

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO DE UNA RED DE TELEMETRÍA PARA OPTIMIZAR LA
DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE DOCE ESTACIONES EN EL DISTRITO
DE PACHACÁMAC”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

GAMBOA HUAMANÍ, JOHN ENRIQUE

Villa El Salvador

2017

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mi núcleo familiar, en especial a mi madre, por su apoyo incondicional y por enseñarme que uno nunca debe rendirse y siempre perseverar por alcanzar sus metas, a mis hermanas quienes de una u otra manera siempre han estado ahí conmigo y finalmente a mi abuelo por ser siempre mi ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a nuestro creador Jehová por la vida.

A mis padres por siempre darme su apoyo incondicional y en especial a mi madre por enseñarme a valorar el tiempo.

A mi abuela Lucila por siempre tenerme presente en sus oraciones.

A mi hermana Yoselin por encontrar siempre la palabra idónea a la hora de dar un consejo.

A mi profesores tanto de mi etapa escolar y universitaria, quienes me transmitieron su conocimiento y la dedicación por el estudio.

Finalmente a Andrea y a Yamile, mis hermanitas de diferente ADN.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
INDICE	IV
LISTADO DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABLAS	XI
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Delimitación de la investigación.....	3
1.3.1 Teórica.....	3
1.3.2 Espacial	3
1.3.3 Temporal	4
1.4 Formulación del problema	4
1.4.1 Problema General.....	4
1.4.2 Problemas Específicos	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General	4

1.5.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPITULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Bases Teóricas.....	7
2.2.1 Radiocomunicaciones por Microondas	7
2.2.2 Desvanecimiento	9
2.2.3 Diversidad	10
2.2.4 Zona de Fresnel.....	10
2.2.5 Consideraciones que se deben tener en todo enlace por microondas.....	10
2.2.6 Características técnicas de los radio enlaces	14
2.2.7 Comunicaciones Industriales	19
2.3 Marco Conceptual	23
CAPITULO III.....	25
DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	25
3.1 Descripción del trabajo de investigación	25
3.2 Diseño de una red de telemetría.....	25
3.2.1 Planificación inicial.....	25
3.2.2 Estudio de Gabinete	34
3.2.3 Estudio de campo	41
3.2.4 Estudio de factibilidad.....	43

3.2.5 Consideraciones para instalaciones.....	57
3.2.6 Requerimientos a seguir en aspectos de energía y pozos de tierra	59
3.3 Integración al SCADA existente de Sedapal	61
3.4 Protocolo de Pruebas recomendado a seguir para la Red de Telemetría	78
3.4.1 Prueba de aceptación en fábrica.....	78
3.4.2 Prueba de aceptación en sitio	78
3.5 Resultados	79
3.5.1 Prueba de radiopropagación de campo	80
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	110
ANEXOS	114

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. REFRACCIÓN DE ONDAS DE RADIO POR LA ATMÓSFERA.....	8
FIGURA 2. ONDAS DIRECTA Y REFLEJADA SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA	9
FIGURA 3. CONFIABILIDAD Y TIEMPO DE INTERRUPCIÓN.....	14
FIGURA 4. EQUIPO ALL INDOOR EN UN TABLERO DE TELEMETRÍA.	16
FIGURA 5. SISTEMA SPLIT MOUNT.....	17
FIGURA 6. EQUIPO ALL OUTDOOR.	17
FIGURA 7. MAPA DE REGIONES SEGÚN LA UIT	18
FIGURA 8. ZONAS DE PRESIÓN.....	22
FIGURA 9. PLANIFICACIÓN DEL RADIOENLACE.....	26
FIGURA 10. TAMAÑO DE BYTES CARGADOS EN LA MEMORIA DE CARGA DE UN PLC PARA UNA CISTERNA TÍPICA	31
FIGURA 11. TAMAÑO DE BYTES CARGADOS EN LA MEMORIA DE CARGA DE UN PLC PARA UN RESERVORIO TÍPICO.	31
FIGURA 12. TOPOLOGÍA DE LA RED DE MICROONDAS ALTERNATIVA A.....	37
FIGURA 13. TOPOLOGÍA DE LA RED DE MICROONDAS ALTERNATIVA B	39
FIGURA 14. RADIO CON CONFIGURACIÓN INDOOR	50
FIGURA 15. RADIO CON CONFIGURACIÓN SPLIT MOUNT.....	51
FIGURA 16. ANTENA YAGI	52
FIGURA 17. ANTENA PARABÓLICA	52
FIGURA 18. CABLE COAXIAL LMR-400	53
FIGURA 19. ENLACE RP-16 HACIA RP-19.....	81
FIGURA 20. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	81
FIGURA 21. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	82

FIGURA 22. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	83
FIGURA 23. ENLACE RP-16 HACIA RP-20.....	84
FIGURA 24. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	84
FIGURA 25. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	85
FIGURA 26. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	86
FIGURA 27. ENLACE RP-05 HACIA RP-22.....	87
FIGURA 28. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	87
FIGURA 29. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	88
FIGURA 30. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	89
FIGURA 31. ENLACE RP-21 HACIA RP-18.....	90
FIGURA 32. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	90
FIGURA 33. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	91
FIGURA 34. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	92
FIGURA 35. ENLACE RP-07 HACIA RP-13.....	93
FIGURA 36. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	93
FIGURA 37. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	94

FIGURA 38. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	95
FIGURA 39. ENLACE RP-16 HACIA RP-19.....	96
FIGURA 40. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	96
FIGURA 41. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	97
FIGURA 42. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	98
FIGURA 43. ENLACE RP-10 HACIA RP-12.....	99
FIGURA 44. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	99
FIGURA 45. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	100
FIGURA 46. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	101
FIGURA 47. ENLACE REP_MANCHAY HACIA CP-06.....	102
FIGURA 48. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	102
FIGURA 49. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	103
FIGURA 50. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	104
FIGURA 51. ENLACE REP_MANCHAY HACIA RP-17	105
FIGURA 52. TEST DE VELOCIDAD CON FBENCH	105
FIGURA 53. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL.....	106

FIGURA 54. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN OPC SERVER DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS
EN TIEMPO REAL..... 107

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 DISTRIBUCIÓN DE CONEXIONES EN ZONAS DE PRESIÓN	22
TABLA 2 POBLACIÓN Y TASA DE CRECIMIENTO.....	27
TABLA 3 CONSUMO TOTAL DE AGUA POTABLE 2006-2015(MILES DE METROS CÚBICOS). 27	
TABLA 4 ANCHO DE BANDA DE DATOS POR TIPO DE ESTACIÓN	28
TABLA 5 ANCHO DE BANDA DE DATOS POR TIPO DE ESTACIÓN MÁS UN ADICIONAL.....	29
TABLA 6 ANCHO DE BANDA POR CANTIDAD DE INSTRUMENTOS	29
TABLA 7 ANCHO DE BANDA DE GESTOR DE ACTIVOS POR TIPO DE ESTACIÓN MÁS ADICIONAL.....	30
TABLA 8 ANCHO DE BANDA AL CARGAR Y DESCARGAR AL PLC Y HMI.....	31
TABLA 9 ANCHO DE BANDA TOTAL PARA TODAS LAS ESTACIONES	32
TABLA 10 ANCHO DE BANDA TOTAL PARA UNA SOLA ESTACIÓN	33
TABLA 11 LOCALIZACIÓN DE LOS RESERVORIOS EXISTENTES POR MEDIO DE UN GPS	35
TABLA 12 LOCALIZACIÓN DE LOS RESERVORIOS PROYECTADOS POR MEDIO DE UN GPS .	35
TABLA 13 LOCALIZACIÓN DE LA CISTERNA PROYECTADA POR MEDIO DE UN GPS.....	35
TABLA 14 LOCALIZACIÓN DEL CERRO SANTA ROSA POR MEDIO DE UN GPS.....	36
TABLA 15 ENLACES EN 400MHZ ALTERNATIVA A	38
TABLA 16 ENLACES EN 7GHZ ALTERNATIVA A.....	38
TABLA 17 LOCALIZACIÓN DE LOS NUEVOS NODOS.....	39
TABLA 18 ENLACES EN 400MHZ ALTERNATIVA B	40
TABLA 19 ENLACES EN 7GHZ ALTERNATIVA B.....	41
TABLA 20 PARÁMETROS BÁSICOS DE LA RADIO EN 400MHZ	50
TABLA 21 PARÁMETROS BÁSICOS DE LA RADIO EN 7GHZ.....	51
TABLA 22 PARÁMETROS BÁSICOS DE LA ANTENA YAGI EN 400 MHZ.....	52
TABLA 23 PARÁMETROS BÁSICOS DE LA ANTENA YAGI EN 400 MHZ.....	52

TABLA 24 PARÁMETROS BÁSICOS DEL CABLE COAXIAL.....	53
TABLA 25 COSTOS BÁSICOS DEL EQUIPAMIENTO DE COMUNICACIÓN	56
TABLA 26 LUGAR DE INSTALACIÓN DE LAS TORRES AUTOSOPORTADAS	58
TABLA 27 POTENCIA CONTRATADA PROYECTADA (kW) PARA ESTACIONES EXISTENTES	59
TABLA 28 POTENCIA CONTRATADA PROYECTADA (kW) PARA ESTACIONES EXISTENTES	60
TABLA 29 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL CP-06 Y EL CERRO SANTA ROSA	62
TABLA 30 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-17 Y EL CERRO SANTA ROSA	63
TABLA 31 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-12 Y EL CERRO SANTA ROSA	64
TABLA 32 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-21 Y EL CERRO SANTA ROSA	65
TABLA 33 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-18 Y EL CERRO SANTA ROSA	66
TABLA 34 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-22 Y EL CERRO SANTA ROSA	67
TABLA 35 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-05 Y EL CERRO SANTA ROSA	68
TABLA 36 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-13 Y EL CERRO SANTA ROSA	69
TABLA 37 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-08 Y EL CERRO SANTA ROSA	70
TABLA 38 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-19 Y EL CERRO SANTA ROSA	70

TABLA 39 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-20 Y EL CERRO SANTA ROSA	71
TABLA 40 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-16 Y EL CERRO SANTA ROSA	72
TABLA 41 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL REP_MANCHAY Y EL CERRO SANTA ROSA.....	73
TABLA 42 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-10 Y EL CERRO SANTA ROSA	74
TABLA 43 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE LA CP-05 Y EL CERRO SANTA ROSA	75
TABLA 44 RADIOENLACES QUE INTERVIENEN ENTRE EL RP-07 Y EL CERRO SANTA ROSA	76
TABLA 45 RADIOENLACE ENTRE EL REP_TAR Y EL CERRO SANTA ROSA.....	77
TABLA 46 CRITERIOS NECESARIOS PARA LA PRUEBA DE RADIOPROPAGACIÓN.....	80

INTRODUCCIÓN

Actualmente la proliferación de la población peruana en la última década requiere de un mayor consumo de agua, no obstante su distribución no es tan eficiente por parte de las empresas dedicadas al servicio de agua potable y alcantarillado, lo que conlleva a que se sufra de escasez de agua en algunos distritos de la capital.

El distrito de Pachacámac no es ajena al aumento de la población, en consecuencia esto conlleva a un incremento en el consumo del agua, por lo que la Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento en Lima, Sedapal, se ve en la obligación de ampliar su red de distribución de agua, lo cual conlleva a la construcción de nuevas estaciones de agua, tales como cisternas, pozos y reservorios.

A fin de poder contribuir con la mejora en la distribución de agua y así reducir la pérdida de agua, Sedapal viene implementando hace unos años atrás un sistema SCADA para llevar un monitoreo y control a distancia de todas sus estaciones de agua.

Es por ello que el presente trabajo se aboca a diseñar una red de telemetría que pueda servir de puente para la interconexión de doce estaciones de agua con su centro de control ubicada en La Atarjea y a través de su sistema SCADA estas estaciones serán monitoreadas a distancia.

La estructura del presente proyecto se compone de 3 capítulos.

En el primer capítulo se desarrolla el planteamiento del problema, en el cual se especifica el problema de la ineficiencia del sistema de agua actual por parte de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), además se justifica las mejoras que se tendrán con la integración de la red de telemetría propuesta a su sistema SCADA existente de Sedapal y por último se plantea los objetivos para el desarrollo del proyecto, teniendo como objetivo principal optimizar la distribución de agua de doce estaciones en el distrito de Pachacámac.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, donde se muestra los antecedentes de proyectos similares de investigación, además de las bases teóricas en la cual se sustenta el proyecto y por último el marco conceptual que nos ayuda a comprender mejor algunos términos usados en el presente proyecto

El tercer capítulo comprende el diseño de la red de telemetría, donde se realiza un estudio de gabinete acompañado de un estudio de campo, además de un estudio de factibilidad y por último se muestra una revisión y consolidación de resultados.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La correcta gestión de agua potable tiene como objetivo principal lograr que cada peruano en el territorio nacional no sufra de escasez de agua. La distribución de agua debe optimizarse para que todos los peruanos podamos disfrutar de éste líquido vital. Sin embargo, el sistema de gestión actual, a cargo de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), hace un uso ineficiente del agua y de los recursos.

Al desperdiciarse gran cantidad de agua hacen que la población peruana sea víctima de cortes de agua durante ciertas horas del día, baja presión del mismo y a la par generen gastos de dinero a las empresas encargadas de la distribución del agua, debido principalmente a fugas y pérdidas de agua en las redes.

La ineficiencia del sistema de agua actual representa una carga financiera significativa para las empresas encargadas de la distribución del agua. Cornejo (2011) afirma: “Sedapal tiene pérdidas de aproximadamente el 35% de agua que produce y que no es facturada, además el sistema de redes tiene dos problemas principales, la falta de inversión en redes de tuberías, y la micromedición del agua, es decir, que se factura menos que el consumo real de los usuarios” (Cornejo, 2011).

Usando como referencia el estudio “Control óptimo en tiempo real de los sistemas de distribución de agua” propuesto por Kang, donde su estudio se basó en desarrollar un modelo de control óptimo en tiempo real para la red de distribución de agua con lo cual se buscó minimizar el costo de operación mediante un control óptimo del sistema de bombeo, a la par de satisfacer varias limitaciones operacionales bajo fluctuaciones de demanda y variaciones de energía durante todo el periodo de operación. El control en tiempo real se realizó a través de un sistema SCADA, mediante el cual se recogen los datos de monitoreo y se implementan las decisiones de control obtenidas. (Kang, 2014, págs. 917 – 923)

Una solución similar a lo explicado anteriormente, sería bueno que se extienda en nuestro país debido a que se podría controlar la presión del agua, es decir elevar o disminuir cuando sea necesario, con la finalidad de no desperdiciar agua.

Es por ello que se propone diseñar una red de telemetría para optimizar la distribución de agua de doce estaciones en el distrito de Pachacámac, la cual debe de cumplir con los requerimientos necesarios para integrarse al sistema SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos) existente de una Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento, en este caso Sedapal, y así poder contribuir con la gestión y el uso eficiente del agua.

1.2 Justificación del problema

Actualmente el distrito de Pachacámac no es ajena al crecimiento vertiginoso de la población, lo cual conlleva a que Sedapal amplíe sus redes de distribución de agua en Manchay, con lo cual es necesario incorporar una tecnología de punta que ayude a gestionar este recurso y los adelantos tecnológicos en sistemas de telemetría, telecontrol y sistemas automáticos de control son la solución idónea.

Para tal fin es necesario implementar tecnologías inalámbricas eficientes que ayuden a monitorear la red de distribución de agua potable, es por ello que una red de telemetría reúne las características necesarias que solucionan este problema.

Es por ello que el proyecto se justifica teniendo como argumento la necesidad de que la Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento lleve un monitoreo continuo de 12 estaciones de agua de Manchay, para lo cual se propone diseñar una red de telemetría para el monitoreo a distancia de dichas estaciones de agua, la cual se integrará al sistema SCADA existente de Sedapal. Esto permitirá mejorar el monitoreo y control del flujo de agua a grandes distancias, optimizar los tiempos de respuestas e indicar inmediatamente información crítica de diagnóstico y mejorar la seguridad del operador y la eficiencia al eliminar la necesidad de desplazarse a la ubicación de los sitios remotos para realizar las lecturas.

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Teórica

El proyecto abarca solo la propuesta de diseño de la red de telemetría, para lo cual se hace uso de un estudio de campo para determinar la correcta línea de vista entre los enlaces inalámbricos planteados a través de un estudio de gabinete, además se utilizó un programa de simulación de radiopropagación gratuita: Radio Mobile y por último se detalla las consideraciones que debe tener nuestro diseño para integrarse eficientemente al sistema SCADA de Sedapal.

No forma parte del proyecto el diseño del sistema de automatización de las estaciones de agua ni tampoco la programación de los PLC's.

1.3.2 Espacial

El desarrollo del presente proyecto de investigación tiene por limitación espacial el Distrito de Pachacámac - La Molina – El Agustino.

1.3.3 Temporal

El presente proyecto de investigación se desarrolló en un periodo de 4 meses, el cual se dio inicio en febrero 2017 y se finalizó en mayo 2017.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General

¿Cómo optimizar la distribución de agua de doce estaciones en el distrito de Pachacámac?

1.4.2 Problemas Específicos

1. ¿Cómo monitorear y controlar en tiempo real el flujo de agua de doce estaciones en el distrito de Pachacámac?
2. ¿Cómo informar en tiempo real el estado de funcionamiento de los equipos de las doce estaciones de agua en el distrito de Pachacámac?
3. ¿Cómo integrar doce estaciones de agua al sistema SCADA existente de Sedapal?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Optimizar la distribución de agua de doce estaciones en el distrito de Pachacámac.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Monitorear y controlar en tiempo real el flujo de agua de doce estaciones en el distrito de Pachacámac.
2. Informar en tiempo real el estado de funcionamiento de los equipos de las doce estaciones de agua en el distrito de Pachacámac.
3. Integrar doce estaciones de agua al sistema SCADA existente de Sedapal.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Existen trabajos de investigación similares al que estoy realizando los cuales se citan a continuación:

Jaramillo, A. y Tinoco, C. P. (2011). *“Diseño e implementación de un sistema de telemetría para el monitoreo climatológico a través del uso de la red celular GPRS”* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. (Jaramillo Zamora & Tinoco Torres, 2011)

Los autores de este trabajo llegaron a las siguientes conclusiones:

En la tesis los autores concluyen que a través del diseño de telemetría se logró obtener en tiempo real datos climatológicos sin la necesidad de movilizarse a su lugar de origen, por ende la Universidad Técnica Particular de Loja, se ahorrara el tiempo que usan los docentes en la toma de datos de manera manual.

En referencia a la tesis citada se resalta como un sistema de telemetría ha mejorado sustancialmente la toma de datos climatológicos, evitando así trasladarse a su lugar de origen, lo cual trae como consecuencia un ahorro considerable en tiempo y dinero.

Aleaga, L. (2010). *“Diseño de un sistema de telemetría y telecontrol (SCADA) para la red de distribución de agua potable de la ciudad de Loja”*. (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Ecuador. (Aleaga Loaiza, 2010)

El autor de este trabajo llegó a las siguientes conclusiones:

Los beneficios de los Sistemas de Supervisión y Telecontrol se pueden evaluar en varios aspectos. Uno de éstos es la detección de fugas y hurto del recurso de agua potable, el Sistema de Supervisión y Telecontrol permitirá un ahorro por pérdidas hasta un margen de 29.5 % que actualmente bordea el 59 %, lo que significa una disminución de la mitad, además que ahorrará costos operativos como transporte de viaje y de tiempo a las personas encargadas de la operación de la red, por la disminución de traslados a los sectores de la ciudad para efectuar diversos operaciones de control sobre válvulas, bombas, etc.

En referencia a la tesis citada se resalta como un sistema de supervisión y telecontrol otorga varios beneficios entre ellos la detección de fugas y hurto del recurso de agua, además de un ahorro por pérdidas de un margen de 29.5%, lo que anteriormente era de 59%.

