



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica

**PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO POR MEDIO DE METODOLOGÍA
CVE DE UNA RED UMTS EN ANTIGUA GUATEMALA**

Edy Estuardo Castillo Alvarado

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO POR MEDIO DE METODOLOGÍA CVE DE UNA
RED UMTS EN ANTIGUA GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDY ESTUARDO CASTILLO ALVARADO

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera Lopez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera Lopez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO POR MEDIO DE METODOLOGÍA CVE DE UNA RED UMTS EN ANTIGUA GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica, con fecha de 18 de noviembre de 2017.


Edy Estuardo Castillo Alvarado



Guatemala, 12 de marzo de 2018

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

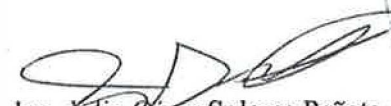
Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO POR MEDIO DE LA METODOLOGÍA CVE DE UNA RED DE COMUTADORES EN ANTIGUA GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante **Edy Estuardo Castillo Alvarado**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ATENDIENDO Y ENSEÑANDO A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica



Guatemala 16 de agosto de 2017

Ingeniero
Julio Cesar Solares Peñate
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Apreciable Ingeniero Solares.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado "**Planificación y dimensionamiento por medio de la metodología CVE de una red UMTS en Antigua Guatemala**", del señor **Edy Estuardo Castillo Alvarado**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,


Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
Colegiada 5,356
Asesora

Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiada 5356

REF. EIME 27.2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación de la estudiante: **EDY ESTUARDO CASTILLO ALVARADO** titulado: **PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO POR MEDIO DE LA METODOLOGÍA CVE DE UNA RED UMTS EN ANTIGUA, GUATEMALA,** procede a la autorización del mismo.

Ing. Otto Fernando Andrade González



GUATEMALA, 7 DE MAYO 2018.

DTG. 507.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO POR MEDIO DE METODOLOGÍA CVE DE UNA RED UMTS EN ANTIGUA GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Edy Estuardo Castillo Alvarado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Quien es el dador de toda fuerza, gracia y conocimiento, razón principal de mi existir a quien debo mi vida y dedicación.

Mis padres

Pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento al esfuerzo puesto para que yo pueda estudiar.

Mi esposa e hijas

Fuentes de mi inspiración para el desarrollo de todos mis proyectos y metas.

Mis hermanos

Por su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de mi carrera y mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Mis amigos de la
Facultad**

Por su apoyo durante toda la carrera

Mi asesor

Por su apoyo y dedicación en el desarrollo de esta tesis

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por haber sido mi segunda casa, lugar que, durante los años de estudio, me ayudó a formarme como profesional y como persona de bien.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. RED MÓVIL DE TERCERA GENERACIÓN 3G (UMTS)	1
1.1. Historia de la red 3G (UMTS)	1
1.2. Tecnología red 3G (UMTS)	3
1.3. Funcionamiento	4
1.4. Arquitectura básica de una red 3G (UMTS).....	5
1.5. Red núcleo (Core)	5
1.6. Puerta de acceso del medio (MGW).....	5
1.7. Acceso a función de cobro (CGF)	6
1.8. Red UTRAN.....	6
1.9. Controladora de red de radio.....	7
1.10. Nodo B.....	7
1.11. Red de transporte	8
1.11.1. Interfaz lub.....	8
1.11.2. Interfaz lur.....	8
1.11.3. Interfaz lu	8
1.11.4. Interfaz Uu	9
1.11.5. Red de gestión.....	9

1.12.	Características de una red 3G UMTS	9
1.13.	En resumen.....	9
2.	DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DE UN CVE EN EL MUNICIPIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA.....	11
2.1.	CVE Comercial Viability Entity	11
2.2.	Estudio general del departamento de Sacatepéquez.....	12
2.2.1.	Aspectos geográficos	12
2.2.2.	Aspectos demográficos	12
2.2.3.	Distribución poblacional y espacial del departamento	14
2.2.3.1.	Crecimiento poblacional	14
2.2.4.	Clima	14
2.2.5.	Riesgos de desastres naturales	15
2.2.5.1.	Terremotos	15
2.2.5.2.	Inundaciones	16
3.	ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO	17
3.1.	Delimitación de las áreas de prioridad del CVE	18
3.2.	Análisis de inversión y diseño de la red UMTS en el CVE	20
3.2.1.	VAC -valor actual de costo	20
3.2.2.	Método CAUE – Costo anual uniformemente equivalente	21
3.3.	Análisis comparativo entre torres y postes.....	21
4.	DESARROLLO DE UN CVE POR MEDIO DE ASSET	27
4.1.	Mimetización de sitios	41

CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista aérea de La Antigua Guatemala.....	13
2.	Caudal alto en invierno, río Pensativo, La Antigua Guatemala	16
3.	Análisis de una CVE.....	19
4.	Fórmula VAC.....	20
5.	Comparación de costos iniciales entre solución micro para postes y solución macro para torres	24
6.	Mapa y delimitación de área de estudio	28
7.	<i>Grid</i> o cuadrícula de análisis	29
8.	ASSET - <i>Tools</i> a “ <i>Vector Manager</i> ”.....	30
9.	ASSET - Ventana “ <i>Vector Manager</i> ”	30
10.	ASSET - Selección de “ <i>Vector</i> ”	31
11.	ASSET – Pathloss Predictor I	32
12.	ASSET – Pathloss Predictor II	33
13.	ASSET – Array / Signal Coverage.....	34
14.	ASSET – UMTS Pilot Coverage Wizard.....	35
15.	ASSET – UMTS Pilot Coverage Wizard.....	36
16.	ASSET - Nth Best RSCP.....	37
17.	2D View – 1	39
18.	ASSET - GIS Export.....	40
19.	Predicción de ASSET en exportada a Google Earth	41
20.	Antena de radiofrecuencia mimetizada como farol	42

TABLAS

I.	Parámetros climáticos promedio de La Antigua Guatemala	15
II.	Solución macro para torres.....	22
III.	Solución micro para postes.....	23
IV.	Comparación de costos anuales.....	24
V.	Ahorro anual implementando postes	25
VI.	Altura y coordenadas de sitios	38

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
hz	Hercio, frecuencia
hr	Hora
KHz	Kilohercio (1 000 hercios)
k Ω	Kilohmios
MHz	Megahercio (10 000 hercios)
μ F	Microfaradios
mm	Milímetro
min	Minuto
Ω	Ohm, unidad de resistencia eléctrica
seg	Segundo
V	Voltios

GLOSARIO

Conversor A/D	Dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje a un valor binario.
Compilador	Programa informático que traduce un programa escrito en un lenguaje de programación a otro, generando un programa equivalente que la máquina será capaz de interpretar.
Frecuencia	Magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.
GND	Tierra (<i>ground</i>).
IC	Circuito integrado.
Oscilador eléctrico	Circuito integrado creado para obtener un sistema de oscilación que sea estable y periódico, manteniendo una frecuencia y una forma de onda constante. Para ello se aprovecha el proceso natural de oscilación amortiguada, que poseen los circuitos compuestos por elementos capacitivos o inductivos, o ya sea inducida por un cristal de cuarzo.

Pulso eléctrico

Nivel de voltaje instantáneo que puede tener un periodo y frecuencia determinada, que en términos digitales se representa como un uno lógico.

RL

Relevador o relé.

R

Resistencia

SW

Switch

RESUMEN

Los CVE son áreas comercialmente óptimas en las cuales es posible obtener un buen retorno de inversión para la industria de telecomunicaciones, Las redes de telefonía han sido creadas para solucionar la comunicación a larga distancia a través de la transmisión y recepción de señales que se propagan a través de ondas electromagnéticas. El área geográfica de Guatemala es muy montañosa por lo cual se presentan problemas de penetración que dependiendo de la frecuencia en que se transmita como la altura de antenas son factores por tomar en cuenta para diseñar la red tomando como base una frecuencia de 800 MHZ.

El presente trabajo de graduación ha sido creado para formular una propuesta de diseño de una red 3G (UMTS) para tener la base de un diseño aplicable eficiente y simple, evitando gastos innecesarios y los problemas que aparecen cada vez que se crea una red cuyo objetivo principal es la comunicación, la cual es gran importancia en la vida diaria de las personas, las empresas o las instituciones estatales y políticas.

OBJETIVOS

General

Crear de un guía para detallar los pasos por seguir para la implementación de una red 3G UMTS en el área de Guatemala que determine los costos de ejecución y proyecciones de retorno de inversión.

Específicos

1. Describir las características y conceptos principales sobre la tecnología de la red 3G (UMTS).
2. Realizar un análisis socioeconómico para determinar áreas comercialmente viables para la industria de las telecomunicaciones (CVE).
3. Definir la cantidad de sitios, equipos, tipos de transmisión, tipos de antenas para detallar costos de inversión por CVE.
4. Presentar una herramienta primordial para realizar estudios y reportes para la implementación de proyectos de telecomunicaciones en áreas extensas con más precisión obtenida gracias a las últimas tecnologías.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo ha sido desarrollado para presentar al estudiante de ingeniería electrónica un enfoque orientado a los aspectos laborales y profesionales que son parte del conocimiento básico necesario en el área de las telecomunicaciones. Plantea la implementación de un proyecto muy común y necesario en las empresas de telefonía actuales.

En la parte inicial se introduce el concepto raíz sobre el cual se basa el proyecto, las redes móviles de tercera generación o 3G UMTS. Se detalla brevemente la historia de dicha tecnología, cómo funciona, arquitectura en la cual trabaja, conceptos y teoría necesarios para comprender los análisis siguientes.

Después se presenta la definición y delimitación de las áreas comercialmente óptimas o CVE en el área de La Antigua Guatemala. En esta sección se determinan los parámetros y temas de atención necesarios para realizar un proyecto de telecomunicaciones con el contenido necesario para su implementación, tocando aspectos demográficos y demográficos, distribución poblacional y espacial, clima del área de estudio y riesgos de desastres.

Se procede a implementar la información recopilada para la elaboración del análisis socioeconómico donde se hace la recolección de información procedente de la población de La Antigua Guatemala para el análisis de costos a corto y largo plazo para las dos opciones viables para la implementación del proyecto: torres frente postes.

Finalmente, se concluye con el uso de la aplicación ASSET, con la descripción de su uso y funcionamiento para el proyecto actual. En el programa se presenta de forma más gráfica el diseño del proyecto, presentando una idea más completa que la información que presenta un simple análisis numérico. Se utiliza adicionalmente mapas e información del programa Google Earth como herramienta principal.

