5	16.9	18	93 %	50
MP01	2.5	5	5.88	18	33%	20

Tabla 2.1: Resultados de las capacidades panel solar y batería.

De acuerdo con la Tabla 2.1 las baterías de las centralitas IP04 e IP08, tienen una profundidad de descarga que sobrepasa los límites máximos (los valores más conservadores rondan el 30% y los valores más relajados rondan el 60% u 80%). Cabe mencionar que para el caso particular de la centralita IP04 el fabricante de ésta [17] ha medido un consumo de 7.2 W de potencia en el peor escenario en el que ésta se esté utilizando al máximo. El mismo fabricante midió un consumo mínimo de 3 W, por lo que podemos llegar a la conclusión que la profundidad de descarga de la batería rondará un valor del 42%

2.3 SIMULACION DEL SISTEMA CON EL SOFTWARE CENSOL 5.0

Para comprobar los cálculos teóricos hechos en la sección anterior, con el fin de dar más seguridad a los cálculos previamente realizados, se realizó una simulación mediante el software CENSOL versión 5.0 [18]. CENSOL 5 es un firme candidato a convertirse en un referente de software de utilidad para abordar el estudio de los sistemas de aprovechamiento de la energía solar, comprender sus fundamentos, analizar su comportamiento y realizar el dimensionado básico de instalaciones. Más que un programa, CENSOL 5 es un completo paquete informático que incluye hasta 12 módulos específicos [19].

Para realizar la simulación como ejemplo se tomó el router MP01. La fuente de los datos de la radiación solar en el área de San Salvador se tomó de la base de datos del mismo programa (ver Figura 2.3). Estos datos son necesarios en la simulación. Los datos son introducidos por el usuario en la fila correspondiente a la radiación H y a su respectivo promedio mensual en MJ/m² (el programa así lo requiere). Se deja la opción “*particular*” en la casilla de ubicación porque nuestro país no está en el listado de países que el programa tiene por defecto. Se deja una latitud de +13° ya que el programa no permite colocar la latitud exacta de nuestro país. El ángulo de inclinación del arreglo de los paneles fotovoltaicos es de 12°. Este valor se debe a la recomendación de instalar los arreglos de paneles fotovoltaicos con un ángulo aproximadamente igual a la latitud de la zona donde se va a instalar.

El promedio mensual de Horas Sol Pico durante todo el año se representa por HSP. El resultado HSP es proporcionado por el software una vez se ingresa por el usuario la radiación H.

Como ya se dijo, el router MP01 tiene un promedio de consumo de 2.5 Watts. Por lo tanto el consumo diario será de 70.6 Wh. Ese dato es ingresado en la casilla correspondiente. También, se introducen los datos técnicos del panel fotovoltaico (su potencia pico y tensión nominal), de la batería (tensión nominal, capacidad Amp-h y la temperatura) y del controlador de carga (tensión nominal).

Las imágenes capturadas en la simulación realizada se muestran en la Figura 2.3 y Figura 2.4

ALEMANIA	FINLANDIA	MOZAMBIQUE	ACAJUTLA (+13.5°)
ANGOLA	FRANCIA	NAMIBIA	AHUACHAPAN (+13.9°)
ANTÁRTIDA	GHANA	NICARAGUA	APASTEPEQUE (+13.7°)
ARGELIA	GRAN CAIMÁN	NIGERIA	ESTACION MATRIZ (+13.6°)
ARGENTINA	GRANADA	NUEVA ZELANDA	FINCA LOS ANDES (+16.2°)
ÁRTICO	GRECIA	PAKISTÁN	LA CARRERA (+13.3°)
AUSTRALIA	GUATEMALA	PANAMÁ	LA GALERA (+14.0°)
AUSTRIA	GUINEA	PARAGUAY	LA UNION (+13.3°)
AZORES	GUINEA PORTUGUESA	PERÚ	LAS PILAS (+14.3°)
BARBADOS	GUYANA	PORTUGAL	NUEVA CONCEPCION (+14.1°)
BÉLGICA	HAITÍ	REPÚBLICA DOMINICANA	SAN ANDRES (+13.8°)
BELIZE	HONDURAS	REUNIÓN	SAN FRANCISCO GOTERA (+13.7°)
BIRMANIA	HUNGRÍA	RUMANÍA	SAN MIGUEL (+13.4°)
BOLIVIA	INDIA	RUSIA	SAN SALVADOR (+13.6°)
BOTSWANA	IRAK	SANTA LUCÍA	SANTA ANA (+13.9°)
BRASIL	IRÁN	SANTO TOMÉ Y PRÍNCIPE	SANTA CRUZ (+13.4°)
BULGARIA	IRLANDA	SENEGAL	SANTA CRUZ PORRILLO (+13.4°)
CABO VERDE. ISLAS	ISLANDIA	SINGAPUR	SANTA TECLA (+13.6°)
CANADÁ	ISRAEL	SOMOA AMERICANA	SANTIAGO DE MARIA (+13.5°)
CHAD	ITALIA	SRI LANKA	
CHEQUIA / ESLOVAQUIA	JAMAICA	SUDÁFRICA	
CHILE	JAPÓN	SUDÁN	
CHINA	JORDANIA	SURINAM	
COLOMBIA	KENIA	TAILANDIA	
CONGO	KUWAIT	TAIWÁN	
COREA	LÍBANO	TANZANIA	
COSTA RICA	MACAO	TRINIDAD-TOBAGO	
CUBA	MADAGASCAR	TÚNEZ	
DOMINICA	MADEIRA. ISLAS	TURQUÍA	
ECUADOR	MALASIA	UGANDA	
EGIPTO	MALTA	URUGUAY	
EL SALVADOR	MALVINAS. ISLAS	VENEZUELA	
ESPAÑA	MARRUECOS	VÍRGENES. ISLAS	
ESTADOS UNIDOS	MARTINICA	ZAIRE	
ETIOPIA	MAURITANIA	ZAMBIA	
FII. ISLAS	MÉXICO	ZIMBAWE	
FILIPINAS	MOÑGOLIA		

© CENSOLAR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MJ/m ² :	20.1	21.0	21.8	21.4	21.0	18.2	21.0	21.8	17.7	19.1	19.2	19.1	20.1
kW·h/m ² :	5.6	5.8	6.1	5.9	5.8	5.1	5.8	6.1	4.9	5.3	5.3	5.3	5.6

Figura 2.3: Base de datos de Censol 5 para la radiación solar en San Salvador.

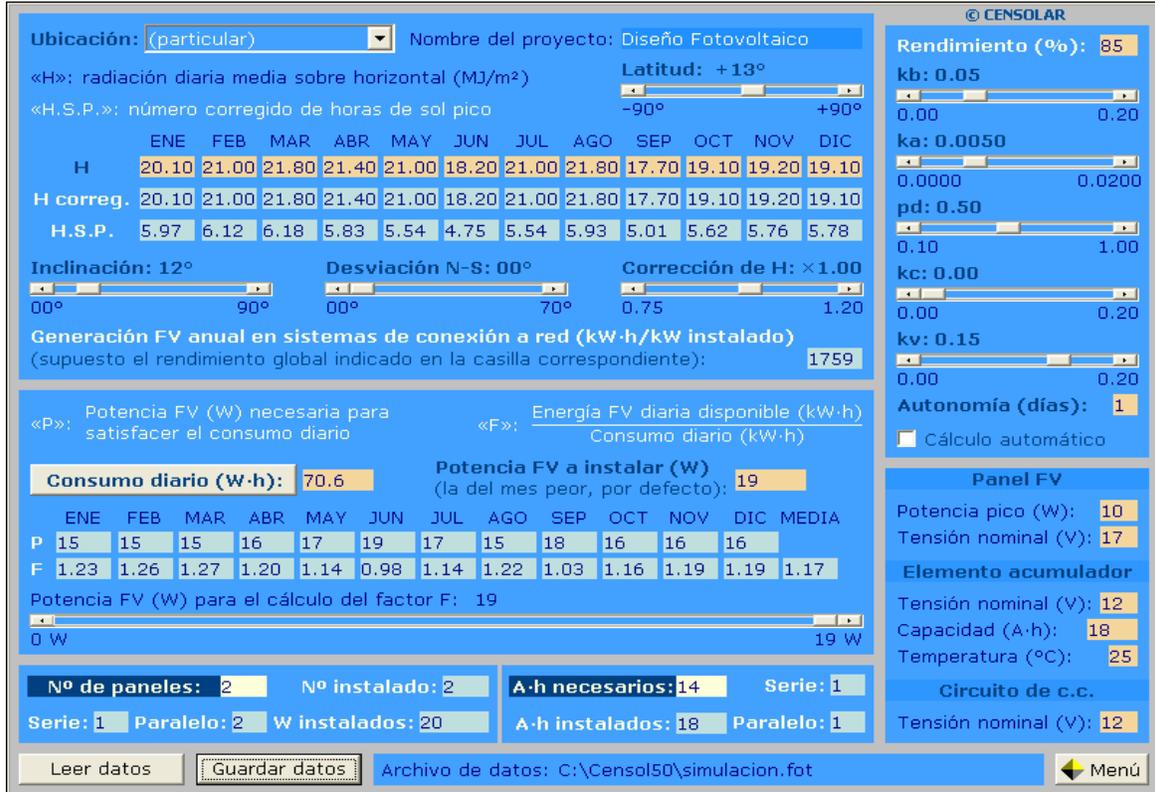


Figura 2.4: Simulación del sistema fotovoltaico para router MP01.

Los resultados obtenidos por medio del software se pueden observar en la Figura 2.4. La Tabla 2.2 resume los resultados necesarios para el dimensionamiento del sistema. Luego se muestra en la Figura 2.5 y Figura 2.6 la simulación para las centralitas IP01, IP04 e IP08.

POTENCIA	
Potencia FV a instalar (W)	19
PANEL FOTOVOLTAICO.	
Nº de paneles	2
Watts instalados	20
BATERÍA	
Amp-hora necesarios	14
Amp-hora instalados	18

Tabla 2.2: Resultados necesarios para el dimensionamiento del sistema.

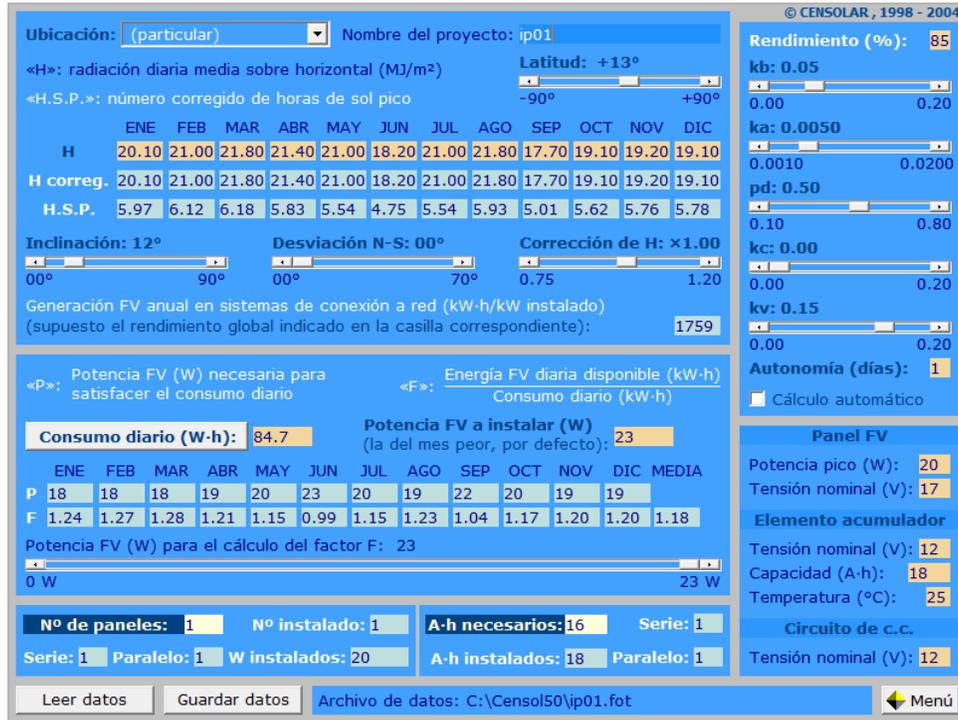


Figura 2.5: Simulación del sistema fotovoltaico para la IP01.

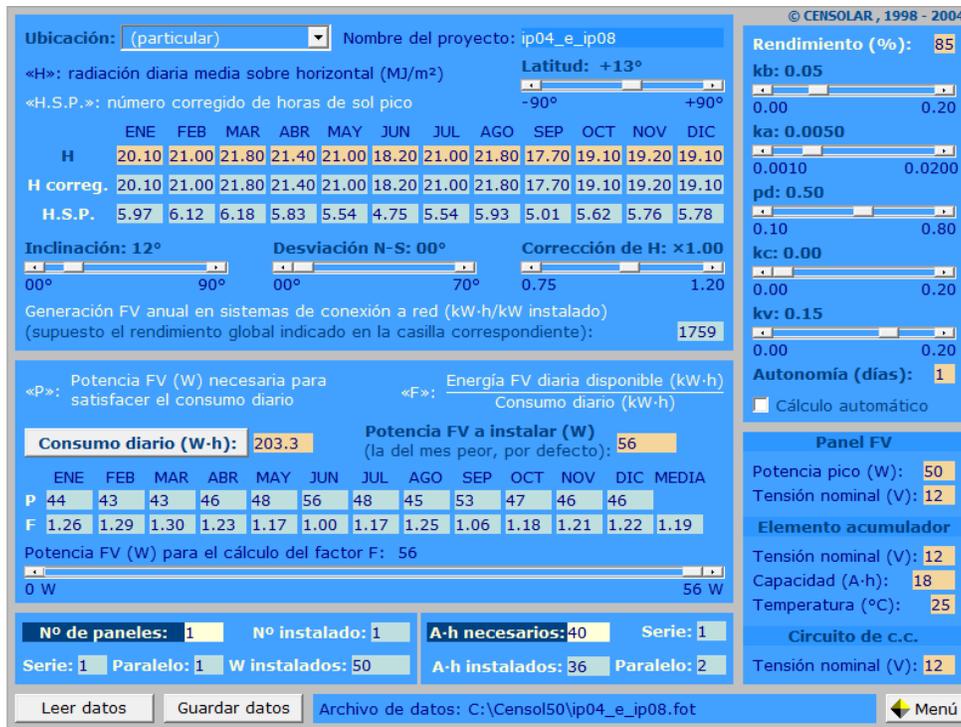


Figura 2.6: Simulación del sistema fotovoltaico para la IP04 e IP08.

En la Tabla 2.3 se muestran algunos de los promedios mensuales de Horas Sol Pico durante todo el año, calculados con el arreglo de paneles fotovoltaicos a diferentes ángulos de inclinación.

Ángulo de inclinación	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
Enero	5.06	5.1	5.1	5.1	5.15	5.15	5.2
Febrero	5.39	5.39	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44
Marzo	5.58	5.58	5.58	5.58	5.52	5.52	5.52
Abril	5.29	5.23	5.23	5.23	5.18	5.18	5.13
Mayo	4.54	4.54	4.49	4.49	4.45	4.4	4.4
Junio	4.48	4.48	4.43	4.38	4.38	4.33	4.29
Julio	5.22	5.22	5.17	5.11	5.11	5.06	5.06
Agosto	5.04	4.99	4.99	4.99	4.94	4.94	4.89
Septiembre	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72
Octubre	4.9	4.9	4.95	4.95	4.95	5	5
Noviembre	5.12	5.16	5.16	5.21	5.21	5.26	5.26
Diciembre	4.92	4.97	5.01	5.01	5.06	5.06	5.11
PROMEDIO ANUAL DE HSP	5.022	5.023	5.023	5.018	5.009	5.005	5.002

Tabla 2.3: Promedio de Horas Sol Pico para diferentes ángulos de inclinación.

De los resultados obtenidos en la Tabla 2.3 concluimos que con un ángulo de inclinación de 11° o 12° obtenemos un mejor promedio anual de Horas Sol Pico (5.023 HSP); en efecto, nuestro diseño y construcción se dejará con un ángulo fijo de 12°.