Ramírez, R. (2012). *“Propuesta para el diseño de un sistema de telemetría, para el monitoreo de niveles de agua en pozos de producción, en la empresa minera Entre Mares de Guatemala, S.A”*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. (Ramírez Tenas, 2012)

El autor de este trabajo llegó a las siguientes conclusiones:

La implementación de un sistema de telemetría otorga la ventaja de poder obtener datos en tiempo real, por consecuencia la interpretación de caudales y niveles de agua se realizarán de manera continua y por ende se sabrá las condiciones de operación de los equipos.

En referencia a la tesis citada se resalta como un sistema de telemetría ayuda a tener un monitoreo continuo de los niveles de agua, por ende se mejora la distribución del agua.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Radiocomunicaciones por Microondas

Las radiofrecuencias (RF) y microondas trabajan en distintas bandas de frecuencias. Las frecuencias para RF van desde el rango de 30-3000 MHz, mientras que microondas van desde los 3-300GHz. Los sistemas tanto de RF y microondas se propagan en el espacio libre, lo primordial para estos sistemas es tener línea de vista y libre de obstáculos entre sus antenas transmisoras y receptoras. (Pozar, 2012, pág. 1)

Propagación de Microondas

En el espacio libre, las ondas electromagnéticas se propagan en líneas rectas sin atenuación u otros efectos adversos. Sin embargo, el espacio libre es una idealización que sólo se aproxima cuando la energía de RF o de microondas se propaga a través de la atmósfera o en presencia de la Tierra. En la práctica, el rendimiento de un sistema de comunicación, radar o radiometría puede verse seriamente afectado por efectos de propagación tales como reflexión, refracción, atenuación o difracción. A continuación se discuten algunos fenómenos de propagación específicos que pueden influir en el funcionamiento de los sistemas de microondas. (Pozar, 2012, pág. 701)

Efectos Atmosféricos:

Los tres fenómenos muy conocidos que se producen en la propagación por la atmósfera son: refracción, atenuación y dispersión. En la figura 1 se aprecia

la refracción de ondas de radio ocasionado por la atmósfera. (Briceño, 2005, pág. 522)

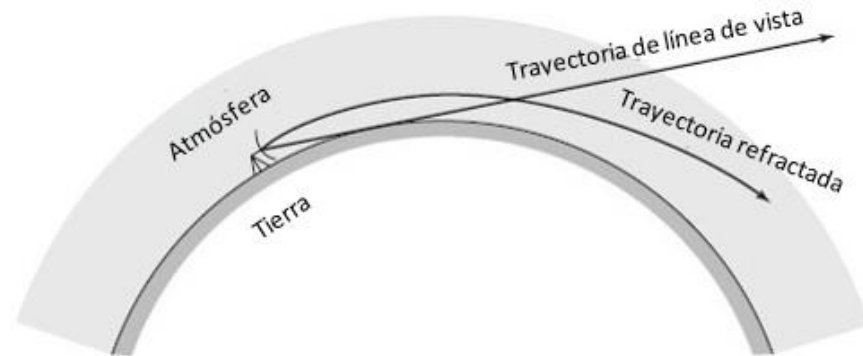


Figura 1. Refracción de ondas de radio por la atmósfera. Fuente: (Pozar, 2012)

Efectos de Tierra:

El efecto más obvio de la presencia del suelo sobre RF y propagación de microondas es la reflexión desde la superficie de la Tierra (tierra o mar). En la figura 2 se puede apreciar como un objetivo de radar (o antena receptora) puede ser iluminado tanto por una onda directa desde el transmisor como por una onda reflejada desde el suelo. La onda reflejada es generalmente más pequeña en amplitud que la onda directa debido a la mayor distancia que viaja, el hecho de que por lo general irradia desde la región de lóbulo lateral de la antena de transmisión, y el hecho de que el suelo no es un reflector perfecto. (Pozar, 2012, pág. 703)

Otro efecto de tierra es la difracción, mediante la cual una onda de radio dispersa energía en la vecindad del límite de línea de visión en el horizonte, dando así un rango ligeramente más allá del horizonte. Este efecto suele ser muy pequeño en las frecuencias de microondas. Por supuesto, cuando obstáculos como colinas, montañas o edificios están en el camino de

propagación, los efectos de difracción pueden ser más fuertes. (Pozar, 2012, pág. 704)

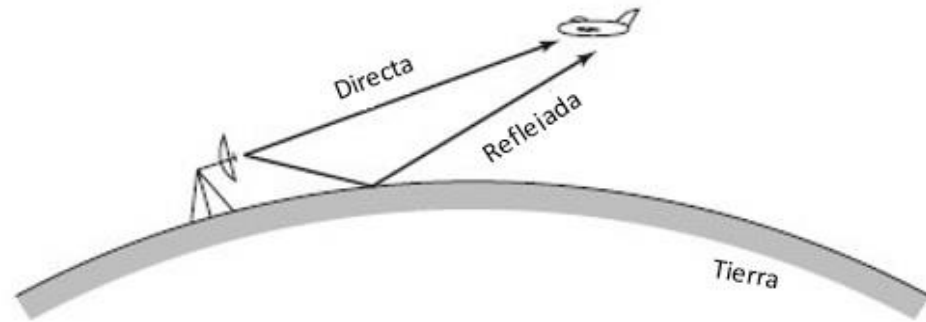


Figura 2. Ondas directa y reflejada sobre la superficie de la tierra. Fuente: (Pozar, 2012)

La onda reflejada es generalmente más pequeña en amplitud que la onda directa debido a la mayor distancia que viaja, el hecho de que por lo general irradia desde la región de lóbulo lateral de la antena de transmisión, y el hecho de que el suelo no es un reflector perfecto. Sin embargo, la señal recibida en el blanco o receptor será la suma vectorial de las dos componentes de onda y, dependiendo de las fases relativas de las dos ondas, puede ser mayor o menor que la onda directa sola. Debido a que las distancias implicadas son generalmente muy grandes en términos de la longitud de onda eléctrica, incluso una pequeña variación en la permitividad de la atmósfera puede causar desvanecimiento (fluctuaciones a largo plazo) o centelleo (fluctuaciones a corto plazo) en la intensidad de la señal. (Pozar, 2012, pág. 703)

2.2.2 Desvanecimiento

Existen tres causas para el desvanecimiento, las cuales son: por reflexión, por trayectoria multicamino y debido a la presencia de posibles deterioros en los

componentes de la antena receptora. (Fernandez Valentin & Davila Quispe, 2014, pág. 17)

En los sistemas de comunicación el desvanecimiento puede reducirse combinando las salidas de dos (o más) canales, debido a que cada canal tendrá diferentes frecuencias, polarizaciones o ubicaciones físicas; a esto se le llama un sistema de diversidad. (Pozar, 2012, págs. 703-704)

2.2.3 Diversidad

El término diversidad se refiere a las distintas rutas de transmisión utilizables entre un transmisor y un receptor. Cuanto más rutas haya, el sistema escogerá la indicada que genere menos pérdidas de intensidad de señal, con la finalidad de aumentar la confiabilidad del sistema evitando así las interrupciones. (Tomasi, 2003, pág. 768)

2.2.4 Zona de Fresnel

Es el lóbulo que se genera para la propagación de la señal y es dependiente de la frecuencia. En la práctica se recomienda mantener el 60% de la primera zona de Fresnel sin obstrucciones para obtener enlaces óptimos. (Díaz Vargas, 2016, pág. 28)

2.2.5 Consideraciones que se deben tener en todo enlace por microondas

- Estación transmisora: Estación que envía la información.
- Estación receptora: Estación que recibe la información.
- Frecuencia: Frecuencia con la que trabaja el equipo de radio.
- Capacidad de transmisión: Número de canales que puede soportar el equipo de transmisión.
- Capacidad del sistema: Capacidad máxima del equipo en Mbps.

- Tipo de modulación: Es el tipo de modulación que se usará para la transmisión digital.
- Longitud del tramo: Distancia entre la estación transmisora y la estación receptora.
- Altura de la estructura: La altura de la torre y/o poste de concreto que se va a considerar en el diseño, tanto para la estación transmisora como para la receptora.
- Altura de la antena: Altura a la cual se va a instalar la antena de transmisión y la antena de recepción.
- Tipo de antena: Depende del diseño, en nuestro caso usaremos antenas yagis y antenas parabólicas.
- Longitud del alimentador: Longitud del cable que conecta a la antena con el equipo de radio.
- Atenuación del alimentador: Se debe tener en cuenta la atenuación que el alimentador producirá. Este dato la proporciona el fabricante del cable coaxial. (Fernández Pilco, 2009)
- La atenuación por pérdida en el espacio libre:

$$A_0 = 32.45 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$

d = Distancia del tramo (Km)

f = Frecuencia central (MHz)

- Pérdida del alimentador por tramo:

$L_A = \text{longitud del alimentador(m)} * \text{Atenuación del alimentador(dB/m)}$

$L_B = \text{longitud del alimentador(m)} * \text{Atenuación del alimentador(dB/m)}$

- Pérdida total: Es la suma de todas las pérdidas.

- Potencia del transmisor: Este dato la proporciona el fabricante el equipo de radio. La potencia del transmisor expresada en dBm: $P_{TX} = 10 \log(P_W) + 30$
- Ganancia de las antenas: La ganancia tanto para el transmisor como para el receptor se obtiene del datasheet del fabricante de la antena.
- Ganancia total: Se obtiene de la suma entre la ganancia de la antena de transmisión más la ganancia de la antena de recepción más la potencia del transmisor.

$$G_T = G_{TA} + P_{TX}$$

- Potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE):

$$PIRE = P_{TX} - L_A + G_{TX}$$

P_{TX} = Potencia del transmisor (dBm)

L_A = Pérdida del alimentador en la estación A (dB)

G_{TX} = Ganancia de la antena en la estación A (dBi)

- Sensibilidad de recepción: Este dato la proporciona el fabricante el equipo de radio.
- Nivel de potencia de ruido térmico:

$$N = 10 \log(KTB) + F + 30$$

K = Constante de Boltzman = 1.38×10^{-23} J/°K

T = Temperatura de ruido o en caso contrario temperatura ambiente en °K

B = Ancho de banda en MHz

F = Factor de ruido del receptor en dB (Dado por el fabricante)

- Relación portadora a ruido (C/N): Obtenida a partir de la curva característica proporcionada por el fabricante.
- Potencia de recepción (Señal de recepción): Se obtiene de la diferencia entre la ganancia total menos la pérdida total.

$$P_{RX} = G_T - L_T$$

G_T = Ganancia total

L_T = Pérdida total

- Relación señal a ruido (S/N): Es el nivel de la señal de recepción (dBm) menos el nivel de potencia de ruido térmico (dBm).

$$P_{RX} = P_{RX} - N$$

El rango de valores comunes de rendimiento según SNR es el siguiente:

$$\left. \begin{array}{l} > 40 \text{ dB SNR : Señal excelente, siempre asociado, sumamente rapido} \\ 25 \text{ dB} - 40 \text{ dB SNR : Señal muy buena, siempre asociado, muy rapido} \\ 15 \text{ dB} - 25 \text{ dB SNR: Señal baja, siempre asociado, usualmente rapido} \\ 10 \text{ dB} - 15 \text{ dB SNR: Señal muy baja, usualmente asociado, lento} \\ 5 \text{ dB} - 10 \text{ dB SNR: Señal nula , no asociado, no hay transmisión} \end{array} \right\}$$

- Margen sin desvanecimiento: Se obtiene de la diferencia entre la potencia de recepción y la relación portadora/ruido.

$$M_r = P_{RX} - C/N$$

P_{RX} = Potencia de recepción

C/N = Relación portadora/ruido

- Margen de desvanecimiento: Se obtiene de la diferencia entre la potencia de recepción y la sensibilidad de recepción.

$$M = P_{RX} - RSL$$

P_{RX} = Potencia de recepción

RSL = Sensibilidad de recepción

- Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh: valor obtenido de la siguiente ecuación

$$P_0 = KQf^B d^C$$

Para obtener la probabilidad de desvanecimiento utilizamos el Método de Mojoli:

$$K = \text{Factor climatico, donde } \left\{ \begin{array}{l} \text{clima templado : } K = 4.1 \times 10^{-5} \\ \text{clima continental : } K = 4.1 \times 10^{-5} \\ \text{clima seco y montañoso : } K = 4.1 \times 10^{-5} \end{array} \right\}$$

$$Q = \text{Factor de rugosidad} = \frac{1}{S_1^{1.3}}$$

S_1 Es el coeficiente de rugosidad del terreno en metros. Se encuentre entre los valores de: $5 < S_1(m) < 100$

- **Confiabilidad:** Es la probabilidad que se presente una falla en un intervalo de tiempo definido.

Confiabilidad (%)	Tiempo de interrupción (%)	Año (horas)	Tiempo de interrupción por mes (horas)	Día (horas)
0	100	8760	720	24
50	50	4380	360	12
80	20	1752	144	4.8
90	10	876	72	2.4
95	5	438	36	1.2
98	2	175	14	29 minutos
99	1	88	7	14.4 minutos
99.9	0.1	8.8	43 minutos	1.44 minutos
99.99	0.01	53 minutos	4.3 minutos	8.6 segundos
99.999	0.001	5.3 minutos	26 segundos	0.86 segundos
99.9999	0.0001	32 segundos	2.6 segundos	0.086 segundos

Figura 3. Confiabilidad y tiempo de interrupción. Fuente: (Tomasi, 2003)

$$\%C = 100 * (1 - 10^{M_r/10} * P_0)$$

M_r = Margen sin desvanecimiento

P_0 = Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh

2.2.6 Características técnicas de los radio enlaces

Cuando se desea diseñar eficientemente un radio enlace robusto, confiable y más aún que sirva como puente de integración para conectarse a la red SCADA existente de la Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento que rige en Manchay, debemos conocer a fondo el funcionamiento de nuestro sistema, así como sus factores limitantes (estándares, normas legales, ubicación geográfica, clima, etc.) y en qué porcentaje estos influyen en el desempeño total del enlace.

Tenemos que tener presente que en el mundo existe un organismo internacional que es la UIT (Unión Internacional de telecomunicaciones), el cual tiene como unas de sus funciones proveer estándares que rijan el uso adecuado del espectro radioeléctrico tanto en el campo de las radiocomunicaciones y telecomunicaciones. En el Perú los organismos encargados son el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el regulador de las telecomunicaciones OSIPTEL.

Para conocer el alcance necesitamos conocer que equipos de radios son los más idóneos para nuestro diseño, además del tipo de antena, qué banda de frecuencias utilizaremos, estudiar detalladamente las características climáticas de la zona, las especificaciones técnicas de los equipos: potencias, ganancias, sensibilidad, tasas de error, etc.

Para la planificación son de gran ayuda los mapas cartográficos y las herramientas de software de simulación de enlaces de radio. De esta manera se facilita la planificación y se puede descartar entre muchas posibilidades de configuración del enlace. Finalmente la visita al lugar en donde se realizará el diseño ayudará a sacar conclusiones sobre la ubicación exacta de los equipos a instalar y sobre todo saber si se cuenta con la infraestructura necesaria para albergarlos. (Ramos Pascual, 2017)

Equipamiento de Radio

Es de suma importancia comprender el funcionamiento de los equipos de radio ya que para el diseño y planificación de un radio enlace se requiere de la selección de equipos idóneos para determinados requerimientos. Los equipos elegidos vendrán a ser un factor clave durante el funcionamiento del

enlace. Existen tres configuraciones para equipamiento de radio, las cuales son: All Indoor, Split Mount y All Outdoor. (Manning, 1999)

- All Indoor

En esta configuración los equipos se ubican en un tablero de telemetría y/o rack de comunicaciones, los equipos están ubicados en el interior de los cuartos de comunicaciones y solo la antena se instala en el exterior, ya sea en un poste de concreto con mástil, torre ventada, torre autosoportada u otra estructura. El alimentador entre la antena y la radio puede ser cable coaxial o guía de onda. (Martínez, 2012)

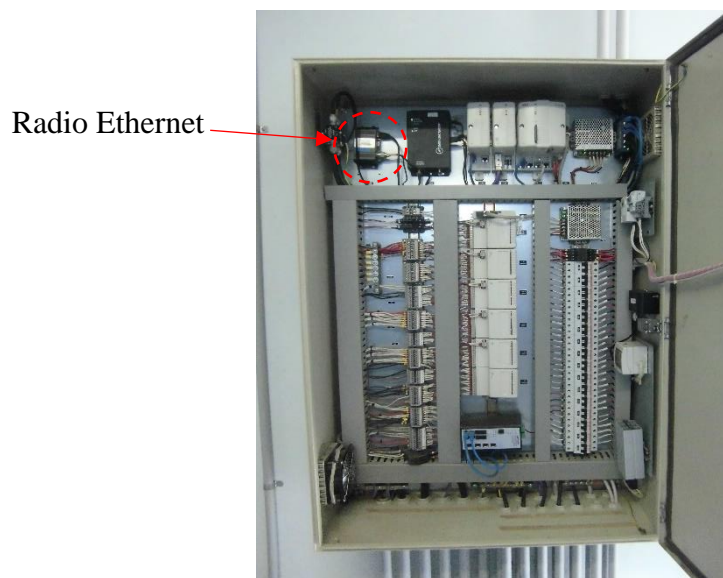


Figura 4. Equipo All Indoor en un tablero de telemetría. Fuente: (Foto tomada en campo)

- Split Mount:

En esta configuración se hace mención a una IDU y a una ODU. La IDU es el módem que servirá como puente de interconexión entre la radio y la red. La ODU es la unidad de radio en sí, la cual estará ubicada en el exterior junto con la antena, el alimentador entre la IDU y la ODU es un cable coaxial, este

cable no genera pérdidas considerables en el enlace debido a que solo conectara a la IDU y a la ODU a diferencia de la configuración All Indoor en donde el alimentador conectaba a la antena y a la radio. (Martínez, 2012)



Figura 5. Sistema Split Mount. Fuente: (CableFree, 2014)

- All Outdoor:

En esta configuración los datos llegan hacia los equipos que se encuentran en planta externa a través de un cable. También la alimentación llega hacia la planta externa. Esta configuración generalmente se aplica en estaciones base celular, antenas de baja potencia y pequeño diámetro. Se usan para líneas T1 o E1 que son alimentadas directamente al equipo. (Manning, 1999)



Figura 6. Equipo All Outdoor. Fuente: (CableFree, 2014)

Tecnologías de Transmisión:

La multiplexación en los sistemas analógicos de transmisión se daba por división de frecuencia, con el pasar del tiempo los sistemas analógicos fueron reemplazados por sistemas digitales y la multiplexación por ende pasó de ser por división de frecuencia a tiempo, lo que se conoce hoy en día como la Multiplexación por División en el Tiempo (TDM). (Manning, 1999)

Normativa en radiocomunicaciones a nivel mundial y en Perú:

El uso del espectro Electromagnético está condicionado por la *International Telecommunication Union* (ITU), en el cual hay un orden establecido del uso de las frecuencias para cada finalidad como pueden ser: Servicios de telefonía móvil, servicios satelitales, servicios para radioaficionados, servicios de televisión y radio, etc. Es por ello que se necesita un orden en el uso del mismo así como una planificación para otorgar bandas de frecuencias a distintas empresas que generarán desarrollo o brindarán servicios de telecomunicaciones.

