

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGISTER EN REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

“ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA MEDIANTE SOFTWARE PARA SERVICIO DE TELEFONÍA IP EN UNA RED EXISTENTE DE COMUNICACIONES INALÁMBRICA, UTILIZADA PARA EL CONTROL, SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE”

PEDRO SEBASTIÁN CARRASCO QUEVEDO

Quito – 2016

AUTORÍA

Yo, Pedro Sebastián Carrasco Quevedo, portador de la cédula de ciudadanía No. 171213180-2, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Pedro Sebastián Carrasco Quevedo

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	JUSTIFICACIÓN.....	2
3.	ANTECEDENTES	4
4.	OBJETIVOS	6
4.1.	Objetivo General:.....	6
4.2.	Objetivos Específicos:	6
5.	IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	7
5.1.	Sistema SCADA parroquias norte	7
5.1.1.	Sistema de Control del sistema SCADA parroquias norte	7
5.1.1.1.	PLC.....	8
5.1.1.2.	Actuador eléctrico	8
5.1.2.	Sistema de instrumentación del SCADA parroquias norte.....	9
5.1.2.1.	Instrumento para medición de caudal	10
5.1.2.2.	Instrumento para medición de presión	10
5.1.2.3.	Instrumento para medición de nivel.....	11
5.1.3.	Sistema de comunicaciones y Centro de control Norte SCADA.....	12
5.1.3.1.	Computador sistema SCADA	13
5.1.3.2.	Switch de comunicaciones	14
5.1.3.3.	Equipo de Radio a 5.8 GHz	14
5.1.4.	Sistema de protecciones y respaldo de energía.....	15
5.1.4.1.	Pararrayos y malla de tierra	15
5.1.4.2.	UPS	16
6.	CALCULO DEL TRÁFICO DE VOZ SOBRE IP	19
7.	DISEÑO DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP	22
7.1.	Medición de ancho de banda disponible en los enlaces inalámbricos.	23
7.2.	Asignación de direcciones IP y extensiones.....	27
8.	CONSTRUCCIÓN DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP	29
8.1.	Instalación y configuración de la central telefónica mediante software libre. 29	
8.1.1.	Configuración de extensiones	32

8.1.2.	Configuración del teléfono IP	35
8.1.3.	Configuración del softphone	41
9.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	45
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
10.1.	Conclusiones.....	52
10.2.	Recomendaciones	54
	BIBLIOGRAFÍA	56
	ANEXOS.....	58

FIGURAS

Figura 1: PLC M340 de la marca Schneider Electric	8
Figura 2: Actuador marca AUMA a 24 [VDC].....	9
Figura 3: Medidor de caudal electromagnético marca Endress + Hauser	10
Figura 4: Medidor de presión marca Endress + Hauser	11
Figura 5: Medidor de nivel marca Endress + Hauser	11
Figura 6: Esquema del Sistema de comunicaciones Sistema SCADA Parroquias norte del sistema de distribución de agua potable	13
Figura 7: Computador Sistema SCADA Norte Parroquias	14
Figura 8: Switch industrial POE.....	14
Figura 9: Sistema Radio-Antena a 5.8 GHz	15
Figura 10: Pararrayos.....	16
Figura 11: UPS 3KVA Respaldo computador sistema SCADA Norte Parroquias	17
Figura 12: UPS Industrial a 24 VDC.....	18
Figura 13: Teléfono IP marca GRANSTREAM GXP1405	19
Figura 14: Cuadro de especificaciones técnicas del teléfono IP GXP1405.....	20
Figura 15: Topología propuesta en base a la infraestructura existente	22
Figura 16: Software Jperf cliente a 1Mbps.....	25
Figura 17: Software Jperf Servidor a 1 Mbps	25
Figura 18: Software Jperf a 30Mbps.....	26
Figura 19: Software Jperf cliente a 30 Mbps	26
Figura 20: Topología del sistema de comunicaciones de los teléfonos IP y extensiones asignadas	27
Figura 21: Pantalla del Software Virtual Box con máquina virtual Elastix	30
Figura 22: Acceso al software de configuración mediante servidor web	31
Figura 23: Pantalla principal software Elastix.....	32
Figura 24: Pantalla de configuración de las extensiones	33
Figura 25: Pantalla para configuración de una nueva extensión 1/2.....	33
Figura 26: Pantalla para configuración de una nueva extensión 2/2.....	34
Figura 27: Pantalla de extensiones del sistema	35
Figura 28: Menú de configuración manual de teléfono 1/4	36
Figura 29: Menú de configuración manual de teléfono 2/4	36
Figura 30: Menú de configuración manual de teléfono 3/4	37
Figura 31: Menú de configuración manual de teléfono 4/4	37
Figura 32: Pantalla de inicio para la configuración del teléfono IP Grandstream.....	38
Figura 33: Pantalla "Estado" del teléfono IP	39
Figura 34: Pantalla de configuración de Cuenta.....	40
Figura 35: Pantalla de estado con registro exitoso	41
Figura 36: Menú de configuración del Softphone con software X-Lite.....	42
Figura 37: Software X-lite SOFTPHONE	43

Figura 38: Panel operador del software Elastix.....	45
Figura 39: Captura de pantalla del panel operador del Software Elastix ejecutándose una llamada	46
Figura 40: Pantalla con llamada entrante en el softphone	47
Figura 41: Captura del teléfono IP ext: 1001 con llamada entrante	48
Figura 42: Captura de pantalla Software Capsa sin sistema de telefonía.....	49
Figura 43: Captura de pantalla llamada exitosa entre CCNORTE y MARIANA DE JESUS NUEVO	50
Figura 44: Captura de pantalla Software Capsa durante una llamada telefónica	50

TABLAS

Tabla 1: Valores CODEC G.711.....	21
Tabla 2: Direcciones IP y extensiones asignadas al sistema de comunicaciones.....	27
Tabla 3: Asignación de nombres y extensiones para el sistema PBX.....	35

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo incorpora el análisis e implementación de un servicio de telefónica IP mediante una central telefónica mediante software, que aprovecha una infraestructura existente basada en una red de comunicaciones inalámbrica que enlaza varios puntos dentro del sistema de Distribución de Agua Potable en la Ciudad de Quito, dicha red corresponde a un Sistema de Control, Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) que permite optimizar recursos materiales y de talento humano. Este último recurso es de gran relevancia cuando se trata de la operación y mantenimiento de este tipo de sistemas, mismos que físicamente se encuentran a distancias considerables dentro la zona urbana, naciendo de aquí la necesidad de obtener en un punto central, toda la información posible para la supervisión, análisis y control.

Para el caso de los sistemas industriales, poco a poco han ido migrando a protocolos abiertos y universalmente aceptados, es así que hoy en día se puede encontrar a sensores y/o actuadores con protocolo Ethernet. Esto ha permitido la integración de muchos de los beneficios que este tipo de protocolos nos brindan y que han logrado integrar varios servicios bajo un mismo sistema de comunicación e infraestructura.

Por otro lado la implementación de nuevos servicios y sobre todo en el ámbito industrial, conlleva gastos elevados al momento de establecerlos, es así que es muy importante realizar un análisis profundo de las alternativas que se disponen para aprovechar al máximo el hardware o infraestructura disponible, a fin de obtener un rendimiento óptimo con las garantías obvias que se deben mantener para el tratamiento de los datos que son leídos, transmitidos, recibidos y almacenados para su posterior procesamiento, datos que son vitales y de gran valor para la empresa propietaria. Para el presente caso, al incorporar servicios con software abierto no incurre en gastos extras

Partiendo del hecho de que se pretende aprovechar una infraestructura que fue diseñada para otro propósito e incluir un servicio de telefonía IP, es factible que no se disponga de un servicio óptimo, sin embargo el estudio establecerá los requerimientos generales que garanticen el funcionamiento paralelo de todos los servicios con una infraestructura adecuada para este fin, incluyendo equipamiento que brinde calidad de servicio que para el caso actual no existe.

2. JUSTIFICACIÓN

El talento humano y los recursos económicos son valores de gran importancia en el manejo de cualquier institución o empresa, sea pública o privada, por lo que su administración ocasiona el fortalecimiento o declive de ellas.

Si consideramos al talento humano como el recurso más importante en cualquier empresa, debemos entender que no es ilimitado y que en algunos casos se ve restringido por temas económicos y por condiciones internas de cada empresa, es por eso que lo primordial es optimizar este recurso.

En el caso de la operación y mantenimiento en los sistemas de Distribución de agua potable, este recurso guarda un nivel de importancia elevadísimo, considerando que al no existir una correcta operación y no menos importante, mantenimiento de los sistemas antes indicados, se obtendría como resultado problemas de abastecimiento del líquido vital a la población.

Si analizamos el recurso económico, este permite a las empresas optimizar los sistemas, mejorar su capital con la inversión correcta ya sea en proyectos o la adquisición de materiales, equipos, entre otros. Este recurso es limitado y en algunos casos muy escasos por una u otra razón, es así que es necesario la optimización al máximo de los mismos y para ello, hoy en día se debe aprovechar el uso de la tecnología, misma que permite mejorar el rendimiento de cualquier tipo de negocio y con mayor énfasis en el ámbito industrial.

La inversión en nuevos sistemas o inclusión de procesos automatizados en sistemas industriales, incurre en gastos considerables de arranque pero que se ven compensados a corto plazo, asegurando el ahorro de recursos y materiales que son pilares en el desarrollo del negocio en el cual haya sido implementado.

Es por todo esto que se prevé aprovechar de un sistema existente de comunicación para analizarlo y optimizarlo, introduciendo un nuevo servicio pero siempre garantizando los datos obtenidos y almacenados en la base de datos del sistema SCADA.

Como ya lo hemos anotado, incluir sistemas de Telefonía IP en un sistema SCADA, permitirá al recurso humano, ahorrar tiempo de movilización entre las estaciones o tanques, de los cuales son responsables de su operación y mantenimiento, disminuyendo tiempos de respuestas para la toma de decisiones y disminuyendo los gastos que se incurren para la movilización.

Este servicio además puede permitir que los Jefes o responsables de áreas de servicio, tengan comunicación directa con sus operadores desde el centro de control, disminuyendo los gastos que implican las llamadas vía telefonía móvil o en algunos casos

de los sistemas de radio comunicación, que conlleva costos altos al pagar servicios de terceros.

La importancia de este estudio radica en que bajo una infraestructura propietaria de comunicaciones inalámbrica, que pertenece a un sistema industrial de adquisición, supervisión y control de datos, es factible tener un servicio de telefonía IP con todos los puntos remotos que pertenecen al sistema SCADA, que a futuro prevé incluir no solo un sector de distribución de agua potable, sino toda el área de cobertura y con esto se podría obtener una propia infraestructura de telefonía IP.

3. ANTECEDENTES

En lo referente a sistemas SCADA de sistemas de distribución de agua potable que incorporen servicios de Telefonía IP, no es una alternativa que ha sido implementada de manera genérica y sobre todo en nuestro medio, considerando que siempre en el caso de sistemas industriales, la prioridad de la información obtenida, se enfatiza en los datos obtenidos de campo y almacenados en una base de datos. Sin embargo estos datos que son leídos en tiempo real desde todas las estaciones remotas, requieren un ancho de banda moderado si lo comparamos con los requeridos de servicios tales como la telefonía IP, en donde se ve la necesidad de incluir herramientas y equipos que brinden calidad de servicio, esto siempre y cuando se trate de una infraestructura dedicada a este tipo de servicios.

Para el caso actual de estudio, que pretende la inclusión de un servicio de telefonía IP sobre una infraestructura dedicada a la comunicación de diferentes puntos o estaciones remotas y que de ellas se transmitan datos analógicos como caudales de distribución, niveles de los reservorios, señales digitales como apertura de puertas, detectores de movimiento, entre otros, se debe garantizar que el ancho de banda que esta información requiera, no se vea afectada por la inclusión del servicio de telefonía IP y que para este caso no se debería ofrecer calidad de servicio, ya que se trata de aprovechar una infraestructura existente que inicialmente no fue diseñada para este propósito por lo que no sería una prioridad para los paquetes de telefonía IP que se encuentren circulando por este medio de comunicación, llegar a su destino.

Siempre que hablemos de sistemas existentes, lo primero que se debe considerar es, para que fue implementado, sobre todo en el caso de sistemas de comunicaciones, que en este caso, se trata de servicios industriales que no requieren infraestructuras tan robustas, siempre que hablemos de ancho de banda requerido y lógicamente del número de estaciones remotas que estemos accediendo y las variables que sean necesarias de incluir en la transmisión o recepción de información de cada una de ellas. Por lo que podría ser importante que en un sistema grande de control, el medio de comunicación, que viene a ser la columna vertebral de este sistema, garantice un ancho de banda de acuerdo a sus necesidades y alcances, que podrían llegar a ser iguales o mayores comparados a los requeridos por la telefonía IP.

Para el caso actual de análisis, se prevé incluir un servicio de telefonía IP en una infraestructura existente, mismo que a diferencia de otros sistemas o arquitecturas, no es su principal propósito, por lo que no se podría garantizar la calidad de servicio pero que implícitamente al no ser una arquitectura desarrollada para este fin, se considerará un uso muy puntual y reducido, que incluya simplemente la coordinación de trabajos o informes por parte del operador, lo cual normalmente no es simultaneo y es así que aunque no sea su principal función dentro de esta arquitectura, permita que este

servicio otorgue todas las ventajas que ya son conocidas y aproveche el ancho de banda existente y que normalmente no se encuentra en uso, por las consideraciones antes detalladas.

Es importante notar que este tipo de comunicaciones que para el caso en un sistema inalámbrico mediante radio comunicación en una frecuencia no licenciada y con equipos homologados bajo los reglamentos nacionales, no está previsto la redundancia en su servicio, por lo que se convierte en un sistema que no es totalmente fiable y que es vulnerable a fallar por muchas razones, como es la saturación de la frecuencia que se está utilizando, misma que es una banda libre, pérdida del suministro de energía eléctrica en las diferentes estaciones remotas o repetidoras que comprenden este sistema, daños de los equipos por eventos naturales como descargas eléctricas, entre otras.

La parte positiva de este tipo de sistemas de comunicación, se basa en sus costos de implementación, que son inferiores comparados a otros más robustos o de otras tecnologías, pero que al fin de cuentas ninguno llega a estar exento de posibles fallos o interrupciones. Es así que incluso es más razonable en mantener un stock de repuestos para reemplazar los equipos en casos de daños imprevistos, lo que implícitamente disminuye los tiempos de suspensión de servicios o de la transmisión de datos.

El presente estudio planteará en términos generales una alternativa que aprovechará los recursos existentes, brindando herramientas que para el caso de la operación y mantenimiento, optimizará los recursos tanto humanos como materiales, que en síntesis es el objetivo de cualquier sistema o arquitectura, siendo estos escalables y abiertos para migrar a servicios más confiables y que no involucren costos extras como sería el caso de servicios de telefonía móvil.

4. OBJETIVOS

4.1.Objetivo General:

Diseñar e implementar un servicio de telefonía IP mediante una central telefónica en software libre en una red existente de comunicaciones inalámbrica, utilizada para el control, supervisión y adquisición de datos en un sistema de distribución de agua potable.

4.2.Objetivos Específicos:

1. Identificar la infraestructura de comunicaciones existente y todos sus componentes.
2. Calcular el tráfico de voz sobre IP que será requerido en el sistema de comunicaciones.
3. Diseñar una central telefónica mediante software para servicio de telefonía IP en una red existente de comunicaciones inalámbrica, utilizada para el control, supervisión y adquisición de datos en un sistema de distribución de agua potable.
4. Construir del servicio de telefonía IP mediante una central telefónica en un sistema SCADA existente.
5. Realizar pruebas de comunicación entre el centro de control y las estaciones remotas mediante los teléfonos IP integrados.
6. Realizar un artículo referente a implementación una central telefónica mediante software libre para servicio de telefonía IP en una red existente de comunicaciones inalámbrica, utilizada para el control, supervisión y adquisición de datos en un sistema de distribución de agua potable.

5. IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

En principio, es necesario realizar el levantamiento identificando la infraestructura existente del sistema de comunicaciones que es utilizado para la transmisión y recepción de datos del sistema SCADA que permite en términos generales controlar y monitorear varios tanques de reserva de un sector del sistema distribución de agua potable de la ciudad de Quito. Estos sistemas cuentan con el siguiente equipamiento principal:

- ✓ Sistema de control: PLC y actuador eléctrico
- ✓ Instrumentación: sensor de presión, nivel y caudal
- ✓ Comunicaciones: radio, antena, POE y switch
- ✓ Centro de control SCADA: computador y switch
- ✓ Protecciones y respaldo de energía: UPS, pararrayos, malla de tierra, etc.

Luego de lo cual se requiere un cálculo de tráfico que permita cuantificar el requerimiento de datos que serán incluidos en la infraestructura de comunicaciones, en referencia al servicio de telefonía IP, sumando al que actualmente requiere y utiliza el sistema SCADA.

Una vez que se disponga de la información suficiente, referente a los requerimientos de consumo de ancho de banda y del equipamiento disponible, posibilita el diseño del sistema para brindar servicio de telefonía IP según los objetivos planteados.

Como parte del objetivo del presente caso de estudio, se prevé la implementación de este sistema con los recursos disponibles, mismos que serán identificados en cada proceso de análisis detallado en los párrafos anteriores, para finalizar con las pruebas de funcionamiento, obteniendo de esta manera las recomendaciones y conclusiones, fruto del presente estudio.

5.1. Sistema SCADA parroquias norte

El sistema de distribución de agua potable se encuentra ubicado en toda el área del distrito Metropolitano de Quito. En el presente caso de estudio se analizará a uno de los sistema SCADA, mismo que está ubicado en el sector norte de la ciudad, el cual incorpora a cinco tanques de reserva y un centro de control del cual se puede monitorear y controlar los tanques, a fin de realizar acciones de control y monitoreo, optimizando de esta manera el servicio de distribución de agua potable en los sectores que brindan servicio dichos tanques de almacenamiento.

5.1.1. Sistema de Control del sistema SCADA parroquias norte

Como parte fundamental del sistema SCADA, se encuentra el equipamiento del sistema de control que permite realizar precisamente las acciones de control ya sea de manera local o remota, en sus diferentes formas de operación.