CAPITULO III

3 CONSTRUCCION DE LOS SISTEMAS, PRUEBAS Y RESULTADOS.

En la revisión bibliográfica realizada se encontró que algunas personas conectan directamente un panel de 10 W a un router MP01. Sin embargo en este trabajo de graduación se planteó la construcción de sistemas solares fotovoltaicos con autonomía y que funcionen la 24 horas del día. Eso conduce a incluir en nuestro diseño: panel, batería y controlador de carga. Estos tres dispositivos ya fueron especificados en el capítulo anterior. Ahora en este capítulo se construirá la infraestructura necesaria que albergue estos tres dispositivos. Además se incluyen las pruebas y resultados.

3.1 CONSTRUCCION DEL PRIMER SISTEMA.

Debido a que en la literatura revisada se encontro que el MP01 podia funcionar con un panel de 10W se optó por comprar uno de esta potencia. Sin embargo luego de realizar los cálculos mostrados en el capítulo anterior y de realizar las respectivas pruebas de laboratorio se determinó la necesidad de comprar otro panel de la misma potencia.

A continuación se darán las especificaciones del diseño para una estructura que soportará dos paneles de 10 W. Las dimensiones de un panel fotovoltaico de 10W se muestran en la Figura 3.1 (a). A partir de estas dimensiones se construyo la estructura que se muestra en la Figura 3.1 (b). En esta figura se observa la variable X, la cual será calculada posteriormente. Las distancias 50 cm y 33.8 cm representan el área física para ambos paneles.

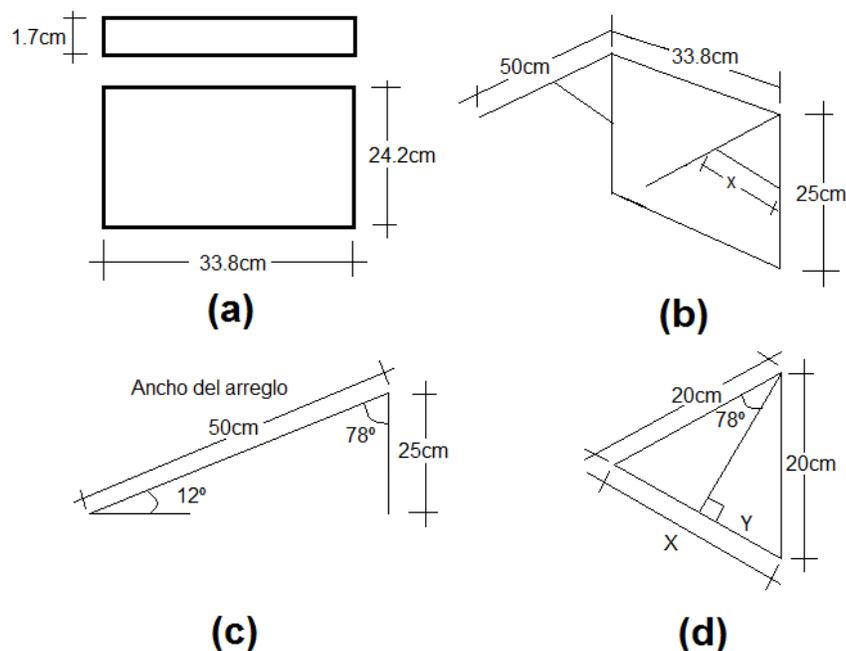


Figura 3.1: (a) Dimensiones físicas de un panel fotovoltaico, (b) Estructura metálica para el arreglo de paneles fotovoltaicos, (c) Dimensiones lineales para la base del panel y (d) Calculo de distancia de soporte para fijar ángulo.

En la Figura 3.1 (c) se muestran las dimensiones lineales de la base para la estructura donde se instalará el arreglo de los paneles fotovoltaicos. En la Figura 3.1 (d) se puede observar la forma en que fue diseñada la estructura de soporte. El diseño permite mantener fijo el arreglo de paneles con un ángulo de 12°. La línea marcada como X representa la distancia del soporte.

Para calcular la distancia X se calcula primero la distancia Y.

$$Y = 20 \text{ cm} \sin \frac{78^\circ}{2} = 12.59 \text{ cm}$$

La distancia X será dos veces la distancia Y

$$X = 12.59 \text{ cm} * 2 = 25.18 \text{ cm} \approx 25.2 \text{ cm}$$

Por tanto, la distancia X, que fijará la estructura para mantener el arreglo de los paneles fotovoltaicos a un ángulo de 12°, es aproximadamente 25 cm.

En la Figura 3.2 se puede observar la estructura de soporte de los paneles fotovoltaicos.



Figura 3.2: Estructura de soporte para el arreglo de paneles fotovoltaicos.

En un principio la batería y el regulador se montaron en una caja plástica. Esto se hizo con el objetivo de observar el comportamiento del sistema, véase Figura 3.3.

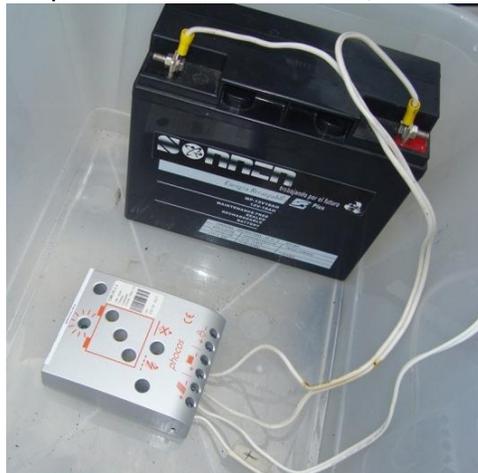


Figura 3.3: Caja provisional para instalar batería y regulador en las primeras pruebas.

Las dimensiones físicas de la batería se muestran en la Figura 3.4

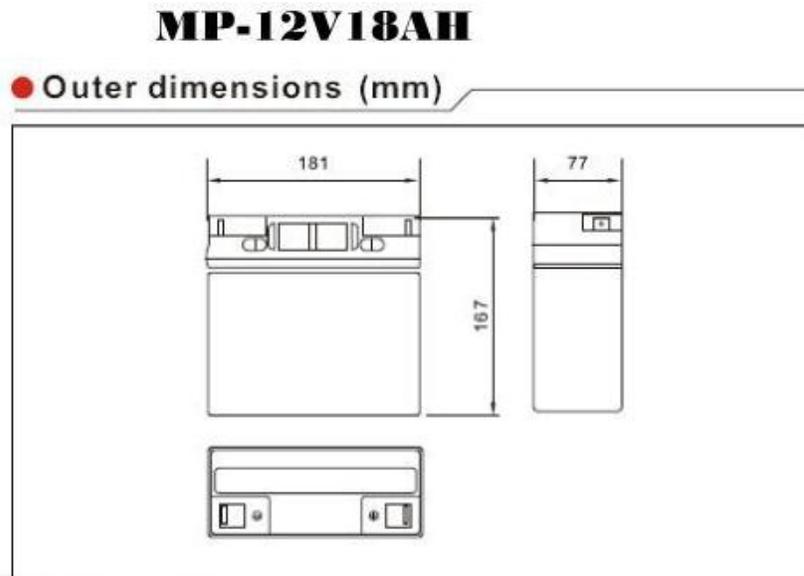


Figura 3.4: Dimensiones físicas de la batería.

Después de realizadas las pruebas iniciales, la batería y el regulador se instalaron en una caja metálica, ésta fue diseñada con un espacio amplio para la comodidad de los elementos a guardar dentro de ella. Los paneles y la caja metálica fueron fijados con pernos a un poste. En vista que el router MP01 es un router telefónico, se instaló en una cabina telefónica donada por la empresa Claro. Esto le dio un buen atractivo al sistema. La cabina telefónica proyectó la imagen de un teléfono público instalado en una zona rural aislada. En la Figura 3.5 (a) se pueden ver los pernos que se utilizaron para fijar la caja metálica, los paneles solares y las anclas que se utilizaron para fijar la cabina telefónica. En la Figura 3.5 (b) se observa la caja metálica donde quedaron instalados la batería y el controlador.



(a)



(b)

Figura 3.5: (a) Pernos para fijar estructuras en el poste y anclas para fijar la cabina. (b) Caja metálica para albergar la batería y el controlador.

Se instaló el primer sistema frente a la EIE. En la Figura 3.6 (a) se puede observar la construcción de la base para la cabina telefónica, se excavó en la tierra un hueco de

aproximadamente 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad. Se rellenó con concreto y se dejaron fijas las respectivas anclas para emperrar la cabina telefónica. En las Figuras 3.6 (b) y 3.6 (c) podemos observar las bases de concreto que se realizaron para fijar la cabina telefónica y para fijar el poste, respectivamente. Finalmente, en la Figura 3.6 (d) se puede observar el sistema terminado con los paneles solares, la caja metálica y la cabina telefónica ya instalados. Se adicionó un tubo para protección del cable que interconecta el teléfono con el router MP01.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.6: (a) Hueco de la base para cabina telefónica. (b) Base para fijar la cabina telefónica. (c) Base de concreto para poste galvanizado. (d) Instalación completa del sistema solar y cabina telefónica.

3.2 CONSTRUCCION DEL SEGUNDO SISTEMA.

A diferencia del primer sistema, este otro sistema tendrá un solo panel solar con la capacidad de 20W. La estructura de soporte no pudo ser del mismo tipo. Por tanto se diseñó una nueva estructura que se adapta a sus nuevas características físicas. La estructura consta de dos partes: la primera parte sostiene el panel fotovoltaico y la segunda parte soporta todo el sistema. La nueva estructura tiene básicamente la misma forma que la Figura 3.2. La nueva estructura tiene forma de cuadro. Además con esto se evitó perforar el panel evitando dañarlo. La Figura 3.7 (a) muestra la estructura que

soporta el panel y sus dimensiones para su construcción. La Figura 3.7 (b) muestra la estructura de soporte de todo el sistema que será fijada en el poste.

La función de la estructura que soporta el panel es soportar el peso del panel solar. A su vez evita que el viento lo tire. La función de la estructura que soporta el sistema sirve para que este pueda ser fijado al poste. Además, provee una inclinación de 12°, por medio de pernos y dos platinas. La Figura 3.7 (c) muestra cómo queda cuando se unen ambas piezas.

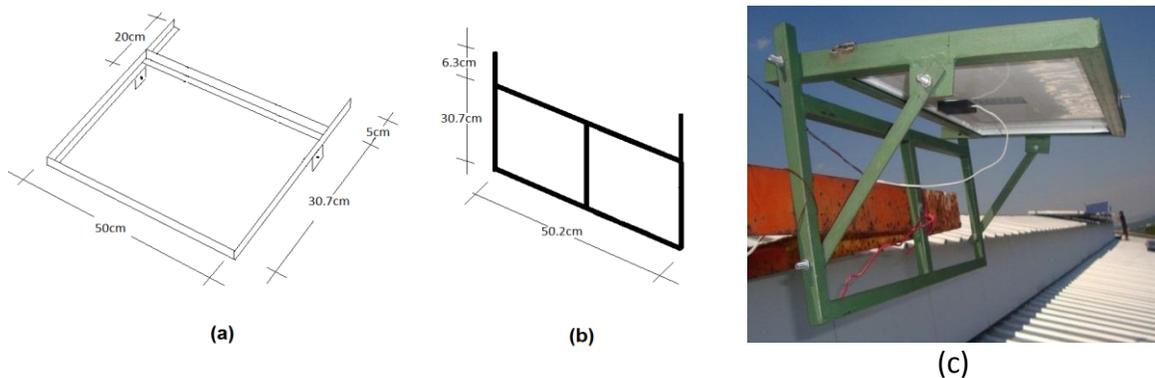


Figura 3.7: (a) Soporte del panel (b) Soporte de la estructura. (c) Estructura de soporte a montar en el poste.

Es importante conocer las dimensiones físicas de los objetos que irán dentro de la caja metálica para un buen dimensionamiento estos dispositivos son: un par de baterías de 9AH y un controlador de carga. Las dimensiones físicas de la batería muestran en la Figura 3.8.

MP-12V9AH

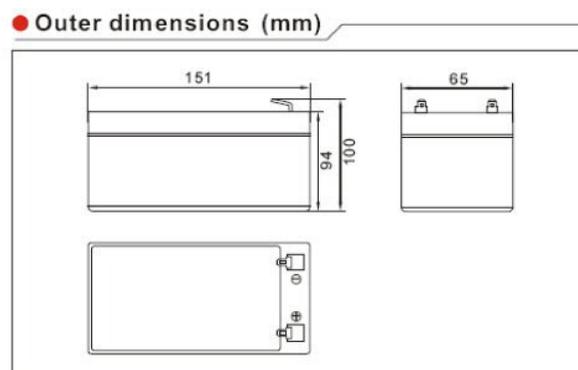


Figura 3.8: Dimensiones de la batería.

Igual que en el caso del primer sistema, la batería y el regulador quedaron en una caja metálica. Tomando en cuenta las dimensiones de la batería y el controlador de carga¹ las dimensiones para la caja de soporte de las baterías fueron:

¹ http://www.solarc.de/cms/media/Downloads/English/Manuals/User_Manual_CML_V2_All.pdf

Según la Figura 3.8, la altura de la batería es de 10 cm y su ancho es de 15.1 cm. Según el fabricante del controlador su altura es de 10 cm y su ancho es de 8 cm [20]. Con lo cual, la altura de la caja debe de ser de 29 cm y su ancho de 18 cm (Ver Figuras 3.9 (a) y (b)).

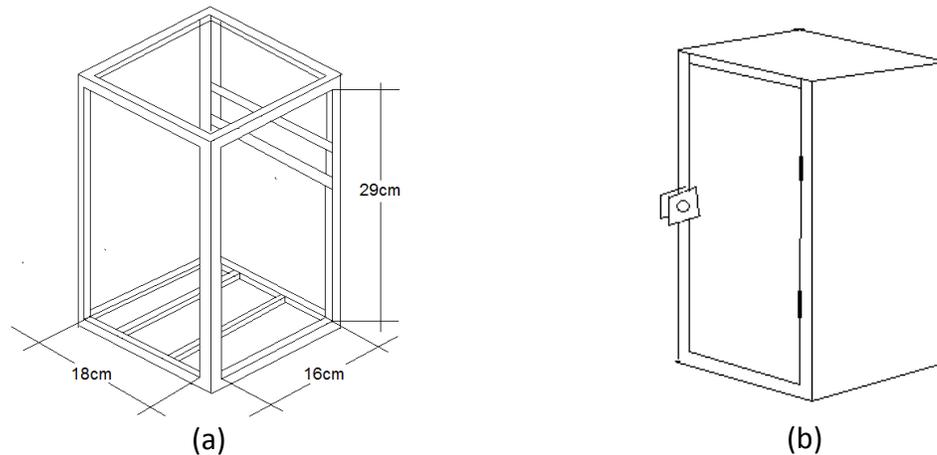


Figura 3.9: a) Dimensionamiento b) Soporte de la batería terminada.

3.3 PRUEBAS Y RESULTADOS.

3.3.1 PRIMER SISTEMA FRENTE A LA ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA.

En esta sección, se dan a conocer las pruebas que se realizaron. Detallando a continuación cada una de ellas. La primera prueba consistió en conectar el sistema con un panel solar de 10W, una batería de 18AH y un controlador de carga solar SunGuard. La segunda prueba consistió en conectar el sistema con dos paneles solares de 10W cada uno, una batería de 18AH y un controlador de carga solar SunGuard. La tercera prueba consistió en cambio de la etapa de control de voltaje. Una cuarta prueba consistió en dejar el sistema operando con dos paneles solares de 10W cada uno y una batería de 9AH.

En la primera prueba se utilizó un solo panel fotovoltaico de 10W. Esto debido a que en la literatura revisada se encontró que se habían realizado previamente pruebas con paneles de 10 Watts. Por ello se procedió a instalar en primera instancia el sistema alimentado con un solo panel de 10W. A continuación en la Tabla 3.1 se muestran las mediciones realizadas.

Una prueba que se realizó es la de comprobar si el panel da a su salida los voltajes especificados en su placa, su voltaje a circuito abierto, voltaje con carga y la corriente con el MP ya instalado. La Figura 3.10 muestra la conexión de los medidores. Como ya se dijo las mediciones registradas se muestran en la Tabla 3.1.