Para la adecuada distribución de las frecuencias, la UIT ha dividido al mundo en 3 regiones, en cada una de las cuáles existe una asignación de frecuencias distinta. De acuerdo a esta distribución el Perú se encuentra localizado en la Región 2. (MTC, 2008)

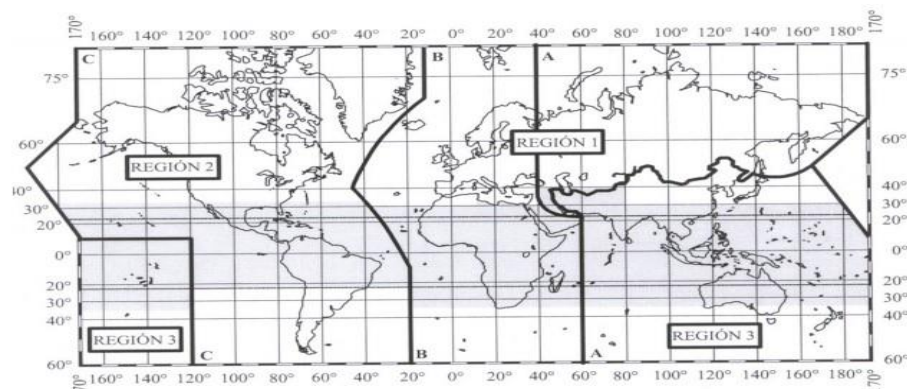


Figura 7. Mapa de Regiones según la UIT. Fuente: (MTC, 2008)

2.2.7 Comunicaciones Industriales

Hoy en día la automatización industrial es la tecnología que se encarga de aplicar en un sistema industrial la mecánica, la electrónica y los sistemas de computación con la finalidad de mejorar el rendimiento de distintos procesos industriales como puede ser en una planta de tratamiento de aguas residuales, una planta hidroeléctrica, una planta de minerales, etc. (Saturnino Soria, 2013, pág. 25)

Los beneficios que nos ofrece la automatización industrial son: Aumenta la eficiencia de las operaciones e incrementa la productividad de los recursos humanos. (Briceño, 2005, pág. 223)

Integración a la red de comunicaciones

Las telecomunicaciones tienen un papel preponderante en la infraestructura de los sistemas de automatización industrial y más aún en aquellas empresas cuyas operaciones se encuentran ubicadas geográficamente en diferentes zonas de un país, como es el caso de los sistemas de distribución de energía eléctrica, refinerías, fábricas textiles, distribución de tanques de agua, etc. Los objetivos de una red de telecomunicaciones para la automatización industrial son: Recolección de datos en tiempo real de las localidades remotas y la transmisión de datos hasta los centros de controles. (Briceño, 2005, pág. 223)

Control en tiempo real de un sistema de distribución de agua en Barranquilla

Debido a su gran desarrollo industrial y económico, y a su privilegiada posición geográfica, Barranquilla siempre ha sido una de las ciudades más importantes de Colombia. Por esta razón, Barranquilla es uno de los conglomerados urbanos más poblados del país, con la obligación de asegurar

la cobertura de servicios públicos a cerca de 2 millones de personas. (Angulo, 2017)

Desde 1992, la empresa Triple A S.A. Ha sido responsable de administrar, diseñar y operar el sistema de distribución de agua que suministra agua tratada a la ciudad, la cual también debe suministrar agua a otros 6 municipios de la región. Para llevar a cabo esta tarea, el sistema de distribución de agua cuenta con instalaciones especializadas en cada una de las etapas principales del proceso: recolección, purificación y distribución. Con referencia a la recolección, el sistema puede tomar directamente $7.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ desde el río Magdalena, la principal vía fluvial de Colombia. Para lograr esto, el sistema tiene un muelle, un canal de cabeza y dos estaciones de bombeo de baja presión. El agua se conduce a través de tubos de hierro fundido y hormigón armado, desde las estaciones de bombeo hasta las plantas de tratamiento. (Angulo, 2017)

Para realizar el proceso de potabilización, el sistema cuenta con 5 Plantas de Tratamiento de Agua para asegurar redundancia y seguridad en la red. Las plantas tienen capacidades que van desde $0.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ hasta $3 \text{ m}^3 / \text{s}$ y sus operaciones se basan en el tratamiento convencional de mezcla-floculación-coagulación-sedimentación-filtración-desinfección. Respecto a la distribución, después de que el proceso de potabilización del agua tenga lugar en la principal planta de tratamiento de agua, el agua tratada es bombeada por la acción de cuatro estaciones de bombeo de alta presión ($6.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ incluyendo todos los municipios cubiertos por la red) y es transportada desde la planta de tratamiento a otras estaciones de bombeo ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad donde el agua se distribuye a puntos de demanda y

también bombeada de nuevo a otra estación de bombeo situada a un nivel más alto para atender las nuevas urbanizaciones en zonas con elevaciones más altas. Esto no permite un correcto funcionamiento del sistema de distribución por gravedad. (Angulo, 2017)

- Población atendida

El área municipal de Barranquilla es de unos 166 km² y tiene una población de alrededor de 1.4 millones de habitantes. El 99.7% de ellos se encuentran en el asiento municipal. Su densidad de población es de 7.800 personas/km² aproximadamente. La población total atendida, incluyendo Barranquilla y los municipios vecinos es de alrededor de 2 millones de personas. (Angulo, 2017)

- Distribución de la red

Sectorización

El sistema de distribución de agua de Barranquilla consta de 8 zonas de presión y más de 350 circuitos cerrados. (Angulo, 2017)

Tamaño típico

En la Tabla 1 se presentan las 8 zonas de presión con el número de conexiones y el área cubierta por cada una. De lo contrario, en la Figura 7 están situadas las zonas de presión. (Angulo, 2017)

Tabla 1
Distribución de conexiones en zonas de presión

Zona de presión	Conexiones	Área (km ²)
BQU01	65,660	29.4
BQU02	24818	6.1
BQU03	29229	6.4
BQU04	29231	7.1
BQU05	37503	21.6
BQU06	18613	5.2
BQU07	15543	2.5
BQU08	57788	16.5

Fuente: (Angulo, 2017)

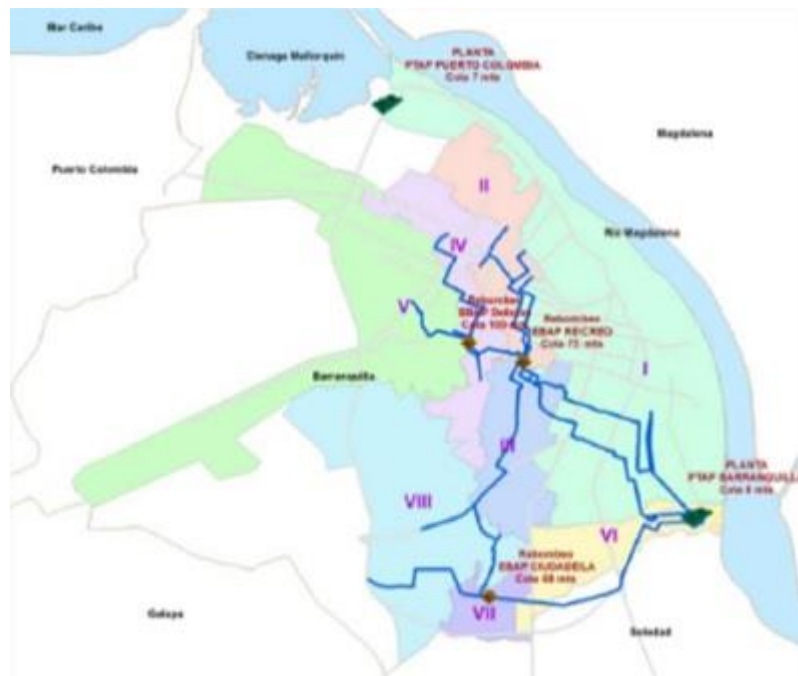


Figura 8. Zonas de presión. Fuente: (Angulo, 2017)

Operación

La operación del sistema de distribución de agua de Barranquilla consiste principalmente en mantener la presión y disponibilidad de agua en un servicio continuo de 24 horas para los clientes. Por lo tanto, la empresa Triple A S.A. tiene un centro de llamadas que centraliza los informes de daños. Éstos son automáticamente geolocalizados y reportados a los equipos de reparadores de acuerdo a las áreas operacionales donde están ubicados. La red de distribución

cuenta con más de 9000 válvulas y 350 circuitos técnicos que permiten reparaciones que afectan al menor número de clientes posible. Respecto a la presión, el sistema de distribución de agua cuenta con un sistema de telemetría compuesto por más de 150 puntos medibles de presión que permiten a los ingenieros, a través de un sistema SCADA, mantener un control y monitorización permanentes del sistema. Esto hace capaz de tomar acciones correctivas pertinentes cuando una deficiencia ocurre en el servicio. Sobre el flujo, el sistema SCADA tiene 49 puntos para la medición de caudal que proporcionan información en tiempo real sobre las condiciones de servicio en diferentes sectores de la ciudad. (Angulo, 2017)

2.3 Marco Conceptual

A continuación se hará mención a la definición de conceptos utilizados para la realización del presente proyecto.

- **Instrumentos de campo**

Son los encargados de la toma de datos de la planta cuya información es recepcionada por el PLC, se puede decir que son los ojos del PLC. Los instrumentos de campo para un reservorio de agua y/o cisterna usualmente son sensores de flujo, de nivel y caudal. (Briceño, 2005)

- **PLC**

Es el encargado de recepcionar los datos de los instrumentos de campo para la toma de decisiones del sistema, es el que ejerce la automatización física del sistema y genera acciones predeterminadas sobre los instrumentos de campo. La información recibida es transmitida a la red de telemetría. (Pérez López, 2015)

- Red de telemetría

Es el medio por el cual viaja la información hacia un centro de control para que el sistema sea monitoreado a distancia en tiempo real. (Pérez López, 2015)

- SCADA

Es el sistema por medio del cual se pueden supervisar y controlar las distintas variables que se presentan en un proceso o planta entre el operario y el sistema a monitorear.

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1 Descripción del trabajo de investigación

El objetivo principal de este trabajo de investigación es optimizar la distribución de agua de doce estaciones en el distrito de Pachacámac a través de una red de telemetría que recoge las señales de los sensores de nivel, presión y caudal de las estaciones de agua de una Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento. Esto será posible con la propuesta de diseño de una red de telemetría y los equipos necesarios para tal fin.

El diseño de esta red de telemetría debe cumplir con el siguiente requerimiento:

Integrar a la red SCADA existente las 12 estaciones de agua de una Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento.

3.2 Diseño de una red de telemetría

3.2.1 Planificación inicial

A continuación a través del uso de un diagrama de flujo se resume la planificación del radioenlace. En este sentido se debe elaborar una planificación de acuerdo a lo que requerimos, ya que juega un papel muy importante el equipamiento a utilizar, como son el tipo de configuración de la radio y el tipo de antena, con la finalidad de cumplir con los requerimientos que no solicitan.

Además es de suma importancia entender la propagación de las ondas electromagnéticas, debido a la atenuación y a las pérdidas que se puedan originar en los enlaces, así evitar el decaimiento de la señal y lograr enlaces más confiables en nuestro diseño. Se debe tener en cuenta la ubicación geográfica debido a que un radioenlace se comporta de diferentes maneras dependiendo si es en áreas rurales o áreas urbanas. En la Figura 9 se muestra un diagrama de flujo sobre la planificación de un radioenlace.

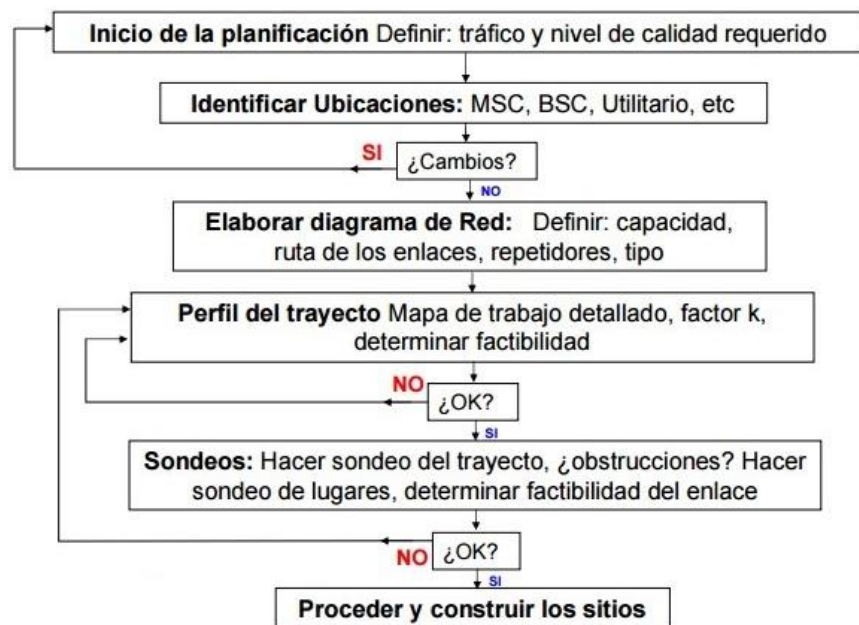


Figura 9. Planificación del radioenlace. Fuente: (López Tafur, 2010)

Descripción geográfica del entorno

- Ubicación Geográfica:

El distrito de Pachacámac se encuentra ubicada al sur del departamento de Lima, en las coordenadas geográficas 12°13'48", latitud Sur y 76°51'33", longitud Oeste.

- Población:

Para el análisis de la población se ha tenido en cuenta las últimas estadísticas registradas por el INEI respecto a indicadores de la población del distrito de Pachacámac. En la Tabla 2 se puede apreciar la variación de la población así como la tasa de crecimiento %.

Tabla 2
Población y tasa de crecimiento

Año	1981	1993	2007
Población	6,780	19,850	68,441
Tasa de crecimiento %	9.4	9.1	-

Fuente: (INEI, 2008)

La población censada al año 2007 según el INEI fue de 608 mil 441 habitantes lo que indica que hubo un incremento en la población desde el año 1981 al 2007 de 61 mil 661 habitantes. En una encuesta reciente realizada por CPI en el año 2016 indica que la población de Pachacámac es de aproximadamente 131 mil 2 habitantes, lo cual corrobora que la densidad demográfica ha ido en ascenso.

- Consumo de agua:

Para el análisis del consumo de agua se ha tenido en cuenta el consumo de agua en el distrito de Pachacámac entre los años 2006 al 2016.

Tabla 3
Consumo total de agua potable 2006-2015(miles de metros cúbicos)

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
282	265	269	280	739	1252	1501	1702	1917	2172

Fuente: (INEI, 2016)

Se puede apreciar en la Tabla 3 claramente un aumento de consumo de agua por año, con lo cual queda claro que a mayor población por ende mayor

consumo de agua, por lo tanto para satisfacer esta necesidad la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento, en este caso Sedapal, tiene que construir más estaciones de agua para proveer a toda la población.

Calculo de ancho de banda

Para poder realizar nuestro cálculo de ancho de banda se divide las estaciones de agua en dos tipos:

- Estaciones de rebombeo (Aquellas estaciones que tienen bombas).
- Estaciones reservorio (Aquellas estaciones que no tienen bombas).
- Ancho de banda de datos

Para calcular la data de cada uno de ellos se ha tomado en cuenta la lista de señales indicada en el documento GPOET006 V2011 (Documento de Especificaciones Técnicas de Sedapal). En la Tabla 4 se puede apreciar los resultados de la suma de datos por estación.

Tabla 4
Ancho de banda de datos por tipo de estación

Estación	Tamaño de bits	Tamaño en Bytes
Estación de Rebombeo	3662	458
Estación Reservorio	597	75

Fuente: (Elaboración propia)

Ahora se ha considerado que la velocidad nominal efectiva es el 30% de la velocidad nominal y que el mensaje representa el 40% de la trama ModBus, considerando además que los switch, radios y otros equipos son administrables se sumara un 25% adicional a los datos. En la Tabla 5 se puede apreciar el ancho de banda de datos por tipo de estación.

Tabla 5
Ancho de banda de datos por tipo de estación más un adicional

Estación	Tamaño en Bytes	Tamaño Total
Estación de Rebombeo	458	$\left(\frac{458 * 1.25}{0.3 * 0.4}\right) = 4.66kB$
Estación Reservorio	75	$\left(\frac{75 * 1.25}{0.3 * 0.4}\right) = 0.76kB$

Fuente: (Elaboración propia)

▪ Ancho de banda del Gestor de Activos:

Para el gestor de activos se tomará en cuenta el número de instrumentos Profibus por tipo de estación, de los cuales se enumeran los instrumentos tomados en cuenta. En la Tabla 6 se puede apreciar el ancho de banda por cantidad de instrumentos

Tabla 6
Ancho de banda por cantidad de instrumentos

Estación	Instrumentos con Profibus DP	Tamaño de Data
Estación de Rebombeo	3 de presión, 2 de caudal y 2 de nivel. Total 7 instrumentos	7 instrumentos*32 Bytes = 224 Bytes
Estación Reservorio	1 de nivel y 2 de flujo. Total 3 instrumentos	3 instrumentos*32 Bytes = 96 Bytes

Fuente: (Elaboración propia)

Además de la trama de datos calculados se agregarán las funciones de comunicación y escritura del software de gestión de activos esto es aproximadamente 4 veces más los datos calculados es decir se deberán agregar 896 bytes para la cisterna y 384 bytes para el reservorio (224+896 = 1120 bytes para la cisterna y 96+384 = 480 bytes para el Reservorio). Además, se está considerando que esta trama de datos pasa por la red Ethernet se asumirá que la velocidad efectiva es el 30% de la velocidad

nominal y además al ser un protocolo propietario se agregará un 25% del manejo del protocolo. En la Tabla 7 se puede apreciar el ancho de banda de Gestor de Activos por tipo de estación.

Tabla 7
Ancho de banda de Gestor de Activos por tipo de estación más adicional

Estación	Instrumentos con Profibus DP	Tamaño de Data
Estación de Rebombeo	$(1120 \text{ Bytes} * 1.25) / 0.3$	4666.66 Bytes = 4.56 KBytes
Estación Reservorio	$(480 \text{ Bytes} * 1.25) / 0.3$	2000 Bytes = 1.95 KBytes

Fuente: (Elaboración propia)

- Ancho de banda al cargar y descargar al PLC y HMI:

Al cargar el programa del PLC desde el software de programación a través del SCADA, debemos tomar en cuenta que no solo se cargan los datos, también hay información adicional como son los datos de las funciones, los bloques de datos, las funciones de comunicación, etc. Para saber cuántos Bytes adicionales hay que agregar se ha tomado en cuenta un programa realizado en el software Step7 de Siemens para un PLC S7-300, para el caso de una cisterna se ha determinado un valor de 21624 bytes y para el caso de un reservorio un valor de 8572 bytes. Para verificar este hecho se aprecia en la Figura 9 y Figura 10 la configuración del programa donde se puede verificar el tamaño de los datos mencionados aquí. Se toma en cuenta además el porcentaje adicional de la trama Ethernet como en los casos anteriores. Para el caso del HMI se toma en cuenta un 50% adicional de los datos del PLC, debido que además de datos se cargan imágenes. En la Tabla 8 se puede apreciar los resultados.