1. RED MÓVIL DE TERCERA GENERACIÓN 3G (UMTS)

1.1. Historia de la red 3G (UMTS)

En un principio la tecnología que soportaba los canales de transmisión de la señal de voz era analógica, la cual duró mucho tiempo hasta la llegada de la tecnología de la generación digital. Este fue un gran cambio que revolucionó la forma en cómo se transmite la voz de un punto a otro. Apareció una tercera generación que está construida sobre una plataforma digital que tiene una versatilidad tan grande que permitirá comunicar en cualquier lugar y forma.

Es estándar manejado es IMT-2000, norma con la cual se tiene acceso a la infraestructura global de telecomunicaciones. El proceso se lleva a cabo mediante diversos dispositivos y terminales que van desde el cableado de datos implementados en cobre por vías terrestres, pasando por antenas, empresas y hogares hasta satélites en órbita. Estos suplirán la necesidad de información para organizaciones de gobierno y corporativas, instituciones públicas y privadas y al cliente final mayoritario que es el usuario común, proveyendo conexiones a altas velocidades de canales de voz e internet.

La tercera generación de comunicaciones móviles representa un grupo de normativas y estándares que llevan el fin de alcanzar mayores capacidades de velocidad de transferencia de información y versatilidad de conexión en lo que a terminales móviles respecta, todo esto mejorando las tecnologías anteriores en gran manera, dando paso a la banda ancha.

El protocolo de comunicación 3G está definido desde 1985 por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), como un sistema de comunicaciones móviles de tercera generación, que en aquel entonces estaba denominado como *Future Public Land Mobile Telecommunications Systems* (FPLMTS) y posteriormente *International Mobile Telecommunications – 2000* (IMT-2000). Desde su creación la ITU dio los primeros pasos para su implementación a largo plazo reservando bandas de frecuencias necesarias a nivel internacional. Asimismo definió los primeros estándares IMT-2000 los cuales son los siguientes:

- Servicios de conexión de computadoras de personales a través de redes móviles con aplicaciones multimedia.
- Mejoras en capacidad y eficiencia con respecto a las tecnologías anteriores.
- Ancho de banda dinámico que se adapta a los requerimientos de la aplicación en funcionamiento.
- Itinerancia entre redes basadas en estándares distintos (*roaming*).
- Integración del acceso fijo inalámbrico y redes satelitales en las propias redes celulares.
- Incremento de la velocidad de acceso hasta 20 Mbps para comunicaciones móviles.

Desde 1998 la ITU recibió alrededor de quince propuestas de distintos grupos y asociaciones para crear los estándares 3G, el proceso logró obtener propuestas hasta que solidificaron el concepto del estándar que finalmente fue aceptado por la ITU en mayo de 2000, quedando englobado bajo las siglas IMT-2000.

1.2. Tecnología red 3G (UMTS)

Las siglas UMTS corresponden a *Universal Mobile Telecommunication System* o sistema universal de comunicaciones móviles, el cual es miembro de la familia global IMT-2000, del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación de la ITU.

UMTS es una tecnología de comunicación por radio que permite la creación de un canal de bits que ofrece acceso móvil a servicios basados en la internet dando lugar a aplicaciones para el uso diario de los usuarios. Su versatilidad otorga movilidad, que es un aspecto vital en este servicio porque permite mejorar la experiencia en actividades de ocio, acceso a la información y el comercio electrónico sin importar donde se localice el usuario, a través de terminales más allá de una computadora.

Actualmente, los sistemas de telefonía móvil en Estados Unidos son muy diversos e incompatibles entre sí, siendo este uno de problemas a los cuales el estándar UMTS presenta la solución de normalizar las normas por las que se rige la comunicación móvil a nivel global. Así ocurre en Estados Unidos, en donde se encuentran aún varias empresas que utilizan tecnología analógica con sistemas obsoletos. Caso contrario de las redes de telecomunicación móvil de Europa, que solo emplea GSM.

La frecuencia de trabajo original de GSM fue 900 MHz, para la segunda generación se implantó la banda 1800 MHz. Debido a la demanda por parte de los usuarios estas bandas se quedaron cortas. Los servicios disponibles en esta generación son: *roaming*, desvío de llamadas, llamadas en espera, mensajes de texto y transmisión de datos a una velocidad mínima de 9600 bps. UMTS

viene a solucionar la demanda de velocidad y capacidades de los usuarios, donde la tecnología GSM ya no es suficiente.

1.3. Funcionamiento

Tomando en perspectiva la idea de que los teléfonos móviles proporcionan un canal para comunicarse con la gran red mundial de información, prácticamente se puede considerar que la implementación de tecnología 3G como un potenciador de dicho canal o ensanchamiento que permitiría tener un acceso mayor y más rápido a toda la información sobre cualquier tema, estudio, investigación, experimento realizado a prueba y error, que cualquiera podría haber intentado hacer alguna vez en la vida. Además, todo esto se debe hacer en movimiento, sin ninguna atadura alámbrica, la única limitante es la misma que tenga el operador de servicio de telefonía 3G local. La tecnología 3G implica la convergencia entre las redes locales pequeñas de hogar y oficina, con las grandes redes empresariales, gubernamentales que están en el exterior, dando paso al acceso de aplicaciones y dominios en cualquier momento.

Las frecuencias empleadas para transmitir la conexión con el mundo a cada usuario no son infinitas por lo que se asigna una misma frecuencia a varios usuarios conectados a una misma antena, pero con TDMA se emplea una frecuencia que se divide en fracciones de tiempo llamadas casillas, las llamadas entrantes y salientes se dividen entre estas casillas para separarlas entre los usuarios que usen el servicio.

Caso contrario con los sistemas CDMA que utilizan una frecuencia distinta para transmitir el servicio de llamadas, este sistema es “más seguro”, su diseño existe desde la Segunda Guerra Mundial para dificultar la interceptación de

llamadas de guerra importantes y privadas. La tecnología CDMA tiene varias ventajas frente a el sistema TDMA, siendo de mejor calidad de sonido, más rápido y de mayor capacidad. UMTS está basado en CDMA, por lo que sería fácil acoplarlo a las tecnologías CDMA actuales en Estados Unidos, haciendo la migración mucho más sencilla.

1.4. Arquitectura básica de una red 3G (UMTS)

Las subredes que dividen la red de telefonía celular basada en UMTS son:

- Red núcleo o Core
- Red de acceso terrestre de radios UMTS
- Red de transporte, permite la comunicación entre la red Core y la UMTS

1.5. Red núcleo (Core)

Tercera generación del subsistema de manejo y conmutación de los sistemas GSM, el diseño de la red Core de UMTS se basa en la red Core GSM-EDGE con la diferencia de que la SGSN y GGSN tienen mayor relevancia en UMTS que en GSM.

1.6. Puerta de acceso del medio (MGW)

El Media Gateway es el medio de conexión de enlace entre dos elementos de red que manejan un lenguaje o naturaleza distinta funcionando como acople o traducción entre ambos.

En UMTS el MGW funciona como elemento que conecta distintos elementos de red como los siguientes:

- Redes de segunda generación
- Red de telefonía pública conmutada (PSTN)
- Internet mediante el protocolo TCP/IP

1.7. Acceso a función de cobro (CGF)

En una de las partes importantes de la red que funciona como el puente de intercomunicación entre el Core y la parte de la gestión encargada del control de la tarificación de la llamada y aseguramiento de la inversión económica. Cuando un usuario solicita servicios de la compañía de telecomunicaciones, es la sección CGF la que establece las condiciones de cobro de crédito monetario y permite o niega el servicio deseado en base a una disponibilidad o permiso previo.

1.8. Red UTRAN

En esta red la sección de Core ha sido replicada en su totalidad de las tecnologías de segunda generación para cumplir con los requerimientos del método de acceso de canal utilizado para UMTS. Otra propiedad que tiene en común con las tecnologías anteriores es que maneja las señales de radio para transmitir la información. A esta red la conforman los controladores de red de radio (RNC) que combinados con uno o varios nodos B se les llama subsistema de red de radio (RNS)

1.9. Controladora de red de radio

Elemento de red conocido por sus siglas en inglés RNC con equivalentes en las redes 2G llamada BSC con funciones similares. Sus tareas principales son controlar los nodos B asociados a esta, el control y manejo de la movilidad o desplazamiento interno de los usuarios de la red y, por último, controla todos los recursos de radio de la red UMTS. Además participa en las siguientes funciones:

- La relación de la RNC con los nodos B
- Control de potencia del sistema
- Control de admisión a la red
- Control de carga del sistema
- Control de transmisión
- Manejo de paquetes de información

1.10. Nodo B

En la segunda generación se llamaban BTS, su principal función es controlar los protocolos de la interfaz de aire del sistema de telecomunicaciones. Dichos protocolos abarcan conceptos como la adaptación de tasas de transmisión de información y codificación de canal.

La labor del nodo B en el proceso de la comunicación está estrechamente ligada al método utilizado de acceso a canal e interfaz aérea del sistema.

1.11. Red de transporte

Es la vía de comunicación entre los elementos de red y el mundo exterior, llevada a cabo por medio de interfaces de comunicación que constituyen la red de transporte UMTS de las cuales existen las siguientes.

1.11.1. Interfaz lub

Interfaz que se encarga de toda la comunicación entre el Nodo B y la RNC. Es un estándar como las demás interfaces permitiendo escalabilidad en sus configuraciones, crear mejores y más seguras permitiendo constante superación y eficiencia.

1.11.2. Interfaz lur

Permite la comunicación entre las RNC, ayudando a que el rendimiento de la red y movilidad del usuario dentro de la misma sea más efectivos. Se puede decir que mediante esta interfaz la comunicación entre las celdas de distintas RNC se optimiza, mejorando la entrega y recepción de llamadas de usuario que se trasladan entre las RNC de un punto a otro.

1.11.3. Interfaz lu

Interfaz que permite la comunicación entre las redes UTRAN y la red CORE, tanto para CS y PS, diferenciándose así los servicios de voz y de datos presentes en UMTS.

1.11.4. Interfaz Uu

Interfaz aérea, proporciona acceso al canal UMTS, es otro nombre para WCDMA para la tecnología 3G.

1.11.5. Red de gestión

Medio utilizado para distintas tareas como tarificación de abonados, facturación, registro y definición de perfiles de servicio; la gestión y seguridad en el manejo de datos, así como en la operación de los diferentes elementos que conforman la red y su buen funcionamiento.