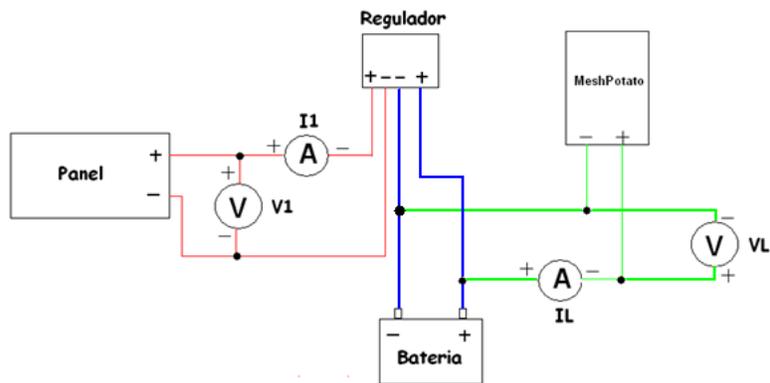


Figura 3.10: Conexión de medidores.

Voltaje a circuito abierto V1	Corriente I1	Voltaje con carga VL	Corriente IL
19.8V	25.1mA	13.57 V	2.42mA

Tabla 3.1: Resultados en las mediciones.

Para tener una idea de cómo se realizaron las mediciones en el lugar provisional se capturaron imágenes.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.11: (a) Corriente medida con el MP conectado. (b) Voltaje medido con el MP conectado. (c) Corriente medida con el MP desconectado. (d) Panel fotovoltaico utilizado en primeras pruebas.

Se registraron importantes caídas de voltaje en las mediciones. El panel fotovoltaico tuvo problemas para suplir la corriente necesaria para cargar la batería. Cuando el regulador de voltaje registraba valores inferiores a los 12 voltios en la batería éste desconectaba el panel. Conduciendo esto a la continua y total descarga de la batería. Si comparamos la Figura 3.11 (b) con la Figura 3.12 se puede observar una caída de voltaje de 1V.

Los resultados de esta prueba determinaron que no se puede seguir utilizando un único panel de 10W como suministro de energía fotovoltaica.

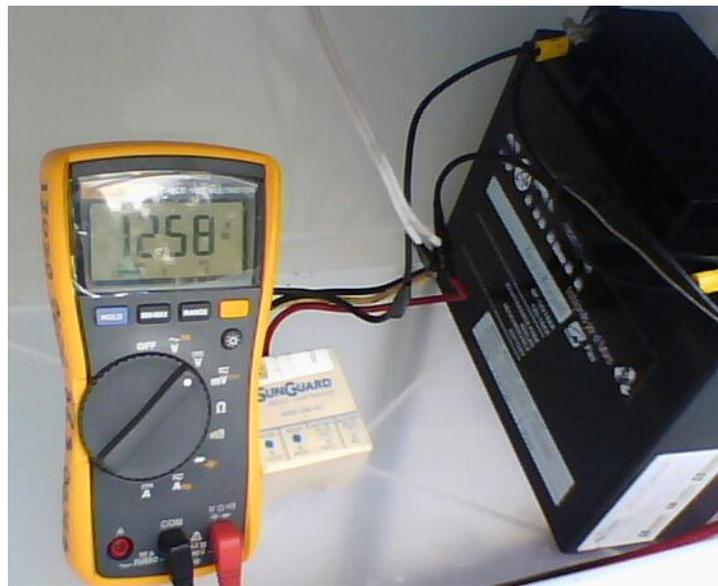


Figura 3.12: Voltaje de carga de batería.

Luego de verificar que un solo panel no suplía la potencia necesaria para el correcto funcionamiento del sistema, como segunda prueba se instaló un segundo panel 10 W. Como se vio en el capítulo anterior, los cálculos realizados teóricamente y simulados en Censol 5.0 la potencia debía ser cercana a 20 Watts. A continuación se muestran las mediciones que se realizaron, las mediciones se realizaron siguiendo como referencia la Figura 3.10

Las Figuras 3.13 (a) y 3.13 (b) muestran la corriente y voltaje suministrado por los paneles fotovoltaicos, respectivamente. Por otra parte las Figuras 3.13 (c) y (d) muestran la corriente y voltaje demandado por el router MP01, respectivamente.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.13: (a) Corriente suministrada por los paneles. (b) Voltaje en los paneles. (c) Corriente demandada por el MP. (d) Voltaje suministrado al MP.

El sistema presentó problemas en la parte de regulación de voltaje y protección de la batería. Este problema tuvo su origen en la mala selección que se hizo cuando se compró el controlador. Debido a que éste no poseía la característica de manejar cargas conectadas a él directamente. El controlador SunGuard instalado solamente disponía de cuatro conectores, dos conectores para el arreglo de paneles y dos para la batería (ver Figura 3.14).

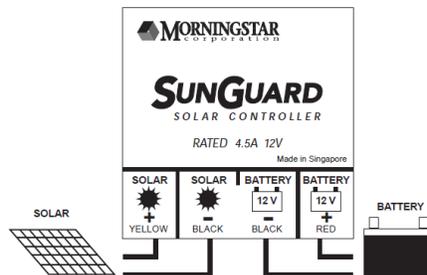


Figura 3.14: Conexiones de panel y batería para controlador solar SunGuard.

En la tercera prueba se decidió rediseñar la etapa de control de voltaje. Se adquirió el controlador de carga solar phocos CML series (5 – 20 A)² (ver Figura 3.15 (a)). Dicho controlador tiene la ventaja de conectar por separado el panel solar, la batería y el router. Con ello se obtuvo un mayor control en el estado de carga de la batería. El nuevo controlador posee tres indicadores (luces led) que dan a conocer un nivel de carga alto, medio y bajo en la batería.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.15: (a) Instalación del controlador phocos en el primer sistema. (b) Medición de corriente y voltaje en la carga con el teléfono colgado. (c) Medición de corriente y voltaje en la carga con el teléfono descolgado.

En las Figuras 3.15 (b) y (c) se muestran las mediciones de corriente y voltaje en el router MP01 con el teléfono colgado y descolgado, respectivamente. Todo ello se realizó con el fin de calcular la potencia que consume el sistema con la etapa de control rediseñada. La Tabla 3.2 muestra estos cálculos donde se puede observar que la máxima potencia que consume el sistema es de 3.18 W un valor que no está muy alejado al utilizado en los cálculos teóricos.

² http://www.solarc.de/cms/media/Downloads/English/Manuals/User_Manual_CML_V2_All.pdf

Teléfono	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]
Colgado	12.76	0.182	2.32
Descolgado	12.76	0.249	3.18

Tabla 3.2: Cálculo de potencia.

Una cuarta prueba consistió en dejar el sistema operando con dos paneles solares de 10W cada uno y una batería de 9AH. Esta prueba se realizó con el fin de reducir los costos del sistema solar. Una batería de 9AH es mucho más barata que una de 18 AH. Esta prueba no se realizó con el objetivo de contradecir los resultados obtenidos en el resumen de la Tabla 2.1 sino con el fin antes mencionado. Nos basamos para realizar esta prueba en los cálculos teóricos obtenidos en la sección 2.2.1 donde encontramos que los AH que consume el router MP01 en un día son aproximadamente 6AH.

Las pruebas consistieron en medir voltaje y corriente consumidos por la carga. Como se muestra en la Figura 3.16, los resultados fueron de 14.25V y 0.154A.



Figura 3.16: Medición de voltaje y corriente con una batería de 9AH

El sistema se mantuvo conectado a lo largo de un mes. Obteniendo como resultado que el sistema funcionó. Con el único inconveniente que la batería se descargaba diariamente a un valor mayor del 75% de su carga nominal. Dicho valor de descarga no es recomendable ya que acorta la vida útil de la batería.

3.3.2 SEGUNDO SISTEMA.

Al igual que en el sistema anterior, se hicieron mediciones de voltajes y corrientes que el router MP01 consumía con el teléfono colgado. También se realizaron pruebas con el teléfono descolgado que es donde la carga demanda mayor energía eléctrica.



Figura 3.17: Medición de corriente y voltaje en la carga con teléfono colgado.

En la Figura 3.17 (a) el voltaje medido en la carga es de 13.24V y la corriente es de 0.175A cuando el teléfono estaba colgado. En la Figura 3.17 (b) el voltaje medido es de 13.20V y la corriente es de 0.246A cuando el teléfono estaba descolgado. Se calculó la potencia que consume el sistema con estos datos medidos.

La Tabla 3.3 muestra estos cálculos donde se puede observar que la máxima potencia que consume el sistema es de 3.24W un valor que no está muy alejado al utilizado en los cálculos teóricos.

Teléfono	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]
Colgado	13.24	0.175	2.317
Descolgado	13.20	0.246	3.2472

Tabla 3.3: Calculo de potencia del sistema.

CAPITULO IV

4 DISEÑO Y CONFIGURACION DEL SERVIDOR VoIP.

En este capítulo se describe el equipo a utilizar en el diseño de la red. También se explican las configuraciones realizadas en cada uno de los equipos. El proveedor VoIP utilizado fue Skype. También se utilizó el servidor VoIP de la UES.

Con el proveedor VoIP Skype fue necesario crear una cuenta del tipo Skype Manager. Este tipo de cuentas permite adquirir y configurar una troncal SIP. Para más detalles sobre como configurar todos estos servicios en Skype Manager se recomienda ver el ANEXO A.

4.1 EQUIPO A UTILIZAR.

La Centralita IP-PBX IP01 se muestra en la Figura 4.1 [21]. Esta central es fabricada por ATCOM. La central incluye espacio para poder integrar un módulo FXO o FXS. La IP01 es un sistema integrado de código abierto basado en Linux que ejecuta las funciones de servidor proxy SIP/IAX2 y las funciones de NAT.



Figura 4.1: Centralita IP01.

El router Bullet2 se muestra en la Figura 4.2 [22]. Este router es fabricado por Ubiquiti Networks. Funciona en la banda ISM de 2.4 GHz. Su diseño es compacto pero tiene un buen alcance cuando se integra con una antena direccional u omnidireccional. Se utiliza mucho en enlaces punto a punto.



Figura 4.2: Router Bullet2.

El MP01 se muestra en la Figura 4.3 [23]. El MP01 es un router WiFi mesh. Cuenta con un ATA VoIP integrado. Funciona en la banda ISM de 2,4 GHz. Posee un hardware de diseño abierto y un firmware de código abierto. Se utiliza para construir sistemas inalámbricos de comunicación VoIP. Se utiliza para interconectar teléfonos y host LAN/WAN por medio de computadoras conectadas a su puerto Ethernet. Proporciona servicios de voz y servicios de datos. Su diseño de éste permite que se pueda instalar en exteriores.



Figura 4.3: Router MP01.

4.2 DISEÑO DE LA RED TELEFÓNICA.

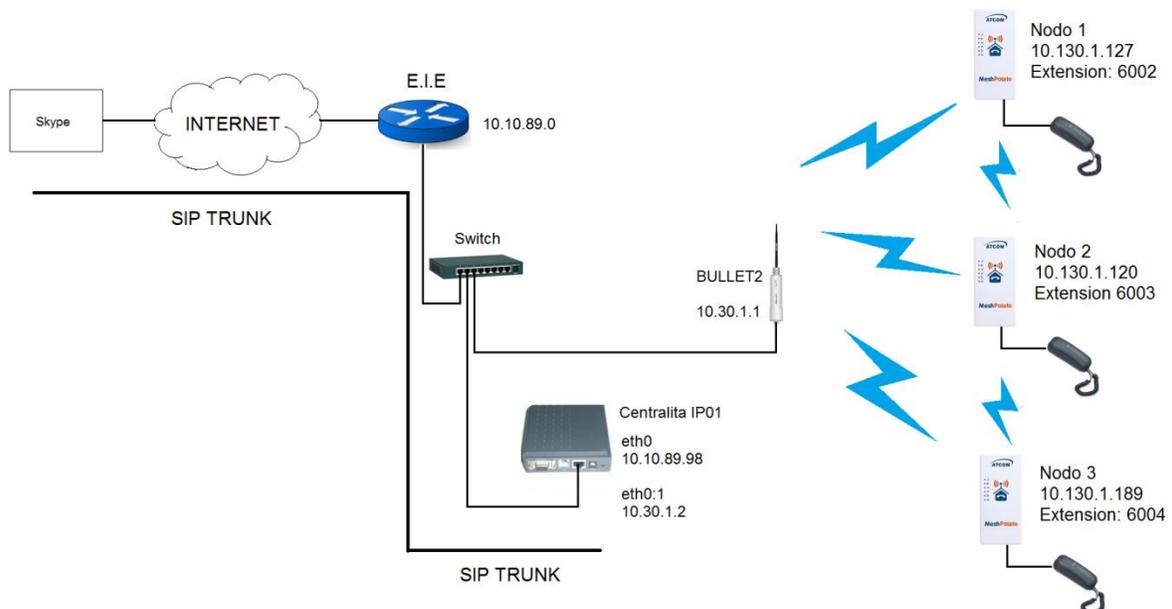


Figura 4.4: Diseño de la red telefónica.

En la Figura 4.4 vemos un diagrama de la red telefónica. Este incluye en montar un servidor VoIP Asterisk en una centralita IPPBX IP01. La centralita forma parte de una red local LAN, 10.10.89.0/24 de la red privada de la E.I.E. La IP01 se ha configurado con una dirección IP 10.10.89.98 y con una IP virtual 10.30.1.2. La IP virtual sirve para tener conexión hacia una red inalámbrica WIFI por medio de un router Bullet2 que tiene la función de súper nodo. Este router a la vez permite el encaminamiento de los paquetes de datos en la red y también crea una conexión entre la red cableada y la red inalámbrica. Para este trabajo de graduación se crearon tres extensiones internas: la extensión 6002, 6003 y la extensión 6004; una línea troncal para realizar llamadas a la red telefónica internacional.

Se creó la interfaz LAN virtual en la centralita IP01 modificando el archivo **/etc/network.sh** como se muestra en la Configuración 1. En la IP01 editar con el editor de textos **vi**, el archivo cuyo nombre es **network.sh** éste se encuentra en **/etc/network.sh** en este archivo se insertó la siguiente línea:

```
ifconfig eth0:1 10.30.1.2 netmask 255.255.255.0 broadcast  
10.30.1.255
```

La línea anterior se agregó después de la dirección de BackUp.

```

fi

    ifconfig eth0:9 172.31.255.254 netmask 255.255.255.252
    broadcast 172.31.255.255

    ifconfig eth0:1 10.30.1.2 netmask 255.255.255.0 broadcast
    10.30.1.255

elif [ $exec_option == stop ]
    then

```

Configuración 1: Crear una IP virtual en la centralita IP01.

Luego de insertada la línea antes mencionada, se comprobó la configuración de la IP virtual en la centralita IP01, ejecutando el comando **ifconfig** como se muestra en la Configuración 2.

```

root:~> ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:09:45:5C:13:F0
          inet addr:10.10.89.98  Bcast:10.10.89.255
Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST NOTRAILERS RUNNING MULTICAST  MTU:1500
Metric:1
          RX packets:1381 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:969 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:281023 (274.4 KiB)  TX bytes:429388 (419.3
KiB)
          Interrupt:48

eth0:1    Link encap:Ethernet  HWaddr 00:09:45:5C:13:F0
          inet addr:10.30.1.2  Bcast:10.30.1.255
Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST NOTRAILERS RUNNING MULTICAST  MTU:1500
Metric:1
          Interrupt:48

eth0:9    Link encap:Ethernet  HWaddr 00:09:45:5C:13:F0
          inet addr:172.31.255.254  Bcast:172.31.255.255
Mask:255.255.255.252
          UP BROADCAST NOTRAILERS RUNNING MULTICAST  MTU:1500
Metric:1
          Interrupt:48

```

Configuración 2: Interfaces eth0 en la centralita IP01.

4.3 CONFIGURACIÓN DE LA TRONCAL SIP EN LA CENTRALITA IP01 COMO SERVIDOR ASTERISK.

Para establecer una troncal SIP en Asterisk se dio seguimiento a los procedimientos necesarios para su configuración [9].