Tabla 8

Ancho de banda al cargar y descargar al PLC y HMI

Estación	Datos PLC + HMI	Tamaño de Data
Estación de Rebombear	21.12 KBytes + 31.68 KBytes	$(52.79 * 1.25) / 0.3 = 219.97$ KBytes
Estación Reservorio	600 KBytes + 1024 KBytes	$(20.93 * 1.25) / 0.3 = 87.20$ KBytes

Fuente: (Elaboración propia)

Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje	Tamaño en la memor...	Tipo	Versión
Datos de sistema	---	---	---	SDB	---
OB1	---	KOP	190	Bloque de organizaci...	0.1
OB82	I/O_FLT1	KOP	38	Bloque de organizaci...	0.1
OB86	RACK_FLT	KOP	38	Bloque de organizaci...	0.1
OB122	MOD_ERR	KOP	38	Bloque de organizaci...	0.1
FB14	GET	AWL	5716	Bloque de función	1.2
FB15	PUT	AWL	5600	Bloque de función	1.2
FC1	DIOs	KOP	518	Función	0.1
FC2	AIOs	KOP	786	Función	0.1
FC3	AUTO	KOP	1006	Función	0.1
FC4	HORA DEL PLC	KOP	438	Función	0.1
FC5	Contador de H M S	KOP	438	Función	0.1
FC6	INTRUSISMO	KOP	262	Función	0.1
FC7	COMUNICACION_FC	KOP	328	Función	0.1
FC8	ALARMAS	KOP	404	Función	0.1
FC9	ESCOJER BOMBA	KOP	516	Función	0.1
FC10	CONFIGURACION	KOP	664	Función	0.1
FC11	MODO HORARIO	KOP	828	Función	0.1
FC12	MODO DIRECTO	KOP	306	Función	0.1
FC13	MODO NIVEL	KOP	324	Función	0.1
FC100	Als	KOP	300	Función	0.1
FC101	AD_DT_TM	AWL	1512	Función	1.2
DB1	DATOS DEL PLC	DB	96	Bloque de datos	0.1
DB2	COMUNICACION	DB	74	Bloque de datos	0.1
DB3	DB_ALARMAS	DB	40	Bloque de datos	0.1
DB4	FECHA Y HORA	DB	70	Bloque de datos	0.1

Figura 10. Tamaño de Bytes cargados en la memoria de carga de un PLC para una cisterna típica. Fuente: (Mendoza, 2017)

Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje	Tamaño en la memor...	Tipo	Vers
Datos de sistema	---	---	---	SDB	---
OB1	---	KOP	150	Bloque de organizaci...	0.1
FB14	GET	AWL	5716	Bloque de función	1.2
FC1	DIGITALES	KOP	110	Función	0.1
FC2	ANALOGAS	KOP	298	Función	0.1
FC3	UTILES	KOP	168	Función	0.1
FC4	HORA DEL PLC	KOP	438	Función	0.1
FC6	INTRUSISMO	KOP	244	Función	0.1
FC7	COMUNICACION_FC	KOP	204	Función	0.1
FC8	ALARMAS	KOP	146	Función	0.1
FC100	Als	KOP	282	Función	0.1
DB1	DATOS PLC	DB	66	Bloque de datos	0.1
DB2	COMUNICACION	DB	74	Bloque de datos	0.1
DB3	DB_ALARMAS	DB	40	Bloque de datos	0.1
DB4	FECHA Y HORA	DB	70	Bloque de datos	0.1
DB5	DATOS CISTERNA	DB	96	Bloque de datos	0.1
DB6	---	DB	480	DB de instancia del ...	0.1
SFB14	---	AWL	---	SFB	1.1
SFC0	SET_CLK	AWL	---	SFC	1.0
SFC1	READ_CLK	AWL	---	SFC	1.0
SFC20	BLKMOV	AWL	---	SFC	1.0
SFC51	RDSYSST	AWL	---	SFC	1.0
SFC58	WR_REC	AWL	---	SFC	1.0
SFC59	RD_REC	AWL	---	SFC	1.0

Figura 11. Tamaño de Bytes cargados en la memoria de carga de un PLC para un reservorio típico. Fuente: (Mendoza, 2017)

- Ancho de banda total:

Se calculará el ancho de banda para diferentes escenarios con los datos calculados líneas arriba:

Para el caso en que se requiera que todas las estaciones están enviando datos, además se está descargando el programa del PLC y HMI y se está usando el gestor de activos. En la Tabla 9 se puede apreciar el ancho de banda total para todas las estaciones.

Tabla 9
Ancho de banda total para todas las estaciones

Número de estaciones	Datos (kBytes)	Gestor de Activos (kBytes)	PLC y HMI (kBytes)	Total (kBytes)
Cisternas	27.96	4.56	219.97	252.49 kBytes
Reservorios	5.32	1.95	87.20	94.47 kBytes
			Cisterna y Reservorios	346.96 kByte/s
				2775.68 kbps
				2.71 Mbps

Fuente: (Elaboración propia)

Para el caso en que una estación remota (Cisterna) este enviando datos y a la vez esté trabajando con el gestor de activos y descargando programas con el PLC y HMI. En la Tabla 10 se puede apreciar el ancho de banda total para una sola estación.

Tabla 10
Ancho de banda total para una sola estación

Número de estaciones	Datos (kBytes)	Gestor de Activos (kBytes)	PLC y HMI (kBytes)	Total (kBytes)
Cisterna	4.66	4.56	219.97	229.97 kBytes 1833.50 kbps 1.79 Mbps

Fuente: (Elaboración propia)

Con respecto al ancho de banda calculado tenemos las siguientes conclusiones:

Para el primer caso se toma en cuenta que todos los equipos están enviando datos, además se está trabajando con el gestor de activos y se está cargando un programa de PLC y HMI, en este caso se estima un ancho de banda de 2.71 Mbps. Para el caso del enlace principal de 7 GHz, se puede asegurar que no habría mayor problema ya que este enlace puede llegar hasta 50 Mbps, según especificaciones técnicas, sin embargo, con tan solo llegar a un 10% de su tasa nominal (5 Mbps) se estaría garantizando el tránsito de los datos por el enlace principal.

Si evaluamos el desempeño de una estación en 400 MHz, se requeriría 1.79 Mbps, tomando en cuenta los datos más el gestor de activos y descarga al PLC y HMI, como se podrá ver el ancho banda solicitado es bastante alto con respecto a la velocidad de la radio (320 Kbps), es por eso que se propone utilizar radios con más velocidad para mejorar la transferencia de datos.

Cabe mencionar que en esta frecuencia de 400MHz la capacidad de carga y descarga del programa del PLC, HMI y otras aplicaciones no se podrá garantizar el buen funcionamiento de la red cuando sucedan estos eventos

al mismo tiempo, por lo que Sedapal deberá coordinar con sus áreas operativas las restricciones propias de la red en 400MHz, es decir no se podrá cargar a la vez el programa del PLC con el HMI u otras aplicaciones, debiendo realizar estas actividades una por vez.

Todos los datos calculados son cálculos de gabinete que pueden estar sujetos a cambios debido a las condiciones reales de la zona de transmisión, debido a este detalle todos los cálculos hallados deberán ser refrendados y verificados en un estudio de campo con los equipos necesarios.

3.2.2 Estudio de Gabinete

Este estudio de gabinete es un estudio preliminar de cómo puede ser nuestro diseño de red de telemetría, para lo cual se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Localización de los nodos que forman parte de nuestro diseño, utilizando mapas topográficos físicos y digitales.
- Elaboración de la topología de red, en el cual se plasmó las alternativas de enrutamiento

Localización de los Nodos

El proyecto se desarrollará en la región de Lima, departamento de Lima, distrito de Pachacámac. El área de influencia el proyecto se ubica en la denominada Quebrada de Manchay, próxima a los límites de los distritos de Ate, Cieneguilla y La Molina.

Límite del área de estudio:

Por el norte: Con el distrito de Ate

Por el sur: Con el río Lurín

Por el este: Con el distrito de Cieneguilla

Por el oeste: Con los distritos de La Molina y Villa María de Triunfo

El proyecto comprende 12 estaciones de agua, entre los cuales hay cinco reservorios existentes, seis reservorios proyectados y una cisterna proyectada. A continuación en la Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13 se mencionan las ubicaciones de las estaciones de agua, las cuales han sido tomadas en una visita de campo a través de un GPS para ser los más precisos posibles.

- Reservorios Existentes

Tabla 11

Localización de los reservorios existentes por medio de un GPS

Ítem	Nombre de la estación	Latitud Sur	Latitud Oeste
Nodo 1	RP-05	12° 6'21.20"S	76°51'30.54"W
Nodo 2	RP-08	12° 5'24.15"S	76°53'2.13"W
Nodo 3	RP-12	12° 7'15.01"S	76°52'43.66"W
Nodo 4	RP-13	12° 6'45.49"S	76°51'37.44"W
Nodo 5	RP-16	12° 5'48.34"S	76°53'26.92"W

Fuente: (Elaboración propia)

- Reservorios Proyectados

Tabla 12

Localización de los reservorios proyectados por medio de un GPS

Ítem	Nombre de la estación	Latitud Sur	Latitud Oeste
Nodo 6	RP-17	12° 8'4.90"S	76°52'45.60"W
Nodo 7	RP-18	12° 7'40.30"S	76°53'6.00"W
Nodo 8	RP-19	12° 6'4.50"S	76°53'26.40"W
Nodo 9	RP-20	12° 5'11.30"S	76°52'36.50"W
Nodo 10	RP-21	12° 6'59.71"S	76°51'45.96"W
Nodo 11	RP-22	12° 6'31.90"S	76°51'24.10"W

Fuente: (Elaboración propia)

- Cisterna Proyectada

Tabla 13

Localización de la cisterna proyectada por medio de un GPS

Ítem	Nombre de la estación	Latitud Sur	Latitud Oeste
Nodo 12	CP-06	12° 8'3.10"S	76°52'30.30"W

Fuente: (Elaboración propia)

Todas las estaciones que pertenecen al proyecto se tienen que integrar a la red de Sedapal, por lo tanto se consideró que toda la información llegue a su Centro de Control ubicado en la Atarjea. Sedapal cuenta con una torre autosoportada existente de 50m muy cercana a su Centro de Control, la cual se ubica en el Cerro Santa Rosa. En una visita realizada a su estación repetidora ubicada en el Cerro Santa Rosa, se tomó su ubicación con el GPS.

- Cerro Santa Rosa

Tabla 14

Localización del Cerro Santa Rosa por medio de un GPS

Ítem	Nombre del nodo	Latitud Sur	Latitud Oeste
Nodo 13	Cerro Santa Rosa	12° 1'54.89"S	76°58'44.68"W

Fuente: (Elaboración propia)

Elaboración de la Topología de la Red

Para realizar la topología de la red se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Se consideró la línea de vista en todos los enlaces.
- Se planteó alternativas de enrutamiento
- En el caso de existir obstáculos en alguna ruta, se estudió la posibilidad del uso de repetidores.
- Los saltos de preferencia no deben ser mayores a 50 Km.

Una vez obtenido las localizaciones de los nodos, se procedió a determinar las alternativas de enrutamiento.

Alternativas de Enrutamiento

Se planteó dos alternativas de enrutamiento debido a que la zona de Manchay está rodeada de cerros de gran altura, se consideró nodos de repetición tomando en cuenta estaciones de agua existentes ubicadas en la

zona de estudio, así como repetidoras existentes, de tal manera de encontrar la ruta adecuada para la integración con el SCADA existente de Sedapal.

La topología de la red propuesta para este proyecto será enlaces punto a punto (PTP) en 400MHz y una troncal (Backbone) en 7GHz con redundancia tipo hot stand by (1+1), que recogerá la información de los enlaces en 400MHz.

A continuación se presenta las dos topologías de red planteadas:

- Topología de la red de microondas alternativa A

En esta topología alternativa A se tomó en cuenta solo las doce estaciones, sin la necesidad de utilizar estaciones existentes como repetidoras. En la Figura 11 se muestra la topología de red alternativa A:

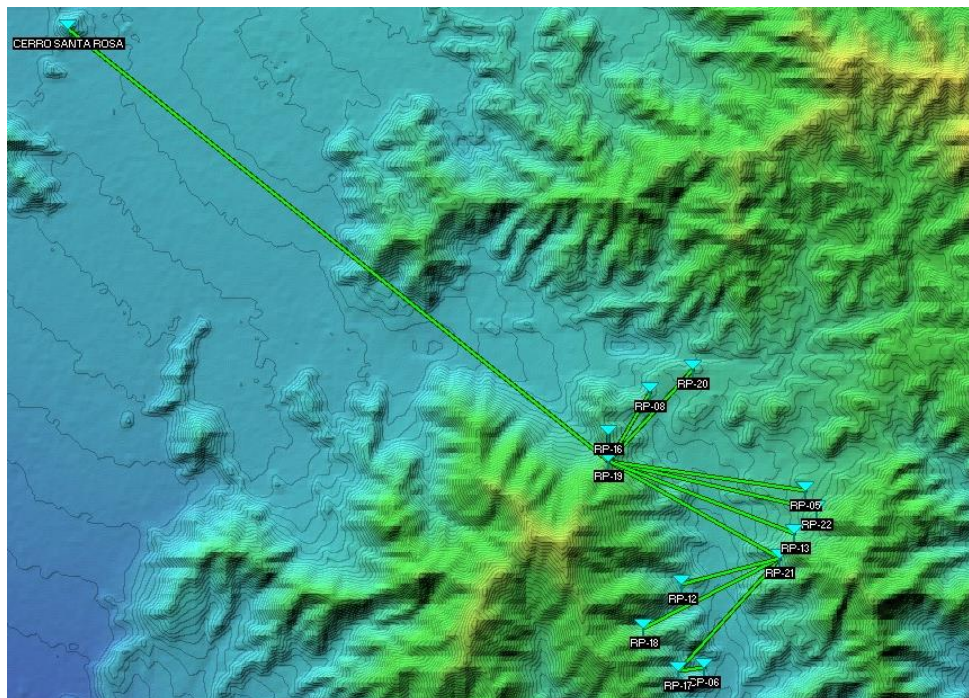


Figura 12. Topología de la red de microondas alternativa A. Fuente: (Elaborado con el software Radio Mobile)

Las estaciones remotas para esta topología propuesta son: Cisterna proyectada CP-06, reservorio proyectado RP-17, reservorio proyectado RP-

18, reservorio proyectado RP-19, reservorio proyectado RP-20, reservorio proyectado RP-22, reservorio existente RP-05, reservorio existente RP-08, reservorio existente RP-12, reservorio existente RP-13

Las estaciones repetidoras para esta topología propuesta son:

Reservorio proyectado RP-19 y reservorio proyectado RP-21

En este estudio de gabinete se verificó el perfil de elevación de cada enlace con la ayuda de Google Earth. En la Tabla 15 y Tabla 16 se muestran las observaciones presentadas por cada enlace.

Tabla 15
Enlaces en 400MHz alternativa A

Enlaces en 400 MHz	Estado del perfil de elevación
Enlace CP-06 hacia RP-17	Libre de obstáculo
Enlace RP-17 hacia RP-21	Presenta obstáculo
Enlace RP-18 hacia RP-21	Libre de obstáculo
Enlace RP-12 hacia RP-21	Presenta obstáculo
Enlace RP-05 hacia RP-19	Libre de obstáculo
Enlace RP-08 hacia RP-19	Libre de obstáculo
Enlace RP-13 hacia RP-19	Libre de obstáculo
Enlace RP-16 hacia RP-19	Libre de obstáculo
Enlace RP-20 hacia RP-19	Libre de obstáculo
Enlace RP-22 hacia RP-19	Libre de obstáculo

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 16
Enlaces en 7GHz alternativa A

Enlaces en 7 GHz	Estado del perfil de elevación
Enlace RP-21 hacia RP-19	Presenta obstáculo
Enlace RP-19 hacia CERRO SANTA ROSA	Presenta obstáculo

Fuente: (Elaboración propia)

▪ Topología de la red de microondas alternativa B

En esta topología alternativa B se ha considerado la necesidad de usar estaciones de agua existentes pero solas como punto de repetición, a fin de que todas las estaciones pertenecientes al proyecto se integren a la red de Sedapal. En el caso de las estaciones proyectadas CP-06 y RP-17 al estar

ambas ubicadas entre cerros de gran altura se ve conveniente proponer la construcción de un nuevo repetidor ubicada en un punto estratégico, a fin de que recoja la información de ambas estaciones. En el caso de la estación existente RP-12 se ve conveniente mandar la información hacia una estación existente que no pertenece al proyecto, pero que se utilizará como punto de repetición a fin de que la información del RP-12 pueda integrarse a la red de Sedapal. Dado estas premisas, las ubicaciones de los nuevos nodos son las siguientes:

Tabla 17
Localización de los nuevos nodos

Ítem	Nombre de la estación	Latitud Sur	Latitud Oeste
Nodo 14	CP-05	12° 6'21.20"S	76°51'30.54"W
Nodo 15	RP-07	12° 5'24.15"S	76°53'2.13"W
Nodo 16	RP-10	12° 7'15.01"S	76°52'43.66"W
Nodo 17	REP_MANCHAY	12° 6'45.49"S	76°51'37.44"W
Nodo 18	REP_TAR	12° 5'48.34"S	76°53'26.92"W

Fuente: (Elaboración propia)

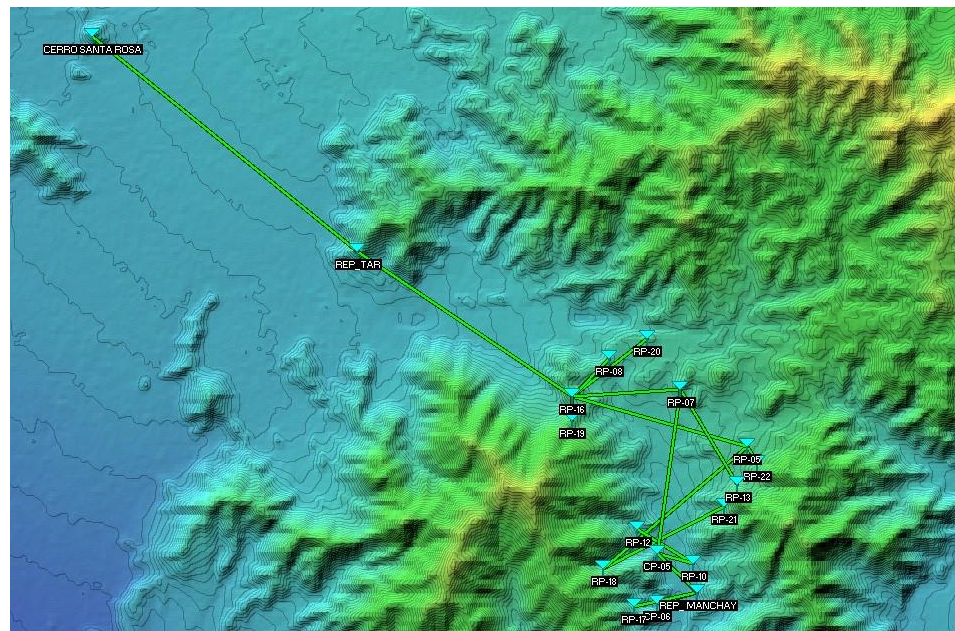


Figura 13. Topología de la red de microondas alternativa B. Fuente: (Elaborado con el software Radio Mobile)

En este estudio de gabinete se verificó el perfil de elevación de cada enlace con la ayuda de Google Earth. En la Tabla 17 y Tabla 18 se muestran las observaciones presentadas por cada enlace.

Las estaciones remotas para esta topología propuesta son: Cisterna proyectada CP-06, reservorio proyectado RP-17, reservorio existente RP-10, reservorio existente RP-12, reservorio proyectado RP-21, reservorio proyectado RP-22, reservorio existente RP-13, reservorio existente RP-08, reservorio proyectado RP-18, reservorio proyectado RP-19, reservorio proyectado RP-20

Las estaciones repetidoras para esta topología propuesta son: Cisterna existente CP-05, Reservorio existente RP-05, Reservorio existente RP-07, Reservorio existente RP-16, Repetidor proyectado REP_MANCHAY, Repetidor existente REP_TAR

Tabla 18
Enlaces en 400MHz alternativa B

Enlaces en 400 MHz	Estado del perfil de elevación
Enlace CP-06 hacia REP_MANCHAY	Libre de obstáculo
Enlace RP-17 hacia REP_MANCHAY	Libre de obstáculo
Enlace RP-12 hacia RP-10	Libre de obstáculo
Enlace RP-10 hacia CP-05	Libre de obstáculo
Enlace RP-21 hacia RP-18	Libre de obstáculo
Enlace RP-18 hacia RP-05	Libre de obstáculo
Enlace RP-22 hacia RP-05	Libre de obstáculo
Enlace RP-13 hacia RP-07	Libre de obstáculo
Enlace RP-08 hacia RP-16	Libre de obstáculo
Enlace RP-20 hacia RP-16	Libre de obstáculo
Enlace RP-19 hacia RP-16	Libre de obstáculo

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 19
Enlaces en 7GHz alternativa B

Enlaces en 7 GHz	Estado del perfil de elevación
Enlace REP_MANCHAY hacia CP-05	Libre de obstáculo
Enlace CP-05 hacia RP-07	Libre de obstáculo
Enlace RP-07 hacia RP-16	Libre de obstáculo
Enlace RP-05 hacia RP-16	Libre de obstáculo
Enlace RP-16 hacia REP_TAR	Libre de obstáculo
Enlace REP_TAR hacia CERRO SANTA ROSA	Libre de obstáculo

Fuente: (Elaboración propia)

Observaciones de las dos topologías presentadas anteriormente:

Se puede observar que la topología de red alternativa A, en cuatro de los doce enlaces propuestos hay presencia de obstáculo a simple vista al observar los perfiles de elevación. En el estudio de campo se va a confirmar lo expresado anteriormente.