1.12. Características de una red 3G UMTS

UMTS está basado en protocolo IP que permite la transmisión de voz y datos en velocidades de hasta 2 Mbps, velocidades promedio de 200 a 300 Kbps cuando la terminal se encuentra en movimiento. UMTS está capacitada para brindar servicios que requieran altas prestaciones de ancho de banda como reproducción de multimedia en línea, transferencia de archivos y documentos de gran capacidad, video conferencia a varios dispositivos simultáneamente, desde teléfonos móviles hasta laptops. UMTS combina eficiente las tecnologías TDMA y CDMA para hacer mejor uso del espectro radioeléctrico.

1.13. En resumen

La llegada de la tecnología UMTS supone una nueva era en el mundo de las telecomunicaciones, las ventajas de este modelo son muchas, y proporcionará una cantidad elevada de servicios y todo de una calidad nunca

antes vista a un costo relativamente bajo, permitiendo la compatibilidad con las tecnologías GSM que entonces serían sus antecesoras. Otra gran cualidad muy importante por destacar es la amplia cobertura a nivel mundial debido a que su alta escalabilidad permite su evolución y crecimiento a grandes velocidades sin importar la ubicación del cliente final. Así logra una conexión más eficaz a internet obteniendo la última información en el instante, como correos electrónicos, web, contactos y otros.

Todo este avance tecnológico con el tiempo se vuelve obsoleto como el WAP, que puede que lleguen a ser demasiado engorrosas para ser utilizadas por el usuario común.

2. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DE UN CVE EN EL MUNICIPIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA

2.1. CVE Comercial Viability Entity

Las CVE son áreas comercialmente viables que se definen por una región la cual contiene una cantidad de población considerable para comercializar servicios y accesos telefónicos. Este análisis se realiza mediante un estudio socioeconómico.

Las CVE son áreas utilizadas en las telecomunicaciones para diseñar una red que satisfaga las necesidades de comunicación de cierta población, dependiendo de las necesidades se determina el tipo de red que se debe implementar. La delimitación del CVE se realiza en el municipio de La Antigua Guatemala, los análisis técnicos para determinar la inversión necesaria en el área para dar servicio 3G (UMTS)

Se definirá la cantidad de nodos B necesarios para utilizar las especificaciones de altura y tipo de infraestructura que se implementará dado que sitios como La Antigua Guatemala contienen sitios históricos, paisajes, pavimentación y arquitectura que la Ley Municipal no permite modificar debido a que es catalogado como Patrimonio Cultural de la Nación. Por ello, los dispositivos que conformarán la red no deben permanecer a simple vista, tendrán que ser mimetizados para que la infraestructura de red armonice con el entorno.

2.2. Estudio general del departamento de Sacatepéquez

La Antigua Guatemala es uno de los 16 municipios del departamento de Sacatepéquez; es uno sitios turísticos de mayor importancia para el país. Cuenta con sitios históricos, ruinas de los que alguna vez fueron iglesias centrales, casas de personajes de abolengo, construcciones que se han vuelto museos ricos en historia de la que algún día fue Santiago de los Caballeros de Guatemala durante el periodo de 1541 hasta 1776.

La ciudad capital fue trasladada después de haber sufrido tres terremotos en su último siglo, y la ciudad de La Antigua Guatemala fue designada como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1979.

2.2.1. Aspectos geográficos

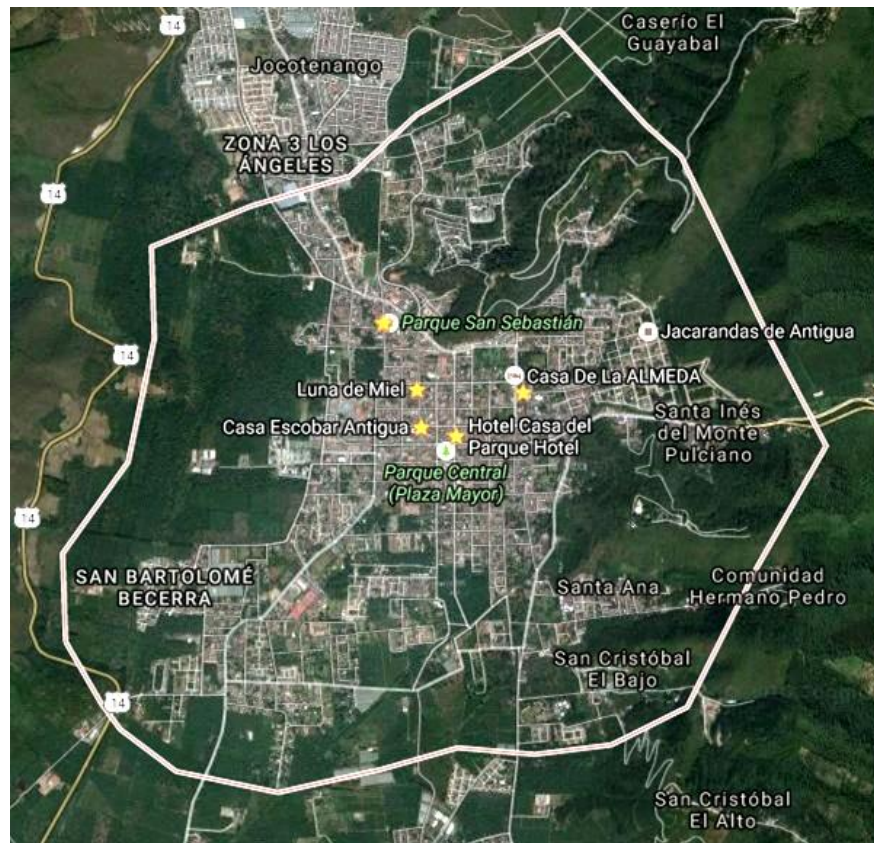
Se encuentra localizado en la región 5 o central de Guatemala, en el departamento de Sacatepéquez, coordenadas geográficas: Latitud Norte: 14°33'30" y longitud Oeste: 90°43'50", altitud de 1530.17 metros sobre el nivel del mar, 48 km de la ciudad de Guatemala. Extensión de territorio: 78 Km cuadrados.

2.2.2. Aspectos demográficos

La población, según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística INE, indica que en 2002 se registraron 248 019 habitantes siendo un 2,2 % de la población total de país; 49,3 % hombres, y 50,7 % mujeres. El 84,6 % vive en regiones urbanas, 42,4 % son pobladores indígenas con analfabetismo. Sus colindancias son:

- Pastores
- Jocotenango
- Santa Lucía Milpas Altas
- Magdalena Milpas Altas
- Santa María de Jesús
- Ciudad Vieja
- San Antonio Aguas Calientes

Figura 1. **Vista aérea de La Antigua Guatemala**



Fuente: Impresión de pantalla de maps.google.com, mapa de La Antigua Guatemala.

Consulta: 5 de octubre de 2017.

2.2.3. Distribución poblacional y espacial del departamento

La Antigua Guatemala está conformada por una ciudad principal, cabecera departamental, 24 aldeas, 2 barrios, 3 caseríos, 11 colonias, 1 comunidad, 3 condominios, 29 fincas, 2 granjas, 5 lotificaciones, 18 residenciales, 3 urbanizaciones sumando un total de 102 áreas pobladas. Estos sitios se encuentran comunicados por caminos completamente transitables todo el tiempo a alrededor de 15 minutos de la cabecera departamental transportándose en vehículo habiendo casos especiales como El Hato, San Cristóbal El Alto y Vuelta Grande que se ubican aproximadamente a 30 o 40 minutos en carretera pavimentada.

2.2.3.1. Crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional, según el Instituto Nacional de Estadística es del 2,14 % anual según el censo realizado en 2002, en comparación con el 3,47 % del censo de población nacional.

2.2.4. Clima

El clima de la ciudad de La Antigua Guatemala es regularmente templado, la tabla I presenta una clasificación de Köppen de los parámetros climáticos promedio.

Tabla I. **Parámetros climáticos promedio de La Antigua Guatemala**

Parámetros climáticos promedio de Antigua Guatemala													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anua l
Temp. máx. media (°C)	22.5	23.4	24.7	25	24.7	23.6	23.5	23.8	23.1	22.7	22.8	22.3	23.5
Temp. media (°C)	16.6	17.2	18.3	19.1	19.5	19.4	19	19	18.7	18.3	17.7	16.8	18.3
Temp. mín. media (°C)	10.8	11.1	11.9	13.3	14.3	15.3	14.6	14.3	14.4	13.9	12.7	11.3	13.2
Precipitación tot al (mm)	1	3	4	25	118	231	170	141	220	131	16	5	1065

Fuente: Climate-Data.org, Instituto Nacional de Sismología,
Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala

2.2.5. Riesgos de desastres naturales

- La ciudad se encuentra constantemente amenazada por erupciones provenientes del volcán de Fuego.
- Terremotos provocados por las fallas tectónicas adyacentes a la ciudad.
- Inundaciones del río Pensativo.

2.2.5.1. Terremotos

En el siglo XVI ocurrieron varios terremotos de consideración en las siguientes fechas:

- 21 de marzo de 1530
- 11 de septiembre de 1541

- 1565 -se ignora la fecha exacta-
- 1575 -se ignora la fecha exacta-
- 30 de noviembre de 1577
- 23 de diciembre de 1585

2.2.5.2. Inundaciones

Desde que se fundó la ciudad ha sufrido inundaciones provocadas por el desbordamiento del río Pensativo, la posición geográfica provoca que sea propensa a este tipo de desastre dado a que se encuentra entre montañas y hay crecidas cuando hay excesos de lluvias siendo dicho río demasiado estrecho para soportar el caudal en épocas de invierno.

Figura 2. Caudal alto en invierno, río Pensativo, La Antigua Guatemala



Fuente: <http://www.prensalibre.com/guatemala/sacatepequez/lluvia-pone-en-riesgo-65-viviendas-en-antigua-guatemala>. Consulta: 10 de octubre de 2017.

3. ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

Para la elaboración del se análisis se organiza una serie de temas de análisis de la región de estudio en los aspectos de territorio, población y estructura social y económica y un resumen final de que consiste en la relación del análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, y Amenazas) de la ciudad estudiada.

El aspecto de vital importancia del estudio es la ubicación del proyecto por su viabilidad. Los factores que definen adecuadamente una zona geográfica son: orografía, superficie, dispersión geográfica, situación y comunicaciones.