Paso 1: Dentro del archivo **sip.conf** que se encuentra en **etc/asterisk/sip.conf** se colocó una línea de registro para cada proveedor SIP. Dentro del contexto [general] en la sección OUTBOUND SIP REGISTRATIONS se agregaron las siguientes líneas:

```
register => usuario de SIP:contraseña@sip.skype.com
register => 2110:ie22110@168.243.7.190
```

Ver la Configuración 3.

```
vi etc/asterisk/sip.conf
;----- OUTBOUND SIP REGISTRATIONS -----
register => usuario de SIP:contraseña@sip.skype.com
register => 2110:ie22110@168.243.7.190
; Asterisk can register as a SIP user agent to a SIP proxy (provider)
```

Configuración 3: Troncal SIP 1.

En la Configuración 3 la línea:

register => usuario de SIP:contraseña@sip.skype.com registra la troncal SIP Skype. **usuario de SIP** contiene el nombre de usuario obtenido en el perfil skype connect seguido de su **contraseña**. Después del carácter @ tenemos **sip.skype.com** el cual es el dominio correspondiente al proveedor VoIP.

La línea **register => 2110:ie22110@168.243.7.190** registra la troncal SIP UES. Contiene la extensión **2110** seguida de su contraseña **ie22110**. Después del carácter @ tenemos la dirección IP **168.243.7.190** correspondiente al proveedor VoIP de la UES.

Paso 2: en el archivo **sip.conf** se creó una entrada de tipo friend (que acepta y realiza llamadas) al final de este archivo se agregó el código que se muestra en la Configuración 4. En ella registramos la troncal SIP Skype con los siguientes parámetros: host **sip.skype.com**, secret es la **contraseña**, username y fromuser son el **usuario de SIP** y el contexto **inter** que contiene el plan de marcado para las llamadas salientes. Seguidamente registramos la troncal SIP UES con los siguientes parámetros: host **168.243.7.190**, luego secret es la **contraseña**, username y fromuser es **2110** y el contexto **llamen** que contiene el plan de marcado para las llamadas entrantes. Éste será explicado con más detalle en la sección 4.6 correspondiente al plan de marcado de las llamadas entrantes.

```

;Programacion de la red para llamadas internacionales.
;VoIP Skype
[usuario de SIP]
host=sip.skype.com
secret= contraseña
username= usuario de SIP
fromuser= usuario de SIP
insecure=port,invite
type=friend
disallow=all
allow=gsm,ulaw,ALaw
dtmfmod=rfc2833
qualify=yes
canreinvite=yes
nat=yes
context=inter

;VoIP UES
[2110]
host=168.243.7.190
secret=ie22110
username=2110
fromuser=2110
insecure=port,invite
type=friend
disallow=all
allow=gsm,ulaw,alaw
dtmfmod=rfc2833
qualify=yes
canreinvite=no
nat=yes
context=llamen

```

Configuración 4: Troncal SIP 2.

Paso 3: En la centralita IP01 se recargó el archivo **sip.conf** con el comando **sip reload** como se muestran en la Configuración 5. También en dicha configuración vemos la respuesta al comando **sip show peers**. Con éste vemos que el username **2110** se ha registrado (ok) al host **168.243.7.190** por el puerto **5060**. También podemos ver que el username **usuario de SIP** se ha registrado (ok) al host **63.209.144.201** por el puerto **5060**.

```

root:~> asterisk -r
Asterisk 1.4.21.2, Copyright (C) 1999 - 2008 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty'
for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General
Public License version 2 and other licenses; you are welcome to
redistribute it under certain conditions. Type 'core show license' for
details.
=====
Connected to Asterisk 1.4.21.2 currently running on IP01 (pid = 150)
IP01*CLI> sip reload
IP01*CLI> sip show peers
Name/username                Host                Dyn Nat ACL Port Status
2110/2110                    168.243.7.190      N                5060 OK (1 ms)
usuario de SIP/usuario de SIP 63.209.144.201 N                5060 OK (53 ms)
2 sip peers [Monitored: 2 online, 0 offline Unmonitored: 0 online, 0
offline]
IP01*CLI>

```

Configuración 5: Prueba de estado para la troncal SIP.

4.4 CONFIGURACIÓN DE EXTENSIONES SIP INTERNAS EN LA CENTRALITA IP01.

Al final del archivo **sip.conf** se configuraron las extensiones 6002, 6003 y 6004, como se muestra en las Configuraciones 6, 7 y 8, respectivamente. Las extensiones fueron utilizadas por routers MP01.

```

;Extension MP01
[6002]
type=friend                ; puede recibir y realizar llamadas
username=6002              ;
secret=6002                ; contraseña para cada extensión
nat=yes                    ; El teléfono está nateado
host=dynamic               ; la IP de cada cliente SIP puede cambiar
canreinvite=no            ;
qualify=200                ; Tiempo de 200 ms para recibir respuesta
disallow=all               ; deshabilita todos los codec
allow=gsm,ulaw,aLaw
context=extensiones
dtmfmod=rfc2833

```

Configuración 6: Extensión interna 6002, archivo sip.conf.

```
;Extension MP01
[6003]
type=friend           ; puede recibir y realizar llamadas
username=6003        ;
secret=6003          ; contraseña para cada extensión
nat=yes              ; El teléfono está nateado
host=dynamic         ; la IP de cada cliente SIP puede cambiar
canreinvite=no       ;
qualify=200          ; Tiempo de 200 ms para recibir respuesta
disallow=all         ; deshabilita todos los codec
allow=gsm,ulaw,aLaw
context=extensiones
dtmfmod=rfc2833
```

Configuración 7: Extensión interna 6003, archivo sip.conf.

```
;Extension MP01
[6004]
type=friend           ; puede recibir y realizar llamadas
username=6004        ;
secret=6004          ; contraseña para cada extensión
nat=yes              ; El teléfono está nateado
host=dynamic         ; la IP de cada cliente SIP puede cambiar
canreinvite=no       ;
qualify=200          ; Tiempo de 200 ms para recibir respuesta
disallow=all         ; deshabilita todos los codec
allow=gsm,ulaw,aLaw
context=extensiones
dtmfmod=rfc2833
```

Configuración 8: Extensión interna 6004, archivo sip.conf.

4.5 CONFIGURACIÓN DEL PLAN DE MARCADO DE LA RED INTERNA EN LA IP01.

En el archivo **extensions.conf** se creó el contexto **extensiones** que contiene el plan de marcado para la red. Como se muestra en la Configuración 9.

```
vi etc/asterisk/extensions.conf
[extensiones]
include => voipues
include => inter
;Plan de marcado para las extensiones 6002, 6003 y 6004 para los
;routers MP01
;contestar la llamada cuando se marque 6002
exten => 6002,1,Dial(SIP/6002,20,rt)
; contestar la llamada cuando se marque 6003
exten => 6003,1,Dial(SIP/6003,20,rt)
; contestar la llamada cuando se marque 6004
exten => 6004,1,Dial(SIP/6004,20,rt)
;
[voipues]
; realizar la llamada hacia la PSTN por medio de VoIP UES
exten => _2XXXXXXX,1,Dial(SIP/2110/${EXTEN})
; recibir llamadas desde la PSTN a un router MP01
exten => _25112110,1,Dial(SIP/6004,20,rt)
;
[inter]
;PLAN DE LLAMADAS A CENTRO AMERICA Y CANADA
;realizar llamadas hacia lineas moviles y fijas (3 digitos cod
;postal, 8 digitos num telef) por medio de Skype.
exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/usuario de SIP /${EXTEN})
;realizar llamadas hacia lineas moviles y fijas (3 digitos cod
;postal, 7 digitos num telef) por medio de Skype.
exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/usuario de SIP /${EXTEN})
;PLAN DE LLAMADAS A E.E.U.U
;realizar llamadas a E.E.U.U. por medio de VoIP Skype.
exten => _0XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/usuario de SIP /${EXTEN})
```

Configuración 9: Contexto extensiones.

Nota: Las líneas 8, 10 y 12 configuran las extensiones de 4 dígitos 6002, 6003 y 6004, estas permitieron tener comunicación dentro de la red interna. Por ejemplo, para la extensión 6002 el código **Dial(SIP/6002,20,rt)** significa generación de tonos de marcado durante un tiempo igual a 20 segundos. La línea **include => voipues** permite incluir el contexto **voipues** el cual contiene el plan de marcado para realizar llamadas hacia la PSTN a nivel nacional por medio servidor VoIP de la UES.

La línea **exten => _2XXXXXXX,1,Dial(SIP/2110/\${EXTEN})** genera la llamada a números de ocho dígitos pertenecientes a la PSTN, el primer dígito de **_2XXXXXXX** indica

que solo se podrán realizar llamadas a teléfonos de línea fija, pues el plan de marcación de la PSTN asigna como primer dígito el número 2 a los abonados fijos.

La línea `exten => _25112110,1,Dial(SIP/6004,20,rt)` permite recibir llamadas desde la PSTN por la extensión 6004. La línea `include => inter` permite incluir el contexto `inter` el cual contiene el plan de marcado para realizar llamadas hacia la telefonía móvil y fija a nivel nacional e internacional por medio de la troncal **SIP Skype**.

Por ejemplo si desea llamar a cualquier número telefónico de E.E.U.U la línea que autoriza esta llamada es:

```
exten => _0XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/usuario de SIP /${EXTEN})
```

Para realizar la llamada se debe marcar de la siguiente forma: **001+número de teléfono en EEUU**.

También si se desea llamar a cualquier número telefónico de Centro América y Canadá, la línea que autoriza esta llamada es:

```
exten => _XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/usuario de SIP /${EXTEN})
```

La primera X significa que acepta cualquier dígito del 0 al 9, el cual representa el primer dígito de código de país. Así, si se quiere llamar a un número en El Salvador se debe marcar de la siguiente forma: **503+número de teléfono en El Salvador**.

4.6 CONFIGURACIÓN DEL PLAN DE MARCADO PARA LLAMADAS ENTRANTES EN LA IP01.

En el archivo `extensions.conf` se creó el contexto `llamen` que contiene el plan de marcado para llamadas entrantes. Como se muestra en la Configuración 10.

```
[llamen]
include => voipues
exten => s,1,Dial(SIP/6004,20,rt)
;
```

Configuración 10: Plan de marcado para llamadas entrantes.

En la Configuración 10 el contexto `llamen` (llamada entrante) la línea `include => voipues` permite incluir el contexto `voipues` el cual contiene el plan de marcado para recibir las llamadas desde la PSTN a través del número 25112110 dado de alta en el servidor VoIP de la UES, en dicho contexto se encuentra el desvío de la llamada hacia la extensión 6004 (ver Configuración 9).

4.7 CONFIGURACIÓN DE RED INALÁMBRICA PARA INTEGRARLA AL SERVIDOR VOIP.

En la Figura 4.4 se puede ver que la red WIFI se integra fácilmente al servidor VoIP por medio del router Buellet2 ubiquiti.

Para integrar la red WIFI al servicio VoIP se registró una extensión en cada MP01, ellas se definieron en la Configuración 6, Configuración 7 y Configuración 8. Los routers MP01 fueron registrados al servidor VoIP como clientes, es decir, se configuró una extensión del tipo

6002, 6003 y 6004 dentro de ellos con el objetivo de darles acceso a la red interna y también a la PSTN.

4.7.1 Configuración de las troncales SIP en routers MP.

Para registrar los MP a la centralita IP01. Se modificaron con el editor de textos **vi**, el archivo cuyo nombre es **sip.conf**, éste se encuentra en **/etc/asterisk/sip.conf**

Troncal SIP MP 01

En **/etc/asterisk/sip.conf** después de la cabecera [general]

```
register = 6002@6002/6002
```

Configuración 11: Registro de la troncal MP 01.

Troncal SIP MP 02

En **/etc/asterisk/sip.conf** después de la cabecera [general]

```
register = 6003@6003/6003
```

Configuración 12: Registro de la troncal MP 02.

Troncal SIP MP 03

En **/etc/asterisk/sip.conf** después de la cabecera [general]

```
register = 6004@6004/6004
```

Configuración 13: : Registro de la troncal MP 03.

En las configuraciones 11, 12 y 13 se registraron las troncales SIP de cada MP. La línea `register = 600X@600X/600X` registra la extensión interna con la centralita IP01.

4.7.2 Configuración de las extensiones SIP en routers MP.

Se creó una extensión dentro del archivo **sip.conf** para cada router MP01 agregando las Configuraciones 14, 15 y 16 en cada uno de ellos, respectivamente.

Extensiones en MP 01.

Al final del archivo /etc/asterisk/sip.conf

```
;EXTENSION PARA EL MP01
[6002]
host=10.10.89.98
secret=6002
username=6002
fromuser=6002
insecure=port,invite
type=friend
disallow=all
allow=gsm,ulaw,alaw
dtmfmod=rfc2833
qualify=yes
canreinvite=no
nat=yes
context=default
```

Configuración 14: Extensión SIP MP 01.

Extensiones en MP 02.

Al final del archivo /etc/asterisk/sip.conf

```
;EXTENSION PARA EL MP02
[6003]
host=10.10.89.98
secret=6003
username=6003
fromuser=6003
insecure=port,invite
type=friend
disallow=all
allow=gsm,ulaw,alaw
dtmfmod=rfc2833
qualify=yes
canreinvite=no
nat=yes
context=default
```

Configuración 15: Extensión SIP MP 02.

Extensiones en MP 03.

Al final del archivo `/etc/asterisk/sip.conf`

```
;EXTENSION PARA EL MP02
[6004]
host=10.10.89.98
secret=6004
username=6004
fromuser=6004
insecure=port,invite
type=friend
disallow=all
allow=gsm,ulaw,alaw
dtmfmod=rfc2833
qualify=yes
canreinvite=no
nat=yes
context=default
```

Configuración 16: Extensión SIP MP 03.

4.7.3 Configuración del plan de marcado en routers MP.

Acá se definió como serán procesadas las llamadas telefónicas dentro de cada MP01, por lo tanto se modificó el contexto **default** en el archivo **extensions.conf** de cada router MP01 como se muestra en las Configuraciones 17, 18 y 19.

Plan de marcado en MP 01.

En archivo `/etc/asterisk/extensions.conf` dentro del contexto **default**.

```
vi etc/asterisk/extensions.conf
[default]
;Extensiones para ser registradas en la IP01
; para llamadas salientes
exten => _XXXX,1,Dial(SIP/6002/${EXTEN})
exten => 6002,1,Dial(MP/1,80) ; para llamadas entrantes
;para llamadas salientes a la PSTN
exten => _2XXXXXXX,1,Dial(SIP/6002/${EXTEN})
;PLAN DE LLAMADAS A CENTRO AMERICA Y CANADA
;realizar llamadas hacia lineas moviles y fijas 3 digitos cod
;postal, 8 digitos num telefono por medio de Skype.
exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6002/${EXTEN})
;realizar llamadas hacia lineas moviles y fijas 3 digitos cod
;postal, 7 digitos num telefono por medio de Skype.
exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6002/${EXTEN})
;
;PLAN DE LLAMADAS A E.E.U.U
;realizar llamadas a E.E.U.U. por medio de VoIP Skype.
exten => _0XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6002/${EXTEN})
```

Configuración 17: Plan de marcado MP 01.

Plan de marcado en MP 02.

En archivo `/etc/asterisk/extensions.conf` dentro del contexto default.

```
vi etc/asterisk/extensions.conf
[default]
;Extensiones para ser registradas en la IP01
; para llamadas salientes
exten => _XXXX,1,Dial(SIP/6003/${EXTEN})
exten => 6003,1,Dial(MP/1,80) ; para llamadas entrantes
;para llamadas salientes a la PSTN
exten => _2XXXXXXX,1,Dial(SIP/6003/${EXTEN})
;PLAN DE LLAMADAS A CENTRO AMERICA Y CANADA
;realizar llamadas hacia lineas moviles y fijas 3 digitos cod
;postal, 8 digitos num telefono por medio de Skype.
exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6003/${EXTEN})
;realizar llamadas hacia lineas moviles y fijas 3 digitos cod
;postal, 7 digitos num telefono por medio de Skype.
exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6003/${EXTEN})
;
;PLAN DE LLAMADAS A E.E.U.U
;realizar llamadas a E.E.U.U. por medio de VoIP Skype.
exten => _0XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6003/${EXTEN})
```

Configuración 18: Plan de marcado MP 02.