Con respecto a la topología de red alternativa B se puede observar en los perfiles de elevación que en cada enlace propuesto que no hay presencia de obstáculos, por lo tanto esta alternativa es la que finalmente se va a considerar, siempre y cuando en el estudio de campo se comprueba que efectivamente hay línea de vista entre en los enlaces planteados. Hay que aclarar que en esta alternativa se ha considerado estaciones de agua que no pertenecen al proyecto original de doce estaciones, con la finalidad de lograr una topología confiable a fin de poder integrarse al sistema SCADA de Sedapal.

3.2.3 Estudio de campo

En el estudio de campo realizado se pudo corroborar que efectivamente la topología de red alternativa A queda descartada debido a que los obstáculos presentes son cerros de aproximadamente 40m de altura, lo cual ocasionaba que no haya línea de vista entre los siguientes enlaces:

Enlace RP-17 hacia RP-21

Enlace RP-12 hacia RP-21

Enlace RP-21 hacia RP-19

Enlace RP-19 hacia CERRO SANTA ROSA

Se planteó en un inicio poner torres autoportadas de 50m, así librar el obstáculo de los cerros, pero esta opción quedó descartada debido principalmente que las estaciones RP-17 y RP-12, eran estaciones remotas que solo se comunicaban en 400MHz, lo cual no era económicamente factible colocar una torre de 50m solo para algunas antenas yagis.

Con respecto a la topología de red alternativa B, se comprobó en campo que los enlaces propuestos presentaban línea de vista, además no se necesitaría colocar torres de gran altura para las estaciones remotas que se comunican en 400MHz, debido a que con un poste de concreto de 18m más un mástil de 6m es suficiente para tener una línea de vista adecuada y con proyección a futuro en caso se construyan edificaciones alrededor de las estaciones de agua.

Para esta alternativa B se ha considerado como infraestructura para las antenas postes de concreto, además de torres autoportadas cuadradas pesadas de 30m. Se ha tenido en cuenta el área que ocupan estas infraestructuras para tener un área despejada en las estaciones de agua. En el caso de las estaciones nuevas que formaran parte de esta topología de red, se ha realizado la visita respectiva para verificar y tomar datos de la zona, además en el caso de la REP_MANCHAY, que será una repetidora proyectada se ha considerado su ubicación en un punto estratégico a fin de que pueda recoger las señales de la cisterna proyectada CP-06 y RP-17, además que en un futuro sirva para recoger

señales de nuevas estaciones de agua que se puedan construir en la zona de Manchay.

3.2.4 Estudio de factibilidad

Cálculo de diseño de radiopropagación

En estudio se realiza los cálculos de ganancia, pérdidas y se definirán algunos parámetros importantes en la realización del diseño. De manera adicional con el uso del software libre Radio Mobile (para planificación de enlaces microondas) se realiza la simulación de cada uno de los enlaces. Las capturas de pantallas de la simulación con Radio Mobile aparece en el ANEXO A

Se realizará a manera de ejemplo, los cálculos para un enlace de 400MHz y posteriormente uno ejemplo para un enlace de 7GHz, los cuales serán: CP-06 hacia REP_MANCHAY y RP-16 hacia REP_TAR.

CP-06 hacia REP_MANCHAY

- Estación transmisora: CP-06
- Estación receptora: REP_MANCHAY
- Frecuencia: 400MHz
- Longitud del tramo: 0.84 km
- Altura de la estructura para la estación transmisora: 21 m
- Altura de la estructura para la estación receptora: 30m
- Altura de la antena para la estación transmisora: 19.5 m
- Altura de la antena para la estación receptora: 12 m
- Longitud del alimentador

Para la estación transmisora: $L_{\text{Cable coaxial Tx}} = 35m$

Para la estación receptora: $L_{\text{Cable coaxial Rx}} = 17m$

- Atenuación del alimentador

Para la estación transmisora: $L_{e_{\text{cable coaxial Tx}}} = 0.089 \text{ dB/m} * 35\text{m} = 3.12 \text{ dB}$

Para la estación receptora: $L_{e_{\text{cable coaxial Rx}}} = 0.089 \text{ dB/m} * 17\text{m} = 1.51 \text{ dB}$

- Atenuación por conectores

Para la estación transmisora: $L_{C_{Tx}} = 2 \text{ dB}$

Para la estación receptora: $L_{C_{Rx}} = 2 \text{ dB}$

- Atenuación por pérdida en el espacio libre

$$A_0 = 32.45 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$

d = Distancia del tramo (Km)

f = Frecuencia (MHz)

$$A_0 = 32.45 + 20 \log(0.84) + 20 \log(400)$$

$$A_0 = 82.98 \text{ dB}$$

- Pérdida del alimentador por tramo

$$L_{e_T} = L_{e_{\text{cable coaxial Tx}}} + L_{e_{\text{cable coaxial Rx}}} + L_{C_A} + L_{C_B}$$

$$L_{e_T} = 3.12 \text{ dB} + 1.51 \text{ dB} + 4 \text{ dB} = 8.63 \text{ dB}$$

- Pérdida total

$$L_T = A_0 + L_{e_T}$$

$$L_T = 82.98 \text{ dB} + 8.63 \text{ dB} = 91.61 \text{ dB}$$

- Potencia del transmisor : $P_{Tx} = 24 \text{ dBm}$

- Ganancia de las antenas

Para la estación transmisora: $G_{Tx} = 10\text{dBi}$

Para la estación receptora: $G_{Rx} = 10\text{dBi}$

- Ganancia total

$$G_T = G_{Tx} + G_{Tx} + P_{Tx}$$

$$G_T = 10 \text{ dBi} + 10 \text{ dBi} + 24 \text{ dBm} = 44 \text{ dB}$$

- Sensibilidad de recepción

$$RSL = -99 \text{ dBm}$$

- Potencia de recepción

$$P_{RX} = G_T - L_T$$

$$P_{RX} = 44 \text{ dB} - 91.61 \text{ dB} = -47.61 \text{ dB}$$

- Margen de desvanecimiento

$$M = P_{RX} - RSL$$

$$M = -47.61 \text{ dB} - (-99 \text{ dBm}) = 51.39 \text{ dB}$$

El valor obtenido es adecuado, ya que como mínimo se debe de tener como margen de desvanecimiento 30 dB. (Según experiencias indicadas por profesionales de la carrera)

RP-16 hacia REP_TAR

- Estación transmisora: RP-16
- Estación receptora: REP_TAR
- Frecuencia: 7GHz
- Longitud del tramo: 5.17 km
- Altura de la estructura para la estación trasmisora: 30 m
- Altura de la estructura para la receptora: 30m
- Altura de la antena para la estación trasmisora: 28 m
- Altura de la antena para la estación receptora: 14 m
- Longitud del alimentador

Para la estación transmisora: $L_{\text{Cable coaxial Tx}} = 35\text{m}$

Para la estación receptora: $L_{\text{Cable coaxial Rx}} = 17\text{m}$

- Atenuación del alimentador más conectores

Para la estación transmisora: $L_{\text{cable coaxial Tx}} = 0.5\text{dB}$

Para la estación receptora: $L_{\text{cable coaxial Rx}} = 0.5\text{dB}$

Las pérdidas son mínimas debido a que usaremos en este enlace la configuración Split Mount para el equipamiento de la radio.

- Atenuación por pérdida en el espacio libre

$$A_0 = 32.45 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$

d = Distancia del tramo (Km)

f = Frecuencia (MHz)

$$A_0 = 32.45 + 20 \log(5.17) + 20 \log(7000)$$

$$A_0 = 123.62 \text{ dB}$$

- Pérdida del alimentador por tramo

$$L_{eT} = L_{\text{cable coaxial Tx}} + L_{\text{cable coaxial Rx}}$$

$$L_{eT} = 0.5 \text{ dB} + 0.5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$$

- Pérdida total

$$L_T = A_0 + L_{eT}$$

$$L_T = 123.62 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 124.62 \text{ dB}$$

- Potencia del transmisor : $P_{TX} = 25 \text{ dBm}$

- Ganancia de las antenas

Para la estación transmisora: $G_{Tx} = 30.30 \text{ dBi}$

Para la estación receptora: $G_{Rx} = 30.30 \text{ dBi}$

- Ganancia total

$$G_T = G_{Tx} + G_{Rx} + P_{TX}$$

$$G_T = 60.60 \text{ dBi} + 25 \text{ dBm} = 85.6 \text{ dB}$$

- Sensibilidad de recepción

$$RSL = -73.30 \text{ dBm}$$

- Potencia de recepción

$$P_{RX} = G_T - L_T$$

$$P_{RX} = 85.6 \text{ dB} - 124.62 \text{ dB} = -39.02 \text{ dB}$$

- Margen de desvanecimiento

$$M = P_{RX} - RSL$$

$$M = -39.05 \text{ dB} - (-73.30 \text{ dBm}) = 34.28 \text{ dB}$$

El valor obtenido es adecuado, ya que como mínimo se debe de tener como margen de desvanecimiento 30 dB. (Según experiencias indicadas por profesionales de la carrera)

Cálculo de confiabilidad de la red

Para este punto se realizará los cálculos en los que se verá si el enlace es confiable y se verificará que la calidad de la señal al llegar a su destino sea legible y no se perderá ningún dato en el camino.

A manera de ejemplo se realizará el cálculo de la confiabilidad de dos enlaces, es decir de CP-06 hacia REP_MANCHAY y RP-16 hacia REP_TAR.

CP-06 hacia REP_MANCHAY

- Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh

$$P_0 = KQf^B d^C$$

Para obtener la probabilidad de desvanecimiento utilizamos el Método de Mojoli:

$$K = \text{Factor climatico} \left\{ \begin{array}{l} \text{clima templado : } K = 4.1 \times 10^{-5} \\ \text{clima continental : } K = 2.1 \times 10^{-5} \\ \text{clima seco y montañoso : } K = 4.1 \times 10^{-5} \end{array} \right\}$$

$$Q = \text{Factor de rugosidad} = S_1^{-1.3}$$

De donde:

$$B = 1 \text{ y } C = 3 \text{ (por recomendación ITU TR 101 016 V1.1.1)}$$

$$K = 4.1 \times 10^{-5} \text{ (clima templado)}$$

$$Q = \text{Factor de rugosidad} = S_1^{-1.3} \text{ (donde } S_1 = 8m)$$

$$f = 0.4 \text{ GHz}$$

$$d = 0.84 \text{ km}$$

Por lo tanto

$$P_0 = KQf^B d^C$$

$$P_0 = (4.1 \times 10^{-5})(8^{-1.3})(0.4^1)(0.84^3) = 0.00000065$$

- Confiabilidad

$$\%C = 100 * (1 - 10^{M_r/10} * P_0)$$

M_r = Margen sin desvanecimiento

P_0 = Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh

De donde:

$$M_r = P_{RX} - C/N$$

P_{RX} = Potencia de recepción = -47.61 dB

C/N = Relación portadora a ruido (dado por el fabricante 25.3 dB)

$$M_r = -47.61 \text{ dB} - (25.3 \text{ dB}) = -22.31 \text{ dB}$$

Finalmente reemplazando en la fórmula de confiabilidad obtenemos:

$$\%C = 99.99999962 \%$$

RP-16 hacia REP_TAR

- Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh

$$P_0 = KQf^B d^C$$

Para obtener la probabilidad de desvanecimiento utilizamos el Método de Mojoli:

$$K = \text{Factor climatico} \left\{ \begin{array}{l} \text{clima templado : } K = 4.1 \times 10^{-5} \\ \text{clima continental : } K = 2.1 \times 10^{-5} \\ \text{clima seco y montañoso : } K = 4.1 \times 10^{-5} \end{array} \right\}$$

$$Q = \text{Factor de rugosidad} = S_1^{-1.3}$$

De donde:

$$B = 1 \text{ y } C = 3 \text{ (por recomendación ITU TR 101 016 V1.1.1)}$$

$$K = 4.1 \times 10^{-5} \text{ (clima templado)}$$

$$Q = \text{Factor de rugosidad} = S_1^{-1.3} \text{ (donde } S_1 = 8m)$$

$$f = 7 \text{ GHz}$$

$$d = 5.17 \text{ km}$$

Por lo tanto

$$P_0 = KQf^B d^C$$

$$P_0 = (4.1 \times 10^{-5})(8^{-1.3})(7^1)(5.17^3) = 0.0027$$

- Confiabilidad

$$\%C = 100 * (1 - 10^{M_r/10} * P_0)$$

M_r = Margen sin desvanecimiento

P_0 = Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh

De donde:

$$M_r = P_{RX} - C/N$$

P_{RX} = Potencia de recepción = -39.02 dB

C/N = Relación portadora a ruido (dado por el fabricante 25.3 dB)

$$M_r = -39.02 \text{ dB} - (25.3 \text{ dB}) = -64.32 \text{ dB}$$

Finalmente reemplazando en la fórmula de confiabilidad obtenemos:

$$\%C = 99.9999999 \%$$

Como se observa la confiabilidad del enlace es el adecuado y además los niveles de la señal son buenos.

Para tener una visión de todos los enlaces se realizó un cuadro donde se ven todos los cálculos, este se encuentra en el ANEXO B

Propuesta de equipamiento de comunicación

- Equipo de radio

Tabla 20

Parámetros básicos de la radio en 400MHz

Marca	Mimo Max Wireless
Modelo	MiMoMax 400 MHz Tornado
Rango de Frecuencia	400 – 470 MHz
Canales	12.5kHz/25kHz
Modulación	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
Aplicación	Telemetría SCADA
Interfaces	-Ethernet: Dual 10BaseT/100BaseT -Serial: Dual RS232 -USB: High speed USB 2.0
Potencia de Transmisión	24 dBm
Sensibilidad	-99 dBm @ 240 kb/s

Fuente: (Elaboración propia)



Figura 14. Radio con configuración Indoor. Fuente: (MiMoMax)

Tabla 21

Parámetros básicos de la radio en 7GHz

Marca	CableFree
Modelo	CFMW-LC
Rango de Frecuencia	7 – 7.1 GHz
Canales	3.5 MHz/7MHz/14MHz/28MHz
Modulación	QPSK/16QAM/32QAM/64QAM/128QAM/256QAM
Aplicación	Point-to-Point Wireless networking
Interfaces	-Ethernet: Dual 10BaseT/100BaseT -Serial: Dual RS232 -USB: High speed USB 2.0
Potencia de Transmisión	24 dBm
Sensibilidad	-99 dBm @ 240 kb/s

Fuente: (Elaboración propia)



Figura 15. Radio con configuración Split Mount. Fuente: (CableFree, 2014)

- Antenas

Tabla 22

Parámetros básicos de la antena yagi en 400 MHz

Marca	Mimo Max Wireless
Modelo	Dual Polarised Loop Yagi Antenna
Rango de Frecuencia	370-390MHz/420-435MHz/435-455MHz/450-470MHz
Polarización	Horizontal, Vertical
Ganancia	10 dBi

Fuente: (Elaboración propia)



Figura 16. Antena yagi. Fuente: (MiMOMax)

Tabla 23

Parámetros básicos de la antena yagi en 400 MHz

Marca	CableFree
Modelo	-
Rango de Frecuencia	7.125– 7.725 GHz
Diámetro	60 cm
Ganancia	30.30 dBi

Fuente: (Elaboración propia)



Figura 17. Antena parabólica. Fuente: (CableFree,

2014)

- Coaxial

Tabla 24
Parámetros básicos del cable coaxial

Marca	HyperLink
Modelo	CA4NMLPNM
Frecuencia	0.030 – 8 GHz
Conector	N-Male

Fuente: (Elaboración propia)



Figura 18. Cable Coaxial LMR-400. Fuente: (L-com Global Connectivity)

Equipos e infraestructura correspondiente para la red

Los equipos e infraestructuras mencionados a continuación cumplen con las especificaciones técnicas descritas en el documento GPOET006 V2011 (Documento de especificaciones técnicas de Sedapal).

- Router

La función del router es la de asegurar el encaminamiento de los paquetes de la red desde las estaciones de agua hacia la red de Sedapal ubicada en La Atarjea.

- Switch

La función del switch es para el correcto manejo y gestión de tráfico de datos Ethernet y el soporte de respaldo con redundancia tipo anillo.

- Cable de datos SFTP Cat.6

El cable de datos cuenta con blindaje de aluminio y el correspondiente hilo de puesta a tierra o de descarga. Para la conexión se utilizarán conectores RJ-45 metálicos. El cable tiene las siguientes características:

Conductor: 4 pares, 24 AWG, sólido, cobre desnudo.

Aislamiento: Poliolefina, con espesor 0.254 mm

Apantallado: Cinta de papel de aluminio – poliéster.

Funda exterior: PVC

Diámetro del cable en general: 6.731 mm

Rango de temperatura de operación: -40 °C a 75°C.

Para instalación interior y exterior en ductos subterráneos.

- Tablero de telemetría

Se utiliza este tablero para las siguientes estaciones: CP-06, RP-17, RP-18, RP-19, RP-20, RP-21, RP-22, RP-08, RP-10, RP-12 Y RP-13

Los gabinetes serán de poliéster reforzado con fibras de vidrio, tipo mural para uso interior con grado de protección IP-66 (NEMA 4X) según norma IEC 60529, moldeado por compresión en caliente, de color gris RAL 7032, resistente a los impactos mecánicos externos, a altas temperaturas, a rayos UV y ambiente salinos o altamente agresivo.

- Tablero de rack de comunicación

Se utiliza este tablero para las siguientes estaciones: REP_MANCHAY, CP-05, RP-05, RP-07, RP-16 y REP_TAR. Estos tableros estarán ubicados en el cuarto de comunicación que se construirán por cada una de las estaciones mencionadas anteriormente, además contarán con su sistema de ventilación y aire acondicionado.

- Torre autoportada cuadrada pesada

El proceso de fabricación de las torres deberá ser rigurosamente controlado por ingenieros especialistas, utilizando para ello máquinas de control numérico de última generación.

Una consideración importante que se debe tener en cuenta es el área de la zapata de la torre la cual es de aproximadamente 2mx2m y una profundidad de 2.5m. El peso de una torre de 30m es de aproximadamente 3.5 toneladas.

El dimensionamiento de una torre depende de diversos factores tales como: el sistema a instalar, el terreno disponible, tipo y cantidad de antenas a instalar, restricciones en el desplazamiento de las antenas, condiciones medio ambientales.

Red de energía

Todas las estaciones cuentan con un sistema de alimentación interrumpida (UPS), este dispositivo gracias a sus baterías de almacenamiento, puede proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado a todos los dispositivos conectados a él, en caso se produzca un corte de energía eléctrica en la estación.