Para que las empresas de telecomunicaciones sean exitosas dependen de la capacidad del área seleccionada para generar un mercado y compra del servicio con altas expectativas de éxito, para así obtener un retorno de la inversión favorable. De esta forma se pueden realizar movimientos aparentemente riesgosos en términos económicos de los cuales de espera que sean oportunidades futuras de ingreso y ganancia para la empresa, siendo viable la generación de proyectos en las áreas seleccionadas.

Unos de los pasos por seguir para proceder con éxito en el proceso de análisis económico es la obtención de licencias. Se debe procurar la creación u obtención de estándares con interfaces abiertas para que sea posible acceder a las tecnologías para ampliar en un futuro dichos proyectos.

La forma en cómo se presenta tendencia de crecimiento de la población, su distribución espacial y situación actual son factores por tomarse en cuenta para evaluar y ponderar las principales componentes de para el desarrollo territorial del proyecto por implementar.

No obstante, no puede considerarse como una variable independiente, dado a que el desarrollo es una resultante de varios factores variables como la permanencia poblacional en las aéreas estudiadas, porque puede que existan flujos migratorios que sean significativos como consecuencia de sucesos políticos y económicos de cada región. Para el estudio de una población se deben considerar las siguientes características:

- Origen
- Sexo
- Edades
- Nivel académico

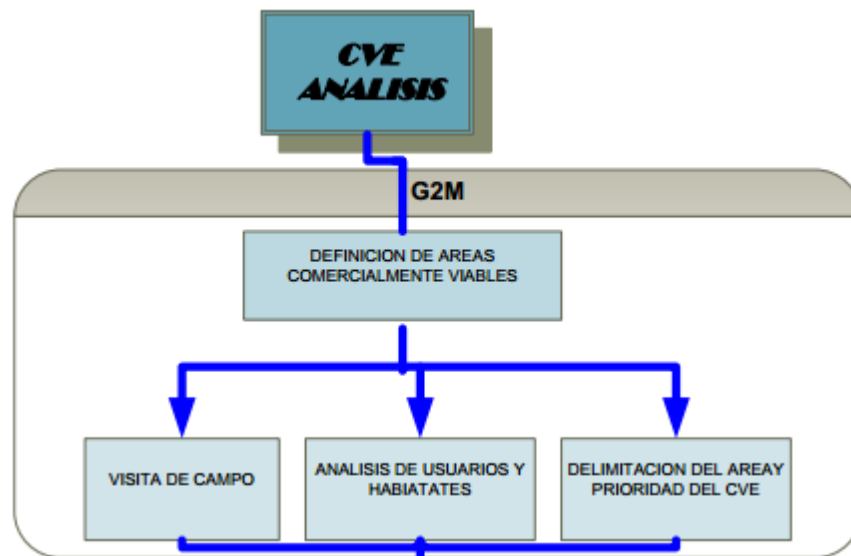
El concepto de densidad poblacional se define como el resultado de la división entre la cantidad total de habitantes y el número de kilómetros cuadrados de una región, zona o país específico. Este dato es útil para comparar datos demográficos de los distintos territorios estudiados. Para el análisis que se realiza el presente trabajo de graduación se necesita determinar si es rentable realizar proyectos de expansión de la red de telefonía a corto, mediano o largo plazo.

3.1. Delimitación de las áreas de prioridad del CVE

Un área comercialmente viable se puede definir por una región en la cual contiene una población considerablemente importante en cantidad de personas con acceso a teléfono. Este análisis se realiza mediante un análisis socioeconómico, se presenta la definición de un vector para delimitar el área de influencia del CVE por analizar.

Los CVE se delimitarán en base al siguiente esquema donde se detalla los pasos y recursos por utilizar.

Figura 3. **Análisis de una CVE**



Fuente: elaboración propia.

La delimitación de las áreas del CVE, análisis socioeconómico se realiza en base a los datos poblacionales y las visitas realizadas a campo para la verificación de la economía de la región.

3.2. Análisis de inversión y diseño de la red UMTS en el CVE

Para realizar el análisis financiero se utilizan los métodos de valor de costo actual VAC y el de costo anual uniforme equivalente (CAUE)

3.2.1. VAC -valor actual de costo

El valor actual de costo es más conocido por las siglas de su abreviatura, es una medida de los costos en los flujos de caja, todo analizado con valores monetarios presentes, considerando que el valor del dinero cambia con el tiempo, por lo que esta metodología es también utilizada para la evaluación de proyectos

En términos matemáticos, es equivalente a la sumatoria de los costos, se plantea la siguiente fórmula:

Figura 4. Fórmula VAC

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Fuente: página Web: [<http://proyectos.ingenotas.com/2011/01/valor-actual-de-costos.html>.]

Consulta: 12 de octubre de 2017.

- I_0 : inversión inicial.
- C_t : costos incurridos durante el periodo t .

- n: horizonte de evaluación (en este caso: número de periodos en los que se está analizando el proyecto).
- r: tasa social de descuento.

3.2.2. Método CAUE – Costo anual uniformemente equivalente

Consiste en transformar los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pago, si el valor de CAUE es positivo, es porque los ingresos son más grandes que los egresos y dados estos resultados es factible realizar el proyecto. De lo contrario, si el CAUE es negativo, es porque los ingresos tienen menor valor que los egresos y eso da como resultado que el proyecto no sea rentable y sea rechazado. Se debe hacer una comparación de costos por lo cual no se procederá el proyecto que genera mayor costo de ejecución.

El CAUE es igual a la división entre VAC y $(n-i)$, donde VAC es el valor actual de costos, “n” es el número de periodos e “i” es el interés.

Estos métodos para llevar a cabo una comparación entre una solución macro de cobertura y una micro que es la que se ha analizado en este trabajo y definir cuál de los dos es más rentable utilizar.

3.3. Análisis comparativo entre torres y postes

A continuación, se realizará la comparación entre la rentabilidad que proporciona una solución macro de cobertura a través de la implementación de torres frente a la rentabilidad que proporciona la solución micro por medio de

postes mimetizados. Esta solución es la más económica, pero se debe considerar que las torres proporcionan una mejor cobertura.

La inversión inicial necesaria para sitios macro asciende a Q665 000,00 por torre, lo que incluye gastos de instalación, permisos legales de construcción e infraestructura, personal y materiales de albañilería. La tasa de inflación anual es aproximadamente de 6,6 %, según datos proporcionados por el Banco de Guatemala, proyectando un incremento en el alquiler del terreno de un 0,01 % anual, a 10 años se calcula un VAC de Q313 886,73.

Tabla II. Solución macro para torres

Solución MACRO para Torres											
Costos Iniciales	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costos de Instalación	Q 320,000.00										
Costo de Permisos	Q 95,000.00										
Construcción y Albañilería	Q 250,000.00										
Costos administrativos											
Alquiler del terreno		Q 37,000.00	Q 37,370.00	Q 37,743.70	Q 38,121.14	Q 38,502.35	Q 38,887.37	Q 39,276.25	Q 39,669.01	Q 40,065.70	Q 40,466.36
Atención y Mantenimiento		Q 30,000.00	Q 30,300.00	Q 30,603.00	Q 30,909.03	Q 31,218.12	Q 31,530.30	Q 31,845.60	Q 32,164.06	Q 32,485.70	Q 32,810.56
Energía Eléctrica		Q 2,500.00	Q 2,525.00	Q 2,550.25	Q 2,575.75	Q 2,601.51	Q 2,627.53	Q 2,653.80	Q 2,680.34	Q 2,707.14	Q 2,734.21
Seguridad y Monitoreo		Q 175,000.00	Q 176,750.00	Q 178,517.50	Q 180,302.68	Q 182,105.70	Q 183,926.76	Q 185,766.03	Q 187,623.69	Q 189,499.92	Q 191,394.92
Suma Total	Q 665,000.00	Q 244,501.00	Q 246,947.00	Q 249,417.45	Q 251,912.59	Q 254,432.68	Q 256,977.96	Q 259,548.68	Q 262,145.09	Q 264,767.46	Q 267,416.05
VAC	Q 665,000.00	Q 232,857.14	Q 235,185.71	Q 237,537.57	Q 239,912.95	Q 242,312.08	Q 244,735.20	Q 247,182.55	Q 249,654.37	Q 252,150.92	Q 254,672.43
VAC Total	Q 3,101,200.92										
CAUE	Q 313,886.73										

Fuente: elaboración propia.

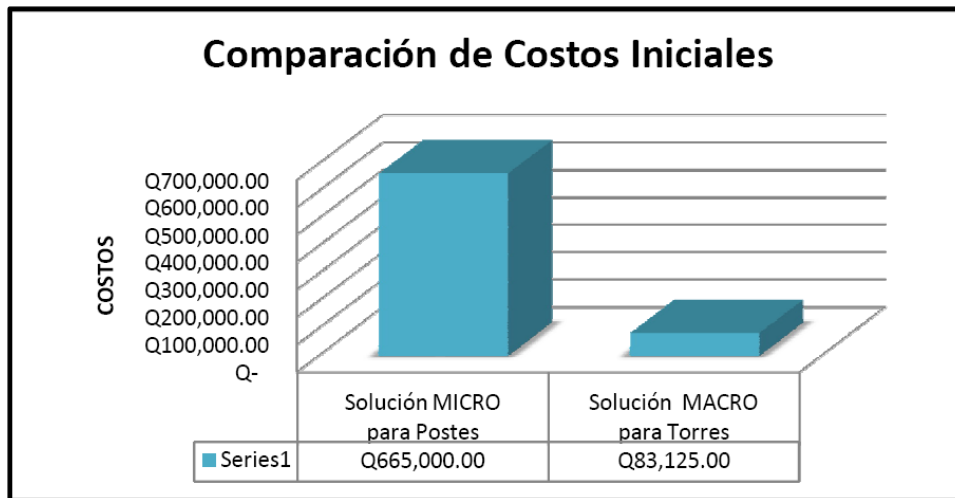
Tabla III. Solución micro para postes

Solución MICRO para Postes											
Costos Iniciales	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costos de Instalación	Q 40,000.00										
Costo de Permisos	Q 11,875.00										
Construcción y Albañilería	Q 31,250.00										
Costos administrativos											
Alquiler del terreno		Q 4,625.00	Q 4,671.25	Q 4,717.96	Q 4,765.14	Q 4,812.79	Q 4,860.92	Q 4,909.53	Q 4,958.63	Q 5,008.21	Q 5,058.29
Atención y Mantenimiento		Q 3,750.00	Q 3,787.50	Q 3,825.38	Q 3,863.63	Q 3,902.27	Q 3,941.29	Q 3,980.70	Q 4,020.51	Q 4,060.71	Q 4,101.32
Energía Eléctrica		Q 3,750.00	Q 3,787.50	Q 3,825.38	Q 3,863.63	Q 3,902.27	Q 3,941.29	Q 3,980.70	Q 4,020.51	Q 4,060.71	Q 4,101.32
Seguridad y Monitoreo											
Suma Total	Q 83,125.00	Q 12,126.00	Q 12,248.25	Q 12,371.71	Q 12,496.40	Q 12,622.32	Q 12,749.50	Q 12,877.93	Q 13,007.64	Q 13,138.64	Q 13,270.93
VAC	Q 83,125.00	Q 11,547.62	Q 11,663.10	Q 11,779.73	Q 11,897.52	Q 12,016.50	Q 12,136.66	Q 12,258.03	Q 12,380.61	Q 12,504.42	Q 12,629.46
VAC Total	Q 203,938.64										
CAUE	Q 20,641.56										

Fuente: elaboración propia.