Como equipos básicos para el sistema de control se explicarán los detallados a continuación:

- ✓ PLC
- ✓ Actuador eléctrico

5.1.1.1. PLC

PLC o programador lógico programable de sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller),¹ que se muestra en la figura 1, es el cerebro del sistema, mismo que permite realizar una lógica de control según la conveniencia del usuario para la operación automática del sistema. En el caso de sistemas de distribución de agua potable, la operación radica en el control del nivel de tanque de reserva mediante la maniobra de la válvula de control mediante el actuador eléctrico, mismo que permite controlar el ingreso del agua al tanque de almacenamiento. Este equipo puede trabajar por si solo o en coordinación con el sistema SCADA, esto es en caso de que por cualquier motivo se pierda la comunicación con el centro de control, tomando control completo del sistema para garantizar la reserva de agua en el tanque y a su vez evitar el desborde en caso de que se llene el mismo.



Figura 1: PLC M340 de la marca Schneider Electric²

5.1.1.2. Actuador eléctrico

Este equipo permite controlar válvulas, que para el caso se encuentra ubicada en el ingreso de agua al tanque de reserva, permitiendo de esta manera controlar la cantidad

¹ Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable

² Tomado de: http://www2.schneider-electric.com/documents/automation-control/pdf/m340_customer_presentation.pdf

de agua que ingrese mediante el posicionamiento en la posición que corresponda según el cálculo que está siendo ejecutado por el PLC.

Existen muchos tipos de actuadores, pero en nuestro caso es un actuador eléctrico a 24 [VDC], tal como se puede observar en la figura 2, considerando que el sistema prevé respaldo de energía en caso de pérdida de alimentación al sistema de control, con lo que puede seguir operando por un tiempo establecido y de esta manera no perder el control, lo cual permite optimizar estos sistemas.



Figura 2: Actuador marca AUMA a 24 [VDC]³

5.1.2. Sistema de instrumentación del SCADA parroquias norte

Todo sistema de automatización requiere obtener información de campo, datos que son recogidos de cada uno de los procesos que conforman los sistemas SCADA. En el caso específico del sistema de distribución de agua potable, podríamos identificar tres parámetros básicos que son necesarios al momento de incorporarlos a un proceso de control o monitoreo:

- ✓ Caudal
- ✓ Presión
- ✓ Nivel

Para cada uno de ellos existen varios tipos y métodos para medirlos, que dependerán principalmente de la precisión con la que se los quiera leer, sin embargo a continuación se detallará la instrumentación que conforma parte del sistema SCADA, fruto del presente análisis.

³ Tomado de: <http://www.auma.com/en/products/multi-turn-actuators/actuators-sa-and-sar/>

5.1.2.1. Instrumento para medición de caudal

El equipo que se detalla a continuación tiene la función de medir el caudal que se encuentra distribuyendo desde el tanque de reserva al sector correspondiente.

El principio de funcionamiento de este equipo que se muestra en la figura 3, es el electromagnetismo y se convierte un equipo intrusivo, considerando que es necesario introducirlo directamente en la tubería mediante el uso de bridas según el diámetro que corresponda.



Figura 3: Medidor de caudal electromagnético marca Endress + Hauser⁴

5.1.2.2. Instrumento para medición de presión

El medidor de presión de la figura 4, cumple la función de medir la presión aguas arriba y debajo de la válvula de control, a fin de entregar dicha información al PLC para que pueda tomar acciones de control y en ciertos casos enviar alertas al sistema SCADA en caso de que el dato se encuentre fuera de rango.

⁴ Tomado de: <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/Flow-measurement-product-overview/Product-Electromagnetic-flowmeter-Proline-Promag-50W?highlight=promag>



Figura 4: Medidor de presión marca Endress + Hauser⁵

5.1.2.3. Instrumento para medición de nivel

Para la medición de nivel se utiliza el medidor tipo hidrostático (figura 5) el cual realiza un diferencia de presiones entre la que se encuentra leyendo el sensor que está sumergido dentro del tanque de almacenamiento y la presión atmosférica, dando como resultado la presión del espejo de agua en el tanque, traducida a nivel en metros de columna de agua.



Figura 5: Medidor de nivel marca Endress + Hauser⁶

⁵ Tomado de: <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/pressure/Absolute-Gauge-Cerabar-PMC51?highlight=pmc51>

⁶ Tomado de: <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/pressure/Hydrostatic-level-Waterpilot-FMX21>

5.1.3. Sistema de comunicaciones y Centro de control Norte SCADA

El sistema de comunicaciones es la columna vertebral de este sistema, considerando que de existir falla en cualquiera de sus enlaces, el sistema SCADA se encontraría fuera de línea y paralelamente no podría tomar las acciones de control y almacenamiento de datos, acciones para lo que fue implementado el sistema.

Sin embargo es imposible garantizar el 100% de disponibilidad en este tipo de sistemas y con mayor razón al sistema que nos encontramos analizando, debido a que son enlaces inalámbricos con radios que utilizan frecuencias libres por lo que es de suponer que existe saturación en el medio con las consecuencias de pérdida de paquetes en la transmisión de datos.

El sistema SCADA prevé esta pérdida momentánea y por ciertos periodos de tiempo de comunicación entre el centro de control en donde se está ejecutando el sistema SCADA y los tanques de reserva, contemplando una lógica de control y una programación en la base de datos que permite al PLC almacenar por un periodo, toda la información que recolecta de los instrumentos de campo, para que al momento de restablecer la comunicación con el centro de control, envíe dicha información y actualice la base de datos y con esto, no perder datos que son fundamentales para el análisis del funcionamiento hidráulico de los sistemas de distribución de agua potable.

El sistema de comunicaciones al que nos encontramos analizando y que se puede observar en la figura 6, se encuentra constituido por el centro de control, cinco tanques de reserva y una repetidora que permite tener línea de vista a todos los puntos antes detallados.

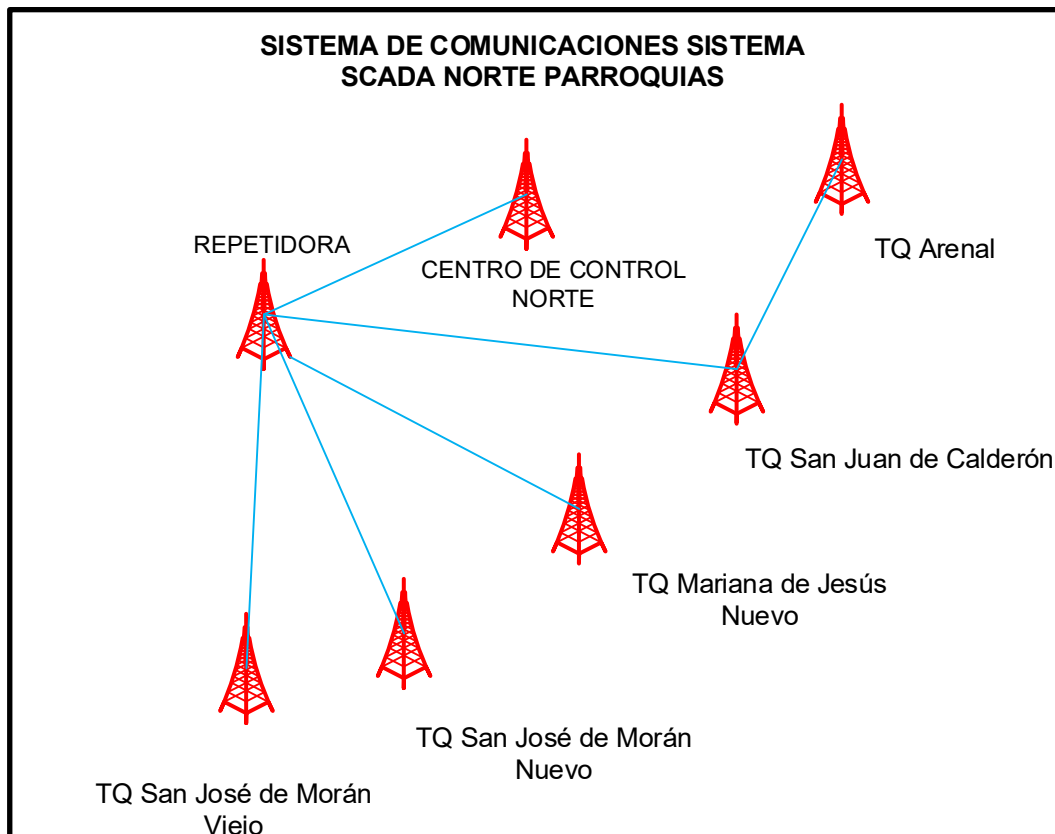


Figura 6: Esquema del Sistema de comunicaciones Sistema SCADA Parroquias norte del sistema de distribución de agua potable⁷

Como parte principales del sistema de comunicaciones, se encuentran los siguientes equipos:

- ✓ Computador del sistema SCADA
- ✓ Switch de comunicaciones
- ✓ Equipo de Radio 5.8 GHz

5.1.3.1. Computador sistema SCADA

En este equipo que se observa en la figura 7, se encuentra ejecutando el software del sistema SCADA, que para el caso es la plataforma OASyS SCADA que es un producto de Schneider Electric. (Schneider Electric, s.f.)

Para el caso del sistema de distribución de agua potable, motivo del presente análisis, fue desarrollado en el año 2014 y dispone de un sin número de beneficios que optimizan el sistema de agua potable y que prevé a futuro un incremento en cuanto al número de tanques de almacenamiento que actualmente dispone la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito y que se incorporen al sistema SCADA.

⁷ Tomado de: Fuente el autor



Figura 7: Computador Sistema SCADA Norte Parroquias⁸

5.1.3.2. Switch de comunicaciones

En equipo que permite interconectar todos los sistemas que dispone la arquitectura del sistema SCADA es el Switch, el cual se encuentra en todos los sitios antes detallados, como son los tanques de reserva, repetidora y centro de control. Los equipos que se encuentran conectados al switch de la figura 8, son los detallados a continuación:

- ✓ Computador sistema SCADA
- ✓ Impresora
- ✓ Equipos de radio a 5.8 GHz



Figura 8: Switch industrial POE⁹

5.1.3.3. Equipo de Radio a 5.8 GHz

La arquitectura de comunicaciones cuenta con sistemas de radio en banda libre de 5.8 GHz, que se indica en la figura 9, mismos que realizan sus enlaces punto a punto. En este

⁸ Tomado de: Respaldo fotográfico del Sistema SCADA Norte Parroquias de la EPMAPS.

⁹ Tomado de: Respaldo fotográfico del Sistema SCADA Norte Parroquias de la EPMAPS.

caso los equipos son de la marca DELIBERANT y funcionan en conjunto con el POE (Power Over Ethernet) y antena que para caso es de 23 dBi, incorporada.

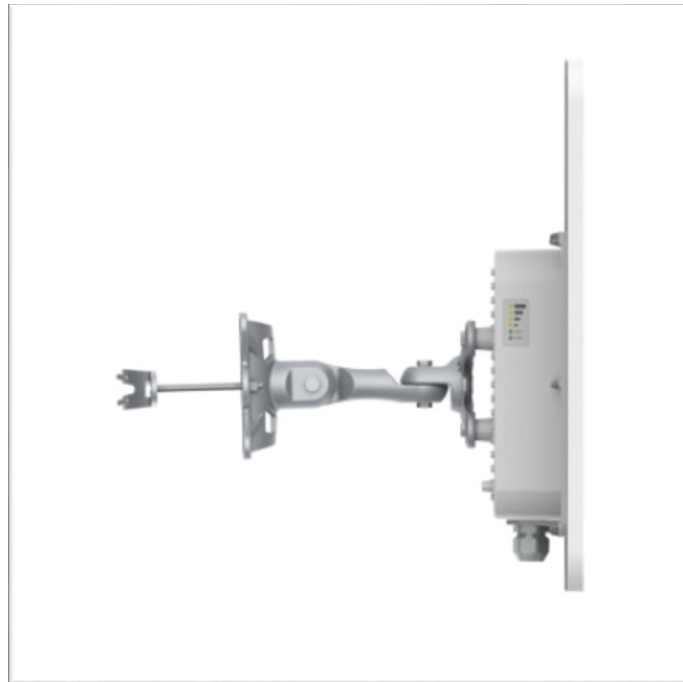


Figura 9: Sistema Radio-Antena a 5.8 GHz¹⁰

Este sistema fue en principio dimensionado para la transmisión exclusiva de los datos del sistema SCADA, sin embargo y como objetivo de este estudio, será aprovechar este medio de transmisión para incluir el servicio de telefonía IP a este sistema y aprovechar de esta manera la comunicación entre todos los puntos antes detallados que se encuentran a distancias considerables.

5.1.4. Sistema de protecciones y respaldo de energía

Como es de suponer todo sistema de comunicación y electrónico en general, requiere gran atención al momento de su instalación y puesta en marcha.

En este sentido en todo diseño debe prever las protecciones de los sistemas en lo que se refiere a descargas atmosféricas y variaciones de voltaje en la red de alimentación de los equipos.

5.1.4.1. Pararrayos y malla de tierra

Es así que en cada uno de los sistemas de comunicaciones que se encuentran instalados en los tanques de reserva y centro de control, disponen de sistemas de protección, como son los pararrayos tal como se puede observar en la figura 10 y las mallas de tierra,

¹⁰ Tomado de: <https://www.deliberant.com/es/apc-mach-5>

protegiendo de posibles descargas atmosféricas que son muy comunes en ciertas épocas de año en nuestra ciudad.



Figura 10: Pararrayos¹¹

Esta inversión puede evitar o disminuir el riesgo de daño parcial o total del equipamiento de comunicaciones, que son: radio, POE, Switch y otros elementos necesarios para la operación de todo el sistema.

5.1.4.2. UPS

Ningún sistema está exento de falla en los suministros de energía, es así que para los sistemas de comunicación y sistemas de control, se encuentra instalado sistemas de respaldo de energía o UPS (Uninterruptible Power Supply),¹²mostrado en la figura 11 y

¹¹ Tomado de: [http://www.ingesco.com/images/stories/products/FT_INGESCO_PDC_\[CTE\]_esp.pdf](http://www.ingesco.com/images/stories/products/FT_INGESCO_PDC_[CTE]_esp.pdf)

¹² Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_alimentaci%C3%B3n_ininterrumpida

que permiten entre otras cosas, garantizar el suministro de energía por un tiempo determinado según el diseño, en caso de fallo en la alimentación al sistema y además protege de variaciones de voltaje en la entrada, entregando un voltaje balanceado y lineal al sitio en donde se alimenta el equipamiento de comunicaciones y control.

Existen varios tipos de UPS, en nuestro caso se están utilizando los detallados a continuación:

- ✓ UPS 3KVA con respaldo de 24 horas al 50% de carga, para el centro de control, ver figura 11.



Figura 11: UPS 3KVA Respaldo computador sistema SCADA Norte Parroquias¹³

¹³ Tomado de: Respaldo fotográfico del Sistema SCADA Norte Parroquias de la EPMAPS.

- ✓ UPS industrial a 24 VDC utilizado en los tanques de reserva, ver figura 12.



Figura 12: UPS Industrial a 24 VDC¹⁴

¹⁴ Tomado de:

https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?1dmy&urile=wcm:path:/usen/web/main/products/subcategory_pages/uninterruptible_power_supplies_p-22-04/b020e521-ef95-49c4-b46a-54afa6380e8f

6. CALCULO DEL TRÁFICO DE VOZ SOBRE IP

Es necesario determinar el ancho de banda requerido por cada llamada que se realizará desde cualquiera de los puntos en donde se prevé disponer de un teléfono IP, por lo que en primer lugar se determinará el códec con el cual es compatible el teléfono IP existente y con el cual se realizará los respectivos cálculos que son baso del desarrollo del diseño del sistema.

Para el presente caso de estudio, fue posible obtener dos equipos de telefonía IP, por parte del área de TI de la EPMAPS de marca GRANDSTREAM modelo GXP1405, como se observa en la figura 13, los cuales se instalarán en el centro de control y en una de las estaciones remotas.



Figura 13: Teléfono IP marca GRANSTREAM GXP1405¹⁵

Para el resto de estaciones se prevé la adquisición de nuevos equipos a fin de que todo el sistema se encuentre completo y sea factible la comunicación entre todos ellos, esta adquisición será establecida y coordinada por el administrador del sistema SCADA, justificando mediante la mejora del mismo.

¹⁵ Tomado de: Respaldo fotográfico del Sistema SCADA Norte Parroquias de la EPMAPS.

Para el presente caso de estudio se establecerá todos los requerimientos y diseños necesarios que contemplen la implementación del sistema y para el caso de análisis se utilizará los dos teléfonos disponibles y para pruebas de comunicación un Softphone versión gratuita.

Este equipo es compatible con varios CODEC que se encuentran detallados en la hoja de especificaciones del equipo, que se incluye en el anexo 1 del presente caso de estudio y un extracto en la siguiente figura:

 GXP1400/1405 Especificaciones Técnicas	
Protocolos / Estándares	SIP RFC3261, TCP/IP/UDP, RTP/RTCP, HTTP/HTTPS, ARP/RARP, ICMP, DNS (registro A, SRV, NAPTR), DHCP, PPPoE, TELNET, TFTP, NTP, STUN, SIMPLE, TR-069, 802.1x
Interfaces de Red	Puertos de conmutación doble de 10/100 Mbps, PoE integrado (sólo el GXP1405)
Pantalla del Teléfono	Pantalla gráfica LCD de 128x40 pixel
Teclas de funciones	2 teclas de líneas con LED bicolor y 2 cuentas SIP, 3 teclas XML programables, 5 teclas navegación/menú/volumen, 8 teclas con funciones dedicadas para: LLAMADA EN ESPERA, TRANSFERENCIA DE LLAMADAS, CONFERENCIA, VOLUMEN, AURICULARES, MUTE (Silencio), ALTAVOZ, LLAMAR/REMARCAR
Códec de voz	Compatible con G.723.1, G.729A/B, G.711µ/a/law, G.726, G.722 (banda ancha), e ILBC, DTMF dentro de banda y fuera de banda (en audio, RFC2833, SIP INFO)
Funciones de Telefonía	Llamada en Espera, Transferencia de Llamada, Conferencia de 3 vías, estacionamiento de llamadas (call park), captura de llamadas, apariencia de llamada compartida (SCA: Shared Call Appearance) / apariencia de llamada en puente (BLA: Bridged Call Appearance), agenda telefónica descargable (XML)

Figura 14: Cuadro de especificaciones técnicas del teléfono IP GXP1405¹⁶

Por motivos de diseño, se definirá como CODEC a utilizar el G.711¹⁷, mismo que presenta muchos beneficios y es utilizado masivamente en telefonía IP, principalmente por que fue liberado en el año 1972 y su uso se ha extendido en aplicaciones de VoIP por no contar una licencia.