Plan de marcado en MP 03.

En archivo `/etc/asterisk/extensions.conf` dentro del contexto default.

```
vi etc/asterisk/extensions.conf
[default]
;Extensiones para ser registradas en la IP01
; para llamadas salientes
exten => _XXXX,1,Dial(SIP/6004/${EXTEN})
exten => 6004,1,Dial(MP/1,80) ; para llamadas entrantes
;para llamadas salientes a la PSTN
exten => _2XXXXXXX,1,Dial(SIP/6004/${EXTEN})
;PLAN DE LLAMADAS A CENTRO AMERICA Y CANADA
;realizar llamadas hacia lineas moviles y fijas 3 digitos cod
;postal, 8 digitos num telefono por medio de Skype.
exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6004/${EXTEN})
;realizar llamadas hacia lineas moviles y fijas 3 digitos cod
;postal, 7 digitos num telefono por medio de Skype.
exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6004/${EXTEN})
;
;PLAN DE LLAMADAS A E.E.U.U
;realizar llamadas a E.E.U.U. por medio de VoIP Skype.
exten => _0XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/6004/${EXTEN})
```

Configuración 19: Plan de marcado MP 03.

Como se observa en los contextos **default**, de las configuraciones 17, 18 y 19 se definen dos líneas para las llamadas entre extensiones del tipo 6002, 6003 y 6004.

La línea `exten => _XXXX,1,Dial(SIP/600X/${EXTEN})` atiende las llamadas del tipo 600X e indica que si el usuario marca un numero de 4 dígitos este será enviado por el canal SIP 600X, la línea `exten => 600X,1,Dial(MP/1,80)` indica que si una terminal marca el número 600X el router correspondiente atenderá la llamada generando tonos de marcado. También se define como será tratado un numero marcado de 8 dígitos, en la línea `exten => _2XXXXXXX,1,Dial(SIP/600X/${EXTEN})`. Las llamadas a Canadá y Centro América (de 3 dígitos código de país y números telefónicos de 8 dígitos) son tratados por la línea `exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/600X/${EXTEN})`. Las llamadas a números de 3 dígitos código de país y números telefónicos de 7 dígitos son tratados por la línea `exten => _XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/600X/${EXTEN})`.

Las llamadas a E.E.U.U son tratadas por la línea:

`exten => _0XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/600X/${EXTEN})`.

Un ejemplo de cómo se procesan las llamadas telefónicas a números de E.E.U.U (11 dígitos) se muestra en la Figura 4.5

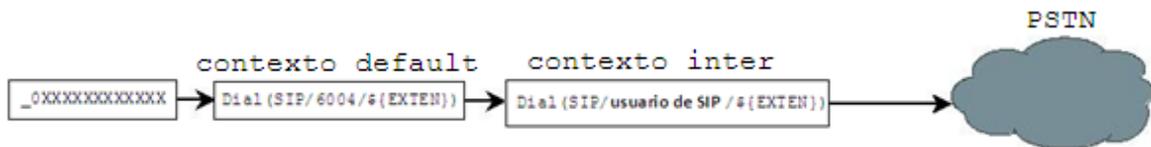


Figura 4.5: Plan de marcado para llamadas salientes internacionales.

Cuando un numero de 13 dígitos es marcado desde la terminal conectada en un MP. La llamada es procesada por el contexto **default** y enviada por el canal SIP **6004** hacia la centralita IP01. Luego la misma llamada es procesada por el contexto **inter** y enviada por el canal SIP **usuario de SIP** hacia la PSTN mediante la troncal SIP con el servidor VoIP Skype.

4.8 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SERVICIO VoIP CONFIGURADO EN LA IP01.

4.8.1 Registro de MP 01 con la centralita IP01.

En la Configuración 20 podemos ver que el router MP01 con la extensión 6002 se registró en la Centralita IP01.

```
root@OpenWrt:/# asterisk -r
Asterisk 1.4.11, Copyright (C) 1999 - 2007 Digium, Inc. and
others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show
warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU
General Public License version 2 and other licenses; you are
welcome to redistribute it under certain conditions. Type 'core
show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 1.4.11 currently running on OpenWrt (pid =
515)
OpenWrt*CLI> sip reload
OpenWrt*CLI> dialplan reload
OpenWrt*CLI> sip show peers
Name/username      Host                Dyn Nat ACL Port      Status
6002/6002          10.10.89.98         N      5060     OK (9 ms)
1 sip peers [Monitored: 1 online, 0 offline Unmonitored: 0
online, 0 offline]
OpenWrt*CLI>
```

Configuración 20: Registro de MP 01 con la Centralita IP01.

Nota: luego de haber configurado en el MP01 los archivos **sip.conf** (como en la Configuración 14) y el archivo **extensions.conf** (como en la Configuración 17) se recargó el SIP con el comando **sip reload** y el plan de marcado con el comando **dialplan reload**, luego se ejecutó el comando **sip show peers** para observar claramente que el router MP01 con la extensión **6002** se registró al Host **10.10.89.98** que es la dirección IP de la Centralita IP01.

4.8.2 Registro de MP 02 con la centralita IP01.

En la Configuración 21 podemos ver que el router MP01 con la extensión 6003 se registró en la Centralita IP01.

```

root@OpenWrt:/# asterisk -r
Asterisk 1.4.11, Copyright (C) 1999 - 2007 Digium, Inc. and
others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show
warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU
General Public License version 2 and other licenses; you are
welcome to redistribute it under certain conditions. Type 'core
show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 1.4.11 currently running on OpenWrt (pid =
515)
OpenWrt*CLI> sip reload
OpenWrt*CLI> dialplan reload
OpenWrt*CLI> sip show peers
Name/username      Host                Dyn Nat ACL Port      Status
6003/6003          10.10.89.98         N      5060     OK (7 ms)
1 sip peers [Monitored: 1 online, 0 offline Unmonitored: 0
online, 0 offline]
OpenWrt*CLI>

```

Configuración 21: Registro de MP 02 con la Centralita IP01.

Nota: luego de haber configurado en el MP 02 los archivos **sip.conf** (como en la Configuración 15) y el archivo **extensions.conf** (como en la Configuración 18) se recargó el SIP con el comando **sip reload** y el plan de marcado con el comando **dialplan reload**, luego se ejecutó el comando **sip show peers** para observar claramente que el router MP 02 con la extensión **6003** se registró al Host **10.10.89.98** que es la dirección IP de la Centralita IP01.

4.8.3 Registro de MP 03 con la centralita IP01.

En la Configuración 22 podemos ver que el router MP 03 con la extensión 6004 se registró en la Centralita IP01.

Nota: luego de haber configurado en el MP 03 los archivos **sip.conf** (como en la Configuración 16) y el archivo **extensions.conf** (como en la Configuración 19) se recargó el SIP con el comando **sip reload** y el plan de marcado con el comando **dialplan reload**, luego se ejecutó el comando **sip show peers** para observar claramente que el router MP 03 con la extensión **6004** se registró al Host **10.10.89.98** que es la dirección IP de la Centralita IP01.

```

root@OpenWrt:/# asterisk -r
Asterisk 1.4.11, Copyright (C) 1999 - 2007 Digium, Inc. and
others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show
warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU
General Public License version 2 and other licenses; you are
welcome to redistribute it under certain conditions. Type 'core
show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 1.4.11 currently running on OpenWrt (pid =
515)
OpenWrt*CLI> sip reload
OpenWrt*CLI> dialplan reload
OpenWrt*CLI> sip show peers
Name/username      Host                Dyn Nat ACL Port      Status
6004/6004          10.10.89.98         N      5060     OK (7 ms)
1 sip peers [Monitored: 1 online, 0 offline Unmonitored: 0
online, 0 offline]
OpenWrt*CLI>

```

Configuración 22: Registro de MP 03 con la Centralita IP01.

4.8.4 Registro de la centralita IP01 con los servidores VoIP UES y Skype.

En la Configuración 23 se observa la corrida de Asterisk en centralita IP01.

Nota: luego de haber configurado en la centralita IP01 los archivos **sip.conf** (como en la Configuración 3, 4, 6, 7 y 8) y el archivo **extensions.conf** (como en la Configuración 9) se recargó el SIP con el comando **sip reload** y el plan de marcado con el comando **dialplan reload**. Luego se ejecutó el comando **sip show peers** para observar claramente que el router MP01 con la extensión **6004** se registró al Host **10.10.89.100** por el puerto 1025. El router MP01 con la extensión **6003** se registró al Host **10.10.89.100** por el puerto 1024. El router MP01 con la extensión **6002** se registró al Host **10.10.89.100** por el puerto 1023.

El username **2110** se registró (ok) al proveedor VoIP UES con el host **168.243.7.190** por el puerto 5060. EL username **usuario de SIP** se registró (ok) a Skype con el host **63.209.144.201** por el puerto 5060.

```

root:~> asterisk -r
Asterisk 1.4.21.2, Copyright (C) 1999 - 2008 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty'
for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General
Public License version 2 and other licenses; you are welcome to
redistribute it under certain conditions. Type 'core show license' for
details.
=====
Connected to Asterisk 1.4.21.2 currently running on IP01 (pid = 151)
IP01*CLI> sip reload
IP01*CLI> dialplan reload
Dialplan reloaded.
[Jan 1 00:05:13] WARNING[287]: pbx.c:4995 add_pri: Unable to register
extension '6002', priority 1 in 'extensiones', already in use
[Jan 1 00:05:13] WARNING[287]: pbx.c:4995 add_pri: Unable to register
extension '6003', priority 1 in 'extensiones', already in use
[Jan 1 00:05:13] WARNING[287]: pbx.c:4995 add_pri: Unable to register
extension '6004', priority 1 in 'extensiones', already in use
IP01*CLI> sip show peers
Name/username                Host           Dyn  Nat  ACL  Port  Status
6004/6004                    10.10.89.100  D    N    1025 OK (14 ms)
6003/6003                    10.10.89.100  D    N    1024 OK (18 ms)
6002/6002                    10.10.89.100  D    N    1023 OK (22 ms)
2110/2110                    168.243.7.190    N    5060 OK (1 ms)
usuario de SIP/usuario de SIP 63.209.144.201    N    5060 OK (49 ms)
4 sip peers [Monitored: 4 online, 0 offline Unmonitored: 0 online, 0
offline]
IP01*CLI>

```

Configuración 23: Corrida de Asterisk en la Centralita IP01.

4.8.5 Llamada enlazada desde el MP01 con extensión 6004.

La Figura 4.6 muestra los resultados tomados desde el Asterisk corriendo en el MP01 con extensión 6004 al momento que se realizó una llamada telefónica.

```
-- event_offhook
--   AST_STATE_DOWN:
-- event_dtmf 5
-- event_dtmf 0
-- event_dtmf 3
-- event_dtmf 7
-- event_dtmf 9
-- event_dtmf 4
-- event_dtmf 8
-- event_dtmf 1
-- event_dtmf 5
-- event_dtmf 3
-- event_dtmf 3
-- event_digit_timer
--   extension exists, starting PBX 50379481533
-- event_onhook
--   default: hangup sound_on = 1
-- event_offhook
--   AST_STATE_DOWN:
-- event_onhook
--   AST_STATE_OFFHOOK, AST_STATE_DIALING : hangup
OpenWrt*CLI>
-- event_offhook
--   AST_STATE_DOWN:
-- event_dtmf 5
-- event_dtmf 0
-- event_dtmf 3
-- event_dtmf 2
-- event_dtmf 6
-- event_dtmf 6
-- event_dtmf 5
-- event_dtmf 5
-- event_dtmf 5
-- event_dtmf 6
-- event_dtmf 2
-- event_digit_timer
--   extension exists, starting PBX 50326655562
-- event_onhook
--   default: hangup sound_on = 0
-- event_offhook
--   AST_STATE_DOWN:
-- event_onhook
--   AST_STATE_OFFHOOK, AST_STATE_DIALING : hangup
OpenWrt*CLI>
```

Figura 4.6: Llamadas nacionales desde MP01 con extensión 6004.

La Figura 4.7 muestra los resultados tomados desde el Asterisk corriendo en el MP01 con extensión 6004 al momento de realizar una llamada telefónica a E.E.U.U.

```
-- event_offhook
--   AST_STATE_DOWN:
-- event_dtmf 0
-- event_dtmf 0
-- event_dtmf 1
-- event_dtmf 8
-- event_dtmf 8
-- event_dtmf 8
-- event_dtmf 7
-- event_dtmf 4
-- event_dtmf 4
-- event_dtmf 5
-- event_dtmf 4
-- event_dtmf 7
-- event_dtmf 7
-- event_digit_timer
--   extension exists, starting PBX 0018887445477
-- event_onhook
--   default: hangup  sound_on = 0
-- event_offhook
--   AST_STATE_DOWN:
-- event_onhook
--   AST_STATE_OFFHOOK, AST_STATE_DIALING : hangup
OpenWrt*CLI>
```

Figura 4.7: Llamadas internacionales desde MP01 con extensión 6004.

Cabe recalcar que aunque se logró enlazar las llamadas no se logró superar el problema de la pérdida de audio tanto en los terminales de nuestra red como los terminales destinos. Esto se debió a que el protocolo SIP utiliza un puerto para señalización (5060) y los puertos RTP para comunicación de voz, la pérdida de la voz se debió a que nuestra red tenía una dirección IP privada (10.10.89.98) y hace NAT a la IP pública 168.243.8.2 por estar detrás del firewall de la EIE y por encima de este último el firewall de la UES.

¿Porque se da este problema?

En Internet, las conversaciones que usan señalización de tipo SIP resultan en flujo constante de paquetes de pequeño tamaño entre los comunicantes. Estos paquetes de voz hacen uso de otro protocolo llamado RTP. El protocolo de transporte de tiempo real o Realtime Transport Protocol (RTP) es el encargado de llevar las conversaciones (la voz) de un lado a otro. En el RTP se define un mecanismo estándar para enviar audio y vídeo en Internet. De la misma forma que en una conversación existen dos flujos de voz, en una conversación en una red IP tenemos dos flujos de paquetes RTP. Los Network Address Translators (NATs) son los grandes enemigos del RTP. Una red con un NAT consiste en varios ordenadores compartiendo, con el mundo exterior, una sola dirección IP pública.

Las máquinas situadas dentro de la red NAT usan direcciones “privadas”. Aunque el NAT permite conectar más fácilmente ordenadores a la red, lo hace al precio de no permitir una conexión puramente bidireccional. El efecto de un NAT en voz sobre IP es que no se pueden recibir conexiones iniciadas desde el exterior.

Soluciones que se buscaron.

- Como primer lugar revisar en la Centralita IP01 si el rango de los puertos RTP estaban bien definidos es decir `rtpstart = 10000` y `rtpend = 20000` esto se revisa con el comando **vi** en **/etc/asterisk/rtp.conf**
- Pedir al administrador del firewall de la EIE que habilite: el puerto UDP 5060, los puertos (TCP) UDP del 10000 al 20000, IP de origen: 10.10.89.98 y la IP destino: todo ya que Skype en cualquier momento puede cambiar la dirección IP con la que nos brinda el servicio VoIP.
- Luego de haber hecho todo lo anterior se comprobó que el problema persistía, se pidió al administrador del firewall de la UES que nos habilitara: el puerto UDP 5060, los puertos (TCP) UDP del 10000 al 20000, IP de origen: 10.10.89.98 y la IP destino: todo ya que Skype en cualquier momento puede cambiar la dirección IP con la que nos brinda el servicio VoIP.

4.8.6 Solución al problema de pérdida de audio conectando la centralita IP01 a internet residencial Claro y a una IP pública.