La inversión inicial necesaria para sitios macro asciende a Q83,125.00 por poste, lo que incluye gastos de instalación, permisos legales de construcción e infraestructura, personal y materiales de albañilería, la tasa de inflación anual es aproximadamente de 6,6 % según datos proporcionados por el Banco de Guatemala, proyectando un incremento en el alquiler del terreno de un 0,01 % anual, a 10 años se calcula un VAC de 203 938,64

Figura 5. **Comparación de costos iniciales solución micro para postes versus solución macro para torres**



Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Comparación de costos anuales**

Comparación de Costos Anuales											
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Torres	Q 665,000.00	Q 244,501.00	Q 246,947.00	Q 249,417.45	Q 251,912.59	Q 254,432.68	Q 256,977.96	Q 259,548.68	Q 262,145.09	Q 264,767.46	Q 267,416.05
Postes	Q 83,125.00	Q 12,126.00	Q 12,248.25	Q 12,371.71	Q 12,496.40	Q 12,622.32	Q 12,749.50	Q 12,877.93	Q 13,007.64	Q 13,138.64	Q 13,270.93

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Ahorro anual implementando postes**

Ahorro Anual Implementando Postes											
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Torres	Q 665,000.00	Q 244,501.00	Q 246,947.00	Q 249,417.45	Q 251,912.59	Q 254,432.68	Q 256,977.96	Q 259,548.68	Q 262,145.09	Q 264,767.46	Q 267,416.05
Postes	Q 83,125.00	Q 12,126.00	Q 12,248.25	Q 12,371.71	Q 12,496.40	Q 12,622.32	Q 12,749.50	Q 12,877.93	Q 13,007.64	Q 13,138.64	Q 13,270.93
Ahorro	Q 581,875.00	Q 232,375.00	Q 234,698.75	Q 237,045.74	Q 239,416.19	Q 241,810.36	Q 244,228.46	Q 246,670.74	Q 249,137.45	Q 251,628.83	Q 254,145.12

Fuente: elaboración propia.

4. DESARROLLO DE UN CVE POR MEDIO DE ASSET

Se emplea la metodología de análisis CVE para definir la cobertura y capacidad necesaria para dar servicio de telefonía a una población determinada. Se deben definir la cantidad de sitios necesarios para cubrir con niveles aceptables de señal al área poblada, entiéndase el entorno del municipio de La Antigua Guatemala. Para realizar dicho análisis se emplea una herramienta especializada que realiza predicciones, su nombre es ASSET

Se inicia definiendo los puntos en la base de un *grid* o cuadrícula de la población que cuantifica 42 000 habitantes, según estadísticas que se han realizado en Guatemala y al análisis socioeconómico se ha determinado que un 78 % de la población tiene acceso a teléfono móvil en La Antigua Guatemala.

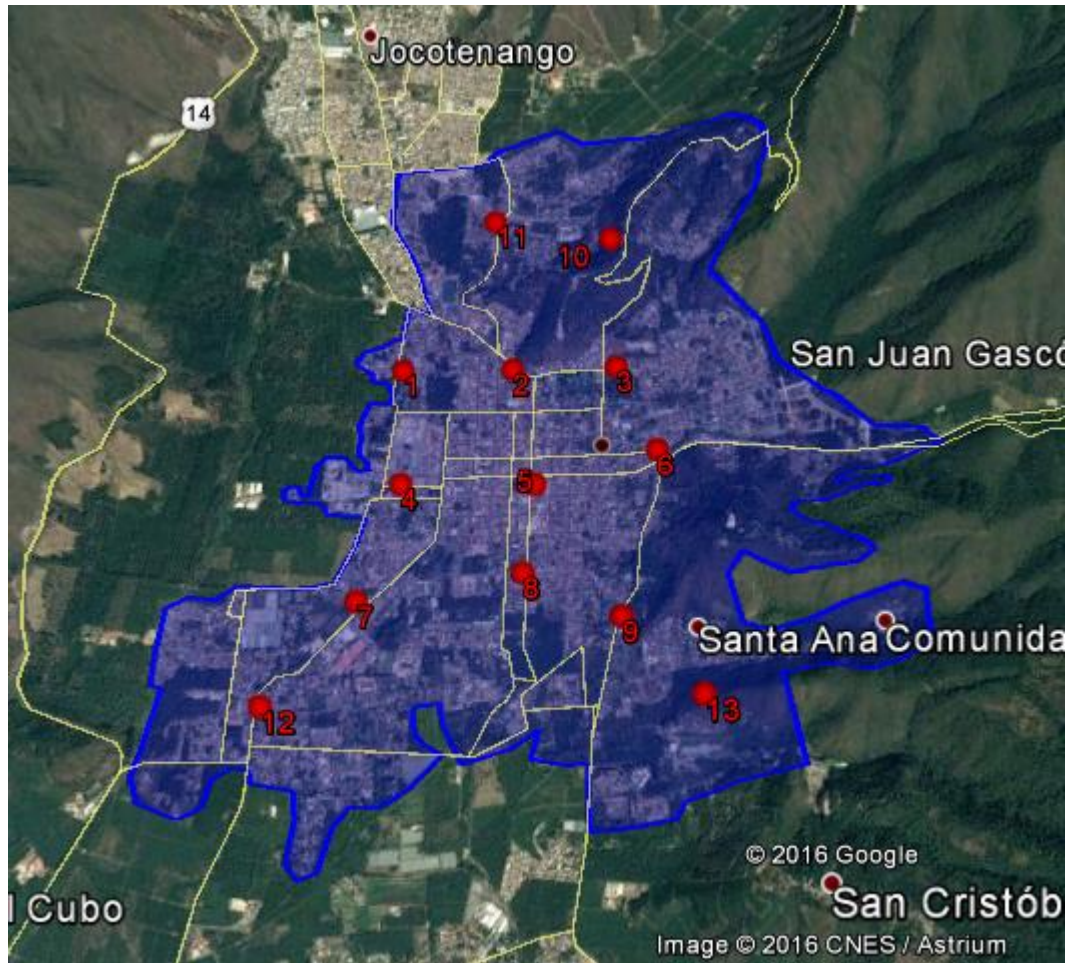
Figura 6. **Mapa y delimitación de área de estudio**



Fuente: elaboración propia.

Se realiza el *grid* a 700 metros y se colocan los puntos de análisis, representado en la imagen siguiente:

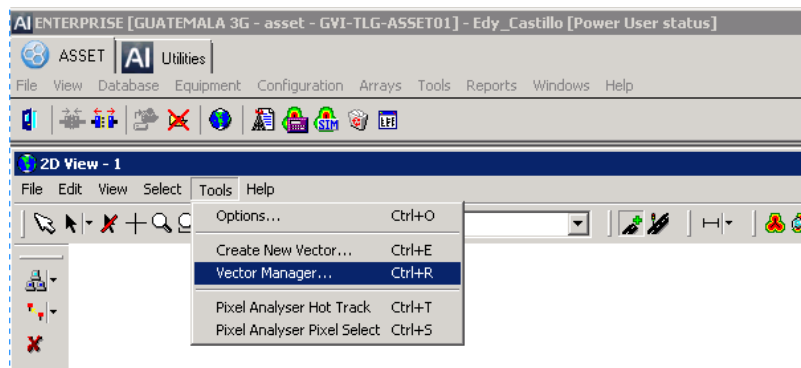
Figura 7. **Grid o cuadrícula de análisis**



Fuente: elaboración propia.

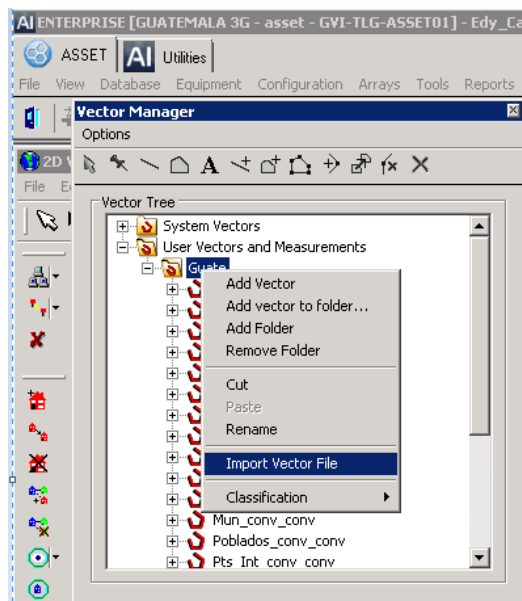
Con los puntos definidos se procede a ingresar los datos al programa ASSET. Para continuar con la predicción de la cobertura se importa el vector donde se limita la cobertura dirigiéndose a la pestaña “Tools” y luego a “Vector Manager”, se selecciona “Import vector” y luego se busca el vector del CVE que se tiene definido en formato *.tab generalmente utilizado en el programa Mapinfo. En la siguiente imagen se presentan los pasos mencionados.