El CODEC G.711 tiene las siguientes características establecidas por la ITU y descritas en la tabla 1.

CODEC	G.711
Tamaño de la carga útil de voz (ms)	20
Ancho de banda nominal (kbps)	64
Tamaño de la carga útil (bytes)	160
Cabecera RTP (bytes)	12
Cabecera UDP (bytes)	8
Cabecera IP (bytes)	20

¹⁶ Tomado de: http://www.avanzada7.com/es/productos/telefonos/ip_sobremesa/gxp1405

¹⁷ Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/G.711>

Cabecera Ethernet (bytes)	18
Tamaño total del paquete (bytes)	218
Paquetes por segundo (pps)	50

Tabla 1: Valores CODEC G.711¹⁸

Para calcular la velocidad de transmisión aplicaremos la siguiente fórmula:

$$V_{tx} = \frac{\text{Tamaño total del paquete(bytes)} * 8(\text{bits})}{1000} * \text{Paquetes por segundo(pps)}$$

Fórmula 1: Cálculo de la velocidad de transmisión en Kbps

En donde: El tamaño total del paquete es la suma del tamaño de la carga útil y las cabeceras de RTP, UDP, IP y Ethernet.

Si desarrollamos la Fórmula 1 con la información de la Tabla 1, encontramos la velocidad de transmisión o el ancho de banda requerido para realizar la llamada.

$$V_{tx} = \frac{(160 + 12 + 8 + 20 + 18)(\text{bytes}) * 8(\text{bits})}{1000} * 50(\text{pps}) = 87.2(\text{Kbps}) \\ = 10.9(\text{KB})$$

Este valor calculado determina el valor teórico de ancho de banda requerido para establecer una llamada, en un sentido, por lo que en una llamada el velocidad total sería de aproximadamente de 20 (KB) emisor, receptor.

El sistema dispone de 5 estaciones remotas y un centro de control, en los cuales se prevé que dispongan de un teléfono IP. Este servicio inicialmente se considera para la comunicación entre sus estaciones remotas y centro de control, sin acceso al exterior o fuera de la RED, por lo que es posible establecer como máximo 3 llamadas consecutivas entre cualquiera de sus puntos de comunicación.

Es así que existirán tramos en los cuales se observará un mayor tráfico de datos, considerando que el PBX se encontrará en el centro de control como se pudo identificar en la figura 6 del presente caso de estudio.

Con este análisis el valor calculado teórico de ancho de banda requerido para establecer las 3 llamadas consecutivas es de 523,2 (Kbps) ó 65,4 (KB).

Nunca tenemos que olvidarnos que por esta RED se encuentra transportando información del sistema SCADA, información vital y que debe garantizar su llegada al destino y al no contar con equipamiento para establecer calidad de servicio, identificamos una de las primeras debilidades del sistema a implementarse.

¹⁸ Tomado de: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/7934-bwidth-consume.html>

7. DISEÑO DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP

Como uno de los principales objetivos del presente caso de estudio, es el diseñar un servicio de telefonía IP mediante una central telefónica en software libre en una red existente de comunicaciones inalámbrica, utilizada para el control, supervisión y adquisición de datos en un sistema de distribución de agua potable, para lo cual es necesario considerar todos elementos que constituyen y son necesarios para levantar un servicio de telefonía IP.

Los elementos que serán considerados para la implementación del servicio de telefonía IP son los detallados a continuación:

- ✓ Software PBX (Instalado en el servidor del sistema SCADA mediante máquina virtual)
- ✓ RED de comunicaciones (inalámbrica. Radios a 5.8 GHz)
- ✓ Teléfono IP (Disponibles: 2 Requerimiento total:6)
- ✓ Softphone (Para prueba de comunicaciones)

Con los elementos antes detallados es factible la implementación del sistema de telefonía y se prevé que disponga la siguiente topología, mostrada en la figura 15 y en el anexo 2.

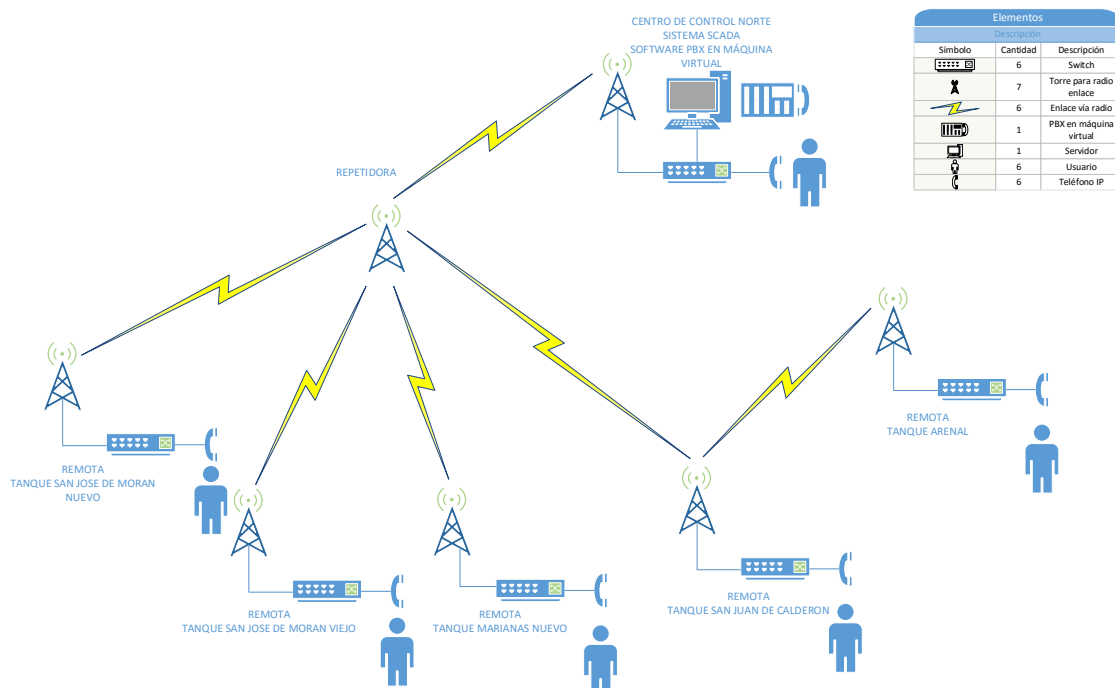


Figura 15: Topología propuesta en base a la infraestructura existente¹⁹

¹⁹ Tomado de: Fuente el autor

Una vez esquematizada la topología de nuestra RED, que en el presente caso de estudio, es una RED inalámbrica existe mediante radios a 5,8 GHz, frecuencia que no requiere licenciamiento pero es importante que dichos equipos dispongan de homologación por la entidad regulatoria correspondiente para que puedan ser utilizados dentro del territorio nacional, se determinará todos los elementos que conforman el sistema de comunicaciones a fin de identificar su sitio de instalación y su función correspondiente.

Como se observa en la figura anterior, la máquina virtual que permitirá que se ejecute el software del sistema PBX, el cual permitirá que todos los puntos mediante teléfonos IP puedan comunicarse unos con otros, se encontrará instalado en el servidor del sistema SCADA, por lo que es necesario coordinar con el administrador de dicho equipo para poder instalar el software de la máquina virtual y a su vez el sistema operativo que ejecuta el sistema PBX.

Este sistema deberá encontrarse dentro del rango de IP's que dispone el sistema SCADA para no afectar la conectividad entre todos los elementos que lo conforman y será solicitado al administrador de la RED, así como para el resto de equipos y elementos que incluirá el presente diseño.

Los teléfonos IP disponibles serán instalados en el centro de control y en una estación remota, considerando hacerlo en la más importante hasta que de adquieran el resto de teléfonos para completar todo el sistema de comunicaciones previsto. Estos equipos permitirán disponer de las muchas ventajas que la telefonía IP nos brinda, más allá del hecho de que los operadores de los tanques, dispondrán de un medio de comunicación entre el resto de estaciones remotas y el centro de control, en donde la jefatura o el encargado de la administración del sistema de agua potable del sector correspondiente, dispondrá de una extensión para coordinación y control de los trabajos dispuestos.

Estos equipos se conectarán directamente a los Switch que disponen todas las estaciones remotas y centro de control, considerando que disponen de puertos configurables POE, por lo que los teléfonos IP se alimentan de energía a través del mismo cable Ethernet con conector RJ45, evitando de esta manera la instalación de una fuente exterior para cada teléfono que se instale en el sistema de comunicaciones.

Básicamente estos elementos serían los únicos que se incorporen al sistema ya existente por los que no afectan la vulnerabilidad del sistema SCADA, principal consideración que se debe tener al trabajar con este tipo de infraestructura, debido a la información delicada que se transporta a través de este sistema.

7.1. Medición de ancho de banda disponible en los enlaces inalámbricos.

Como parte del diseño es importante conocer el ancho de banda disponible en los enlaces inalámbricos, más allá de los valores teóricos que se pueden encontrar en las hojas técnicas de los sistemas de radio comunicación, que son muy vulnerables al sitio

en donde se encuentran instalados, la alineación al momento de instalarlos, las interferencias y ruidos que afecten el enlace, entre otros motivos.

El fabricante de las radios, en su hoja técnica que se encuentra en el anexo 3, indica algunos de sus parámetros de operación y respecto al estándar que se utiliza, ofrece ciertas velocidades de transmisión. Para el presente caso se considera el estándar 802.11a²⁰ por tratarse de enlaces inalámbricos en banda de 5 GHz, con lo que establece anchos de banda de 20 y 40 MHz, por lo que según lo establecido en el estándar se determina velocidades de hasta 54 Mbps, según la potencia de transmisión que dispone.

Se debe considerar que todos estos valores son teóricos y que pueden variar de acuerdo al sitio de instalación, ruido, interferencias y condiciones ambientales, por tratarse de un sistema inalámbrico.

Para verificar un dato más exacto, se realizará una medición del ancho de banda disponible en nuestro enlace inalámbrico utilizando una herramienta que es de distribución gratuita llamada Jperf²¹ y trabaja del modo cliente servidor.

Con esta herramienta se podrá observar un valor más cercano a la realidad del ancho de banda disponible y que permitirá conocer si es posible incrementar este sistema de comunicaciones, en la RED existe del sistema SCADA.

Es necesario instalar tanto el cliente como el servidor por lo que se procederá a instalar el servidor del software Jperf en el servidor del sistema SCADA y el cliente, mediante el uso de una computadora portátil en la estación remota, conectándola en el Switch y dentro del mismo rango de IP's que pertenece al sistema SCADA.

Una consideración importante es que la medición se realizará sin suspender el servicio de comunicaciones del sistema SCADA, por falta de permisos para este propósito, por lo que los valores que resulten de la prueba con el software Jperf, incluirá en ancho de banda que se encuentre utilizando el sistema SCADA para la transmisión de datos. Este dato resultante de igual manera es muy importante considerando que es valor que estaría libre y disponible dentro del sistema de comunicaciones.

²⁰ Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#Conceptos_generales

²¹ Página de descarga: <https://code.google.com/p/xiperf/downloads/detail?name=jperf-2.0.2.zip&can=2>

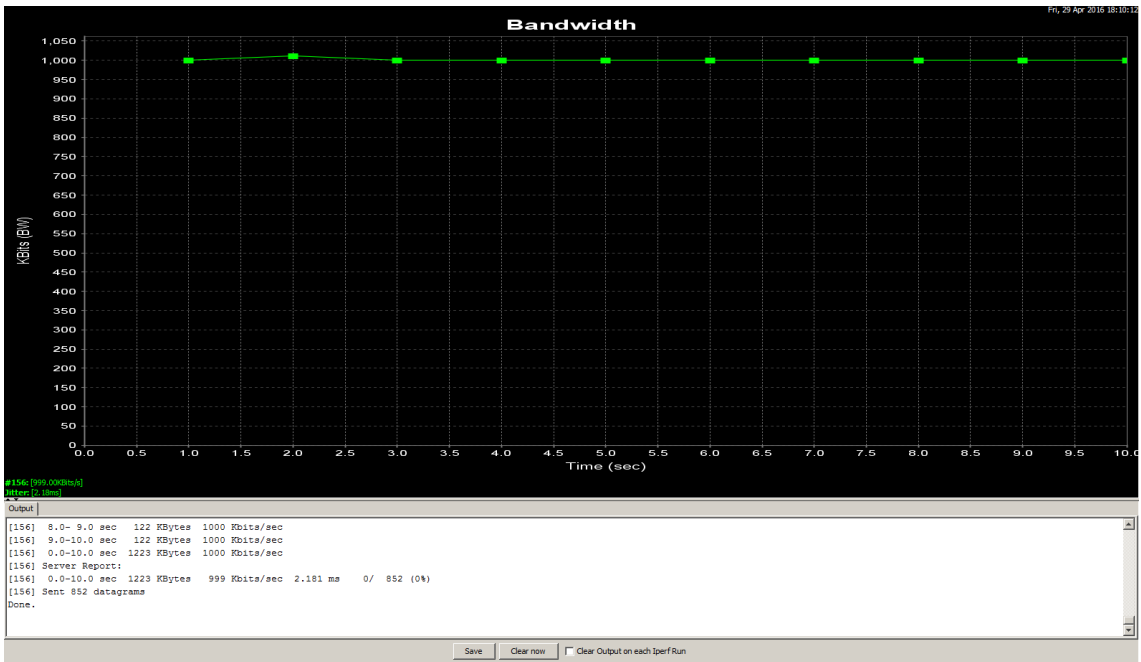


Figura 16: Software Jperf cliente a 1Mbps

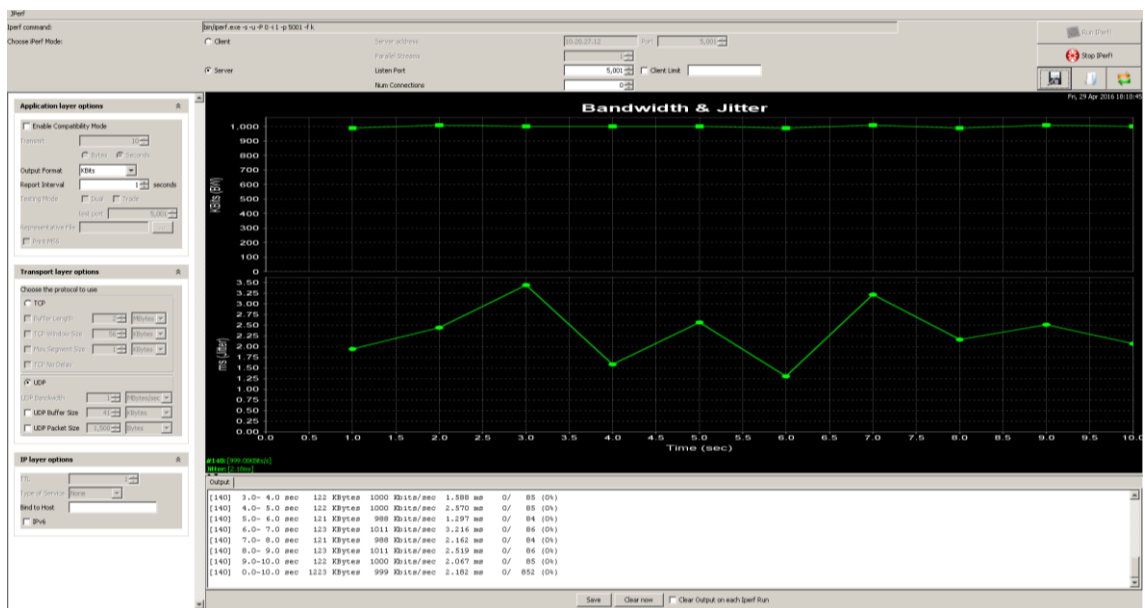


Figura 17: Software Jperf Servidor a 1 Mbps

Como se puede apreciar en las figuras anteriores 16 y 17, se observan capturas de pantalla tanto del cliente como del servidor respectivamente ejecutando el programa Jperf, al cual se lo estableció un valor de 1MB con tráfico UDP, obteniendo como resultado que dicho valor el leído por el servidor, con lo que establece que en ese tramo o segmento de red, dispone de suficiente ancho de banda como para soportar un consumo en el mismo de 1MB.

A continuación se procede a realizar la misma prueba, cambiando el valor de transferencia, incrementando 1 Mbps, sin cambiar el resultado en nuestro servidor hasta el momento que se pretende transmitir 30Mbps (figura 18), en este caso se obtuvo como resultado una tasa aproximada de recepción de 26 Mbps promedio en el servidor del software, que se muestra en la figura 19.