Primera solución: Después de haber realizado todo esto, el problema continuo, se decidió entonces llevar la Centralita IP01 a un punto de acceso a Internet residencial, en el caso se hizo la prueba con el servicio que presta la empresa **Claro**. Se llevó el equipo configurado de la misma manera a como se ha venido haciendo en el laboratorio de comunicaciones de la EIE, solo se levantó la red y el punto de acceso a Internet fue el modem que proporciona la empresa Claro en su servicio de Internet residencial (la velocidad para este caso en específico es de 512 kbps), se registró la Centralita con el servidor VoIP de Skype y se procedió a realizar las llamadas obteniendo resultados satisfactorios ya que en este caso particular no se dio el mismo problema de perdida de audio en las dos direcciones.

Segunda solución: El administrador del firewall de la EIE nos asignó momentáneamente una dirección IP pública. La cual configuramos en nuestro servidor VoIP de manera similar como se había realizado en los casos anteriores. Con todo esto se lograron establecer las llamadas telefónicas sin ninguna dificultad obteniendo resultados satisfactorios ya que en este caso particular no se dio el mismo problema de perdida de audio en las dos direcciones.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS.

En este trabajo de graduación se realizó la construcción de sistemas solares fotovoltaicos para alimentar sistemas de telecomunicación rural. Se analizaron y diseñaron diferentes modelos de autonomía energética para alimentar routers inalámbricos. Además se realizaron diseños para un servicio de energía solar a Centralitas IPPBX. Se dotó de la capacidad de dar servicio de llamadas nacionales e internacionales al equipo de telecomunicación a través de Skype montando un Asterisk como servidor VoIP en una Centralita IP01 para ofrecer en las zonas rurales comunicación fácil y a bajo costo hacia la telefonía internacional.

Luego de configurar e implementar este servicio se llegó a las siguientes conclusiones:

5.1 CONCLUSIONES.

- Se va a diseñar y construir dos sistemas similares, que constan de:
Una cabina telefónica (por cada sistema) con su respectivo aparato telefónico.
Un primer sistema de dos paneles fotovoltaicos de 10 Watts (cada uno), una batería de 18Amp-hora, un controlador de carga solar y un router MP01.
Y un segundo sistema de un panel fotovoltaico de 20 Watts, dos baterías de 9Amp-hora (cada una), un controlador de carga solar y un router MP01.
- Cada sistema tiene la particularidad de estar aislado de la red eléctrica convencional, cada router es alimentado en el día con energía producida por la radiación solar y por las noches el router es energizado por la batería de cada sistema.
- El sistema presentó problemas en la parte de regulación de voltaje y protección de la batería. Este problema tuvo su origen en la mala selección que se hizo cuando se compró el controlador. Debido a que éste no poseía la característica de manejar cargas conectadas a él directamente. El controlador SunGuard instalado solamente disponía de cuatro conectores, dos conectores para el arreglo de paneles y dos para la batería.
- Mediante los cálculos teóricos, simulados y prácticos podemos decir que el sistema trabaja perfectamente con paneles de 20W y con una batería de 18AH.
- El protocolo SIP, es el protocolo más utilizado en VoIP aunque presenta algunos inconvenientes tales como el consumo de ancho de banda y los problemas de NAT's debido a que la voz y la señalización viajan por puertos diferentes a pesar de todo es el protocolo más utilizado en VoIP. En este proyecto de graduación se

crearon troncales y extensiones SIP para implementar el servicio VoIP. Sin embargo también se podría haber utilizado el protocolo IAX2 que consume menor ancho de banda y es mucho más robusto aunque aún no es muy utilizado en redes VoIP.

- Los Network Address Translators (NATs) son los grandes enemigos del RTP. Una red con un NAT consiste en varios ordenadores compartiendo, con el mundo exterior, una sola dirección IP pública. Las máquinas situadas dentro de la red NAT usan direcciones “privadas”. Aunque el NAT permite conectar más fácilmente ordenadores a la red, lo hace al precio de no permitir una conexión puramente bidireccional.
- El ancho de banda es muy importante en este tipo de redes sin dejar de lado la calidad del procesamiento de voz, es necesario tener en cuenta que tipo de codec puede ser más fiable para el sistema. En este servicio de VoIP se dejan configurados los tres principales codecs utilizados por Asterisk (g.729, g.711 y GSM) para que pueda ser compatible con cualquier otra PBX.
- La implementación de este trabajo de graduación es motivado para la búsqueda de alternativas de comunicación que beneficien a poblaciones que no cuentan con servicio de energía eléctrica, telefonía y no tienen acceso a internet.

5.2 LÍNEAS FUTURAS.

- En este trabajo se diseñó el sistema para alimentar el MP01 con energía solar fotovoltaica, se podría pensar en incorporar como carga una centralita IP01 por consumir menos corriente que las centralitas IP04 e IP08.
- El laboratorio de telecomunicaciones de la EIE estará listo para seguir desarrollando nuevos servicios relacionados a la redes VoIP tales como: administrar servicio de telefonía pública dentro del campus de la UES para poder realizar llamadas a cualquier destino del mundo. Ya que se puede incorporar una red telefónica VoIP similar a la de este proyecto sobre la red existente en el campus. Esto conllevará a realizar más estudio sobre como dotar a este sistema de una excelente forma de facturación y cobro de este servicio ya que alguien debe asumir los costos de operación.

Bibliografía

- [1] *cne.gob.sv*. (s.f.). Recuperado el 10 de Abril de 2012, de http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=193&Itemid=212
- [2] Lic. Luis Enrique Flores, Licda. Verónica Rivera, Licda. Ana María de los Ángeles Torres Aguirre. (2002). *Introducción y apropiación del sistema de energía fotovoltaica en el cantón El Alto, Potonico, Chalatenango Febrero-Septiembre 2002*. San Salvador, El Salvador: Trabajo de graduación de Maestría. Universidad de El Salvador.
- [3] Arévalo García, Jaime Armando. (2006). *Propuesta de suministro energético para el desarrollo de la comunidad La Laguna de El Salvador: Aplicación de un sistema aislado mixto de energía solar fotovoltaica y eólica de pequeña potencia*. San Salvador, El Salvador: Trabajo de graduación. Universidad de El Salvador.
- [4] Linares Rivera, Néstor Vladimir. Lemus Alas Enrique Antonio. Arbaiza Ventura Milton Cesar. (2012). *Eficiencia energética y potencial de generación fotovoltaica en la ciudad universitaria*. San Salvador. El Salvador: Trabajo de graduación. Universidad de El Salvador.
- [5] Guardado Gutierrez, Domingo Heriberto. Rivera Chavez, Víctor Eulises. (2012). *Implementación de seguidor solar en dos ejes para el sistema fotovoltaico de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UES*. San Salvador. El Salvador: Trabajo de graduación. Universidad de El Salvador.
- [6] Hernández Menjivar, Felipe Antonio. (2011). *Estudio comparativo de los sistemas fotovoltaicos con inyección a la red*. San Salvador. El Salvador.: Trabajo de graduación. Universidad de El Salvador.
- [7] Pérez Brito, José Ernesto. García Alvarez, Tomás Rubén. (2010). *Instalaciones fotovoltaicas en El Salvador*. San Salvador. El Salvador: Trabajo de graduación. Universidad de El Salvador.
- [8] Colocho Susaña, Luis Alonso. Tobías Vides, Román Abad. (2011). *Telefonía inalámbrica y red de acceso a Internet para los Municipios de Salcoatitán, Juayúa, Apaneca y Ataco*. San Salvador. El Salvador: Trabajo de graduación. Universidad de El Salvador.
- [9] Sánchez Morales, Rony Stalyn. (2012). *Servicio de respuesta de voz iterativa para el Hospital Nacional Rosales*. San Salvador. El Salvador: Trabajo de graduación. Universidad de El Salvador.
- [10] Ing. Jorge Alberto Zetino Chicas. (2010). *Unidad 6: "Sistemas de Almacenamiento"*. San Salvador. El Salvador: Cátedra: Sistemas Fotovoltaicos. Universidad de El Salvador.

- [11] *wikipedia.org*. (s.f.). Recuperado el 4 de Abril de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico
- [12] *oretano.iele-ab.uclm.es*. (s.f.). Recuperado el 4 de Abril de 2012, de <http://oretano.iele-ab.uclm.es/~arodenas/Solar/componentes.htm>
- [13] *oretano.iele-ab.uclm.es*. (s.f.). Recuperado el 5 de Abril de 2012, de <http://oretano.iele-ab.uclm.es/~arodenas/Solar/componentes3.htm>
- [14] *villagetelco.org*. (s.f.). Recuperado el 6 de Abril de 2012, de <http://villagetelco.org/mesh-potato/>
- [15] *ATCOM*. (s.f.). Recuperado el 31 de Julio de 2012, de <http://www.atcom.cn/IP01.html>
- [16] *phocos.com*. (s.f.). Recuperado el 12 de Abril de 2012, de http://www.phocos.com/sites/default/files/document/Phocos_datasheet_CML_e-web.pdf
- [17] *rowetel*. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2012, de <http://www.rowetel.com/blog/?p=61>
- [18] *antusol.webcindario.com*. (s.f.). Recuperado el 15 de Abril de 2012, de <http://antusol.webcindario.com/censol.html>
- [19] *censolar.es*. (s.f.). Recuperado el 15 de Abril de 2012, de <http://www.censolar.es/censol50.htm>
- [20] *solarc.de*. (s.f.). Recuperado el 15 de Mayo de 2012, de http://www.solarc.de/cms/media/Downloads/English/Manuals/User_Manual_CML_V2_A1.pdf
- [21] *atcom.cn/IP01*. (s.f.). Recuperado el 14 de Agosto de 2012, de <http://www.atcom.cn/IP01.html>
- [22] *dl.ubnt.com*. (s.f.). Recuperado el 14 de Agosto de 2012, de http://dl.ubnt.com/b2_datasheet.pdf
- [23] *atcom.cn*. (s.f.). Recuperado el 14 de Agosto de 2012, de http://www.atcom.cn/MP01.html#~tab-service_providers3

ANEXOS

ANEXO A

A. Cuenta Skype Manager.

Para usar una centralita IPPBX IP-01 y conectarla a Skype es necesario tener una cuenta Skype Manager, para crear dicha cuenta, se puede visitar el siguiente enlace <http://www.skype.com/intl/es-es/business/skype-manager/> luego dar click en **Iniciar sesión en Skype Manager** y registrarse en una cuenta de Skype Manager.

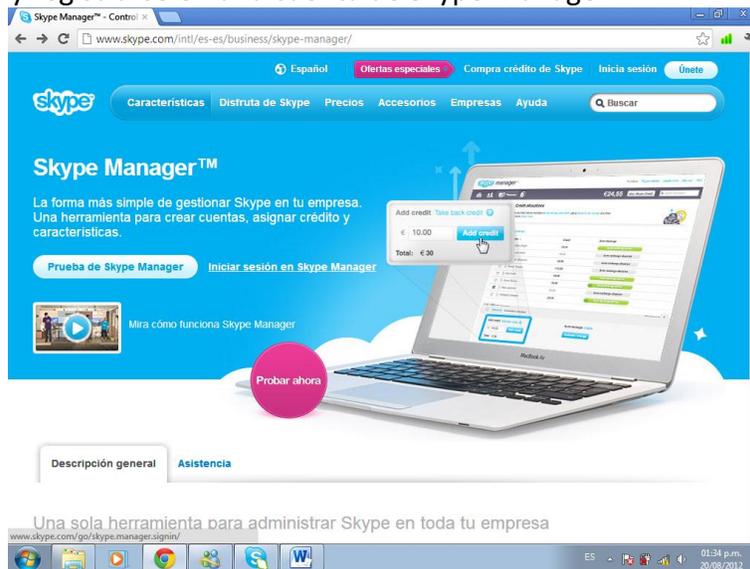


Figura A.1: Página para crear cuenta Skype Manager.

Después de configurar el gestor de Skype con todos los datos que se le pide, se debe configurar un perfil en la sección de **Skype Connect** como se muestra en la Figura A.2

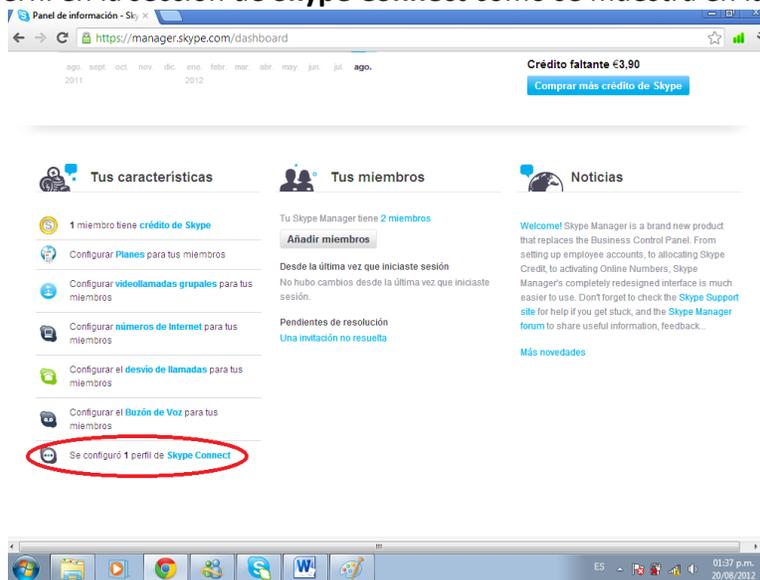


Figura A.2: Cuenta Skype Connect.

En la Figura A.3 se muestra la sección **de Skype Connect**.

Nota: Si ya se cuenta con un perfil SIP (como se observa en la Figura A.3) puede ir a CONFIGURACION DEL PERFIL SIP EN LA SECCION SKYPE CONNECT. Para obtener más detalles sobre como configurar dicho perfil.

Los pasos para crear el perfil SIP en Skype se muestran después de la Figura A.3

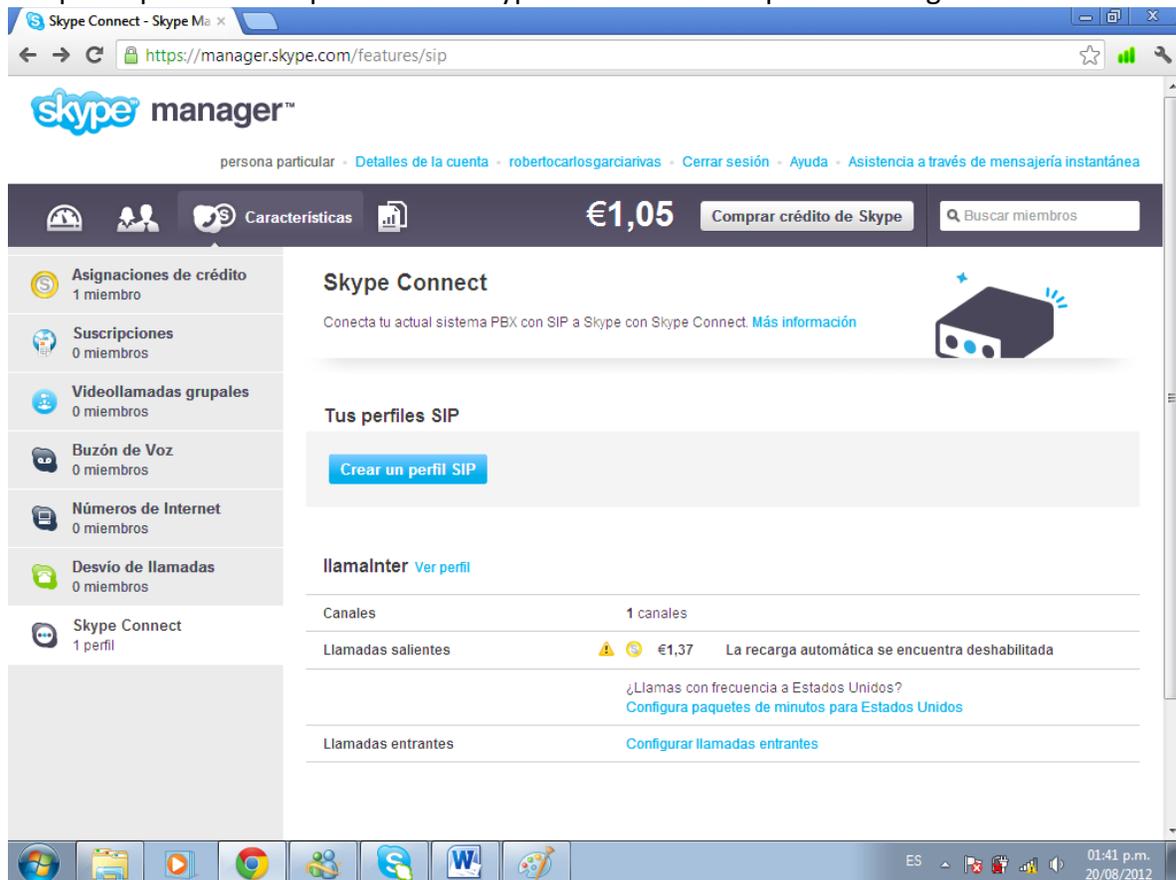


Figura A.3: Sección Skype Connect.