Figura 8. **ASSET - Tools a “Vector Manager”**



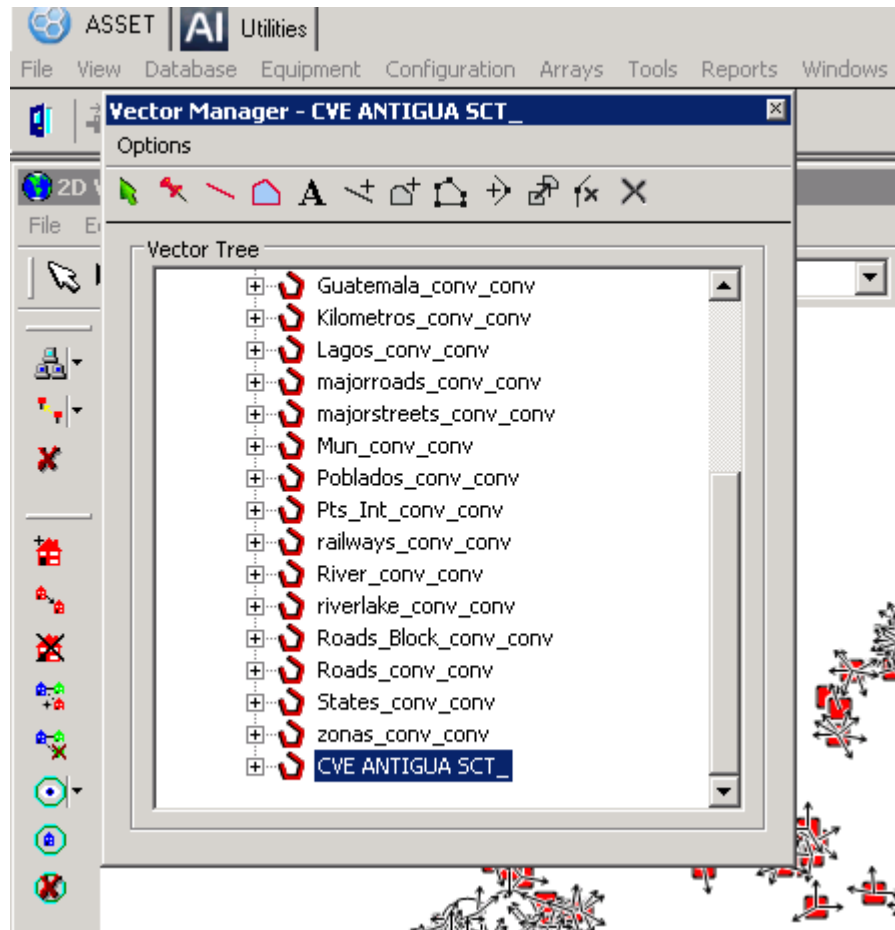
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **ASSET - Ventana “Vector Manager”**



Fuente: elaboración propia.

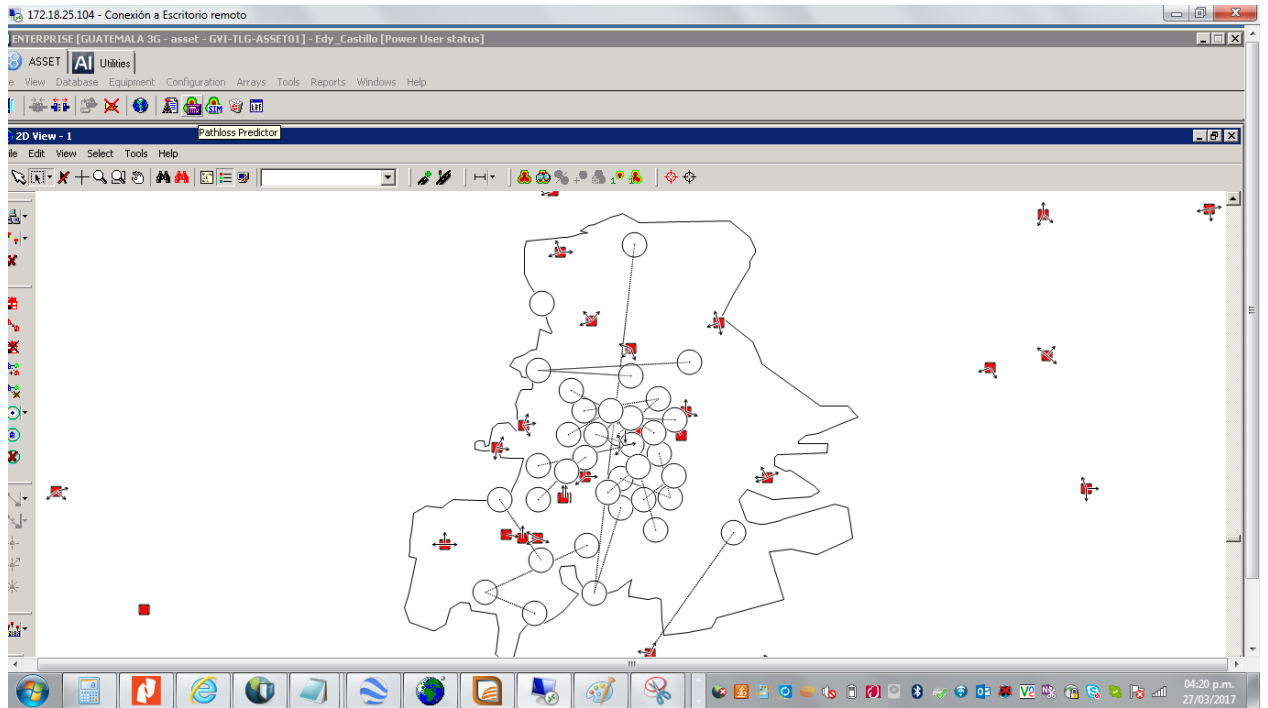
Figura 10. **ASSET - Selección de “Vector”**



Fuente: elaboración propia.

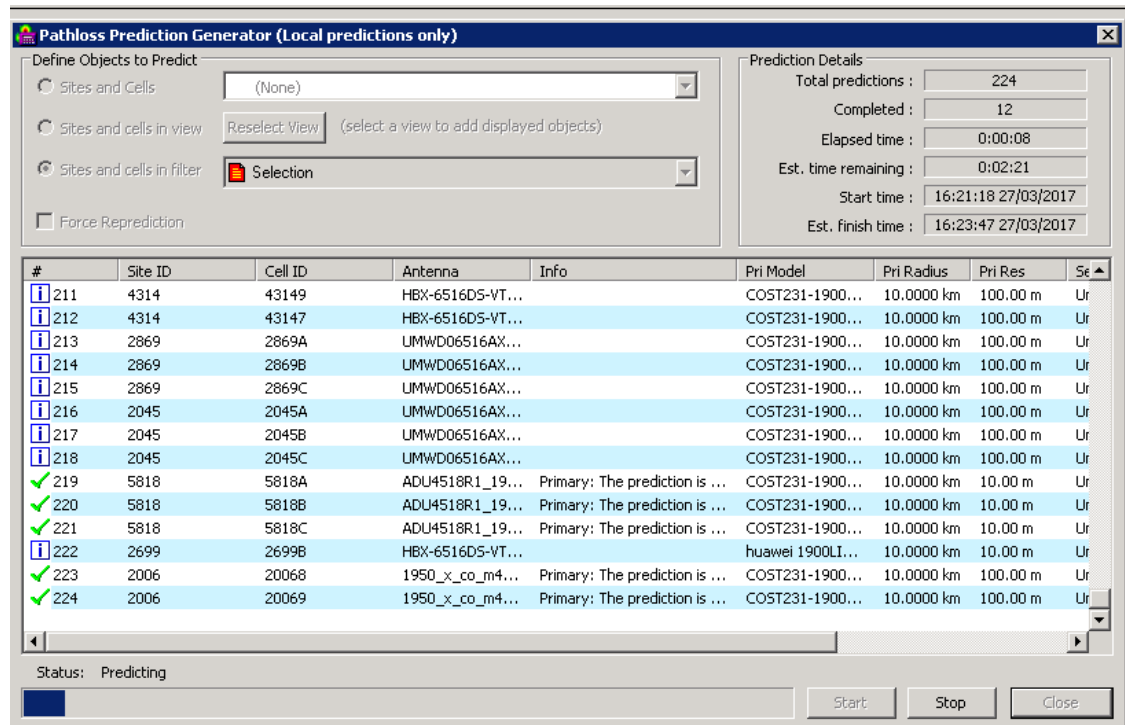
Con el vector seleccionado se cargan las coordenadas y se define un sitio estándar, con la herramienta morfología urbana se realiza la predicción. Se utiliza la herramienta “*Pathloss predictor*” para cargar toda la información de las ubicaciones nuevas, coordenadas, altura y datos estándar escogidos.

Figura 11. **ASSET – Pathloss Predictor I**



Fuente: elaboración propia.

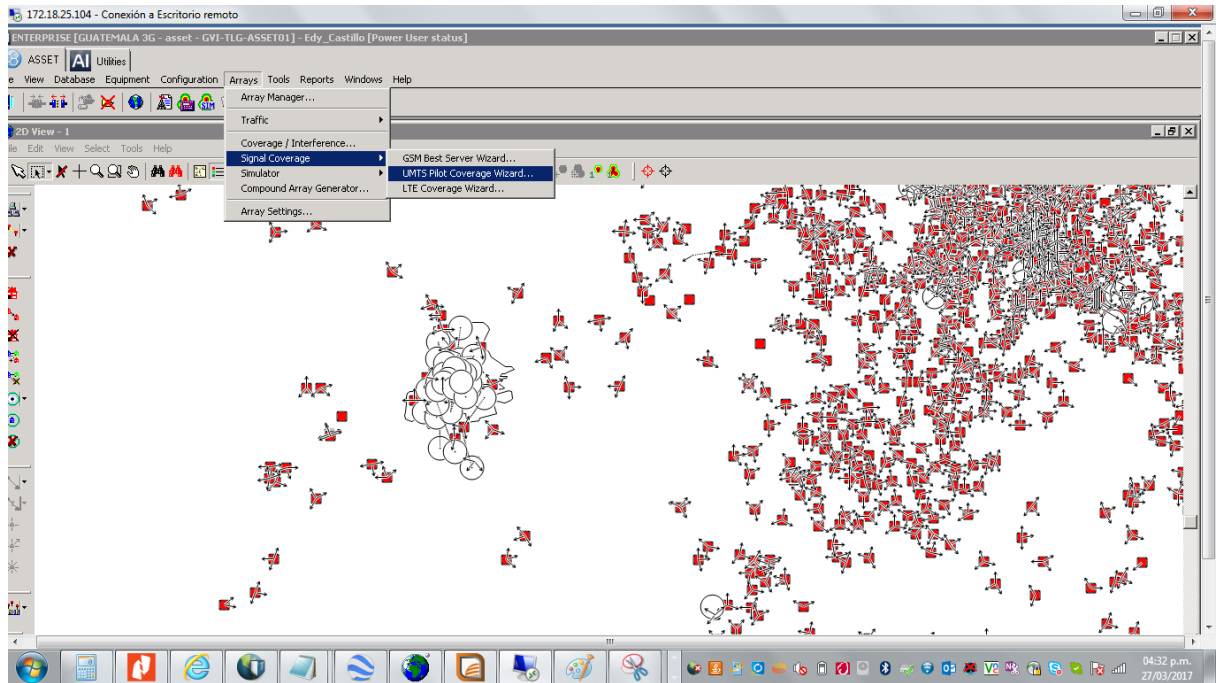
Figura 12. ASSET – Pathloss Predictor II



Fuente: elaboración propia.