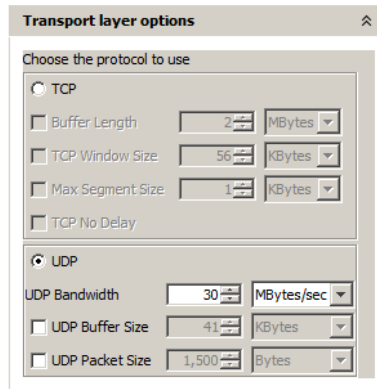


Figura 18: Software Jperf a 30Mbps

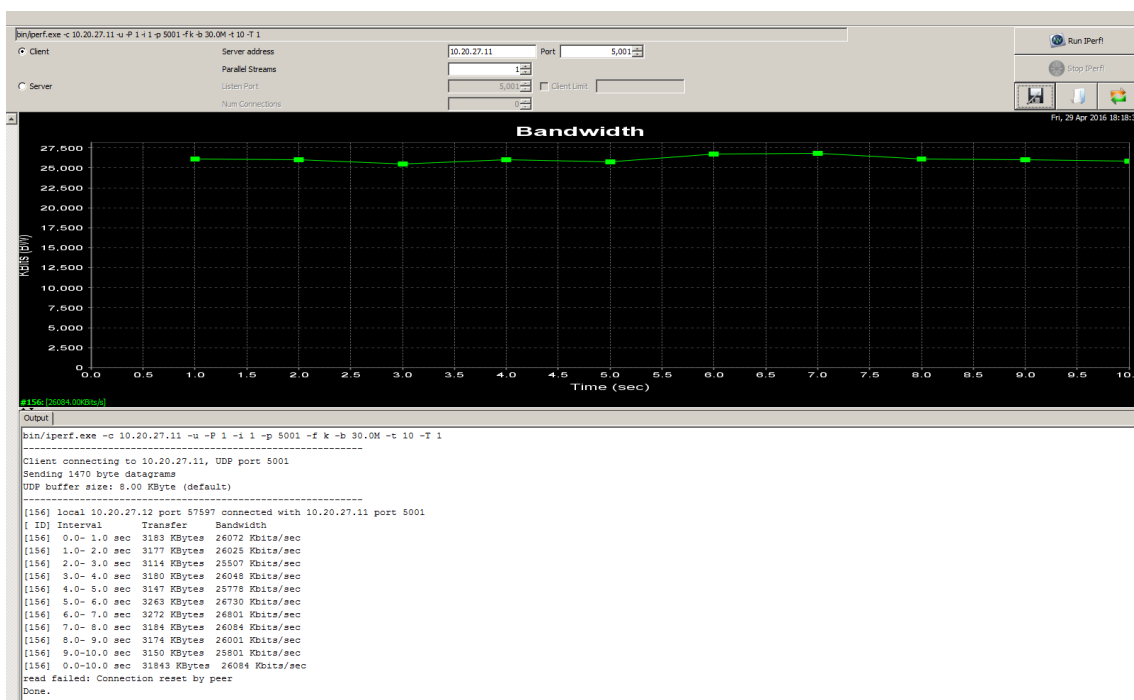


Figura 19: Software Jperf cliente a 30 Mbps

Este valor resultante aproximado, es el disponible en nuestra red inalámbrica, determinando que es factible la incorporación de nuestro sistema de comunicaciones con telefonía IP, en la topología diseñada y con el número de llamadas consecutivas previstas para el sistema.

7.2. Asignación de direcciones IP y extensiones.

Como parte del diseño es necesario establecer las extensiones que serán utilizadas en todos los puntos del sistema de telefonía IP, así como las direcciones IP que serán utilizadas en la configuración de los teléfonos y el PBX. Estas direcciones IP son asignadas por el administrador del sistema SCADA, detalladas en la tabla 2.

Estación	Dirección IP	Extensión
Teléfonos IP		
Centro de Control Norte	10.20.10.77	1001
Tanque San José de Morán Nuevo	10.20.10.86	1002
Tanque San José de Morán Viejo	10.20.10.87	1003
Tanque Marianas Nuevo	10.20.10.85	1004
Tanque San Juan de Calderón	10.20.10.88	1005
Tanque Arenal	10.20.10.84	1006
Softphone (Equipo portátil)	10.20.10.128	1010
Servidor SCADA y PBX en máquina virtual		
PBX	10.20.10.100	-
Servidor Centro de Control Norte	10.20.28.11	-

Tabla 2: Direcciones IP y extensiones asignadas al sistema de comunicaciones

Una vez que se cuenta con todas las direcciones IP necesarias para la configuración de cada elemento de nuestro sistema de comunicaciones y además las extensiones correspondientes a cada teléfono IP y softphone, el sistema dispone de la distribución y topología mostrada en la siguiente figura y anexo 4.

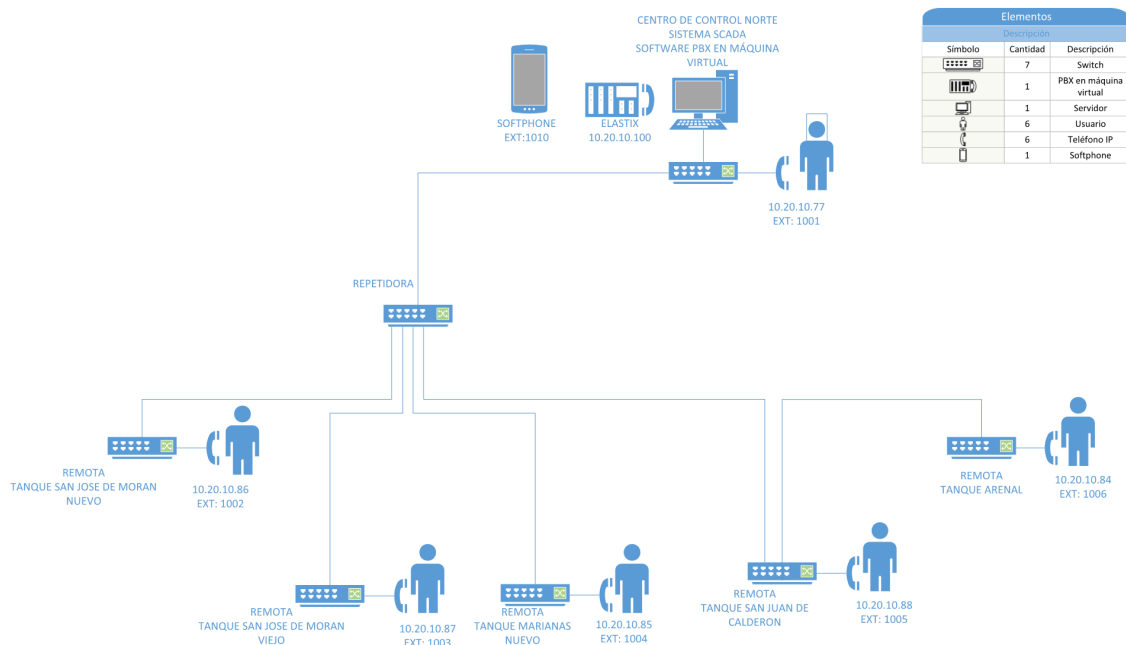


Figura 20: Topología del sistema de comunicaciones de los teléfonos IP y extensiones asignadas²²

²² Tomado de: Fuente el autor

Una vez que han sido identificados todos los elementos que conforman el sistema SCADA existente, verificado en términos teóricos el tráfico que se agregará en el canal de comunicaciones, diseñado la topología en la cual se deben instalar los teléfonos IP, Softphone y PBX en la RED y realizada la medición del ancho de banda real disponible con lo que se pudo determinar la factibilidad de incorporar el servicio de telefonía IP en el sistema SCADA existente, se procederá a la construcción del mismo incorporando cada uno de los elementos necesarios y configurando según corresponda hasta obtener la integración y puesta en marcha del servicio de telefonía, objetivo del presente caso de estudio.

8. CONSTRUCCIÓN DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP

Para la construcción del servicio de telefonía se requieren ejecutar varios procesos, los cuales se describirán a continuación:

8.1. Instalación y configuración de la central telefónica mediante software libre.

Como ya se indicó en los párrafos anteriores, se prevé la instalación y configuración de un software libre para cumplir las funciones de PBX en nuestro servicio de telefonía IP, para lo cual se eligió al software Elastix, el cual dispone entre otras funciones la requerida para el presente caso de estudio, que es un PBX y por recomendaciones del administrador del software del sistema SCADA se procederá a instalar dicho software mediante máquina virtual utilizando el software Oracle VM Virtual Box²³ que es de distribución gratuita y puede ser descargado de su página de internet, acción considerada para no afectar el sistema base en cual se encuentra ejecutando el software del sistema SCADA.

Una vez instalado la máquina virtual en nuestro servidor del sistema SCADA, se procede con la instalación del software de telefonía IP Elastix²⁴, que de igual manera es de distribución gratuita y puede ser descargada de su página de internet.

Se procede con la instalación de la máquina virtual con el software basado en CentOS, que es una distribución de Linux. Ver figura 21.

En el proceso de instalación se debe prever las características que serán asignadas a la máquina virtual tales como tamaño total de disco duro, memoria RAM, periféricos, entre otros, que definirá todas las características que son necesarias para la ejecución del software.

Además como parte de la configuración de sistema operativo, es requerida la asignación de usuarios y claves de acceso. Como ya se conoce, el software de libre distribución Elastix, se ejecuta mediante un servidor web, el cual permite la configuración de nuestra central telefónica de una manera gráfica y amigable.

²³ Página de internet para descarga: <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads>

²⁴ Página de internet para descarga: <http://www.elastix.com/en/downloads/>

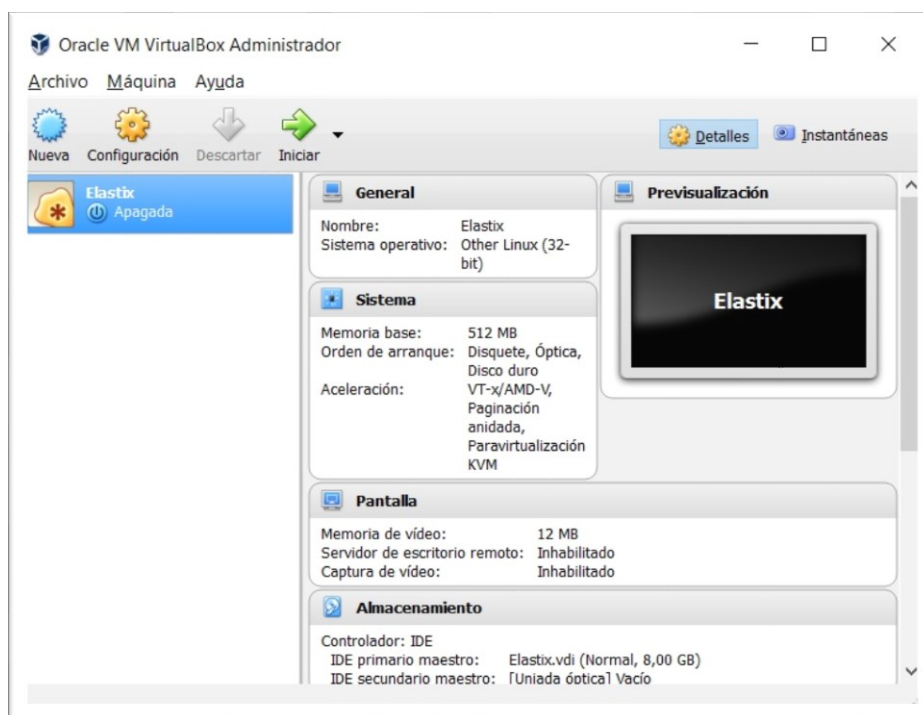


Figura 21: Pantalla del Software Virtual Box con máquina virtual Elastix²⁵

Luego de que ha sido descargado el software Elastix y debidamente instalado en la máquina virtual, es factible su ejecución.

Como parte de la configuración y tomando en cuenta el subcapítulo de diseño del sistema, se configura la PBX con la IP estática 10.20.10.100, dirección necesaria para la configuración de la central telefónica y para la configuración de los elementos de la RED de comunicaciones, como son los teléfonos IP y el softphone, siendo dicha dirección la que deberá incorporar como dominio y a la cual se direccionan para su registro y posterior comunicación con el resto de elementos del sistema de comunicaciones.

Al encender la máquina virtual en la cual se encuentra el software del sistema PBX, es necesario introducir el usuario y contraseña que fueron configurados en la instalación del mismo. Para el presente caso de estudio se definió como usuario “root” y como contraseña la palabra “administrador”.

Posterior a este paso, la máquina virtual y el software del sistema PBX, se encuentra ejecutándose, quedando pendiente su configuración, para lo cual es necesario introducir la dirección asignada al PBX en un navegador de internet para poder configurar el mismo a través de su servidor web (figura 22). En este punto es obligatorio

²⁵ Tomado de: Captura de pantalla del software VM Virtual Box instalado

ingresar el nombre de usuario y la contraseña que fueron asignadas en su instalación, que para el presente caso de estudio fueron “admin” y administrador” respectivamente.



Figura 22: Acceso al software de configuración mediante servidor web²⁶

Una vez ingresado al sistema, es factible su configuración, iniciando por su pantalla de inicio (figura 23) en la cual se puede observar algunas de las características que fueron asignadas al sistema, tales como memoria, disco duro, entre otros y los servicios que se encuentren disponibles, servidor telefónico, servidor de correo, etc.

El paso siguiente es la configuración de las extensiones que serán utilizadas en el servicio de telefonía y que fueron designados al momento de su diseño.

²⁶ Tomado de: Captura de pantalla del software Elastix instalado

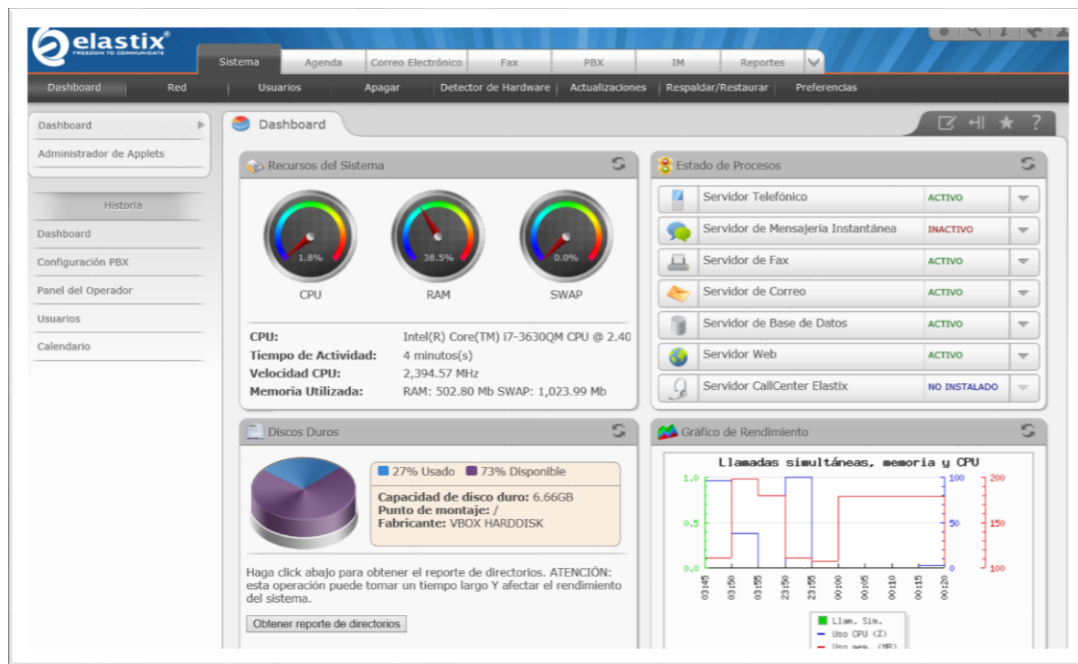


Figura 23: Pantalla principal software Elastix²⁷

8.1.1. Configuración de extensiones

La parte principal de la configuración de la PBX, es la asignación de las extensiones que serán utilizadas, debiendo iniciar configurando el lenguaje que se desea utilizar en el sistema para su configuración. Luego en la lengüeta de PBX, ingresamos al menú de “Añadir una extensión” en donde se deben configurar las particularidades que se deseen añadir a nuestro sistema, como son:

- ✓ Extensión del usuario
- ✓ Nombre para mostrar
- ✓ Ring time
- ✓ Password del usuario SIP
- ✓ Habilitar buzón de voz
- ✓ Password para el buzón de voz

Existen muchas funciones que pueden ser configuradas en este mismo sistema de central telefónica, todo dependerá de la complejidad que requiera el sistema de comunicaciones, sin embargo para el presente caso de estudio, es suficiente las descritas anteriormente para cumplir el objetivo deseado de conectividad entre las estaciones remotas.

²⁷ Tomado de: Captura de pantalla del software Elastix instalado

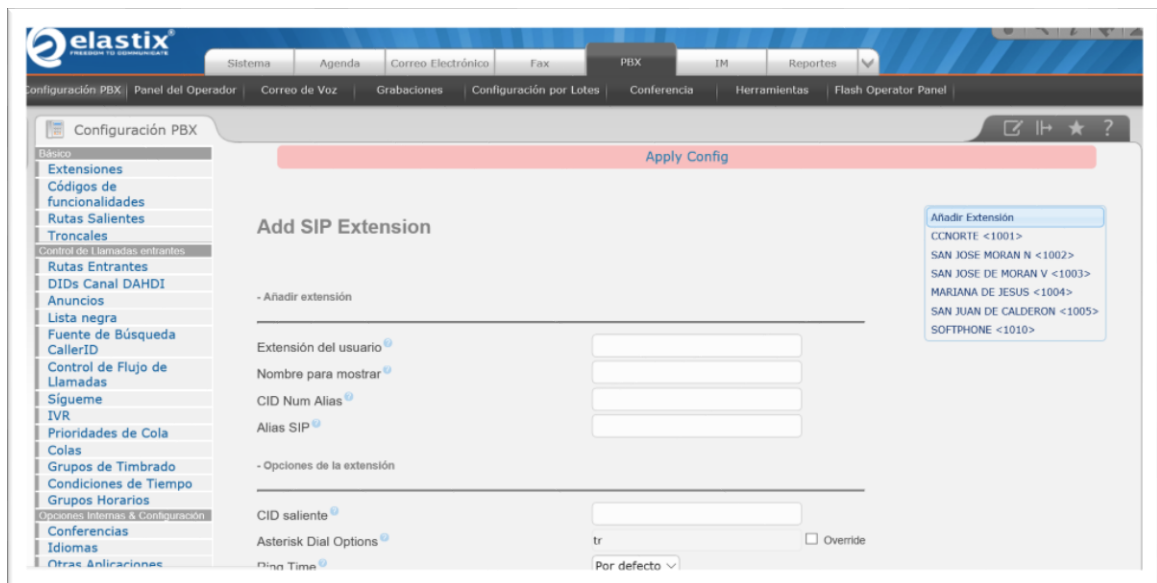


Figura 24: Pantalla de configuración de las extensiones

Al ingresar al menú de configuración de extensiones que se indica en la figura 24, es necesario considerar los parámetros básicos de configuración, a fin de establecer cada uno de los puntos de comunicación dentro de la red de comunicaciones.