Costos básicos del equipamiento

Tabla 25

Costos básicos del equipamiento de comunicación

Ítem	Descripción	Costo	Cantidad	Total
1	Radio Microondas (ODU + IDU), 6 - 30GHz	13,000.00	24	312,000.00
2	Radio Modem, 400 MHz	2,500.00	24	60,000.00
3	Software de Monitoreo Remoto + PC + Monitor 30"	14,000.00	1	14,000.00
4	Router Multiservicio Switch Ethernet	4,500.00	1	4,500.00
5	Industrial, 48 puertos RJ45, Administrable Capa 3, RACK 19" Switch Ethernet	6,000.00	7	42,000.00
6	Industrial, 8 puertos RJ45, Administrable Capa 2	3,500.00	11	38,500.00
7	Antena Parabólica para enlace Microondas 7GHz, incluye Cable y accesorios	5,000.00	24	120,000.00
8	Antena Yagi, 400 MHz, incluye Cable LMR 400 y accesorios	1,000.00	24	24,000.00
9	Torre autosoportada cuadrada de 30m	21,000.00	6	126,000.00
10	Poste de Concreto Armado, H=18m + Mástil Metálico, incluye montaje	7,000.00	12	84,000.00
			TOTAL	825,000.00

Fuente: (Elaboración propia)

3.2.5 Consideraciones para instalaciones

Montaje de suministro de interiores

- Aspectos Generales

Las especificaciones que siguen a continuación se relacionan al montaje de los equipos de comunicaciones y son considerados como complementarios, para la ejecución de las instalaciones.

Se construirá un cuarto de comunicación en las estaciones cabeceras, las cuales tendrán un área suficiente para la instalación del tablero de comunicaciones rackeable de 19”.

- Instalación en radios de tablero de telemetría adosado a la pared

Para las estaciones RP-17, CP-06, RP-10, RP-12, RP-21, RP-18, RP-13, RP-22, RP-08, RP-19 y RP-20 se utilizaran tableros de telemetría adosados a la pared, debido a que dichas estaciones utilizan exclusivamente radios en 400 MHz.

- Instalación de radios en gabinete de comunicación autosoportado

Para las estaciones CP-05, RP-05, RP-07, RP-16 y los repetidores REP_MANCHAY, REP_TAR se utilizaran gabinetes de comunicación autosoportado de 44RU, debido a que dichas estaciones son cabeceras y pertenecen a la comunicación troncal. En estos gabinetes se instalaran las IDUs en 7GHz y también las radios en 400MHz.

Los gabinetes deberán contar con espacio adecuado para la instalación de los equipos de radios y permitirán el acceso de los cables de comunicación por la parte baja, así mismo los gabinetes de comunicación deberán contar con su respectivo sistema de iluminación, tomacorriente y sistema de climatización.

- Criterio de cableado

El cableado que normalmente se efectúa en este tipo de instalaciones llevara la señal de radiofrecuencia desde la radio hasta la antena exterior.

El tipo de cable que se usara para tal fin es un cable coaxial de baja pérdida.

El cableado de puesta a tierra de los equipos no solo asegurara el equipo contra descargas eléctricas sino que validará la garantía de fábrica que es vigente y es exigible en caso del mal funcionamiento atribuible a problemas de fabricación.

Los conductos y/o canaletas deberán instalarse de modo que los cables corran libres de obstáculos en todo el recorrido.

Montaje de suministro de exteriores

- Ubicación de montaje de torres tipo pesadas

Torres autoportadas cuadrada pesada

Tabla 26

Lugar de instalación de las torres autoportadas

ESTACIÓN/REPETIDOR	LUGAR DE INSTALACIÓN DE TORRE
CP-05, RP-05, RP-07,RP-16, y REP_MANCHAY	La torre autoportada cuadrada pesada será instalada en la superficie del suelo en una área despejada de aproximadamente 2mx2m. Además la zapata de la torre tendrá una profundidad de aproximadamente 2.5m
REP_TAR	La torre autoportada cuadrada pesada será instalada en la superficie del techo en una área despejada de aproximadamente 2mx2m.

Fuente: (Elaboración propia)

- Ubicación de montaje de poste de concreto

En las estaciones CP-06, RP-17, RP-12, RP-21, RP-13, RP-18, RP-22, RP-08, RP-19 y RP-20 se instalaran postes de concreto de 18m más un mástil de 6m. El área necesaria para las instalación de estos postes será de aproximadamente 0.5mx0.5m.

- Procedimiento de instalación de la antena exterior

Para el montaje de las antenas se debe tener en cuenta las recomendaciones del fabricante y experiencia según sea el caso.

3.2.6 Requerimientos a seguir en aspectos de energía y pozos de tierra

Estaciones Existentes:

En el caso de los reservorios existentes RP-05, RP-08, RP-12, RP-13 y RP-16 ya existe una carga contratada a Luz del Sur, pero al momento de colocar el cuarto de comunicaciones, así como los equipos de comunicación se pidió un aumento de carga a Luz del Sur, por la subida de kW (potencia). A continuación se muestra un cuadro comparativo en donde se aprecia tanto la potencia contratada existente así como la potencia contratada proyectada por cada reservorio existente.

Tabla 27

Potencia contratada proyectada (kW) para estaciones existentes

Estación	Suministro	Potencia Contratada Existente (kW)	Potencia Contratada Proyectada (kW)	Tensión (Voltios)	Medidor
RP-05	N°1576088	10	12	220	3Ø
RP-08	N°1576426	41.2	47	220	3Ø
RP-12	N°1576080	10	42	220	3Ø
RP-13	N°1575473	6.25	13	220	3Ø
RP-16	N°1575467	10	26	220	3Ø

Fuente: (Elaboración propia)

Estaciones Proyectadas:

En el caso de los reservorios proyectados RP-17, RP-18, RP-19, RP-20, RP-21 y RP-22, además de la cisterna proyectada CP-06 se está pidiendo un punto de diseño a Luz del Sur para el suministro de energía eléctrica según la potencia contratada proyectada a solicitar.

Tabla 28

Potencia contratada proyectada (kW) para estaciones existentes

Estación	Suministro	Potencia Contratada Proyectada (kW)	Tensión (Voltios)	Medidor	Ampliación de carga
RP-17	Nuevo	3	220	3Ø	-
RP-18	Nuevo	3	220	3Ø	-
RP-19	Nuevo	3	220	3Ø	-
RP-20	Nuevo	3	220	3Ø	-
RP-21	Nuevo	3	220	3Ø	-
RP-21	Nuevo	3	220	3Ø	-
CP-06	Nuevo	26	220	3Ø	-

Fuente: (Elaboración propia)

Pozos de tierra:

Todas las estaciones deberán contar con sus respectivos pozos de tierra de alta resistividad dieléctrica y libre de mantenimiento con cemento conductor.

Los pozos de tierra para los Tableros de Fuerza deberán tener una resistencia no mayor a 15 Ω , mientras que los pozos de tierra para los Tableros de Control y Telemetría deberán tener una resistencia no mayor de 5 Ω . Todos los tableros deberán estar debidamente aterrados

El Sistema de Puesta a Tierra para protección del Sistema de Baja Tensión, ha sido diseñado para obtener una resistencia de 15 Ohmios, sobre la base de los siguientes parámetros:

Diámetro del electrodo : 16 mm

Longitud del electrodo : 2.40 m

Para efectuar la puesta a tierra, se deberá excavarse en el terreno un pozo y reemplazar el terreno existente por tierra vegetal orgánica compactada y humedad mezclado con Bentonita, Sal Industrial y Cemento Conductivo.

De conformidad con lo prescrito en los Art. 3.2.7 y 3.6.6 del Código Nacional de Electricidad, deben estar debidamente protegidas mediante cable de puesta a Tierra, todas las carcasas metálicas de los Tableros Generales de Fuerza, Tableros de Distribución, así como todas las salidas de fuerza, tomacorrientes y de todas aquellas otras instalaciones que así lo requieran.

Los valores de resistencia de puesta a tierra no deberán exceder:

De 5.00 Ohmios para los pozos de tierra de telemetría y control.

De 15.00 Ohmios para los pozos de tierra de protección en baja tensión.

3.3 Integración al SCADA existente de Sedapal

La integración al SCADA consiste en llevar los datos de las doce estaciones de agua que forman parte del proyecto hasta el Centro de Control de Sedapal ubicado en La Atarjea (Distrito del Agustino), mediante la red de telemetría que se ha propuesto.

A continuación se va a explicar el equipamiento necesario para la integración al SCADA por cada estación:

Cisterna proyectada CP-06

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información de la cisterna proyectada CP-06 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 29

Radioenlaces que intervienen entre el CP-06 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre cisterna proyectada CP-06 hacia el repetidor proyectado REP_MANCHAY	400MHz
Radioenlace entre el repetidor REP_MANCHAY hacia la cisterna existente CP-05	7GHz
Radioenlace entre la cisterna existente CP-05 hacia el reservorio existente RP-07	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-07 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia la estación repetidora REP_MANCHAY.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio proyectado RP-17

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio proyectado RP-17 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 30

Radioenlaces que intervienen entre el RP-17 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio proyectado RP-17 hacia el repetidor proyectado REP_MANCHAY	400MHz
Radioenlace entre el repetidor proyectado REP_MANCHAY hacia la cisterna existente CP-05	7GHz
Radioenlace entre la cisterna existente CP-05 hacia el reservorio existente RP-07	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-07 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia la estación repetidora REP_MANCHAY.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio existente RP-12

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio existente RP-12 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 31

Radioenlaces que intervienen entre el RP-12 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio existente RP-12 hacia el reservorio existente RP-10	400MHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-10 hacia la cisterna existente CP-05	400MHz
Radioenlace entre la cisterna existente CP-05 hacia el reservorio existente RP-07	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-07 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia la estación RP-10.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio proyectado RP-21

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio proyectado RP-21 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 32

Radioenlaces que intervienen entre el RP-21 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio proyectado RP-21 hacia el reservorio proyectado RP-18	400MHz
Radioenlace entre el reservorio proyectado RP-18 hacia el reservorio existente RP-05	400MHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-05 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia la estación RP-10.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio proyectado RP-18

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio proyectado RP-18 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 33

Radioenlaces que intervienen entre el RP-18 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio proyectado RP-18 hacia el reservorio existente RP-05	400MHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-05 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (02) Dos postes de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (03) Tres Radios Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (03) Tres Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia la estación RP-21.
- (02) Dos Antenas Yagi externa para enlace punto a punto hacia la estación RP-05.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio proyectado RP-22

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio proyectado RP-22 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 34

Radioenlaces que intervienen entre el RP-22 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio proyectado RP-22 hacia el reservorio existente RP-05	400MHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-05 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-05.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio existente RP-05

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio existente RP-05 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 35

Radioenlaces que intervienen entre el RP-05 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio existente RP-05 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Una torre autosoportada cuadrada pesada de 30m dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (03) Tres Radios Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (02) Dos Antenas Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-18.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-22.
- (02) Dos Radios Ethernet en Banda Licenciada de 7GHz.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia la estación RP-16 en configuración 1+1.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 3, 48 puertos 10/100/1000 Base TX.
- (01) Un Rack de comunicaciones de 19” para la instalación de los equipos de comunicación suministrado.

Reservorio existente RP-13

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio existente RP-13 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 36

Radioenlaces que intervienen entre el RP-13 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio existente RP-13 hacia el reservorio existente RP-07	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-07 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-07.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio existente RP-08

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio existente RP-08 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 37

Radioenlaces que intervienen entre el RP-08 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio existente RP-08 hacia el reservorio existente RP-16	400 MHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-16.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio proyectado RP-19

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio proyectado RP-19 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 38

Radioenlaces que intervienen entre el RP-19 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio proyectado RP-19 hacia el reservorio existente RP-16	400 MHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-16.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.
- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio proyectado RP-20

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio proyectado RP-20 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 39

Radioenlaces que intervienen entre el RP-20 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio proyectado RP-20 hacia el reservorio existente RP-16	400 MHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Una Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-16.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.

- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Reservorio existente RP-16

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio existente RP-16 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 40

Radioenlaces que intervienen entre el RP-16 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Una torre autosoportada cuadrada pesada de 30m dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (03) Tres Radios Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-08.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio proyectado RP-19.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio proyectado RP-20.
- (04) Cuatro Radios Ethernet en Banda Licenciada de 7GHz.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia la estación RP-05 en configuración 1+1.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia la estación RP-07 en configuración 1+1.

- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia la estación REP_TAR MANCHAY en configuración 1+1.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 3, 48 puertos 10/100/1000 Base TX.
- (01) Un Rack de comunicaciones de 19” para la instalación de los equipos de comunicación suministrado.

REP MANCHAY

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del repetidor existente REP_MANCHAY hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 41

Radioenlaces que intervienen entre el REP_MANCHAY y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el repetidor REP_MANCHAY hacia la cisterna existente CP-05	7GHz
Radioenlace entre la cisterna existente CP-05 hacia el reservorio existente RP-07	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-07 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Una torre autosoportada cuadrada pesada de 30m dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (02) Dos Radios Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio proyectado RP-17.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia la cisterna proyectada CP-06.
- (02) Dos Radios Ethernet en Banda Licenciada de 7GHz.

- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia la cisterna existente CP-05 en configuración 1+1.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 3, 48 puertos 10/100/1000 Base TX.
- (01) Un Rack de comunicaciones de 19” para la instalación de los equipos de comunicación suministrado.

Reservorio existente RP-10

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio existente RP-10 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 42

Radioenlaces que intervienen entre el RP-10 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio existente RP-10 hacia la cisterna CP-05	400MHz
Radioenlace entre la cisterna existente CP-05 hacia el reservorio existente RP-07	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-07 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Un poste de concreto de 18m más un mástil de Fierro Galvanizado en caliente de 6m para la instalación dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (02) Dos Radios Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-12.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia la cisterna existente CP-05.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 2, 8 puertos 10/100 Base T.

- (01) Un Tablero de Telemetría para albergar a los equipos tanto a la radio como al switch administrable.

Cisterna existente CP-05

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información de la cisterna existente CP-05 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 43

Radioenlaces que intervienen entre la CP-05 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre la cisterna existente CP-05 hacia el reservorio existente RP-07	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-07 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Una torre autosoportada cuadrada pesada de 30m dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Un Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio proyectado RP-10.
- (04) Cuatro Radios Ethernet en Banda Licenciada de 7GHz.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia la estación repetidora proyectada REP_MANCHAY en configuración 1+1.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia el reservorio existente RP-07 en configuración 1+1.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 3, 48 puertos 10/100/1000 Base TX.

- (01) Un Rack de comunicaciones de 19” para la instalación de los equipos de comunicación suministrado.

Reservorio existente RP-07

Los radioenlaces que intervienen para llevar la información del reservorio existente RP-07 hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea son:

Tabla 44

Radioenlaces que intervienen entre el RP-07 y el Cerro Santa Rosa

Radioenlaces	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el reservorio existente RP-07 hacia el reservorio existente RP-16	7GHz
Radioenlace entre el reservorio existente RP-16 hacia el repetidor existente REP_TAR	7GHz
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Una torre autosoportada cuadrada pesada de 30m dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (01) Un Radio Ethernet en Banda Licenciada de 400 MHz.
- (01) Una Antena Yagi externa para enlace punto a punto hacia el reservorio existente RP-13.
- (04) Cuatro Radios Ethernet en Banda Licenciada de 7GHz.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia la cisterna existente CP-05 en configuración 1+1.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia el reservorio existente RP-16 en configuración 1+1.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 3, 48 puertos 10/100/1000 Base TX.
- (01) Un Rack de comunicaciones de 19” para la instalación de los equipos de comunicación suministrado.

REP_TAR

La repetidora existente REP_TAR es la encargada de llevar la información de cada una de las estaciones que pertenecen al proyecto hacia el Cerro Santa Rosa – ATARJEA en frecuencia de 7GHz para ser integrado al SCADA.

Tabla 45

Radioenlace entre el REP_TAR y el Cerro Santa Rosa

Radioenlace	Frecuencia de Radioenlace
Radioenlace entre el repetidor existente REP_TAR hacia el Cerro Santa Rosa-Atarjea	7GHz

Fuente: (Elaboración propia)

Para tal fin se debe considerar el siguiente equipamiento:

- (01) Una torre autosoportada cuadrada pesada de 30m dentro del cerco perimétrico de la estación.
- (04) Cuatro Radios Ethernet en Banda Licenciada de 7GHz.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia el reservorio existente RP-16 en configuración 1+1.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia el Cerro Santa Rosa – Atarjea en configuración 1+1.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 3, 48 puertos 10/100/1000 Base TX.
- (01) Un Rack de comunicaciones de 19” para la instalación de los equipos de comunicación suministrado.

CERRO SANTA ROSA

En el cerro Santa Rosa, ubicado en las instalaciones de La Atarjea de Sedapal, se encuentra ubicado una torre autosoportada de aproximadamente 50 m. Dentro del cuarto de comunicación se encuentran diferentes equipos de comunicaciones de los cuales se sabe que existen switch de comunicación administrados por el ETIC (equipo de tecnologías de información y comunicaciones) que están conectados a una

red de fibra óptica, que a su vez están conectados con los servidores de Sedapal ubicados en los centros de datos de Sedapal.

El equipamiento necesario para el cerro Santa Rosa es el siguiente:

- (02) Dos Radios Ethernet en Banda Licenciada de 7GHz.
- (02) Dos antenas parabólicas externas para enlaces punto a punto hacia el repetidor REP_TAR en configuración 1+1.
- (01) Un Switch industrial administrable Capa 3, 48 puertos 10/100/1000 Base TX.
- (01) Un Rack de comunicaciones de 19” para la instalación de los equipos de comunicación, del tipo abierto.
- UPS 220/220, incluye baterías y fuentes de voltaje.

3.4 Protocolo de Pruebas recomendado a seguir para la Red de Telemetría

3.4.1 Prueba de aceptación en fábrica

- a. El contratista deberá entregar entre 20 a 25 días de anticipación el programa de las pruebas de aceptación en fábrica que realizará a los equipos de radio en 400MHz y en 7GHz respectivamente, los cuales deben incluir los formularios requeridos, al igual que los instrumentos de medición y diagramas de interconexión de las pruebas.
- b. Los resultados de las pruebas en fábrica debidamente certificados serán presentados al supervisor del contrato.
- c. El contratista debe entregar al supervisor de contrato copia de las pruebas de calidad realizadas por cada uno de los fabricantes de las radios tanto en 400MHz y en 7GHz.

3.4.2 Prueba de aceptación en sitio

- a. El sistema estará sujeto a pruebas funcionales diseñadas a demostrar que ha sido integrado completamente para realizar todas sus funciones bajo la

programación y configuración según la filosofía de control aprobada por el área usuaria de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento.

- b. Mediante esta prueba se demostrará que el sistema SCADA instalado en el Centro de Control ubicado en La Atarjea, los PLC's instaladas en las estaciones de agua, los sistemas de comunicación instalados y todas las entradas/salidas analógicas, estado de alarmas y eventos en campo se encuentran completamente integrados y operando en completa sintonía. Durante esta etapa se completará aquellas pruebas que no se efectuaron en las etapas anteriores con la finalidad de validar los resultados.
- c. Se ejecutara nuevamente las pruebas de Pre-comisionamiento con la finalidad de comprobar el desempeño del sistema en condiciones reales de operación, de no cumplir con los requerimientos de tiempo solicitados el contratista deberá plantear soluciones que puedan conllevar al cambio de equipos y/o programas sin ningún costo para la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento.

3.5 Resultados

Luego de la etapa de diseño de la red de telemetría se realizó un estudio de prueba de radiopropagación de campo por parte de la empresa TELEMATION PERU para corroborar que el diseño planteado era el adecuado para la integración al SCADA. A continuación se presenta el estudio realizado:

3.5.1 Prueba de radiopropagación de campo

Tabla 46

Criterios necesarios para la prueba de radiopropagación

Equipo	Radio modem industrial para aplicación telemetría
Cantidad	02
Modelo	Xeta4-E
Frecuencia ajustable	406 - 430MHz
Maestra	Reservorio
Remota	Cisterna
Polarización del sistema	Vertical
Modulación	32QAM
Potencia RF para prueba	500 mW
Interface de comunicación	Ethernet
Prueba de velocidad	Sí (software FBench)
Direcciones IP radios	192.168.0.10 / 192.168.0.20
Direcciones IP laptops	192.168.0.100 / 192.168.0.200

Fuente: (Telemation Perú)

Lo pasos realizados para el estudio de radiopropagación son los siguientes:

- Se simula un entorno de transmisión de telemetría industrial:

Una laptop con software EasyModbus funciona como Modbus TCP server

Una laptop con software OPC KepServer funciona como Modbus Cliente (emulación de sistema de telemetría).