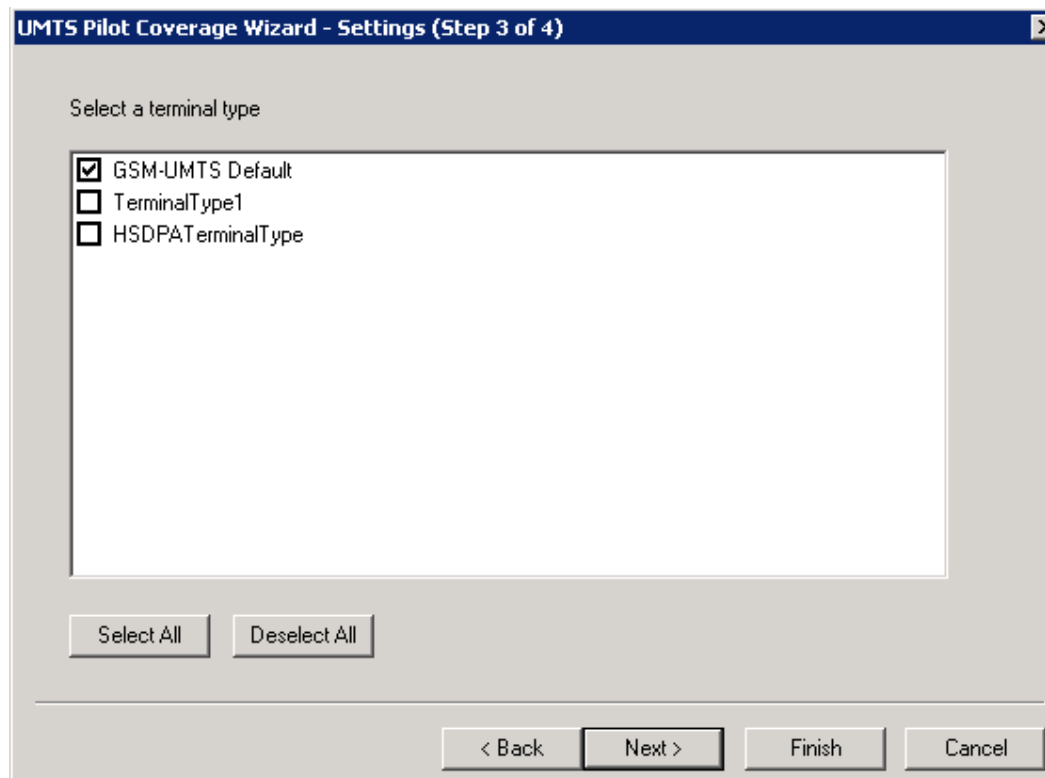
Se presiona el botón “START” para dar inicio a la carga de información de la configuración que proporciona el “Plot” o punteo de la cobertura con “Arraywizard” y a continuación se presenta la gráfica del vector cubriendo el sector de la CVE designada para La Antigua Guatemala.

Figura 13. **ASSET – Array / Signal Coverage**



Fuente: elaboración propia.

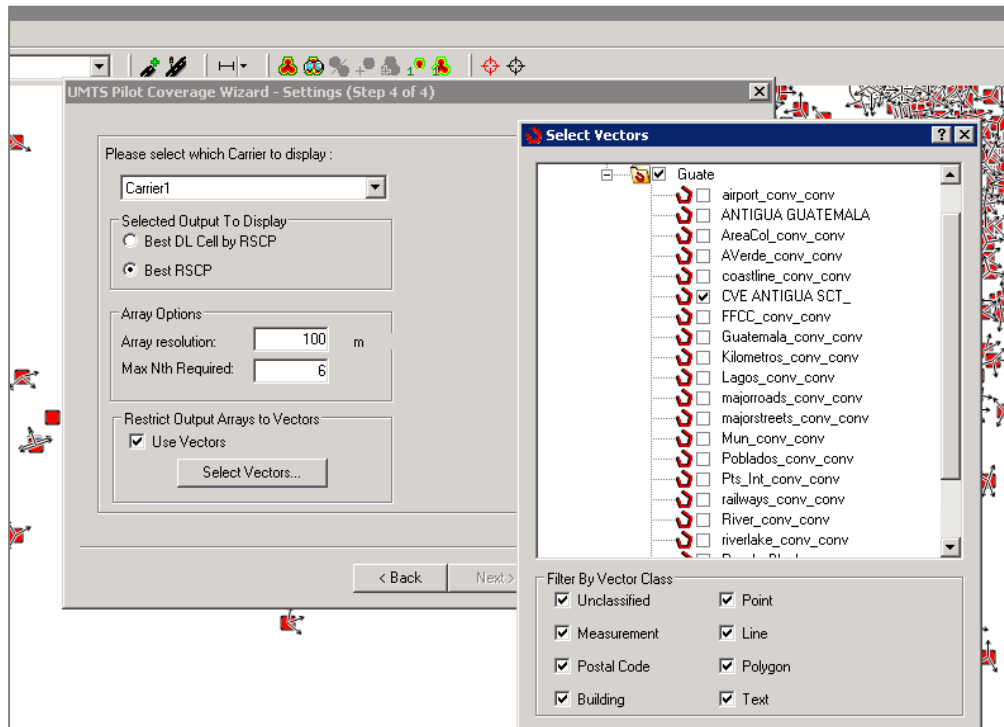
Figura 14. **ASSET – UMTS Pilot Coverage Wizard**



Fuente: elaboración propia.

Se delimita al vector cargado anteriormente.

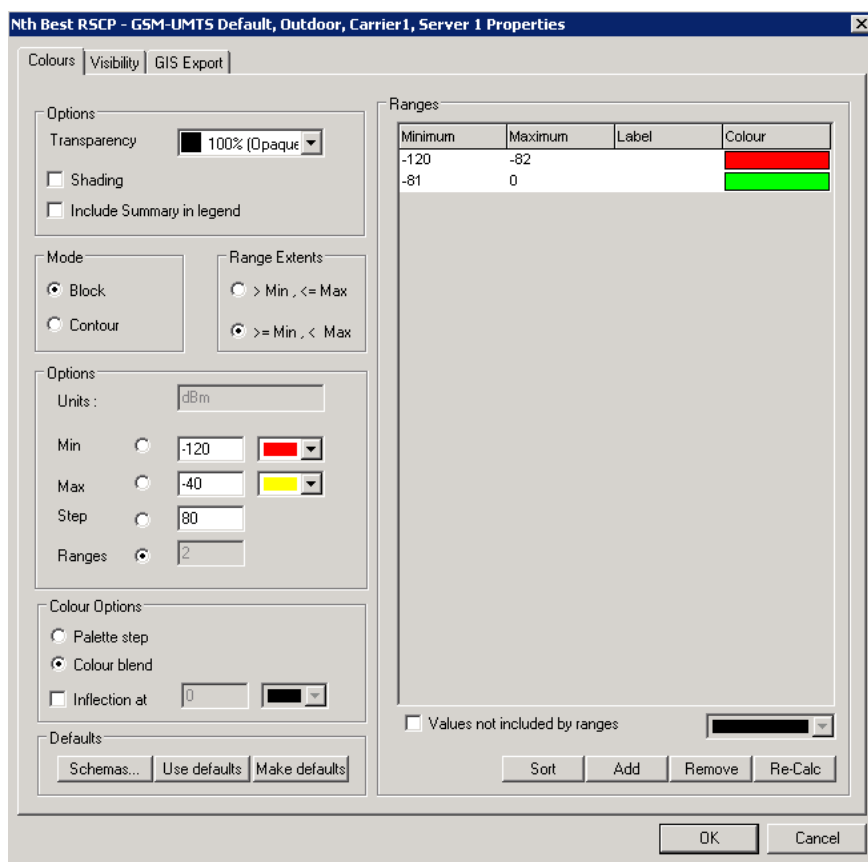
Figura 15. ASSET – UMTS Pilot Coverage Wizard



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se da inicio a la predicción

Figura 16. ASSET - Nth Best RSCP



Fuente: elaboración propia

En la siguiente sección se visualizará la ubicación donde se encuentra la cobertura con los datos de altura y coordenadas

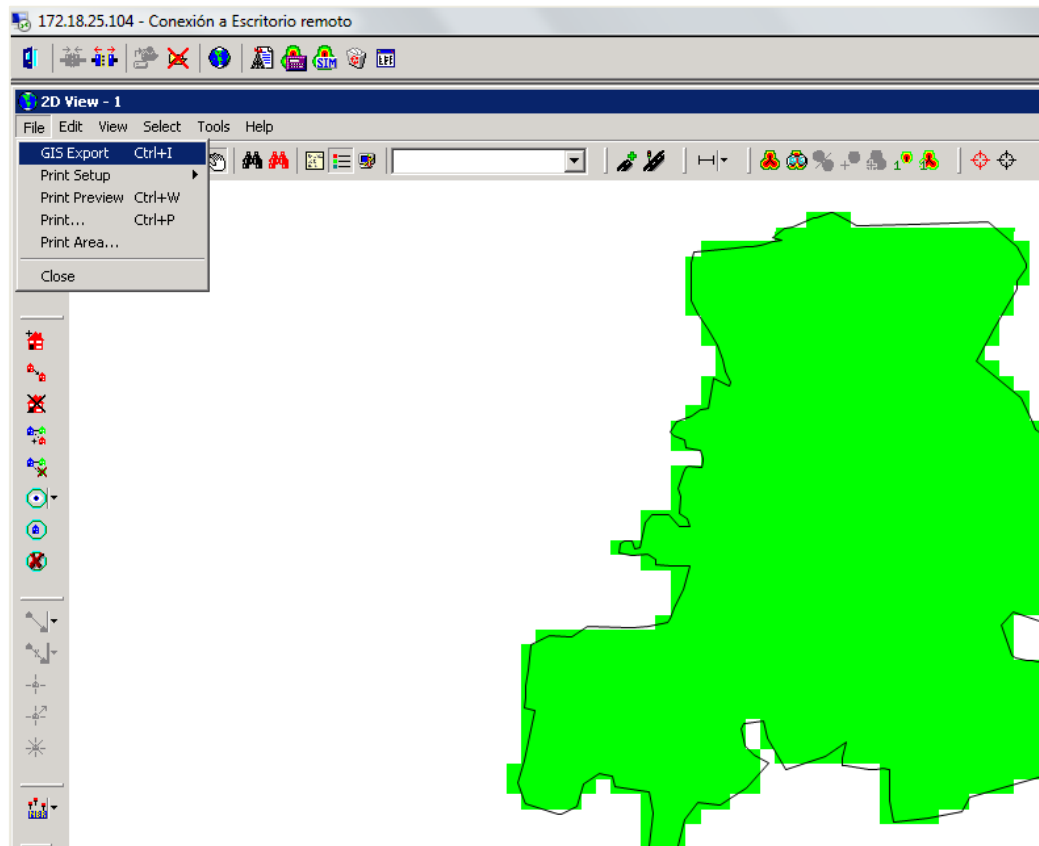
Tabla VI. **Altura y coordenadas de sitios**