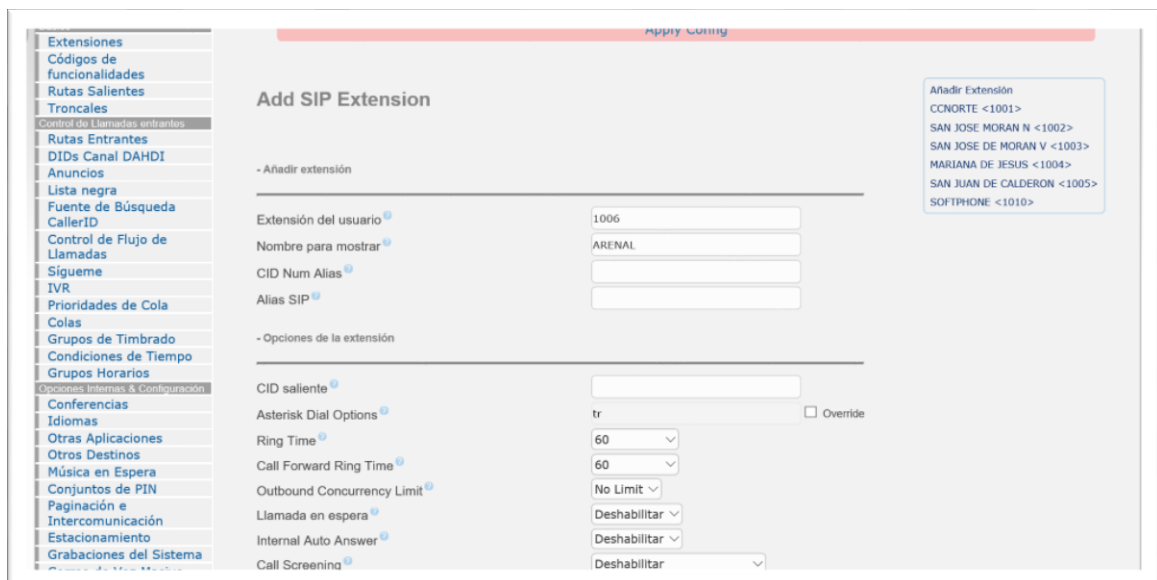


Figura 25: Pantalla para configuración de una nueva extensión 1/2

En referencia a la figura anterior, se puede observar algunos parámetros básicos que deben ser configurados en la extensión, mismos que permitirán la posterior configuración de la extensión en el teléfono IP según corresponda. Estos parámetros son el número de extensión, el cual debe ser un número de 4 dígitos, asignando de esta manera en la configuración inicial del software PBX.

El siguiente paso es establecer el nombre de la extensión, con el cual se puede visualizar a quien o en este caso a que instalación corresponde el número de 4 dígitos que configuramos. Detalle que se podrá observar en el teléfono IP en el cual sea configurada dicha extensión y cuando se reciba una llamada, ayudando a identificar con mayor facilidad el lugar a donde o de donde se está realizando una llamada.

El tiempo de timbrado es importante en la configuración tomando en cuenta que una vez transcurrido el tiempo establecido, la llamada se direccionará al buzón de voz a fin de dejar un mensaje en la extensión con la que se deseaba establecer una llamada.

Este dispositivo usa la tecnología sip.

secret	clave1980
dtmfmode	RFC 2833
nat	No - RFC3581

- Buzón de voz

Estado	Habilitado
Contraseña del buzón de voz	280280
Dirección de email	pscq1980@gmail.com
Número de teléfono móvil	
Enviar mensajes del buzón de voz adjuntos en el email	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Decir CID	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Decir fecha y hora	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Eliminar mensaje de voz	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Opciones del buzón de voz	
Contexto del buzón de voz	default

- Dictation Services

Figura 26: Pantalla para configuración de una nueva extensión 2/2

Como se observa en la figura anterior y siendo un parámetro básico en la configuración de las extensiones, es muy importante establecer una clave que servirá para autenticar la extensión y permitir el registro exitoso con la PBX, paso fundamental que garantiza la seguridad en la red frente a posibles accesos o conexiones no autorizadas.

Con los parámetros antes detallados, se obtiene una configuración rápida de una extensión nueva dentro de nuestro sistema de comunicaciones, con lo que será posible configurar el teléfono IP o softphone, autenticándolo y permitiendo el registro exitoso para su funcionamiento como una extensión dentro del servicio de telefonía IP.

Antes de finalizar la configuración, previo la verificación de los parámetros ingresados, es necesario presionar el botón de “Enviar” y luego el botón “Apply Config”, a fin de que se guarde la información y nueva configuración dentro del sistema.

Este proceso se debe ejecutar para cada una de las extensiones que conforman el sistema tal como se muestra en la figura 27 y que para el presente caso de estudio se definió de la siguiente forma.



Figura 27: Pantalla de extensiones del sistema

A continuación se detalla una tabla con todas las extensiones que dispone el sistema de comunicaciones para el presente caso de estudio.

Nombre	Extensión
CCNORTE	1001
SAN JOSE DE MORAN NUEVO	1002
SAN JOSE DE MORAN VIEJO	1003
MARIANA DE JESUS	1004
SAN JUAN DE CALDERON	1005
ARENAL	1006
SOFTPHONE	1010

Tabla 3: Asignación de nombres y extensiones para el sistema PBX

8.1.2. Configuración del teléfono IP

Como se había indicado, los teléfonos disponibles y que serán utilizados en nuestro servicio de telefonía IP, son de marca Grandstream, modelo GXP1405, los cuales disponen de un servidor WEB, que mediante el ingreso de un usuario, permite la configuración de equipo.

Además es factible la configuración parcial de ciertos parámetros, vía teclado desde el mismo teléfono, sin embargo es recomendable y mucho más fácil la configuración mediante el servidor WEB, el cual permite visualizar y configurar todas las características de este teléfono IP.

Una particularidad de este equipo, es que permite alimentarlo de dos maneras, una con una fuente exterior, que transforma el voltaje de 120 VAC a 48 VDC y la otra manera, a

través del mismo puerto de conexión RJ45 con el cable de Ethernet al Switch, en el caso que permita la características de ser POE (Power Over Ethernet) y que en ambos casos funciona de igual forma con las mismas funciones.

En el presente caso se pudo aprovechar la función POE que disponen los Switch para alimentar o energizar los radios con lo que el teléfono IP funciona correctamente sin la necesidad de una fuente adicional.

Es necesario asignar una dirección IP al teléfono según corresponda, para lo cual es factible ingresar manualmente al mismo mediante el menú y la pantalla que dispone.

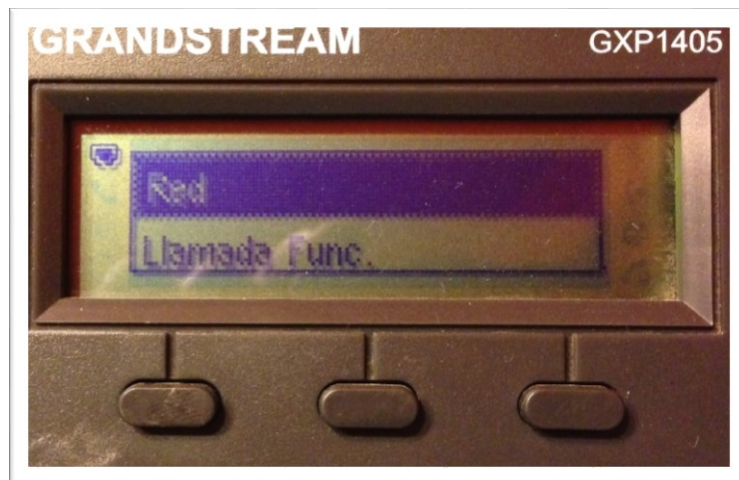


Figura 28: Menú de configuración manual de teléfono 1/4

En el menú de configuración se debe configurar el parámetro “Red”, tal como se observa en la figura 28, en el cual se asignara la IP correspondiente a la extensión a la cual se configure el teléfono, según las figuras 29, 30 y 31.

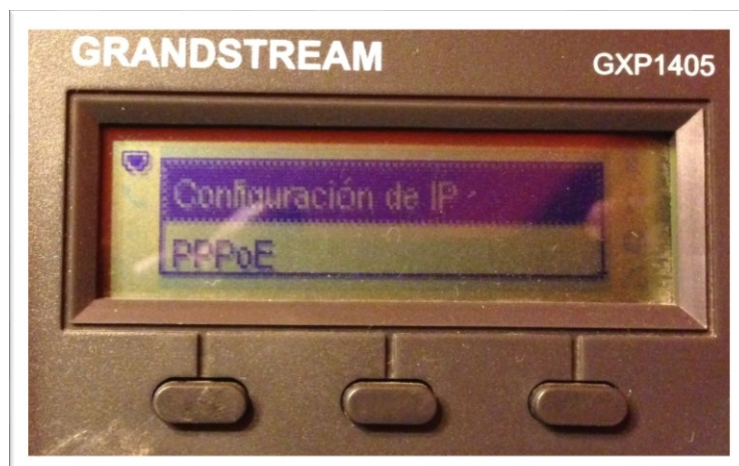


Figura 29: Menú de configuración manual de teléfono 2/4

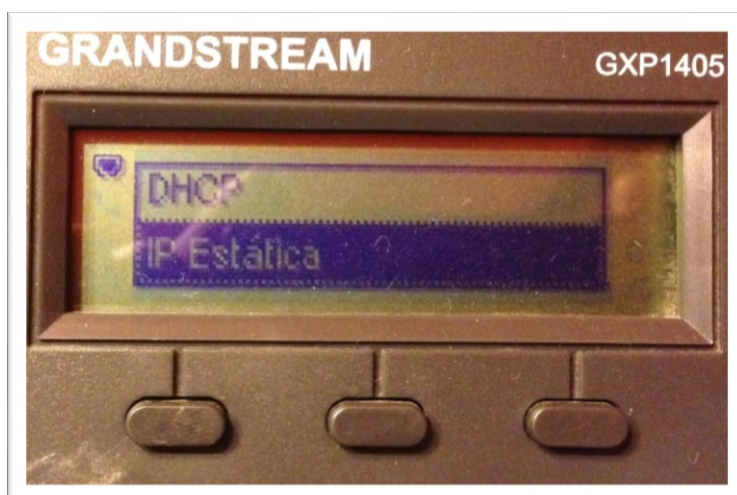


Figura 30: Menú de configuración manual de teléfono 3/4

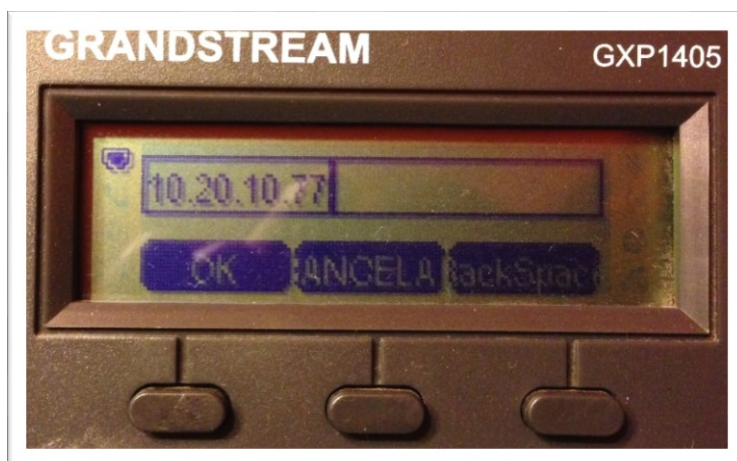


Figura 31: Menú de configuración manual de teléfono 4/4

En la figuras anteriores de observa todos los pasos requeridos para ingresar la dirección IP que corresponde a la extensión asignada mediante el menú propio del teléfono IP.

A continuación se describe el proceso de configuración del teléfono IP, utilizando la dirección IP asignada manualmente, para lo cual se digita dicha dirección en un navegador de internet como se ve en la figura 32, con lo que es posible ingresar al servidor web que dispone este equipo para su configuración.



Figura 32: Pantalla de inicio para la configuración del teléfono IP Grandstream

La clave de acceso por defecto es “admin” con lo que es posible acceder a todas las funciones necesarias para configurar el teléfono IP, para que se registre a la central telefónica en la cual se configuraron todas las extensiones.

Esta configuración es muy amigable y de fácil entendimiento por lo que representa una complejidad al momento de ingresar la información y parámetros para la configuración del teléfono IP.

Otra ventaja es que al teléfono se lo puede configurar desde cualquier punto de la red, en el caso del presente caso estudio, lo que facilita al momento de cambiar cualquier parámetro en cualquiera de las extensiones que dispone nuestro sistema de comunicaciones.

The screenshot shows the configuration interface for a Grandstream GXP1405 Executive IP Phone. The top navigation bar includes the Grandstream logo, the title 'GXP1405 Executive IP Phone Configuración Equipo', and menu items for 'Estado', 'Ajustes', 'Contactos', and 'Cuentas'. The 'Estado' page displays the following information:

Dirección MAC:	00:0B:82:4C:58:98
Dirección IPv4:	10.20.10.77
Dirección IPv6:	0:0:0:0:0:0:0:0
OpenVPN IP:	
Modelo de Producto:	GXP1405
Número de Parte:	9620003116A
Versión de Programa:	
boot:	1.0.1.22
core:	1.0.3.25
base:	1.0.3.31
prog:	1.0.4.23
dsp:	0.82
Tiempo de operación OK:	9 min
Hora del Sistema:	7:09PM Wed 12/31/69

Figura 33: Pantalla "Estado" del teléfono IP

En la pantalla "Estado" de la figura 33, es posible observar algunos de los parámetros básicos del teléfono, como son la dirección MAC, IP, modelo, entre otros.

El siguiente paso corresponde crear una cuenta, en la cual se ingresan los parámetros que fueron asignados en el software PBX para que se pueda registrar dicha extensión al sistema.

The screenshot shows the configuration interface for a Grandstream GXP1405 Executive IP Phone. The page is titled "GXP1405 Executive IP Phone Configuración Equipo". The Grandstream logo is in the top left corner. A navigation bar includes "Estado", "Ajustes", "Contactos", and "Cuentas" (which is highlighted). Below the navigation bar, there are tabs for "CUENTA 1" and "CUENTA 2", and a version indicator "Versión de Programa 1.0.4.23".

The main section is titled "CUENTA 1" and contains the following configuration fields:

- Cuenta Activa:** Radio buttons for "No" and "Si" (selected).
- Nombre Cuenta:** Text input field containing "EPMAPS".
- Servidor SIP:** Text input field containing "10.20.10.100".
- Servidor SIP secundario:** Text input field (empty).
- Outbound Proxy:** Text input field (empty).
- ID Usuario SIP:** Text input field containing "1001".
- ID Autenticado SIP:** Text input field containing "1001".
- Clave Autenticada:** Text input field (empty).
- Nombre:** Text input field containing "CCNORTE".

On the right side, there is a grey sidebar with the following text:

- ID Usuario SIP (la parte USUARIO de la dirección SIP)
- ID Autenticado SIP puede ser igual o diferente
- Revise los certificados del dominio: Cuando seleccione Si/Activado, se revisará el certificado del dominio según RFC5922

Figura 34: Pantalla de configuración de Cuenta

Como se observa en la figura anterior, se deben ingresar algunos parámetros que posteriormente permitirá el registro del teléfono IP con la PBX.

Estos parámetros son el Nombre de la Cuenta, que para el caso de definió como EPMAPS, seguido del servidor SIP, que corresponde a la dirección IP de la central telefónica. El ID de usuario el cual corresponde a la extensión asignada con su respectiva clave autenticada la cual fue configurada en el software de la central telefónica, en la extensión correspondiente. Por último ingresamos el nombre que corresponde a la extensión que previamente fue configurada al teléfono.

Si todo se ingresó según lo configurado en el software de la central de teléfono cuando se asignaron las extensiones correspondientes, el teléfono debe registrarse exitosamente como se muestra la siguiente figura.

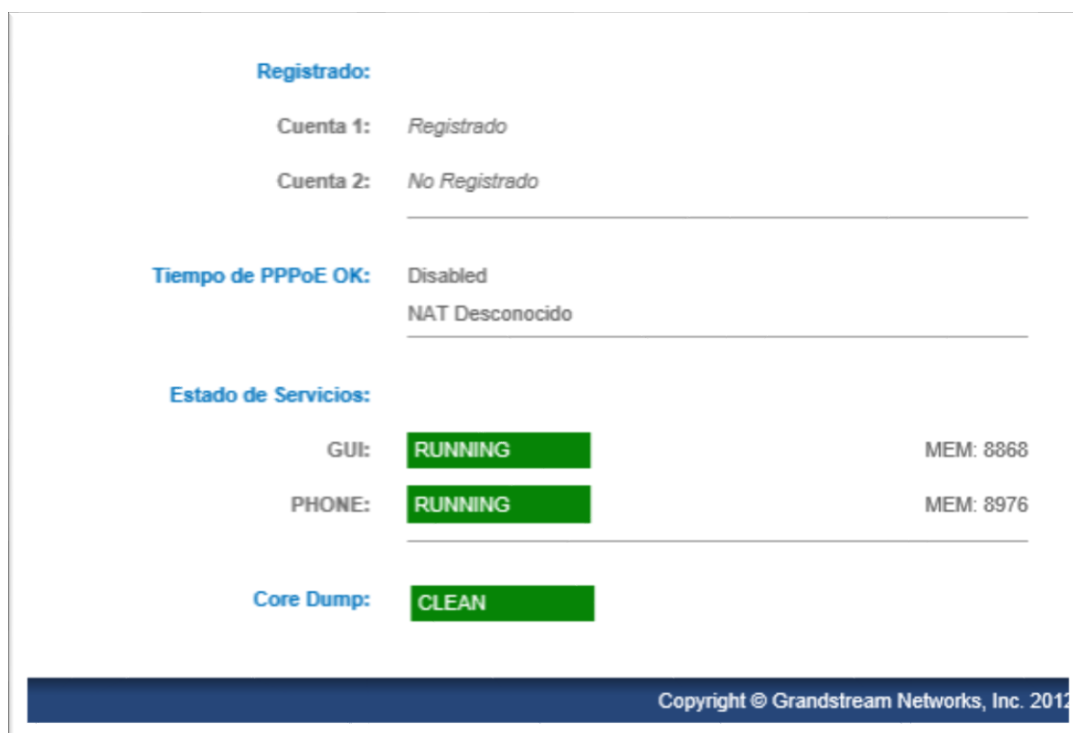


Figura 35: Pantalla de estado con registro exitoso

Un paso importante en la configuración del teléfono IP, es reiniciar el mismo cada vez que se configure o modifique un parámetro nuevo, a fin de que los cambios se guarden en la memoria del teléfono y permita su registro exitoso en el sistema de telefonía, como se observa en la figura 35.