Si no se cuenta con un perfil SIP se va a la sección **Crear un perfil SIP**.

Crear un perfil SIP es muy fácil solo se deben seguir los siguientes pasos:

1. **Elegir nombre:** Simplemente se elige un nombre para tu perfil como se muestra en la Figura A.4, luego dar click en **Siguiente**.
2. **Configurar plan:** Se debe comprar un plan de canales en la sección **Configurar plan** (ver la Figura A.5), cada canal tiene un costo mensual de €4,95 EUR (\$6.17 USD Americanos) por lo que debe comprarse como mínimo en saldo un monto de €10,00 (ver INFORME DE COMPRA DE SALDO EN SKYPE MANAGER.)
3. **Autenticación:** Luego de efectuar el paso 2, se obtiene la información de autenticación del perfil SIP, ya que la información que se obtiene en este paso es imprescindible para el registro y la conexión de nuestra red con Skype. Esto se puede observar en la Figura A.6

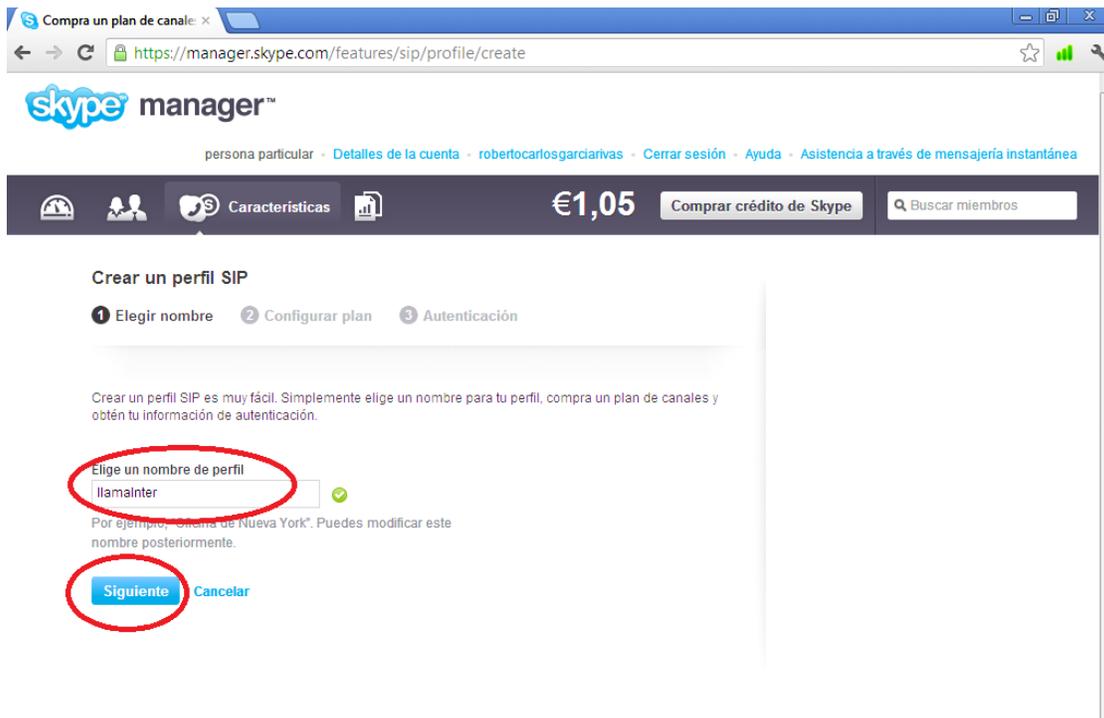


Figura A.4: Elegir un nombre para un perfil SIP.

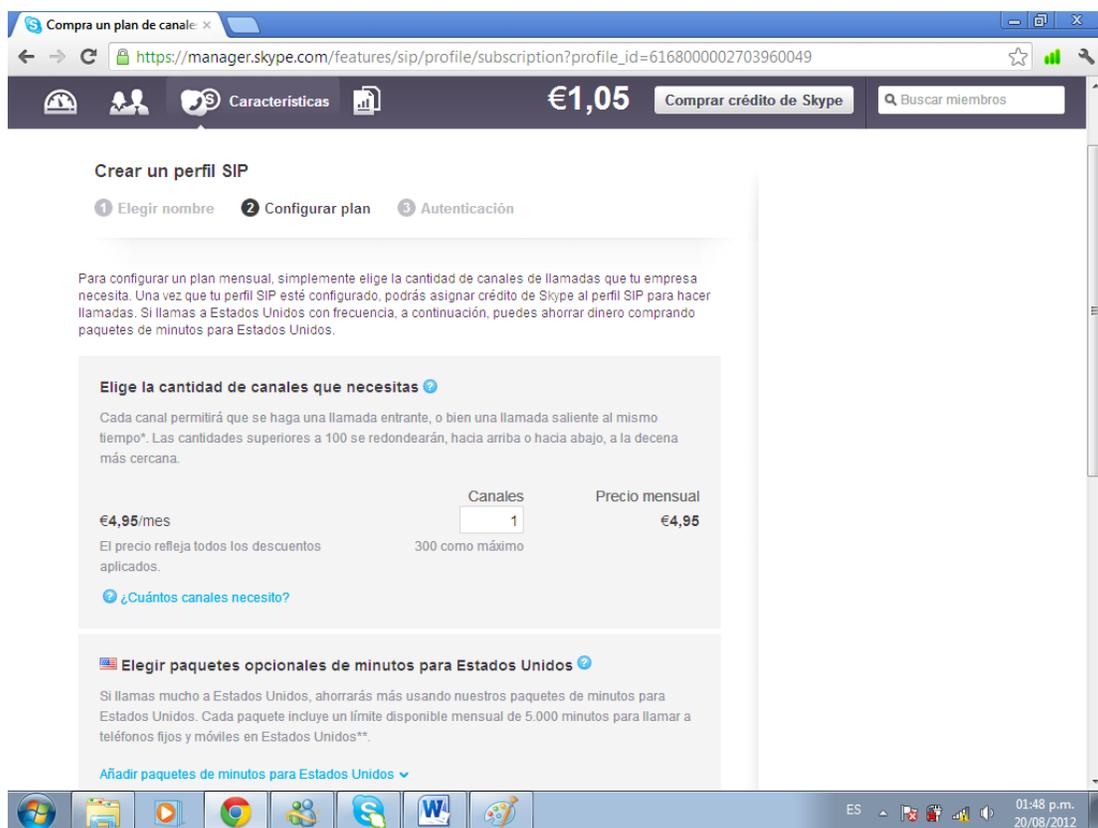


Figura A.5: Compra de un canal para un perfil SIP.

En la Figura A.6 se puede observar detalladamente que el perfil SIP ya ha sido creado, autenticado y el usuario de SIP ha sido registrado correctamente, se puede observar que los datos adquiridos son: **Usuario de SIP**, **Contraseña**, **Dirección de Skype Connect** y **Puerto UDP**

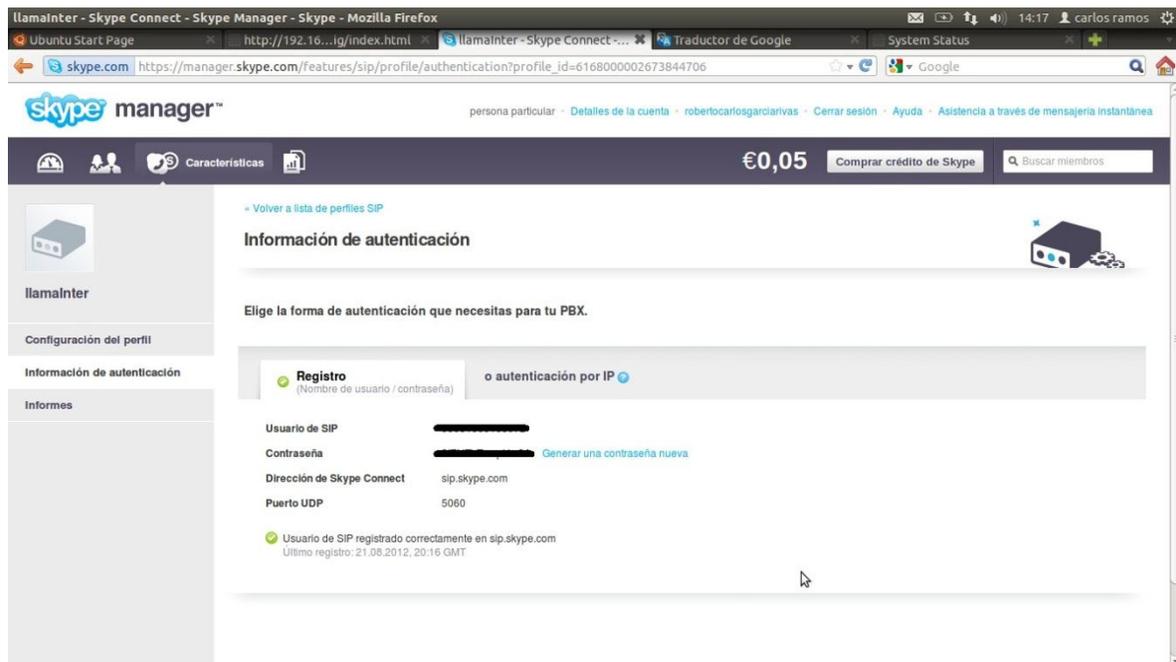


Figura A.6: Información de autenticación para un perfil SIP.

CONFIGURACION DEL PERFIL SIP EN LA SECCION SKYPE CONNECT.

En la Figura A.7 se muestra la sección **Configuración del perfil**, en ella se observa:

- ✚ **Nombre del Perfil:** llamaInter
- ✚ **Canales de llamadas:** 1 Canales
- ✚ **Llamadas salientes:** €0,00

Al dar click en la sección **Llamadas Salientes** se puede agregar crédito al perfil **llamaInter**, en la Figura A.7 se observa que en la sección **Agregar crédito** se puede digitar el monto de crédito a asignar para el perfil, dicho crédito funciona como un pago por adelantado para las llamadas que previamente serán realizadas, la Figura A.8 muestra que el saldo de **Llamadas Salientes** ya fue asignado de forma correcta por el administrador de la cuenta, así como el administrador tiene el control para agregar crédito así también tiene el control para recuperar el crédito asignado para las llamadas salientes siempre y cuando éste no haya sido gastado en su totalidad (ver sección INFORME DE ASIGNACIONES Y RECUPERACIONES DE CREDITO.).

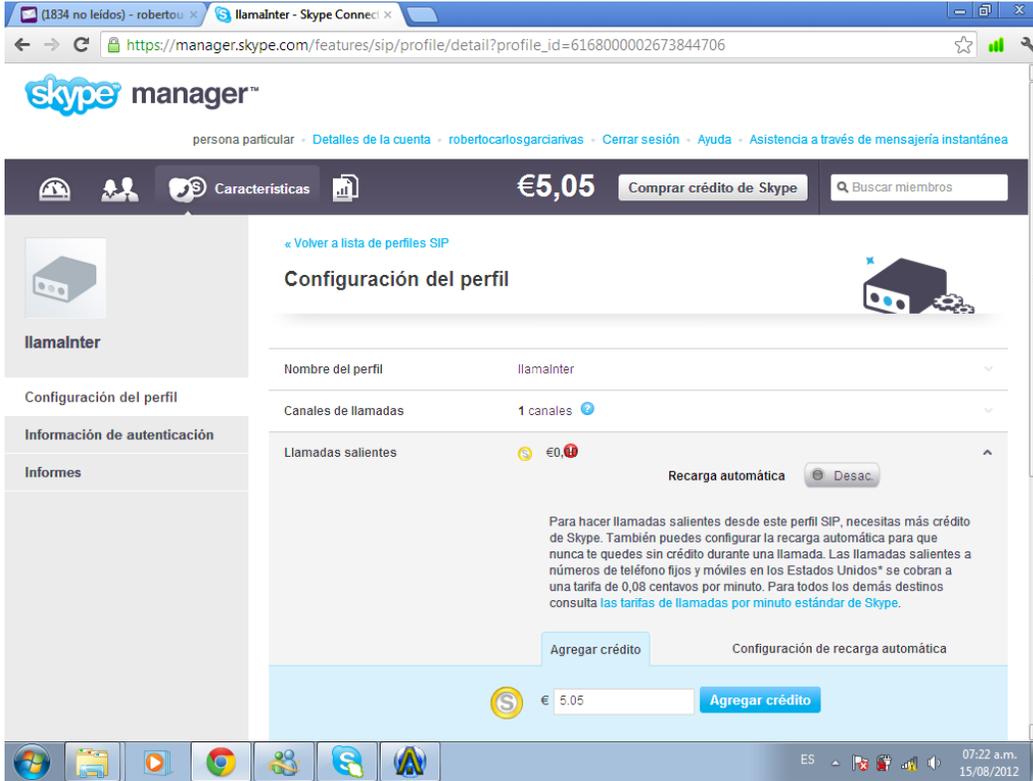


Figura A.7: Configuración del perfil SIP.

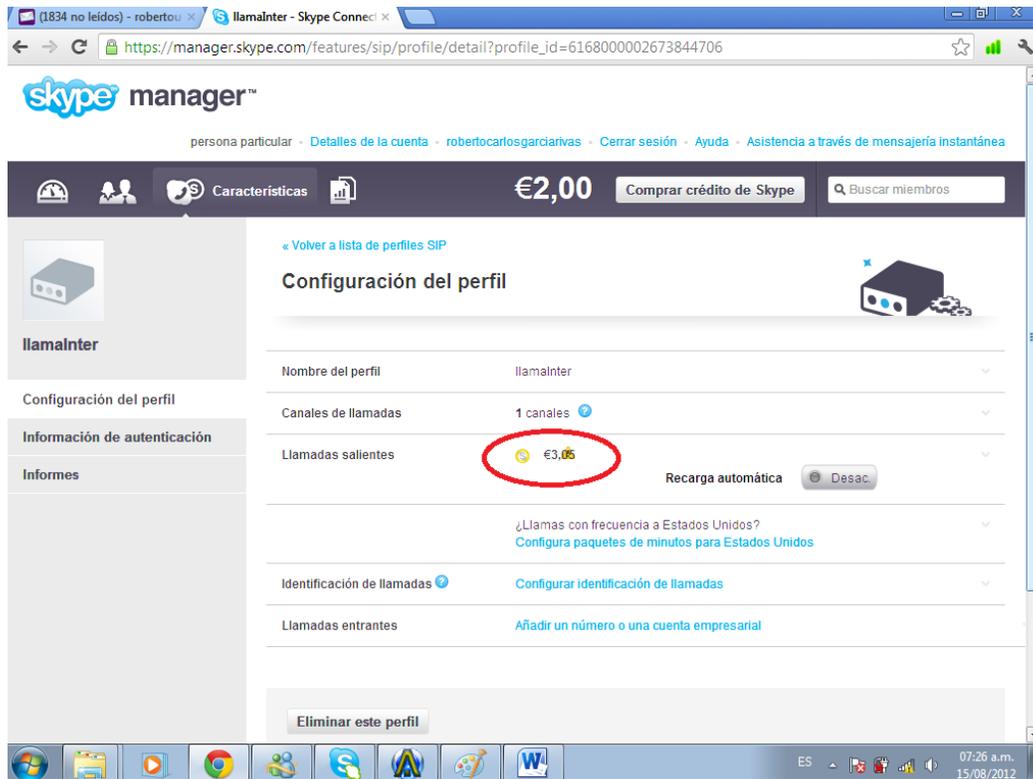


Figura A.8: Crédito asignado a Llamadas salientes.