ETIQUETA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Farol 1	14.5625908	-90.740315	15 mt
Farol 2	14.5625946	90.7344123	15 mt
Farol 3	14.562726	90.7288696	15 mt
Farol 4	14.5565642	90.7400386	15 mt
Farol 5	14.5565334	90.7329633	15 mt
Farol 6	14.5582354	90.7265252	15 mt
Farol 7	14.550531	90.7419049	15 mt
Farol 8	14.5519618	90.7333566	15 mt
Farol 9	14.5497192	-90.728101	15 mt
Farol 10	14.5686682	90.7290847	15 mt
Farol 11	14.5708665	90.7358186	15 mt
Farol 12	14.5453017	90.7463806	15 mt
Farol 13	14.545539	90.7236353	15 mt

Fuente: elaboración propia

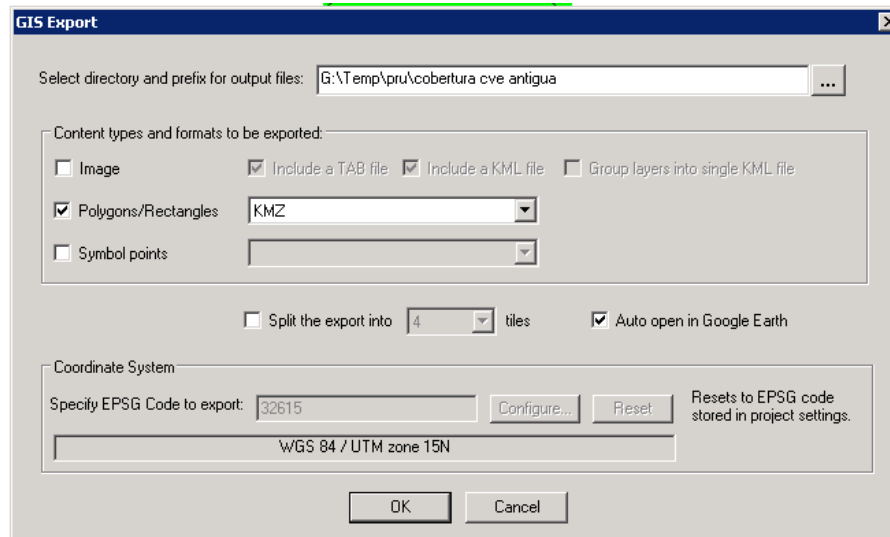
La predicción realizada puede exportarse al programa Google Earth.

Figura 17. 2D View – 1



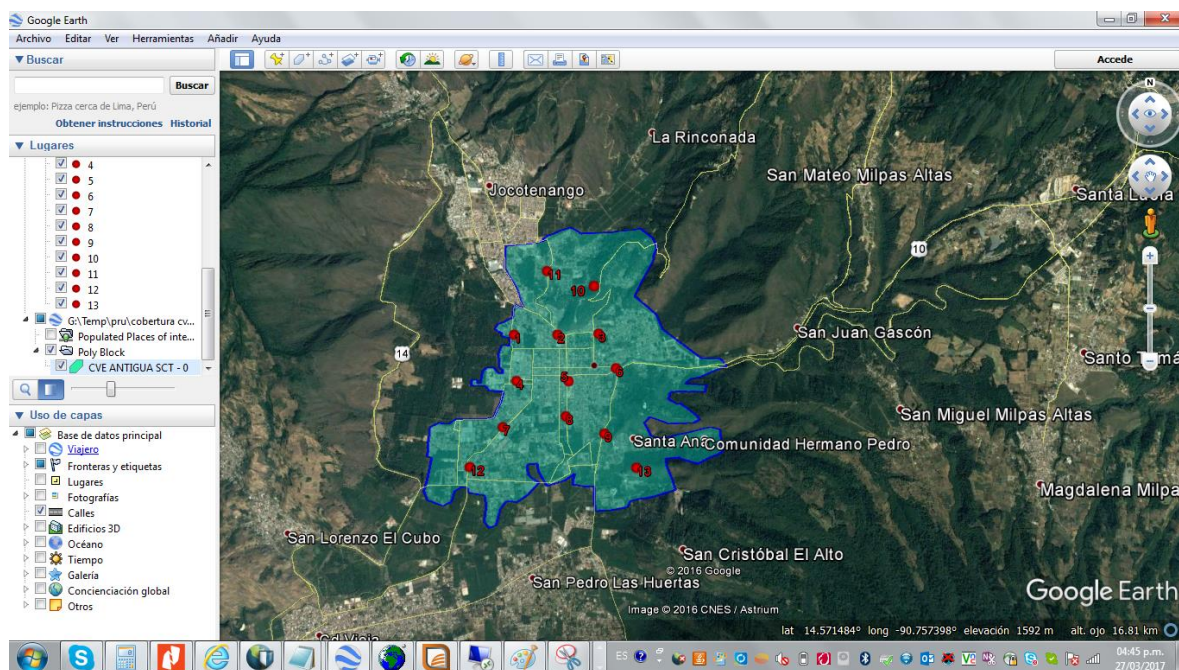
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. ASSET - GIS Export



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Predicción de ASSET en exportada a Google Earth



Fuente: elaboración propia.

4.1. Mimetización de sitios

Las leyes de La Antigua Guatemala proporcionan cierta dificultad para instalar redes de telecomunicaciones. Deben ser discretas y se debe respetar estrictamente la arquitectura de la ciudad debido a que las leyes así lo dictaminan. Las dificultades se presentan en el momento de construir un sitio muy alto, por lo que se recurre a otros recursos como la mimetización, lo cual permite que sean confundidos con faroles, árboles y chimeneas por el usuario que transita por sus calles.

Figura 20. **Antena de radiofrecuencia mimetizada como farol**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Las redes de telefonía móvil UMTS proponen una nueva alternativa de conexión eficiente de alta velocidad como lo exigen cada vez más las aplicaciones móviles. Además, modifica trascendentalmente la forma en que se hace la comunicación. Disminuye más el contacto humano, aunque para el futuro, el alcance se incrementa exponencialmente en el planeta, donde la única limitante es el idioma; aunque en un futuro no muy distante, podría no haber ninguna frontera.
2. Los análisis socioeconómicos proporcionan una idea o imagen más amplia para definir los métodos y la capacidad de negocio que hay en diferentes territorios. La Antigua Guatemala es uno de los lugares del país que tiene una capacidad económica y de versatilidad de inversión, pero aun así, para que un proyecto de esta magnitud sea factible se debe hacer un estudio a conciencia para evitar pérdidas y definir el mejor método que esté acorde con las necesidades de la población.
3. Cuando se realiza un estudio sobre qué tecnología es la más conveniente para cierto tipo de ambiente, terreno, clima y población, se debe tomar en cuenta que el factor económico no lo es todo en el momento de pensar en una solución, dado que hay necesidades comerciales más importantes como el caso especial de la ciudad de La Antigua Guatemala. La municipalidad define ciertos parámetros sobre los cuales hay que regirse para implementar cualquier proyecto y esto

incluye la mimetización de los elementos de infraestructura de las antenas que deben combinar y camuflajearse a la perfección con el ambiente colonial de la región, sin perder el objetivo primordial del proyecto el cual es mantener a la población comunicada.

4. Asset es una herramienta práctica y útil que necesita previos y sólidos conocimientos sobre enlaces de radio y telecomunicaciones para realizar diseños factibles para ser realizados en base a proyectos requeridos.

RECOMENDACIONES

1. Para tener una idea del funcionamiento de la red 3G en Guatemala y su funcionamiento se recomienda verificar el documento adjunto sobre la distribución de los componentes del Core en tecnología 3G.
2. El análisis socioeconómico debe realizarse con fechas actualizadas dado a que el crecimiento poblacional de una región es exponencial. De igual manera el acceso a la tecnología es más accesible cada día, por lo que la red por diseñar debe ser escalable a largo plazo para satisfacer las necesidades de cobertura de una población, tomando en cuenta que las regiones turísticas tienen un crecimiento mucho mayor en estos parámetros.
3. Los costos de instalación, permisos, construcción, alquileres y demás que afecten los resultados del cálculo de soluciones macro y micro para torres y postes variarán dependiendo el área en donde sea realizado el análisis CVE. Los costos implementados en este trabajo no son fijos y deben ser recopilados individualmente en cada proyecto para evitar falsas proyecciones que afecten los costos de la empresa encargada.
4. La mimetización de los sitios, nodos y antenas es la parte final, pero no menos importante del proyecto. Muchas veces hay culturas que no aceptan o incluyen la tecnología de la misma manera que el resto de la población y pueden incurrir en daños a los equipos si no son efectivamente combinados con los ambientes y paisajes de cada lugar.

Muchas veces existen parámetros que imponen las municipalidades en busca de disminuir el impacto visual que generan este tipo de instalaciones cuando se trata de sitios turísticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina, Las telecomunicaciones y la movilidad de la sociedad de la información.* México: cet.la, 2004. Tp 338p
2. *Deguate, Aspectos sociales, demográficos y socioeconómicos del departamento de Antigua Guatemala.* [en línea]
<http://www.deguate.com/municipios/pages/sacatepequez/antigua-guatemala/geografia.php#.WAGhUY_hDIU> [Consulta: octubre 2017.]
3. *Wikipedia, Parámetros climáticos promedio de Antigua Guatemala.*[en línea]
<https://es.wikipedia.org/wiki/Antigua_Guatemala#Ubicaci.C3.B3n_geogr.C3.A1fica> [Consulta: octubre 2017.]