8.1.3. Configuración del softphone

Para el caso del SOFTPHONE, se utilizó un software de distribución gratuita y de fácil configuración, X-lite²⁸, el cual permitirá disponer de un medio de acceso adicional en nuestro servicio de telefonía IP y que estará instalado en un computador portátil, que para el presente caso de estudio, permitirá realizar pruebas de comunicación en los diferentes puntos de nuestra red, con el cual se pudo verificar la comunicación y registro con la PBX desde cada una de las estaciones remotas.

Como se puede apreciar en la figura 36, el menú de configuración es muy fácil de configurar, debiendo tener en cuenta principalmente el Dominio al cual se debe registrar el teléfono, debiendo ser la dirección IP de la PBX. Otro parámetro importante es la ID de usuario, que en este caso pertenece a la extensión a la cual la queremos registrar con el nombre correspondiente que fue previamente configurado en el software de la PBX.

²⁸ Tomado de: <http://www.counterpath.com/x-lite/>

Figura 36: Menú de configuración del Softphone con software X-Lite²⁹

Una vez configurado el Softphone en el menú respectivo y debiendo estar ejecutándose el software del sistema PBX, la extensión que para el caso es un softphone, debe registrarse correctamente e inmediatamente estaría disponible en nuestro sistema de comunicaciones de telefonía IP (ver figura 37), pudiendo de esta manera llamar a cualquiera de las extensiones que se encuentren operativas y debidamente registradas con la central telefónica.

²⁹ Tomado de: Software X-Lite instalado para el presente caso de estudio

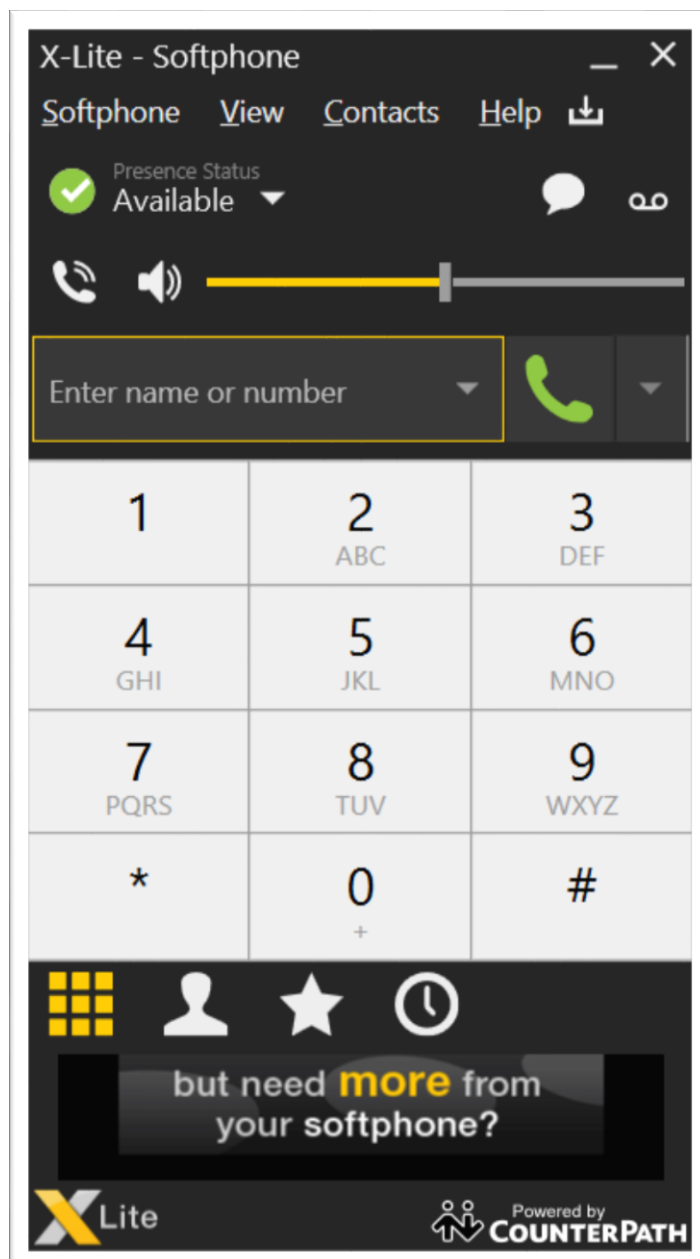


Figura 37: Software X-lite SOFTPHONE³⁰

Es necesario considerar que la máquina en la cual se encuentra ejecutando el Softphone, debe estar dentro de la misma RED y con el mismo rango de IP para que pueda registrarse y a su vez, formar parte del sistema de telefonía IP, de la misma manera en la que operaría un teléfono IP físico.

Con estas configuraciones realizadas, sistema de telefonía IP (PBX), teléfonos IP y softphone, el sistema está listo para su funcionamiento, según lo realizado en el diseño.

³⁰ Tomado de: Software X-Lite instalado para el presente caso de estudio

Es importante recordar que el sistema se construyó con los 2 teléfonos IP disponibles y el softphone, que fue instalado en un computador portátil, que permitirá la prueba en los puntos o estaciones remotas en las que no se tiene disponible el teléfono IP.

9. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En esta etapa se debe realizar las respectivas pruebas de funcionamiento y comunicación con cada una de las estaciones remotas que comprende el sistema planteado en el caso de estudio.

Basándonos en los datos obtenidos en los capítulos anteriores, se pudo determinar que es factible la implementación del sistema dentro de la red del sistema SCADA, para lo cual se iniciará arrancando la central telefónica, el cual está instalado en el servidor del sistema SCADA.

Una vez iniciada la máquina virtual en la que se encuentra ejecutándose la PBX y luego de que hayan sido instalados los teléfonos IP en el centro de control y en la estación remota Mariana de Jesús, se pudo verificar que ambos teléfonos se registraron a la central telefónica exitosamente. Adicional a esto, se conectó en softphone que se encuentra instalada en un computador portátil a fin de probar la comunicación y registro con la central telefónica desde el resto de estaciones remotas, acción que se ejecutó correctamente, pudiendo comprobar en el panel operador, que es una herramienta que dispone la central telefónica para comprobar los registros exitosos que de dispongan dentro del sistema de comunicaciones.

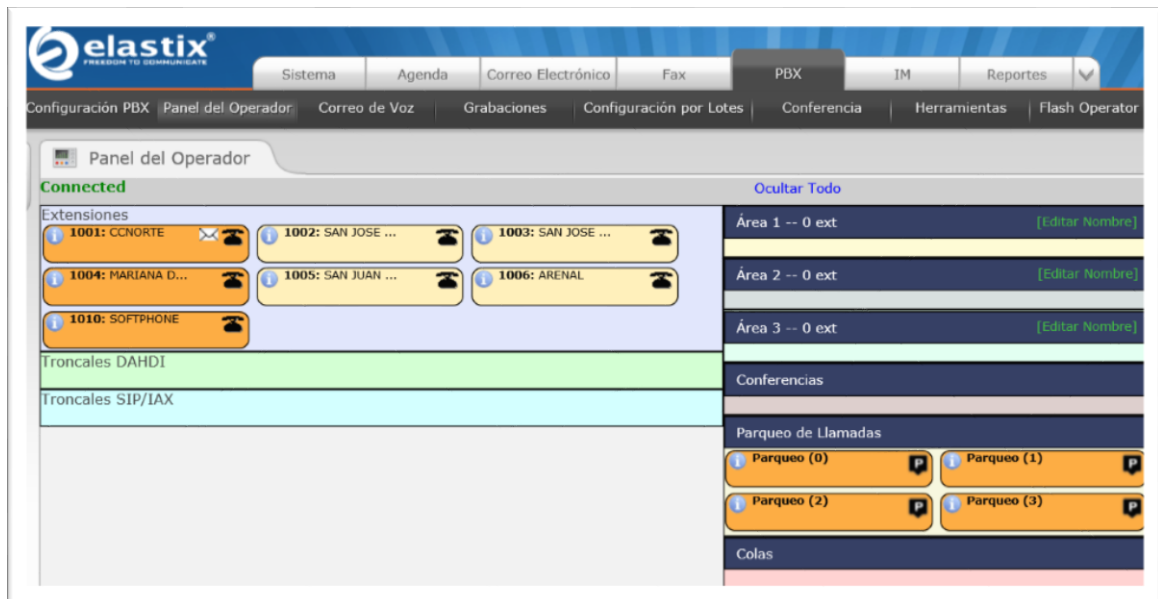


Figura 38: Panel operador del software Elastix

Como se puede observar en la figura anterior, se indica en color amarillo las extensiones CCNORTE, MARIANA DE JESUS y el SOFTPHONE que se encuentra ejecutándose en la estación remota SAN JUAN DE CALDERON, pero utilizando la extensión asignada para el softphone 1010, misma que permite realizar las pruebas de comunicación desde todas las estaciones remotas que por lo pronto no disponen de teléfono IP.

La primera prueba de comunicación se la realiza entre el softphone que se encuentra instalado en la estación remota SAN JUAN DE CALDERON y el centro de control, funcionando correctamente y sin ningún tipo de interferencia o cortes en la comunicación.

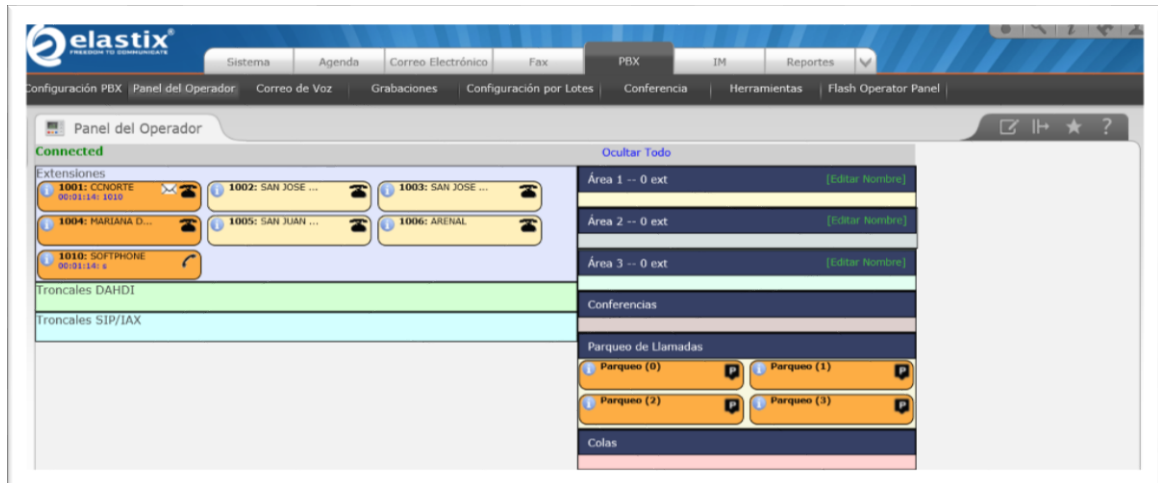


Figura 39: Captura de pantalla del panel operador del Software Elastix ejecutándose una llamada

De igual manera se procede a realizar una llamada entre el las extensiones que disponen de teléfono IP, que son la 1001 y 1004 que corresponden al CCNORTE Y MARIANA DE JESUS, respectivamente. Resultando una comunicación exitosa sin ninguna alteración en la comunicación. (Ver figura 39)

Se procede a realizar la prueba de comunicación con el resto de remotas que no disponen de teléfono IP, obteniendo un registro inmediato con la central telefónica, al momento que se integra este equipo en la red de comunicaciones del sistema implementado.

Terminada estas pruebas, el sistema se encuentra operativo en toda su capacidad, para lo cual se procede a realizar una capacitación de su funcionamiento tanto a los operadores de los tanques, así como con el personal administrativo que se encuentra en el Centro de Control, entre quienes se coordinan diferentes tareas, como son la toma o lectura de niveles de los tanques, datos de caudal, cloro residual, operación de válvulas, entre otras tareas que han sido mejoradas y optimizadas al introducir un sistema de comunicaciones dentro de la red del sistema SCADA existente.

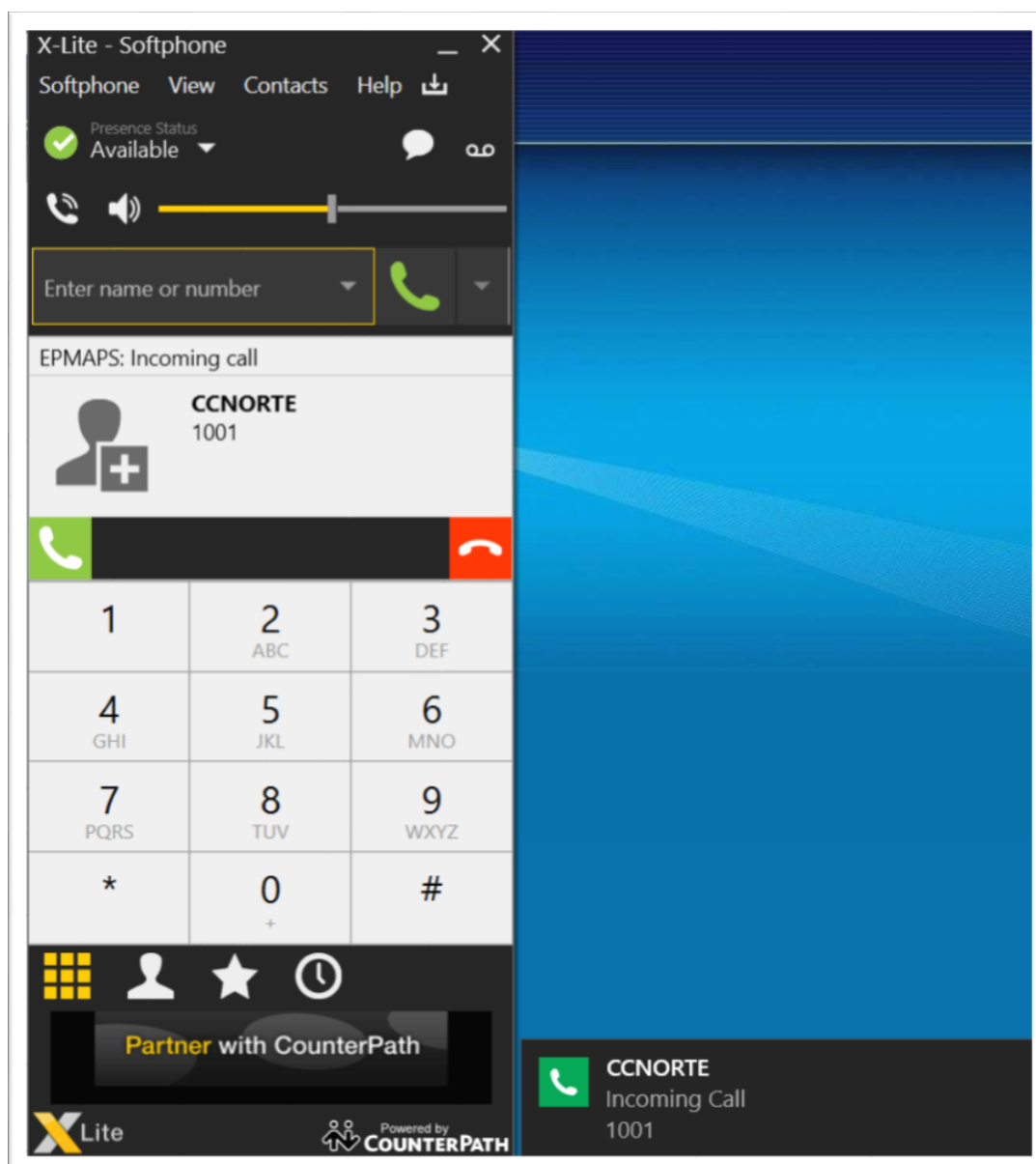


Figura 40: Pantalla con llamada entrante en el softphone

En la figura anterior se puede observar el momento que ingresa una llamada al softphone, mismo que es utilizado para probar comunicación entre todos los puntos que no disponen de teléfono IP, en este caso se está recibiendo una llamada desde el Centro de Control Norte ext: 1001.

La comunicación es adecuada y no existe ningún tipo de interferencia con la comunicación.



Figura 41: Captura del teléfono IP ext: 1001 con llamada entrante

En la figura 41 se observa el momento en que se recibe una llamada desde el Softphone hacia el CCNORTE, que de igual manera se pudo determinar una comunicación buena y sin interferencias.

Se pudo observar que mientras se realizaban las pruebas de comunicación entre las diferentes estaciones remotas, el sistema SCADA no fue afectado, considerando que el ancho de banda requerido para la transmisión de sus datos es mínimo comparado una transmisión de datos de voz.

Estas pruebas se las ejecutaron en conjunto con el administrador del sistema SCADA, quien utilizando herramientas propias del sistema, pudo observar que los datos que son transmitidos entre el servidor y las diferentes estaciones remotas, se envían y reciben en los tiempos previstos y sin pérdida de información.

Terminada esta primera etapa de pruebas, se procede a realizar el análisis de tráfico en la red que incluye el sistema SCADA y el sistema de telefonía IP, a fin de determinar tanto el consumo de ancho de banda, así como determinar el tipo de tráfico que se encuentra circulando a través de nuestra red. Esta información deberá coincidir con la calculada en el capítulo 7 “Diseño del servicio de telefonía IP”.

Para este propósito se determinó el uso de una herramienta que permita precisamente levantar dicha información, para lo cual se investigó a través de internet en diferentes foros y blogs, encontrando una solución que abarca las necesidades del presente caso de estudio al momento de realizar las pruebas de funcionamiento, este software se llama Capsa³¹ y permite realizar una prueba gratuita de funcionamiento por el periodo de 30 días.