En la cuenta Skype Manager se pueden agregar o invitar a usuarios para que sean miembros de la cuenta (ver la Figura A.9), en la sección **Panel de información**, luego ver la sección **Tus miembros**, dar click en **Añadir miembros**, los miembros se pueden agregar de dos maneras: Creando cuentas empresariales para ellos o Invitándolos con sus cuentas Personales. (Ver Figura A.10).

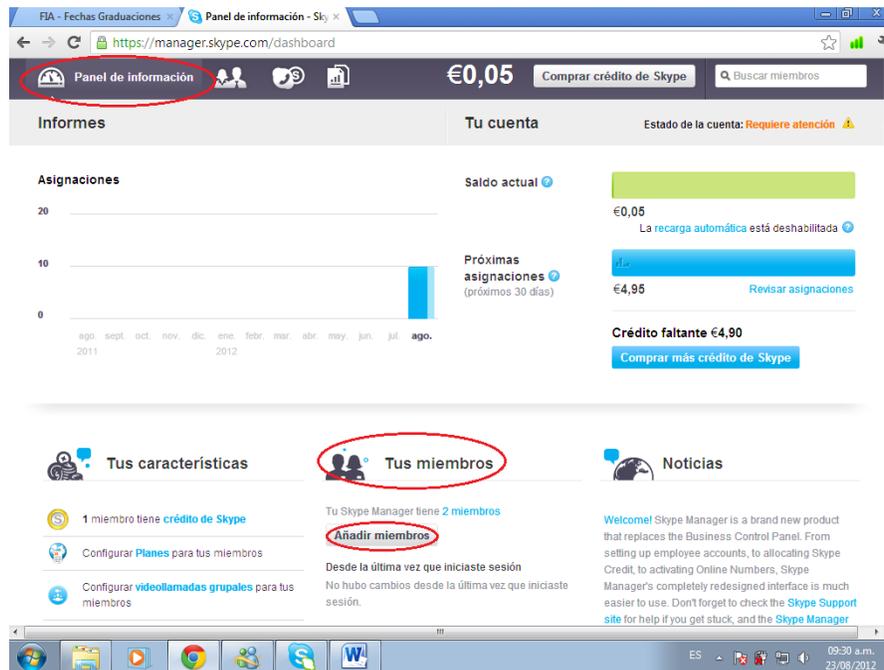


Figura A.9: Agregar miembros a la cuenta Skype Manager.



Figura A.10: Crear o Invitar miembros a la cuenta Skype Manager.

La Figura A.11 muestra los miembros de la cuenta Skype Manager, para el caso particular se agregó un miembro más enviando una invitación por nombre de usuario de Skype.

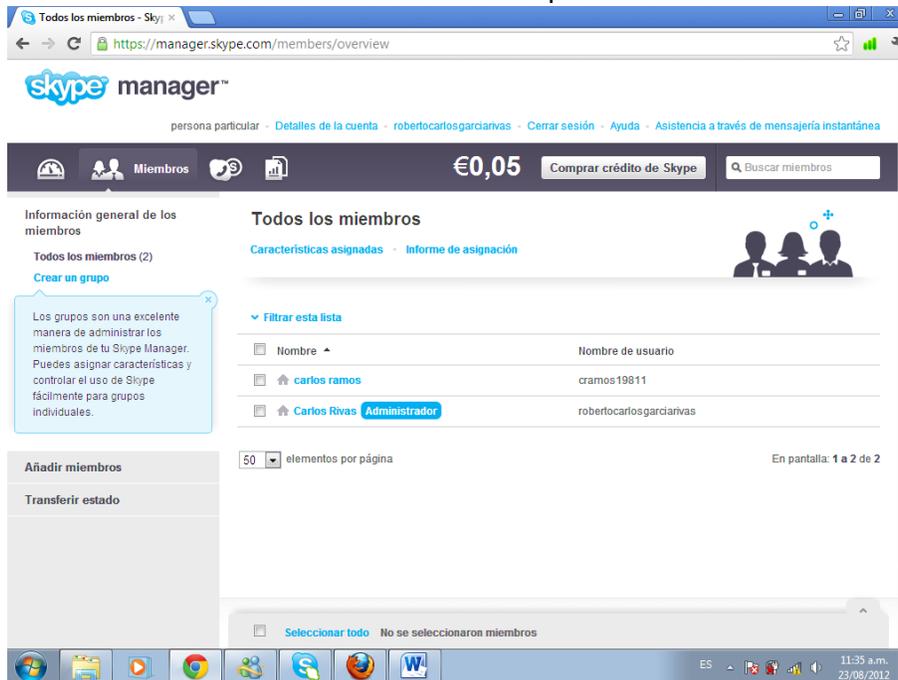


Figura A.11: Miembros de la cuenta Skype Manager.

Las asignaciones y recuperaciones de crédito para llamadas salientes se pueden ver en la sección INFORME DE ASIGNACIONES Y RECUPERACIONES DE CREDITO. También se puede ver las asignaciones de créditos para los miembros de las cuentas de Skype Manager, con el único inconveniente que una vez el crédito ha sido asignado a un miembro ya no se puede recuperar ni aun eliminando al miembro de la cuenta, el crédito asignado a él no se recupera, esto se puede ver a continuación en la Figura A.12 donde claramente se explica todo lo anterior.

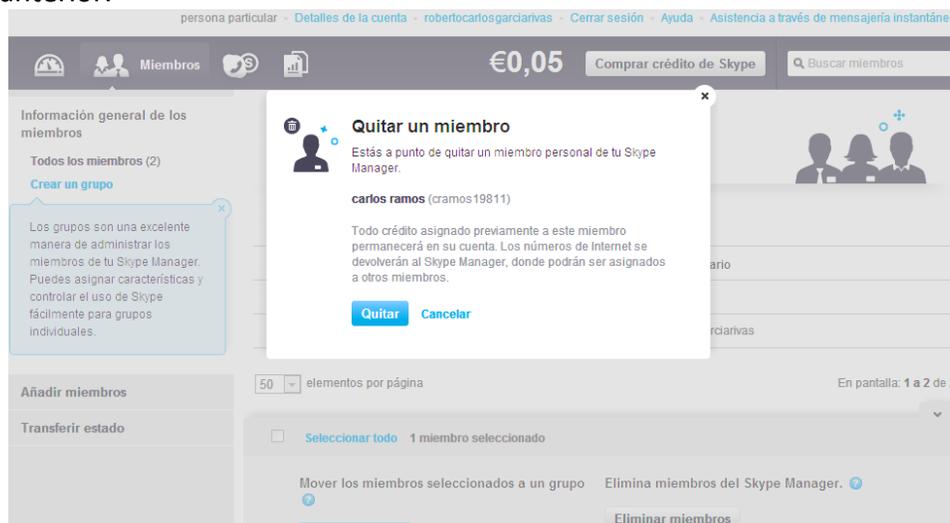


Figura A.12: Quitar un miembro de la cuenta Skype Manager.

INFORME DE COMPRA DE SALDO EN SKYPE MANAGER.



Carlos Rivas
Informe de compras Desde el 01/08/2012 hasta el
31/08/2012

Informe
Fecha de emisión: 16 de Agosto de 2012
Informe para: persona particular

Fecha	Nº de pedido	Artículo	Estado	Cantidad
14 de ago. de 2012	646483619	Compra de crédito	Entregado	€ 10,00
			Total	€ 10,00

Muchas gracias por usar Skype.

Skype Communications S.à.r.l - 23-29 Rives de Clausen - Luxembourg - L-2165 LUXEMBOURG
Société anonyme - RC Luxembourg B100468 Luxembourg - TVA ID LU20981643
© 2012 Skype

Página 1 de 1

INFORME DE ASIGNACIONES Y RECUPERACIONES DE CREDITO.



Informe

Carlos Rivas
Asignaciones Desde el 01/08/2012 hasta el 31/08/2012

Fecha de emisión: 16 de Agosto de 2012
Informe para: persona particular

Fecha	Artículo	Asignado a	Asignado por	Cantidad
14 de ago. de 2012	Plan SIP, 1 canal	llamaInter	Carlos Rivas	€ 4,95
15 de ago. de 2012	Asignación de crédito de Skype	llamaInter	Carlos Rivas	€ 5,05
15 de ago. de 2012	Crédito de Skype recuperado	llamaInter	Carlos Rivas	€ -5,05
15 de ago. de 2012	Asignación de crédito de Skype	llamaInter	Carlos Rivas	€ 3,00
15 de ago. de 2012	Crédito de Skype recuperado	llamaInter	Carlos Rivas	€ -3,00
15 de ago. de 2012	Asignación de crédito de Skype	llamaInter	Carlos Rivas	€ 3,05
Total				€ 8,00

Muchas gracias por usar Skype.

Skype Communications S.à.r.l - 23-29 Rives de Clausen - Luxembourg - L-2165 LUXEMBOURG
Société anonyme - RC Luxembourg B100468 Luxembourg - TVA ID LU20981643
© 2012 Skype

Página 1 de 1

ANEXO B

B. TARIFAS DE PROVEEDORES DE VoIP NACIONALES E INTERNACIONALES.

En el servicio VoIP existen muchos proveedores, en esta sección se mencionaran algunos de ellos ya sea nacionales o internacionales, también se darán a conocer algunas tarifas que estos manejan.

Tarifas de Skype.

En la Tabla B.1 se muestran algunas tarifas de Skype³. Aunque en la cuenta Skype Manager existe la opción para comprar paquetes de minutos con un límite disponible mensual de 5,000 minutos para llamar a teléfonos fijos y móviles en Estados Unidos por \$27.50 obteniendo así una tarifa de \$0.0055 por minuto.

Llamadas a teléfonos fijos y móviles. Los cargos para llamadas a teléfonos (fuera de un plan) consisten en un cargo por conexión (que se cobra una vez, por llamada) y una tarifa por minuto, según lo establecido en www.skype.com/go/allrates. Después de las 4 horas de duración, se desconectarán todas las llamadas y se requerirá que vuelva a marcar. Se cobrará un cargo por conexión adicional cuando vuelva a marcar.

PROVEEDOR	CANALES	COSTO MENSUAL	LLAMADA NACIONAL		LLAMADA INTERNACIONAL	
			LINEA FIJA	LINEA CELULAR	PAIS DESTINO	COSTO DEL MINUTO
SKYPE	1	\$6.19	\$0.29	\$0.31	EEUU	\$0.03
					Estados Unidos - Alaska	\$0.07
					Estados Unidos - Gratuito	
					Estados Unidos - Hawái	\$0.03
					PANAMA	\$0.13
					BELICE	\$0.29
					GUATEMALA (fijos)	\$0.18
					COSTA RICA (fijos)	\$0.08
					HONDURAS (fijos)	\$0.43
					NICARAGUA (fijos)	\$0.27
					MEXICO CELULAR	\$0.39

Tabla B.1: Tarifas de Skype.

*Tarifas incluyen IVA

³ Para obtener detalles de todas las tarifas de Skype ver el siguiente enlace:
<http://www.skype.com/intl/es/prices/payg-rates/?currency=USD#viewAllRates>

Tarifas de Claro.

Las tarifas de esta empresa se han obtenido de una Propuesta de Servicio de Telefonía Digital E1, este servicio es ofrecido al Hospital Nacional Rosales.

Especificaciones técnicas del E1 DID:

- El E1 DID es un medio de comunicación digital para la transmisión de señales de voz, datos y video con velocidad de 2,048Kbps para ISDN / DID.
- Sobre cada E1 se maneja treinta (30) conversaciones simultáneas entrantes o salientes.
- Se asignan secuencia de 100 números para asignar un número directo a cada extensión.
- La interface provista por Claro es un BNC G703 CCITT, 75 Ohmios desbalanceado

La Figura B.1 muestra la oferta económica de parte de la empresa hacia el comprador.

Servicio	Renta Mensual
1 E1 para el Hospital Rosales	\$0.00
1 E1 para proyecto	\$100.00
Llamada a línea fija	Valor del minuto
Llamadas de Fijo a Fijo	\$0.03862
Llamada a línea celular	Valor del minuto
Celular de cualquier operador	\$0.20

Figura B.1: Oferta económica de Claro para telefonía digital E1.

* Precios NO incluyen IVA.

Las tarifas internacionales se muestran en la Figura B.2

Tarifas Internacionales

País Destino	Costo del Minuto
ESTADOS UNIDOS y CANADA	\$ 0.09
PANAMA	\$ 0.12
SUR AMERICA Y EL CARIBE	\$ 0.29
EUROPA	\$ 0.35
ASIA, AFRICA, OCEANIA	\$ 0.50
BELICE	\$ 0.18
MEXICO	\$ 0.12
NICARAGUA CELULARES	\$ 0.34
GUATEMALA, COSTA RICA, HONDURAS Y NICARAGUA (fijos)	\$ 0.08
MEXICO CELULAR	\$ 0.28 impuesto X llamada + \$0.15 el minuto

Figura B.2: Tarifas internacionales de Claro para telefonía digital E1.

* Precios NO incluyen IVA.

Tarifas de Telefónica Móviles El Salvador.

Las tarifas de esta empresa se han obtenido de una Propuesta de Servicio de Telefonía Digital E1, este servicio es ofrecido al Hospital Nacional Rosales. (Ver Tabla B.2)

Este servicio de E1 permite contar con un acceso telefónico de alto caudal (2 Mbps) y la disponibilidad de contar con 30 canales de 64 kbps. Este servicio E1 permite contar hasta con un máximo de 200 extensiones con sus correspondientes números telefónicos, los cuales hacen que las comunicaciones sean más ágiles.

Los 30 canales de acceso del E1 son compartidos por todos los números telefónicos asignados al mismo, por lo que todas las llamadas entrantes o salientes de cualquiera de las extensiones asignadas podrán ser atendidas mientras exista un canal disponible.

Según la Oferta Comercial vigente, las tarifas para el servicio E1 son las siguientes:

Planes	Plan E1 \$50.00
Cargo por Mantenimiento de E1 DID	\$ 50.00
Tráfico	Tarifas
Llamadas Urbanas a Fijo Urbano Telefónica	\$ 0.0200
Llamadas Urbanas a Fijo Urbano Otros Operadores	\$ 0.0200
Llamadas Urbanas e Interurbano a Fijo Interurbano Telefónica	\$ 0.035
Llamadas Urbanas e Interurbano a Fijo Interurbano Otros Operadores	\$ 0.035
Llamadas Urbanas a Móvil Telefónica	\$ 0.100
Llamadas Urbanas e Interurbano a Móvil Otros Operadores	\$ 0.200
Larga Distancia Internacional	Tarifas
USA	\$ 0.0900
Canadá	\$ 0.0900
México	\$ 0.28
Nicaragua	\$ 0.22
Resto de Centro América	\$ 0.18
Belice	\$ 0.30
Caribe	\$ 0.35
Panamá	\$ 0.20
Sur América	\$ 0.30
Europa	\$ 0.35
Asia	\$ 0.45
África	\$ 0.45
Oceanía	\$ 0.45

Tabla B.2: Tarifas de Telefónica Móviles El Salvador para el servicio E1.

* Tarifas NO incluyen IVA

Adicional:

- ✓ Cargo mensual por VPN \$49.99 + IVA (Opcional).

Tarifas de Google Voice.

En la Tabla B.3 se muestran algunas tarifas de Google Voice para ver detalle de todas las tarifas visitar el siguiente enlace <https://www.google.com/voice/rates>

PROVEEDOR	LLAMADA NACIONAL		LLAMADA INTERNACIONAL	
	LINEA FIJA	LINEA CELULAR	PAIS DESTINO	COSTO DEL MINUTO
Google Voice	\$0.19	\$0.19	EEUU (desde otro país)	\$0.01
			Estados Unidos - Gratuito	
			PANAMA	\$0.05
			BELICE	\$0.22
			GUATEMALA (fijos)	\$0.14
			COSTA RICA (fijos)	\$0.06
			HONDURAS (fijos)	\$0.19
			NICARAGUA (fijos)	\$0.15
			MEXICO CELULAR	\$0.15

Tabla B.3: Tarifas Google Voice.