El entorno de simulación no permite lo siguiente:

- Tomar estadísticas de una comunicación Modbus TCP en el entorno real.
- Tomar estadísticas del radio modem en entorno real, similar a producción.
- Permite hacer mediciones de velocidad (throughput) y validar la capacidad del sistema.

A continuación se muestran los resultados de las mediciones.

Enlace RP-16 hacia RP-19

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en RP-16 y RP-19.

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

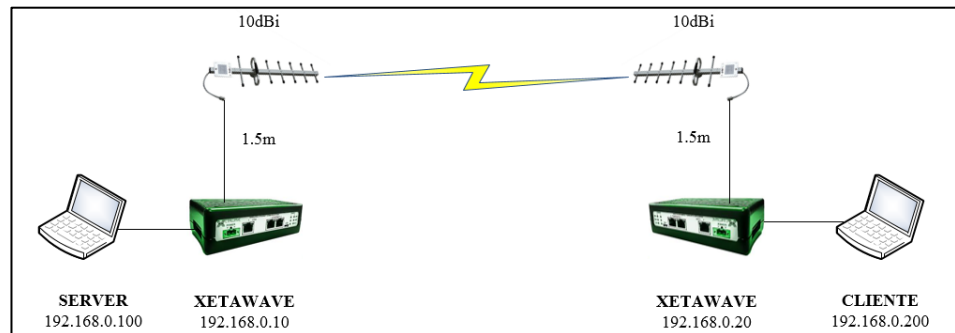


Figura 19. Enlace RP-16 hacia RP-19. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH

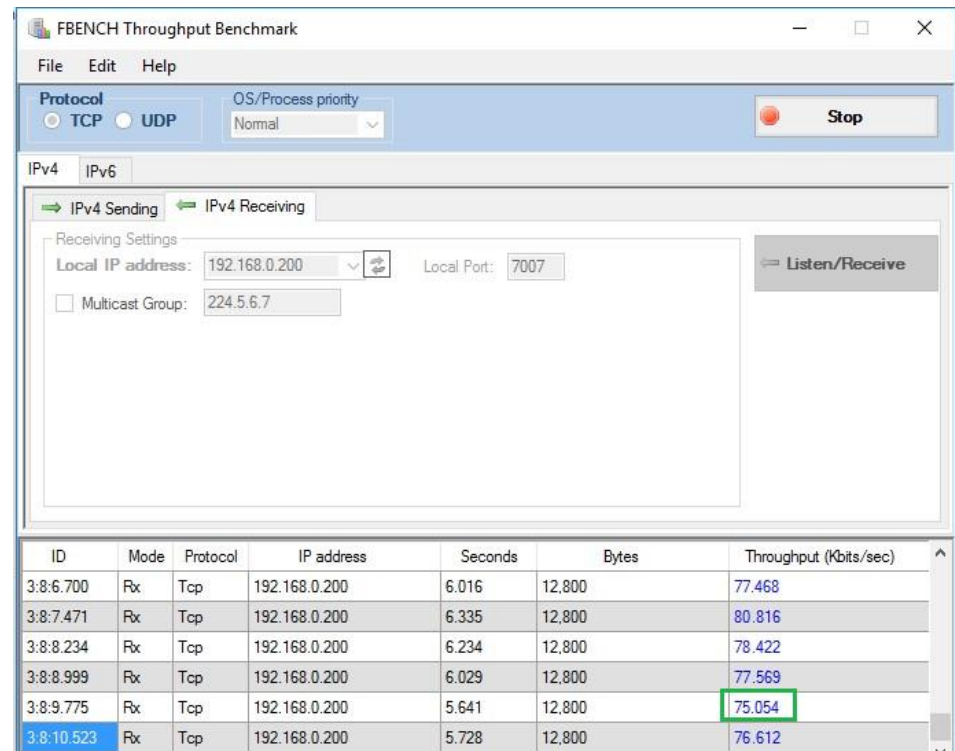


Figura 20. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

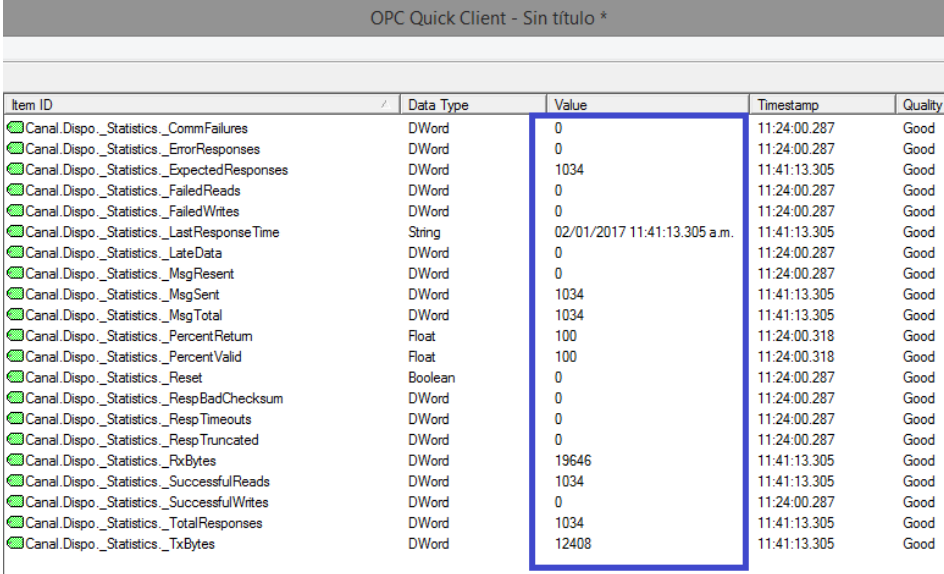
Bytes recibidos: 19646

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling



OPC Quick Client - Sin título *

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	1034	11:41:13.305	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	02/01/2017 11:41:13.305 a.m.	11:41:13.305	Good
Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgResent	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	1034	11:41:13.305	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	1034	11:41:13.305	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	11:24:00.318	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	11:24:00.318	Good
Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	19646	11:41:13.305	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	1034	11:41:13.305	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	11:24:00.287	Good
Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	1034	11:41:13.305	Good
Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	12408	11:41:13.305	Good

Figura 21. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
02/01/2017	11:41:17.305 a.m.	TX	12	04 17 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:17.305 a.m.	RX	7	04 17 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:17.305 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:18.305 a.m.	TX	12	04 18 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:18.305 a.m.	RX	7	04 18 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:18.305 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:19.305 a.m.	TX	12	04 19 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:19.305 a.m.	RX	7	04 19 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:19.305 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:20.305 a.m.	TX	12	04 1A 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:20.305 a.m.	RX	7	04 1A 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:20.305 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:21.305 a.m.	TX	12	04 1B 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:21.305 a.m.	RX	7	04 1B 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:21.305 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:22.305 a.m.	TX	12	04 1C 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:22.305 a.m.	RX	7	04 1C 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:22.305 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:23.306 a.m.	TX	12	04 1D 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:23.306 a.m.	RX	7	04 1D 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:23.306 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:24.306 a.m.	TX	12	04 1E 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:24.306 a.m.	RX	7	04 1E 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:24.306 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:25.306 a.m.	TX	12	04 1F 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:25.306 a.m.	RX	7	04 1F 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:25.306 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:26.306 a.m.	TX	12	04 20 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:26.306 a.m.	RX	7	04 20 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:26.306 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:27.290 a.m.	TX	12	04 21 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:27.290 a.m.	RX	7	04 21 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:27.290 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:28.290 a.m.	TX	12	04 22 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:28.290 a.m.	RX	7	04 22 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:28.290 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:29.306 a.m.	TX	12	04 23 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:29.306 a.m.	RX	7	04 23 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:29.306 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:30.290 a.m.	TX	12	04 24 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:30.290 a.m.	RX	7	04 24 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:30.290 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:31.290 a.m.	TX	12	04 25 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:31.290 a.m.	RX	7	04 25 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:31.290 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:32.290 a.m.	TX	12	04 26 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	11:41:32.290 a.m.	RX	7	04 26 00 00 00 00 01
02/01/2017	11:41:32.290 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	11:41:33.291 a.m.	TX	12	04 27 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05

Reset Statistics	TX:	12648	Good Reads: 1054	Good Writes: 0	Total events: 1000
	RX:	20026	Failed Reads: 0	Failed Writes: 0	Autoscroll

Capturing

Figura 22. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemetry Perú)

Enlace RP-16 hacia RP-20

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en RP-16 y RP-20

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

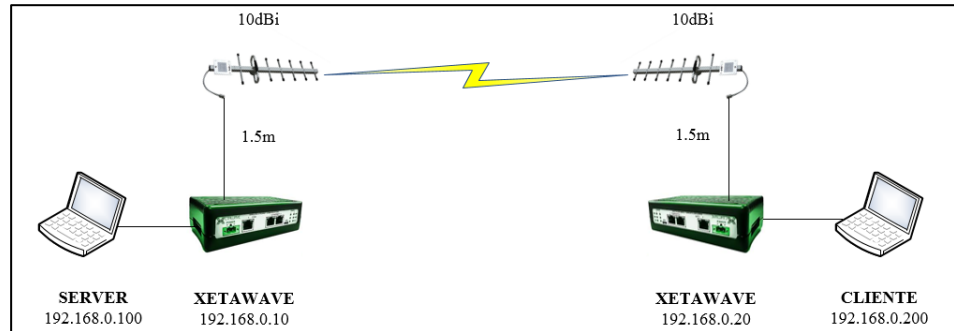


Figura 23. Enlace RP-16 hacia RP-20. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH.

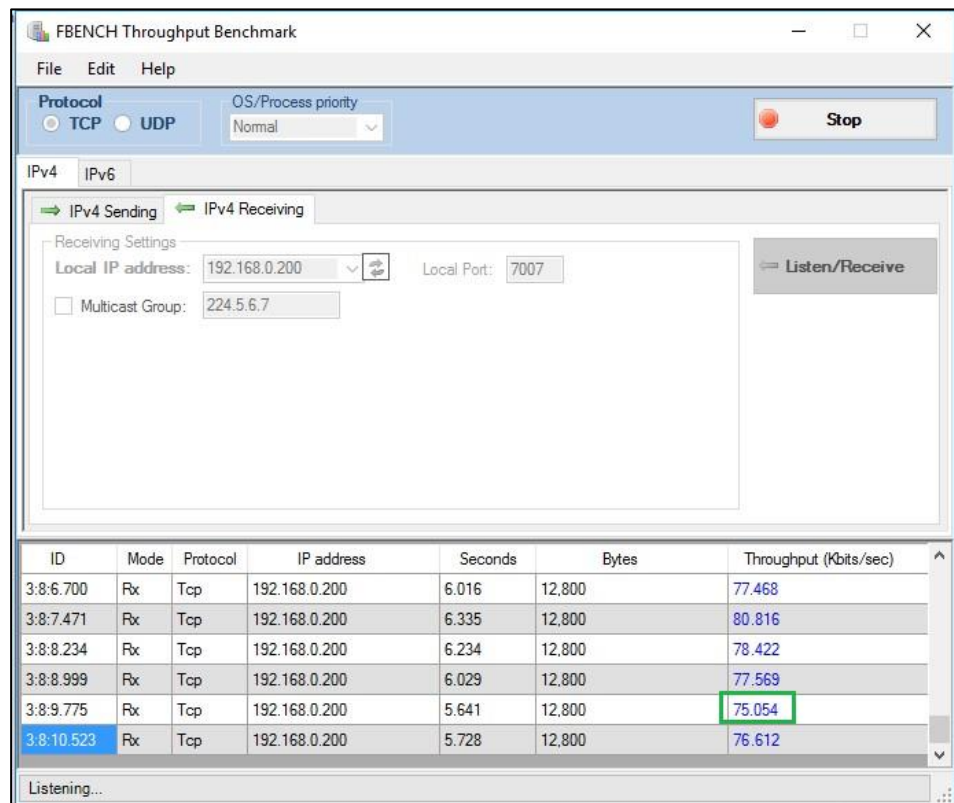


Figura 24. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

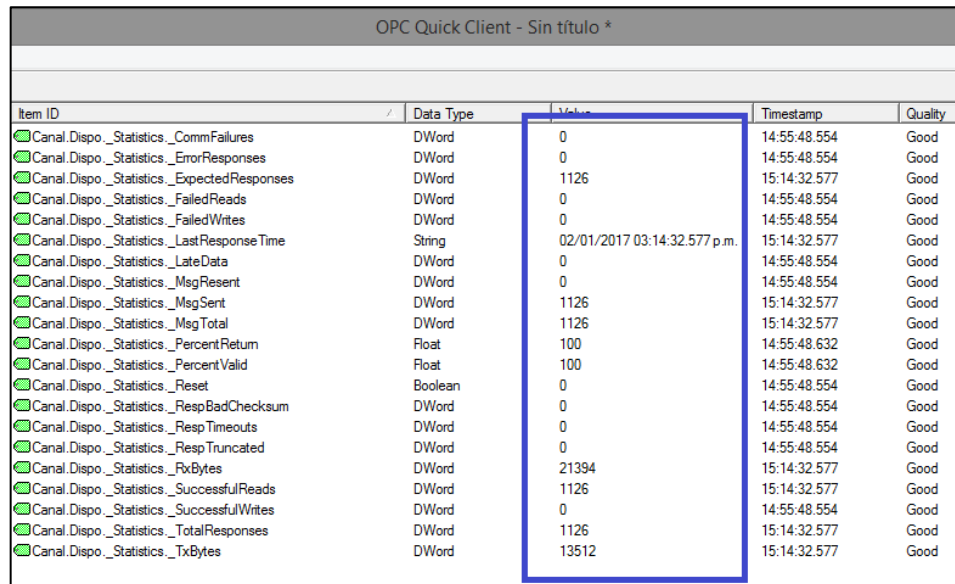
Bytes recibidos: 21394

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling



The screenshot shows a table titled 'OPC Quick Client - Sin titulo *'. The table has five columns: 'Item ID', 'Data Type', 'Value', 'Timestamp', and 'Quality'. The 'Value' column is highlighted with a blue box. The table lists various Modbus statistics for a channel, including counts for failures, responses, errors, and bytes transmitted/received.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	1126	15:14:32.577	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	02/01/2017 03:14:32.577 p.m.	15:14:32.577	Good
Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgResent	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	1126	15:14:32.577	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	1126	15:14:32.577	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	14:55:48.632	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	14:55:48.632	Good
Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	21394	15:14:32.577	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	1126	15:14:32.577	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	14:55:48.554	Good
Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	1126	15:14:32.577	Good
Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	13512	15:14:32.577	Good

Figura 25. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
02/01/2017	03:14:37.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:38.577 p.m.	TX	12	08 B4 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:38.577 p.m.	RX	7	08 B4 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:38.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:39.577 p.m.	TX	12	08 B5 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:39.577 p.m.	RX	7	08 B5 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:39.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:40.577 p.m.	TX	12	08 B6 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:40.577 p.m.	RX	7	08 B6 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:40.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:41.577 p.m.	TX	12	08 B7 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:41.577 p.m.	RX	7	08 B7 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:41.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:42.577 p.m.	TX	12	08 B8 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:42.577 p.m.	RX	7	08 B8 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:42.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:43.577 p.m.	TX	12	08 B9 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:43.577 p.m.	RX	7	08 B9 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:43.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:44.577 p.m.	TX	12	08 BA 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:44.577 p.m.	RX	7	08 BA 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:44.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:45.577 p.m.	TX	12	08 BB 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:45.577 p.m.	RX	7	08 BB 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:45.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:46.577 p.m.	TX	12	08 BC 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:46.577 p.m.	RX	7	08 BC 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:46.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:47.577 p.m.	TX	12	08 BD 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:47.577 p.m.	RX	7	08 BD 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:47.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:48.577 p.m.	TX	12	08 BE 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:48.593 p.m.	RX	7	08 BE 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:48.593 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:49.577 p.m.	TX	12	08 BF 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:49.577 p.m.	RX	7	08 BF 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:49.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:50.577 p.m.	TX	12	08 C0 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:50.577 p.m.	RX	7	08 C0 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:50.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:51.577 p.m.	TX	12	08 C1 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:51.577 p.m.	RX	7	08 C1 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:51.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:52.577 p.m.	TX	12	08 C2 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:52.577 p.m.	RX	7	08 C2 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:52.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
02/01/2017	03:14:53.577 p.m.	TX	12	08 C3 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
02/01/2017	03:14:53.577 p.m.	RX	7	08 C3 00 00 00 0D 01
02/01/2017	03:14:53.577 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

TX:	13776	Good Reads: 1148	Good Writes: 0	Total events: 1000
RX:	21812	Failed Reads: 0	Failed Writes: 0	Autoscroll

Capturing

Figura 26. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Enlace RP-05 hacia RP-22

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en RP-16 y RP-20

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

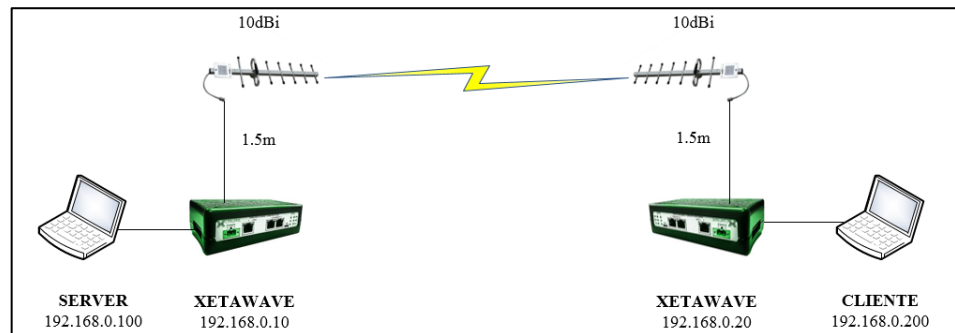


Figura 27. Enlace RP-05 hacia RP-22. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH.