Este software en términos generales permite realizar el análisis de red LAN o WLAN, capturando los paquetes y obteniendo información de los protocolos y tasas de transferencia en la tarjeta de red en la cual se encuentre analizando.

En el presente caso de estudio se instaló el software en el servidor del sistema SCADA y se obtuvieron los resultados que identificaremos en las siguientes figuras:

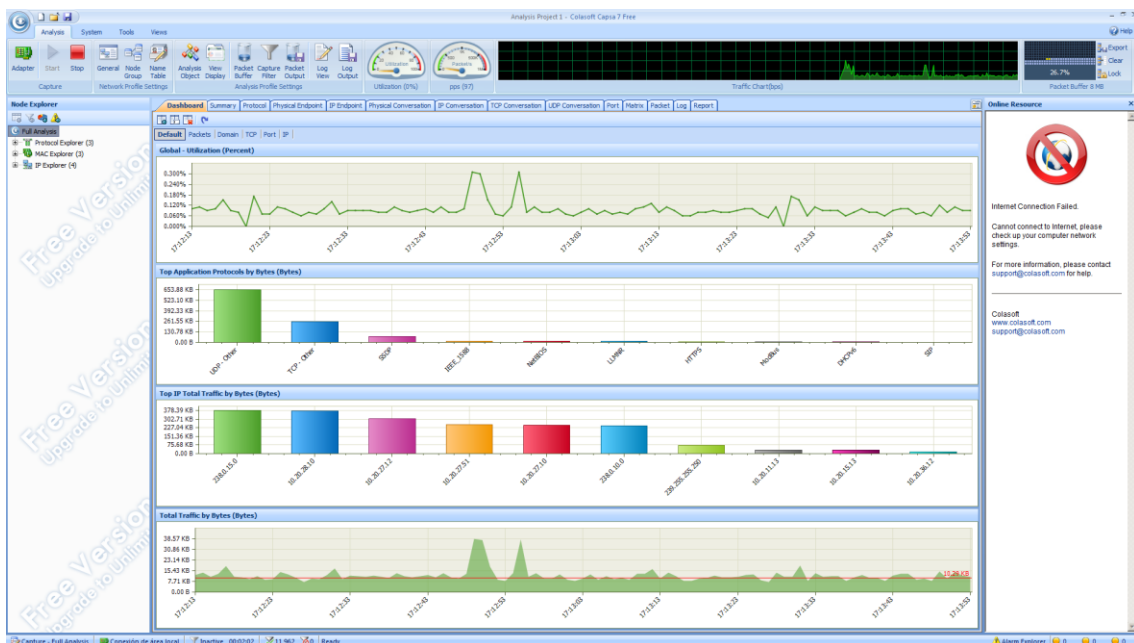


Figura 42: Captura de pantalla Software Capsa sin sistema de telefonía

En la figura 41 se puede observar el consumo de ancho de banda del sistema SCADA, mismo que alcanza un valor promedio de 10 KB, tal como se observa en la gráfica inferior de la figura mencionada.

En la misma figura y como información importante se puede observar los protocolos que se están utilizando en la transferencia de información entre el software del sistema SCADA y las estaciones remotas.

En la siguiente prueba se realiza una llamada telefónica entre el centro de control norte y el tanque Mariana de Jesús Nuevo, tal como se observa en la figura 42, la cual es una

³¹ Tomado de: <http://www.colasoft.com/capsa/>

captura de pantalla del panel operador del software Elastix que nos permite conocer el establecimiento de una llamada entre las 2 extensiones antes detalladas.



Figura 43: Captura de pantalla llamada exitosa entre CCNORTE y MARIANA DE JESUS NUEVO

Luego de ejecutar la llamada se inicia el software Capsa para capturar los paquetes y así obtener los siguientes resultados que se observan en la siguiente figura.



Figura 44: Captura de pantalla Software Capsa durante una llamada telefónica

En la figura 44 se puede observar el incremento del tráfico en la red del sistema SCADA a un promedio de 30 KB, lo que indica un incremento de 20 KB respecto a la captura que se realizó sin ejecutar ninguna llamada y únicamente con el uso del sistema SCADA.

Esta diferencia es el tráfico que se incrementa en la red al ejecutar la llamada telefónica entre las 2 extensiones que conforman nuestro sistema de comunicaciones, que comparado al ancho de banda disponible, no representa un incremento que complique la comunicación y propósito principal de la red inalámbrica de comunicaciones, que es la transmisión de datos entre el servidor del sistema SCADA y la estaciones remotas.

Como información adicional en la figura 44, se puede identificar el consumo en bytes por dirección IP, que en el presente caso corresponde a las direcciones de los teléfonos IP y la central telefónica. Además y no menos importante se puede identificar el protocolo que mayor consumo tiene en la red de comunicaciones durante el tiempo de

captura y en este caso es el protocolo RTP por tratarse de llamadas entra las 2 extensiones de nuestro sistema de telefonía IP.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

Una vez diseñado e implementado el sistema de telefonía IP en el sistema SCADA que corresponde a la parroquia norte de la ciudad de Quito, se ejecutaron exitosamente las pruebas de funcionamiento, mismas que permitieron demostrar la funcionalidad del sistema y un sin número de beneficios que se obtienen al contar un servicio de telefonía IP en las instalaciones de la empresa que brindan el servicio de agua potable a esta ciudad.

Es así que se pudieron determinar varias conclusiones que serán detalladas a continuación:

- Es totalmente factible compartir varios tipos servicios dentro de un mismo medio de comunicación, que para el presente caso de estudio se trataba de enlaces microondas a 5,8 GHz, por el cual se transmitía información del sistema SCADA, tales como datos de niveles, presiones, caudales, en el caso de señales continuas o analógicas y también señales digitales tales como el estado de las puertas, compartimentos, presencia de energía en la instalación, entre muchas otras. En este caso puntual, el ancho de banda disponible, fue suficiente para incluir el servicio de telefonía IP, sin afectar los datos que son transmitidos por el sistema SCADA que no representan un consumo elevado en comparación al ancho de banda disponible en este medio de comunicación.
- Es una ventaja contar un sistema de comunicaciones en las estaciones remotas, lo cual permitió establecer un control más adecuado al personal operativo, además de obtener la ventaja de optimizar los tiempos de toma de datos que son de responsabilidad del operador, quien inmediatamente puede informar al centro de control ciertas variables del sistema, información valiosa que se requiere para la operación y mantenimiento del sistema de agua potable.
- Los sistemas que se ejecutan en ambientes virtuales, funcionan adecuadamente y optimizan la integración de nuevos servicios a un sistema existente, tal como se observó en la implementación del sistema PBX en el presente caso de estudio, mismo que fue instalado en una máquina virtual en el servidor del sistema SCADA, garantizando su operación óptima y acogiendo las recomendaciones del fabricante del software, quien sugiere no incluir otros tipos de software que se ejecuten paralelamente con el del sistema SCADA, así como que la RED se encuentre aislada de la internet por posibles ataques de virus o malware.

- La compatibilidad hoy en día es una ventaja muy grande al momento de diseñar e implementar este tipo de sistemas, considerando que el software y hardware disponen de protocolos, códec, etc., estandarizados que permiten incluir varias marcas, modelos y versiones, que funciones entre sí, sin módulos adicionales o algún tipo de conversor. Esto se lo conoce como sistemas transparentes, los mismos que facilitan su configuración, mantenimiento y posteriores cambios o integraciones que sean requeridos.
- Los sistemas de comunicación inalámbrica ocupan un puesto preferencial si se trata de enlazar varios puntos dentro de una ciudad que está consolidada, por su costo menor comparado a otras tecnologías que requieren arrendamiento de sitios claves para llegar de un lugar a otro. Pero como todo sistema tiene sus desventajas y en este caso puntual se pudo observar que este tipo de comunicación es muy vulnerable a los cambios climáticos, por lo que existen momentos que no hay comunicación, lo que causa fallas en la transmisión de datos del sistema SCADA y de igual manera en el sistema de telefonía IP.
- Una de las mayores ventajas que se pudo determinar en el presente caso de estudio, es el uso de software libre para la implementación de la PBX, sistemas que hoy en día son muy estables y garantizan su funcionamiento continuo. Esto es factible para sistemas pequeños hasta medianos, toda vez que la finalidad de cualquier implementación es su posterior crecimiento y escalabilidad, por lo que en ese caso de debería pensar en otras alternativas más robustas.
- La escalabilidad es una alternativa que optimiza aún más este tipo de infraestructuras, tal como se observó en el presente caso de estudio en donde se pudo determinar que en el caso que nuevas estaciones remotas se integren dentro del mismo sistema SCADA, están pueden ser integradas al sistema de comunicaciones simplemente configurando el software PBX el números de extensiones que sean necesarias, sin olvidar que esta cantidad dependerá del ancho de banda disponible en la red.

10.2. Recomendaciones

Como en todo diseño e implementación, nacen muchas recomendaciones que se las pueden añadir al caso de estudio, a fin de mejorarlo y optimizarlo según las necesidades del usuario final.

- Como en todo sistema nuevo, es necesario generar un plan de mantenimiento que permita que el sistema funcione continuamente, garantizando de esta manera la función principal del sistema desarrollado que es la comunicación entre las diferentes estaciones remotas, así como la asignación de un administrador de este sistema, quien debe establecer quien o quienes pueden realizar el mantenimiento indicado, así mismo, la manera de ejecutarlo (procedimientos).
- En caso puntual del sistema de comunicaciones implementado, es necesario la adquisición de teléfonos IP físicos, con las mismas características técnicas de los que fueron utilizados, para el resto de puntos que no disponen, a fin de completar el sistema diseñado y que está listo para su integración, bastando únicamente la configuración de cada uno de ellos según lo indicado en el capítulo 8, para su registro con la central telefónica.
- Viendo las ventajas que este sistema de comunicaciones presta a la operación de los tanques de distribución de agua potable, se prevé su posterior crecimiento, para lo cual se recomienda realizar un análisis completo del tráfico que circulará por el sistema inalámbrico de comunicaciones, debiendo en este caso, considerar cambio de la infraestructura inalámbrica o migración a otros medios de comunicación de ser el caso. Ejemplo: Instalación de fibra óptica en estaciones remotas que se encuentren en distancias factibles para su utilización sin que involucre una inversión muy elevada.
- Con relación a la recomendación anterior, en el caso de incluir muchos puntos de comunicaciones dentro de un sistema SCADA, el tráfico que se transmitirá por el medio de comunicación será considerablemente mayor, dependiendo del número de llamadas consecutivas que el sistema permita realizar, para lo cual será necesario establecer parámetros de calidad de servicio y garantizar el ancho de banda que requiera el sistema SCADA para su operación. Es así que sería recomendable incluir en la infraestructura Switch que permitan justamente establecer estas recomendaciones con la creación de VLAN u otros métodos que garanticen un ancho de banda necesario para los diferentes tipos de datos que se encuentren transmitiendo por este medio.

- Como se observó en el diseño del sistema de comunicaciones y por recomendación del fabricante del sistema SCADA, recomienda que el sistema debe ser aislado de su exterior y mucho peor acceso a internet, por lo que se recomienda que en estos casos, el sistema de comunicaciones de telefonía IP, no disponga de salida al exterior, sabiendo que el sistema lo permitiría, pero se debe garantizar la confiabilidad y salvaguardar la información que dispone este tipo de sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]Schneider Electric (2011), Modicon M340. Recuperado el 05 de marzo de 2016, http://www2.schneider-electric.com/documents/automation-control/pdf/m340_customer_presentation.pdf
- [2]AUMA Riester GmbH & Co. KG, Aumastr. 1, D-79379 Muellheim, Germany, Actuators SA and SAR. Recuperado el 23 de abril de 2016, <http://www.auma.com/en/products/multi-turn-actuators/actuators-sa-and-sar/>
- [3]Endress+Hauser Consult AG, Proline Promag 50W Electromagnetic flowmeter. Recuperado el 23 de abril de 2016, <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/Flow-measurement-product-overview/Product-Electromagnetic-flowmeter-Proline-Promag-50W?highlight=promag>
- [4]Endress+Hauser Consult AG, Absolute and gauge pressure Cerabar PMC51. Recuperado el 23 de abril de 2016, <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/pressure/Absolute-Gauge-Cerabar-PMC51?highlight=pmc51>
- [5]Endress+Hauser Consult AG, Hydrostatic Level measurement Waterpilot MX21. Recuperado el 23 de abril de 2016, <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/pressure/Hydrostatic-level-Waterpilot-FMX21>
- [6]Deliberant 2016, APC Mach 5. Recuperado el 23 de abril de 2016, <https://www.deliberant.com/es/apc-mach-5>
- [7]INGESCO 2009 – 2016, Pararrayos INGESCO PDC. Recuperado el 23 de abril de 2016, [http://www.ingesco.com/images/stories/products/FT_INGESCO_PDC_\[CTE\]_es_p.pdf](http://www.ingesco.com/images/stories/products/FT_INGESCO_PDC_[CTE]_es_p.pdf)
- [8]Fundación Wikimedia, Inc 2016, Sistema de alimentación ininterrumpida. Recuperado el 23 de abril de 2016, https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_alimentaci%C3%B3n_ininterrumpida
- [9]PHOENIX CONTACT 2016, Uninterruptible power supplies. Recuperado el 23 de abril de 2016, https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?1dmy&urile=wcm:path:/us/en/web/main/products/subcategory_pages/uninterruptible_power_supplies_p-22-04/b020e521-ef95-49c4-b46a-54afa6380e8f
- [10]Avanzada 7 2013, Teléfono IP Grandstream GXP-1405 (PoE). Recuperado el 23 de abril de 2016, http://www.avanzada7.com/es/productos/telefonos/ip_sobremesa/gxp1405
- [11]Fundación Wikimedia, Inc 2016, G.711. Recuperado el 23 de abril de 2016, <https://es.wikipedia.org/wiki/G.711>

- [12]ORACLE, Download VirtualBox. Recuperado el 23 de abril de 2016,
<https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads>
- [13]PaloSanto Solutions 2006 - 2016, Software de PBX IP Elastix. Recuperado el 23 de abril de 2016,
<http://www.elastix.com/en/downloads/>
- [14]CounterPath 2016, X-Lite. Recuperado el 23 de abril de 2016,
<http://www.counterpath.com/x-lite/>
- [15]Colasoft LLC. 2001 - 2016, Capsa. Recuperado el 19 de mayo de 2016,
<http://www.colasoft.com/capsa/>

ANEXOS

ANEXO 1



GXP1400/1405

Teléfono IP para Pequeña y Mediana Empresa



GXP1400/1405 es la siguiente generación de teléfonos IP para pequeña y media empresa, el cual funciona bajo el sistema operativo Linux, tiene 2 líneas con 2 cuentas SIP, una pantalla LCD de 128x40, 3 teclas XML programables, dos puertos de red integrado con PoE (sólo el GXP1405), conferencia de 3 vías. El GXP1400/1405 provee audio de alta definición de calidad superior, posee la principales funciones de telefonía de última generación, información personalizada y servicio de aplicaciones personalizables, aprovisionamiento automatizado para una simple implementación, protección avanzada de seguridad para mayor privacidad, y una amplia interoperabilidad con la mayoría dispositivos SIP de terceros y plataformas basadas en SIP/NGN/IMS de terceras compañías, es una elección perfecta para las pequeñas y medianas empresas que buscan una alta calidad en telefonía IP, rico en funciones a un precio accesible.

Características Principales

- Pantalla LCD de 120x40 pixel
- 2 teclas de líneas con LED bicolor (2 cuentas SIP y hasta 2 llamadas en curso), 3 teclas XML programables, conferencia de 3 vías
- Auricular de alta definición, Altavoz (manos libres) con anulación de eco de avanzada
- Agenda telefónica con hasta 500 contactos e historial de llamadas hasta de 200 registros
- Servicio integrado de aplicaciones personalizadas (por ejemplo, meteorología local), personalización de timbrado de llamadas
- Doble conmutador de puertos de red con detección automática de envío de 10/100Mbps, puerto PoE integrado (sólo el GXP1405)
- Aprovisionamiento automático mediante TR-069 o archivo de configuración XML cifrado, TSL/SRTP/HTTPS para protección de seguridad de avanzada, 803.1x para control de acceso de medios

Grandstream Networks, Inc. www.grandstream.com

Oficina Corporativa
1297 Beacon Street, 2F
Brookline, MA 02446
1-617-566-9300

Oficina en Dallas
2828 W. Parker Rd. Suite 102
Plano, TX 75075
1-469-241-0100

Oficina en Los Angeles
1208 John Reed Ct.
City of Industry, CA 91745
1-626-638-9172






Oficina en China
Bldg. #1, 2 Kefa Rd Science & Technology Park
(Central) Shenzhen, China 518057
86-755-2601-4600

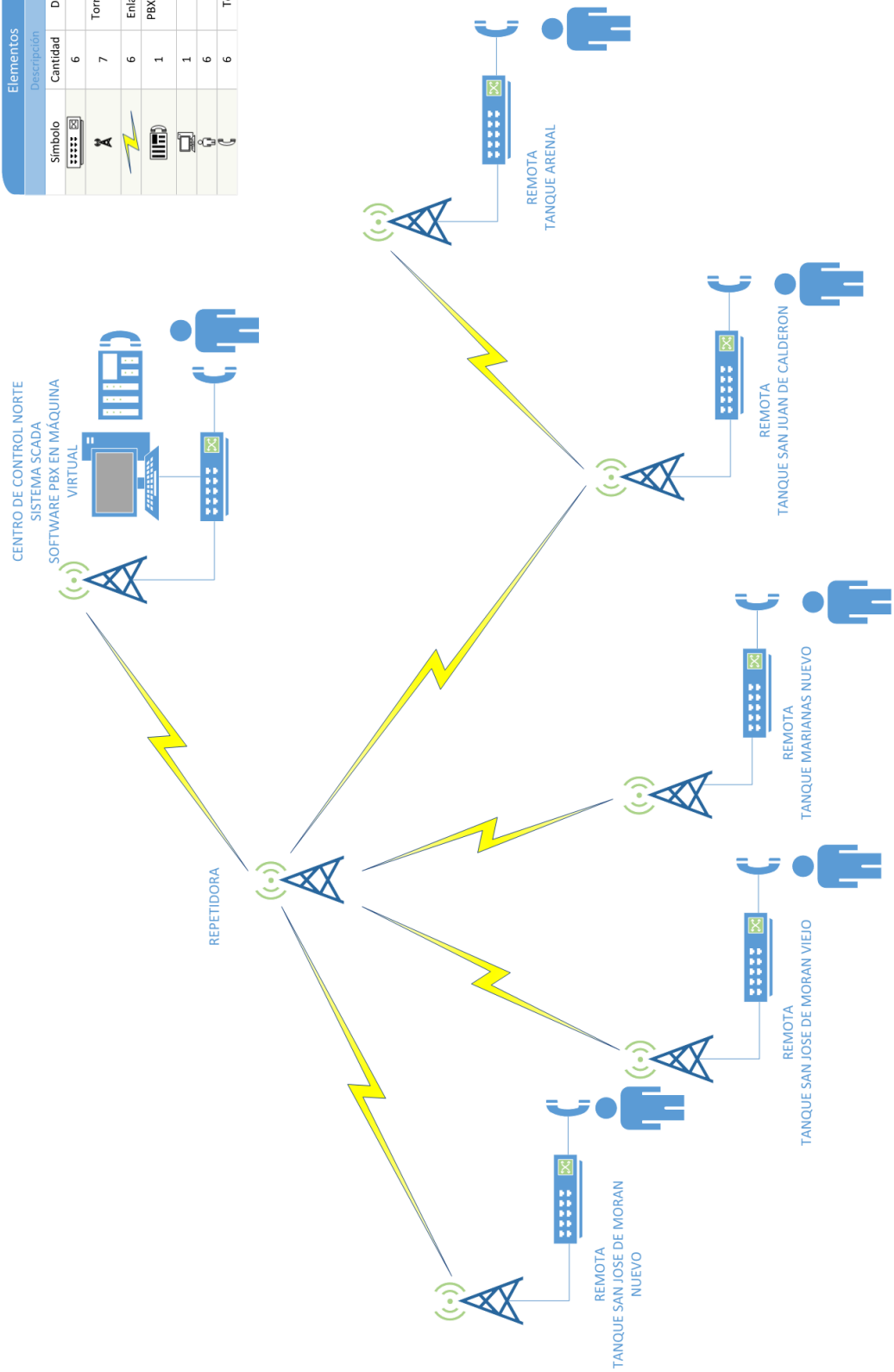
GXP1400/1405

Especificaciones Técnicas

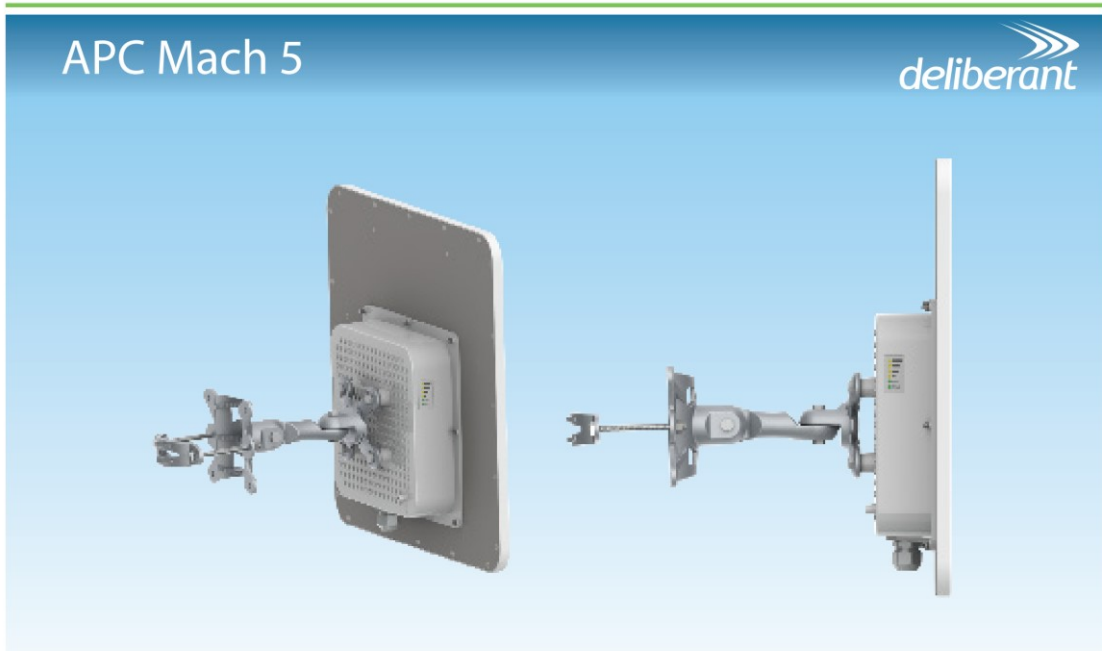
Protocolos / Estándares	SIP RFC3261, TCP/IP/UDP, RTP/RTCP, HTTP/HTTPS, ARP/RARP, ICMP, DNS (registro A, SRV,NAPTR), DHCP, PPPoE TELNET, TFTP, NTP, STUN, SIMPLE, TR-069, 802.1x
Interfaces de Red	Puertos de conmutación doble de 10/100 Mbps, PoE integrado (sólo el GXP1405)
Pantalla del Teléfono	Pantalla gráfica LCD de 128x40 pixel
Teclas de funciones	2 teclas de líneas con LED bicolor y 2 cuentas SIP, 3 teclas XML programables, 5 teclas navegación/menú/volumen, 8 teclas con funciones dedicadas para: LLAMADA EN ESPERA, TRANSFERENCIA DE LLAMADAS, CONFERENCIA, VOLUMEN, AURICULARES, MUTE (Silencio), ALTAVOZ, LLAMAR/REMARCAR
Códec de voz	Compatible con G.723.1, G.729A/B, G.711µ/a/law, G.726, G.722 (banda ancha), e ilBC, DTMF dentro de banda y fuera de banda (en audio, RFC2833, SIP INFO)
Funciones de Telefonía	Llamada en Espera, Transferencia de Llamada, Conferencia de 3 vías, estacionamiento de llamadas (call park), captura de llamadas, apariencia de llamada compartida (SCA Shared Call Appearance)/ apariencia de llamada en puente (BLA Bridged Call Appearance), agenda telefónica descargable (XML, LDAP, hasta 500 entradas), llamada en espera, registro de llamadas (hasta 200 registros), marcado automático al descolgar, respuesta automática, hacer clic para marcar, plan de marcado flexible, escritorio móvil (hot deskng), tonos de llamada musicales personalizados, servidor redundante y conmutación ante error
Audio HD	Si, tanto en el auricular como en el teléfono con altavoz
Conector para auricular	Conector (jack) de auricular RJ9
Base de soporte	Si, con posición en 2 ángulos diferente
Montaje para pared	Si
Qos	QoS nivel 2 (802.1Q,802.1p) & nivel 3(ToS, DiffServ, MPLS)
Seguridad	Contraseñas a nivel del usuario y del administrador, autenticación MD5 y MD5 sess, archivo de configuración seguro en base a AES, SRTP, TLS, control de acceso a medios 802.1x
Multilingüe	Inglés, alemán, italiano, francés, español, portugués, ruso, croata, chino (simple y tradicional), coreano, japonés, etc.
Actualización/ Aprovisionamiento	Actualización del firmware mediante TFTP/HTTP/HTTPS, aprovisionamiento general mediante TR069 o archivo de configuración XML encriptado AES
Alimentación y eficiencia de energía sustentable	Adaptador de alimentación incluido: Entrada: 100-240 VCA 50-50 Hz; Salida: +5 VCD, 800 mA; Alimentación a través de Ethernet (802.3af, Sólo GXP1405), Consumo máximo de energía 2.5 W (adaptador de alimentación) o 3W (PoE)
Físico	Dimensiones de la unidad: 186mm (W) x 210mm (L) 81mm (D); peso de la unidad: 0.7KG; Peso del empaque: 1.1KG
Temperatura y humedad	32-104 °F/ 0-40 °C, 10-90% (sin condensación)
Contenido del empaque	Teléfono GXP1400/140, auricular telefónico con cable, base de soporte sistema de alimentación universal, cable para red, guía de inicio rápido
Conformidad	FCC Parte 15 (CFR47) Class B; EN55022 Clase B, EN55024,EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN 60950-1; AS/NZS CISPR 22 Clase B, AS/NZS CISPR 24, RoHS; UL 60950 (adaptador de alimentación)

ANEXO 2

Elementos		
Simbolo	Cantidad	Descripción
	6	Switch
	7	Torre para radio enlace
	6	Enlace via radio
	1	PBX en máquina virtual
	1	Server
	6	Usuario
	6	Teléfono IP



ANEXO 3



El APC MACH 5 es un equipo con desempeño extraordinario para enlaces punto a punto de grandes distancias. Este equipo está equipado con un radio de alta potencia 802.11n (hasta 25 dBm) con un diseño de hardware único e integrado con un sistema robusto de software rico en funcionalidades. Este equipo tiene una protección IP-67 en la cubierta y una antena de doble polarización de alta ganancia.

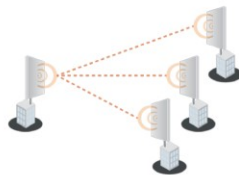
El APC MACH 5 es utilizado normalmente en enlaces PTP pero también puede ser utilizado como un equipo cliente en escenarios PTMP.

El APC MACH 5 utiliza un sistema robusto de software rico en funcionalidades que soporta los modos de operación de bridge, router y repetidor (el modo repetidor le permite al equipo funcionar como cliente y access point al mismo tiempo). Además tiene una interfaz Adobe Flex fácil de utilizar (interfaz gráfica con cambios instantáneos), herramientas útiles para la instalación (site survey, alineación de antena, reinicio retardado, analizador de espectro, prueba de enlace, ping y traceroute) y también es compatible con el sistema WNMS (Wireless Network Management System), uno de los sistemas de gestión más avanzados del mercado.

Ejemplos de uso

PTMP

El APC Mach 5 es un equipo ideal como cliente en enlaces de grandes distancias.



PTP

El APC Mach 5 es un equipo ideal para enlaces de grandes distancias.



Producto/ distancia recomendada	Modo PTMP	Modo PTP	Modo PTP (máxima capacidad)
APC Mach 5	25 km/ 15.53 mi	50 km/ 31.07 mi	10 km/ 6.21 mi

Copyright © 2014 Deliberant LLC. Todos los derechos reservados. Deliberant, el logotipo Deliberant, son marcas comerciales de Deliberant LLC. Todos los demás nombres de compañías y productos pueden ser marcas comerciales de sus respectivas empresas. Si bien hacemos todo lo posible para garantizar que la información dada es correcta, Deliberant no se hace responsable de los errores u omisiones que pudiesen producirse. Las especificaciones y otra información en este documento pueden estar sujetas a cambios sin previo aviso.

Para aprender más acerca de los productos Deliberant, visite www.deliberant.com.



Wireless

Estándar WLAN	IEEE 802.11 a/n
Modo de radio	MIMO 2x2
Modo de operación	Access point, Access point WDS, Cliente, Cliente WDS
Banda de operación	5.1 - 5.9 GHz (depende del país - FCC 5.745 a 5.825 GHz)
Potencia de transmisión	Hasta 29 dBm
Sensibilidad de recepción	Entre -95 y -75 dBm dependiendo de la modulación
Ancho de banda	20, 40 MHz
Tipo de modulación	802.11 a/n: OFDM (64-QAM, 16-QAM, QPSK, BPSK)
Velocidad de datos	802.11 n: 300, 270, 240, 180, 120, 90, 60, 30 Mbps 802.11 a: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps
Corrección de errores	FEC, ARQ selectivo, STBC
Esquema dúplex	TDD

Sensibilidad de recepción (dBm)	802.11 N/ iPoll	MCS0	MCS1	MCS2	MCS3	MCS4	MCS5	MCS6	MCS7
		-93	-91	-89	-86	-83	-79	-77	-75
802.11a	802.11 N/ iPoll	MCS8	MCS9	MCS10	MCS11	MCS12	MCS13	MCS14	MCS15
		-93	-91	-89	-86	-83	-79	-77	-75
Potencia de salida (dBm)	802.11a	6 Mbps	9 Mbps	12 Mbps	18 Mbps	24 Mbps	36 Mbps	48 Mbps	54 Mbps
		-95	-94	-92	-90	-87	-84	-79	-77

Potencia de salida (dBm)	802.11 N/ iPoll	MCS0	MCS1	MCS2	MCS3	MCS4	MCS5	MCS6	MCS7
		29	29	29	29	28	28	27	27
802.11a	802.11 N/ iPoll	MCS8	MCS9	MCS10	MCS11	MCS12	MCS13	MCS14	MCS15
		29	29	29	29	28	28	27	27
802.11a	802.11a	6 Mbps	9 Mbps	12 Mbps	18 Mbps	24 Mbps	36 Mbps	48 Mbps	54 Mbps
		29	29	29	29	28	28	27	25

Antena

Tipo	Direccional de doble polarización
Ganancia	23 dBi

Ethernet

Interfaz	10/100 Base-T, RJ45
Protección contra sobretensiones	Sí

Red

Modo de operación	Bridge, Router
WAN	IP estática, cliente DHCP, cliente PPPoE
NAT	Ruteo con o sin NAT
Rutas estáticas	Soportadas
DHCP	Cliente, servidor y relay
Port forwarding	Soportado
VLAN	Soportado para datos y gestión

Copyright © 2014 Deliberant LLC. Todos los derechos reservados. Deliberant, el logotipo Deliberant, son marcas comerciales de Deliberant LLC. Todos los demás nombres de compañías y productos pueden ser marcas comerciales de sus respectivas empresas. Si bien hacemos todo lo posible para garantizar que la información dada es correcta, Deliberant no se hace responsable de los errores u omisiones que pudiesen producirse. Las especificaciones y otra información en este documento pueden estar sujetas a cambios sin previo aviso.

Para aprender más acerca de los productos Deliberant, visite www.deliberant.com.



Software

Seguridad inalámbrica	WEP, WPA/WPA2 Personal, WPA/WPA2 Enterprise, WMM, WACL
Aislamiento de clientes	Soportado
General	Posibilidad para definir/limitar frecuencia, ancho de banda, EIRP, modulación, cambios instantáneos en la configuración
Modo de operación	Router, Bridge
Modos de operación inalámbrico	AP auto WDS, Cliente, Cliente WDS, Radios virtuales (VSSID)
Seguridad inalámbrica	WPA/WPA2 Personal, WPA/WPA2 Enterprise, WACL, Aislamiento de usuarios
QoS inalámbrico	WMM
Protocolos de WAN	IP estática, cliente DHCP, cliente PPPoE
Red	NAT, rutas estáticas, firewall, port forwarding, VLAN, limitación de tráfico
Servicios	Servidor DHCP, servidor SNMP, cliente NTP, alertas, syslog remoto, estadísticas ethernet e inalámbricas, limitación ancho de banda
Gestión	HTTP(S) GUI, SSH CLI, SNMP lectura, WNMS, archivo de troubleshooting, reset a través de ICMP
Herramientas	Site survey, prueba de enlace, alineación antena, ping, traceroute, analizador de espectro, reinicio retardado

Físicas

Dimensiones	Largo 335 mm (13 "), ancho 335 mm (13 "), alto 90 mm (3.5 ")
Peso	3.3 kg (7.3 lb)
Fuente de poder	12 - 48 V DC PoE pasivo
Alimentación	100 – 240 VAC a través de adaptador incluido
Consumo de potencia	6.5 W

Ambientales

Temperatura de operación	-30°C (-22 F) ~ +75°C (+167 F)
Humedad	0 ~ 90 % (no condensada)

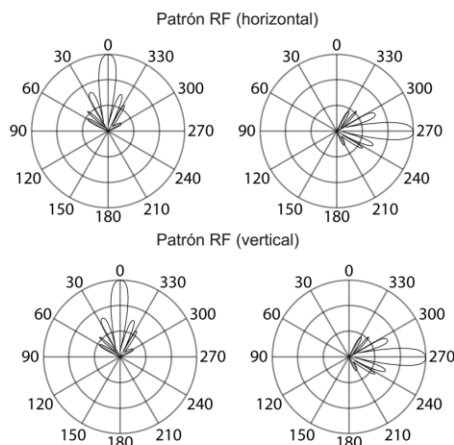
Gestión

Configuración del sistema	Web GUI amigable, línea de comandos a través de SSH, gestión centralizada vía WNMS, reset a valores de fábrica a través de herramienta y de un paquete especial de ICMP.
Monitoreo	SNMP v1/2c/3 servidor, syslogs, alertas del sistema a través de e-mail y alertas SNMP

Regulación

Certificación	FCC*/ CE/ Safety/ RoHS
---------------	------------------------

Especificaciones de antena



Rango de frecuencia	5.1 - 5.9 GHz
Ganancia	23 dBi
Polarización	Dual lineal
Aislamiento Cros-pol	27dB mínimo
Máx VSWR	1.5:1
Apertura H-pol	6 grados
Apertura V-pol	7 grados
Elevación de apertura	9 grados

* Nota: Este producto no ha sido autorizado por las normas de la FCC. Este producto no puede ser vendido o arrendado, o se ofrece para la venta o arrendamiento, en los Estados Unidos, hasta que se haya obtenido la autorización.

Copyright © 2014 Deliberant LLC. Todos los derechos reservados. Deliberant, el logotipo Deliberant, son marcas comerciales de Deliberant LLC. Todos los demás nombres de compañías y productos pueden ser marcas comerciales de sus respectivas empresas. Si bien hacemos todo lo posible para garantizar que la información dada es correcta, Deliberant no se hace responsable de los errores u omisiones que pudiesen producirse. Las especificaciones y otra información en este documento pueden estar sujetas a cambios sin previo aviso.

Para aprender más acerca de los productos Deliberant, visite www.deliberant.com.



ANEXO 4

Elementos		
Descripción		
Símbolo	Cantidad	Descripción
	7	Switch
	1	PBX en máquina virtual
	1	Servidor
	6	Usuario
	6	Teléfono IP
	1	Softphone