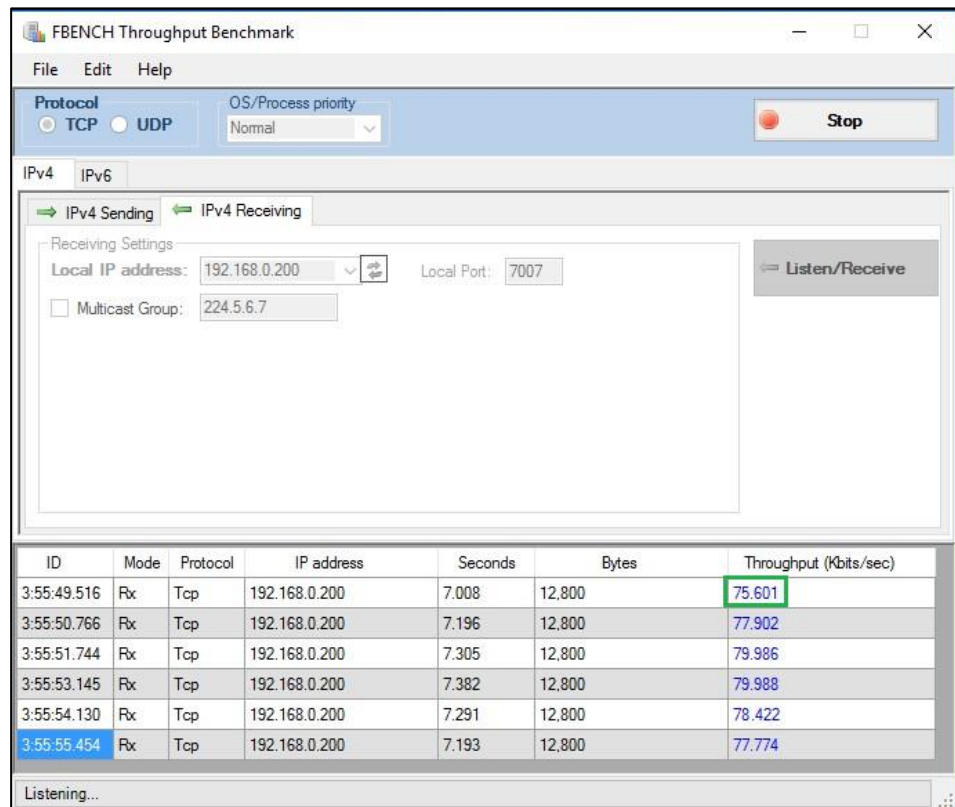


Figura 28. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

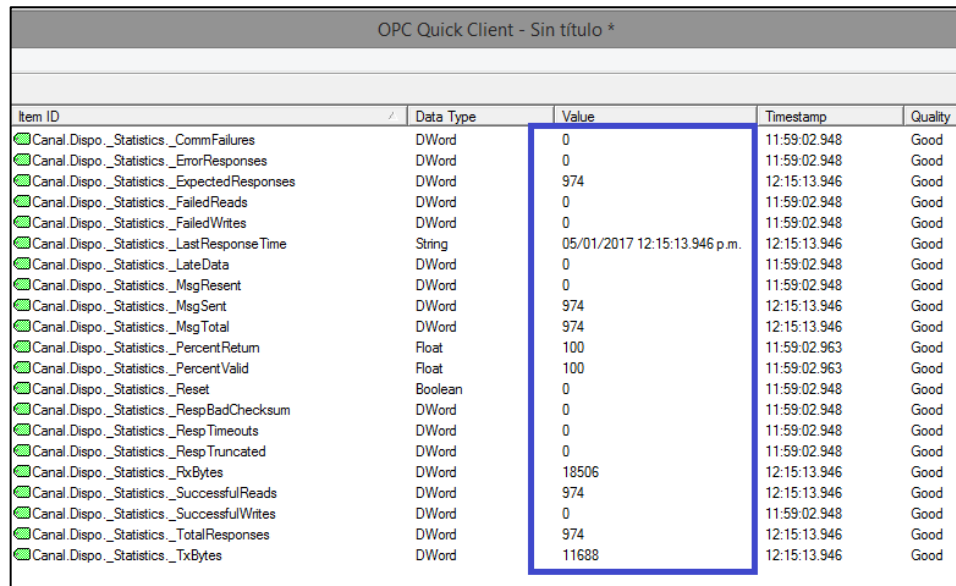
Bytes recibidos: 18506

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling



OPC Quick Client - Sin título *

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	974	12:15:13.946	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	05/01/2017 12:15:13.946 p.m.	12:15:13.946	Good
Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgResent	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	974	12:15:13.946	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	974	12:15:13.946	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	11:59:02.963	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	11:59:02.963	Good
Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	18506	12:15:13.946	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	974	12:15:13.946	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	11:59:02.948	Good
Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	974	12:15:13.946	Good
Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	11688	12:15:13.946	Good

Figura 29. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo

real. Fuente: (Telemetry Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
05/01/2017	12:15:19.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:20.947 p.m.	TX	12	13 F6 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:20.947 p.m.	RX	7	13 F6 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:20.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:21.947 p.m.	TX	12	13 F7 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:21.947 p.m.	RX	7	13 F7 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:21.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:22.947 p.m.	TX	12	13 F8 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:22.947 p.m.	RX	7	13 F8 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:22.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:23.947 p.m.	TX	12	13 F9 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:23.947 p.m.	RX	7	13 F9 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:23.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:24.947 p.m.	TX	12	13 FA 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:24.947 p.m.	RX	7	13 FA 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:24.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:25.947 p.m.	TX	12	13 FB 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:25.947 p.m.	RX	7	13 FB 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:25.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:26.947 p.m.	TX	12	13 FC 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:26.947 p.m.	RX	7	13 FC 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:26.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:27.947 p.m.	TX	12	13 FD 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:27.947 p.m.	RX	7	13 FD 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:27.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:28.947 p.m.	TX	12	13 FE 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:28.947 p.m.	RX	7	13 FE 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:28.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:29.947 p.m.	TX	12	13 FF 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:29.947 p.m.	RX	7	13 FF 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:29.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:30.947 p.m.	TX	12	14 00 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:30.947 p.m.	RX	7	14 00 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:30.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:31.947 p.m.	TX	12	14 01 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:31.947 p.m.	RX	7	14 01 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:31.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:32.947 p.m.	TX	12	14 02 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:32.947 p.m.	RX	7	14 02 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:32.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:33.947 p.m.	TX	12	14 03 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:33.947 p.m.	RX	7	14 03 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:33.947 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:34.948 p.m.	TX	12	14 04 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:34.948 p.m.	RX	7	14 04 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:34.948 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
05/01/2017	12:15:35.948 p.m.	TX	12	14 05 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
05/01/2017	12:15:35.948 p.m.	RX	7	14 05 00 00 00 00 0D 01
05/01/2017	12:15:35.948 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

Reset Statistics	TX:	11952	Good Reads: 996	Good Writes: 0	Total events: 1000
	RX:	18924	Failed Reads: 0	Failed Writes: 0	Autoscroll

Capturing

Figura 30. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Enlace RP-21 hacia RP-18

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en RP-21 y RP-18

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

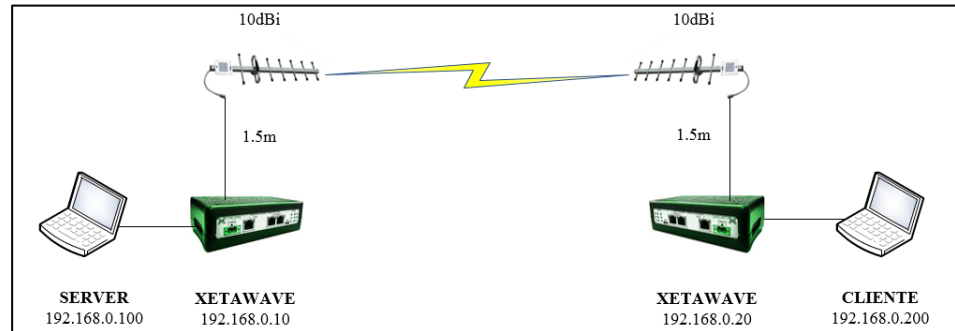


Figura 31. Enlace RP-21 hacia RP-18. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH.

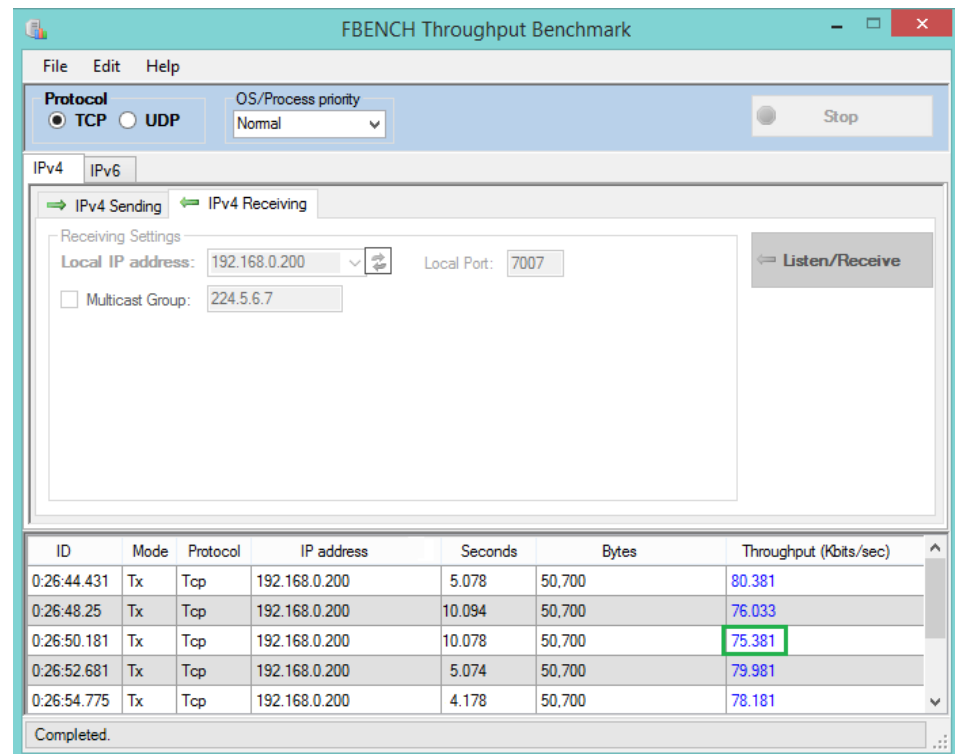


Figura 32. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

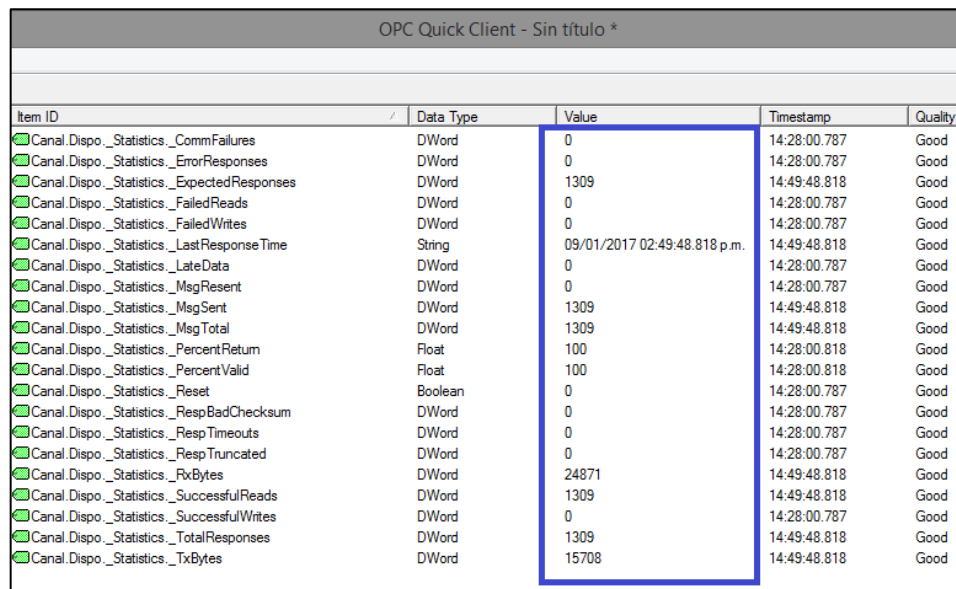
Bytes recibidos: 24871

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling



OPC Quick Client - Sin título *

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	1309	14:49:48.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	09/01/2017 02:49:48.818 p.m.	14:49:48.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgReset	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	1309	14:49:48.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	1309	14:49:48.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	14:28:00.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	14:28:00.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	24871	14:49:48.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	1309	14:49:48.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	14:28:00.787	Good
Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	1309	14:49:48.818	Good
Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	15708	14:49:48.818	Good

Figura 33. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemetry Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
09/01/2017	02:49:46.818 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:47.818 p.m.	TX	12	0D FA 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:47.818 p.m.	RX	7	0D FA 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:47.818 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:48.818 p.m.	TX	12	0D FB 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:48.818 p.m.	RX	7	0D FB 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:48.818 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:49.818 p.m.	TX	12	0D FC 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:49.818 p.m.	RX	7	0D FC 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:49.818 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:50.818 p.m.	TX	12	0D FD 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:50.818 p.m.	RX	7	0D FD 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:50.818 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:51.818 p.m.	TX	12	0D FE 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:51.818 p.m.	RX	7	0D FE 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:51.818 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:52.819 p.m.	TX	12	0D FF 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:52.819 p.m.	RX	7	0D FF 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:52.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:53.819 p.m.	TX	12	0E 00 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:53.819 p.m.	RX	7	0E 00 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:53.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:54.819 p.m.	TX	12	0E 01 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:54.819 p.m.	RX	7	0E 01 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:54.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:55.819 p.m.	TX	12	0E 02 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:55.819 p.m.	RX	7	0E 02 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:55.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:56.819 p.m.	TX	12	0E 03 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:56.819 p.m.	RX	7	0E 03 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:56.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:57.819 p.m.	TX	12	0E 04 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:57.819 p.m.	RX	7	0E 04 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:57.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:58.819 p.m.	TX	12	0E 05 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:58.819 p.m.	RX	7	0E 05 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:58.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:49:59.819 p.m.	TX	12	0E 06 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:49:59.819 p.m.	RX	7	0E 06 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:49:59.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:50:00.819 p.m.	TX	12	0E 07 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:50:00.819 p.m.	RX	7	0E 07 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:50:00.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:50:01.819 p.m.	TX	12	0E 08 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:50:01.819 p.m.	RX	7	0E 08 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:50:01.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
09/01/2017	02:50:02.819 p.m.	TX	12	0E 09 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
09/01/2017	02:50:02.819 p.m.	RX	7	0E 09 00 00 00 0D 01
09/01/2017	02:50:02.819 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

Reset Statistics	TX:	15888	Good Reads: 1324	Good Writes: 0	Total events: 1000
	RX:	25156	Failed Reads: 0	Failed Writes: 0	Autoscroll

Capturing

Figura 34. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Enlace RP-07 hacia RP-13

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en RP-07 y RP-13

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

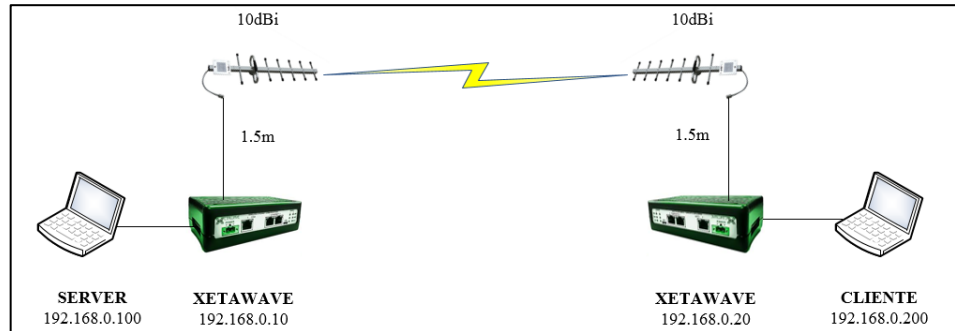


Figura 35. Enlace RP-07 hacia RP-13. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH.

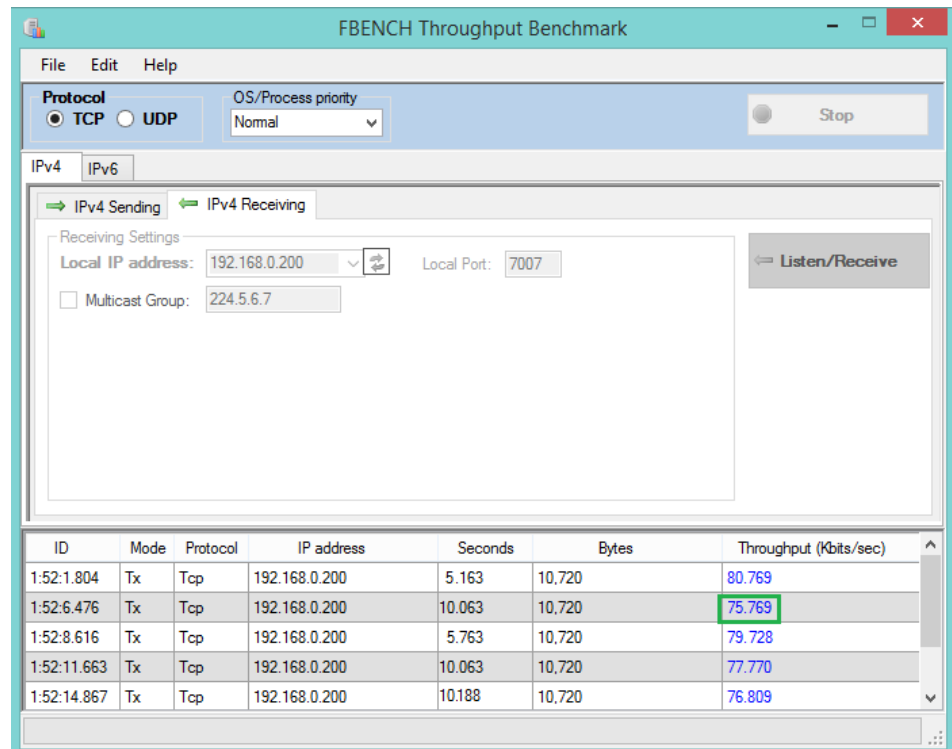


Figura 36. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

Bytes recibidos: 22610

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling

OPC Quick Client - Sin título *					
Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	
Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	1190	12:13:38.874	Good	
Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	24/03/2017 12:13:38.874 p.m.	12:13:38.874	Good	
Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._MsgResent	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	1190	12:13:38.874	Good	
Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	1190	12:13:38.874	Good	
Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	11:53:49.865	Good	
Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	11:53:49.865	Good	
Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	22610	12:13:38.874	Good	
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	1190	12:13:38.874	Good	
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	11:53:49.834	Good	
Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	1190	12:13:38.874	Good	
Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	14280	12:13:38.874	Good	

Figura 37. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo

real. Fuente: (Telemetry Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
24/03/2017	12:13:44.874 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:45.874 p.m.	TX	12	18 CD 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:45.874 p.m.	RX	7	18 CD 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:45.874 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:46.874 p.m.	TX	12	18 CE 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:46.874 p.m.	RX	7	18 CE 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:46.874 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:47.874 p.m.	TX	12	18 CF 00 00 00 06 00 03 00 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:47.874 p.m.	RX	7	18 CF 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:47.874 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:48.874 p.m.	TX	12	18 D0 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:48.874 p.m.	RX	7	18 D0 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:48.874 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:49.874 p.m.	TX	12	18 D1 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:49.874 p.m.	RX	7	18 D1 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:49.874 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:50.874 p.m.	TX	12	18 D2 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:50.874 p.m.	RX	7	18 D2 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:50.874 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:51.875 p.m.	TX	12	18 D3 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:51.875 p.m.	RX	7	18 D3 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:51.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:52.875 p.m.	TX	12	18 D4 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:52.875 p.m.	RX	7	18 D4 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:52.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:53.875 p.m.	TX	12	18 D5 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:53.875 p.m.	RX	7	18 D5 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:53.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:54.875 p.m.	TX	12	18 D6 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:54.875 p.m.	RX	7	18 D6 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:54.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:55.875 p.m.	TX	12	18 D7 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:55.875 p.m.	RX	7	18 D7 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:55.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:56.875 p.m.	TX	12	18 D8 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:56.875 p.m.	RX	7	18 D8 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:56.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:57.875 p.m.	TX	12	18 D9 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:57.875 p.m.	RX	7	18 D9 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:57.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:58.875 p.m.	TX	12	18 DA 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:58.875 p.m.	RX	7	18 DA 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:58.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:13:59.875 p.m.	TX	12	18 DB 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:13:59.875 p.m.	RX	7	18 DB 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:13:59.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
24/03/2017	12:14:00.875 p.m.	TX	12	18 DC 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
24/03/2017	12:14:00.875 p.m.	RX	7	18 DC 00 00 00 00 01
24/03/2017	12:14:00.875 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

Reset Statistics TX: 14556 Good Reads: 1213 Good Writes: 0 Total events: 1000
RX: 23047 Failed Reads: 0 Failed Writes: 0 Autoscroll

Capturing

Figura 38. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Enlace CP-05 hacia RP-10

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en CP-05 y RP-10

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

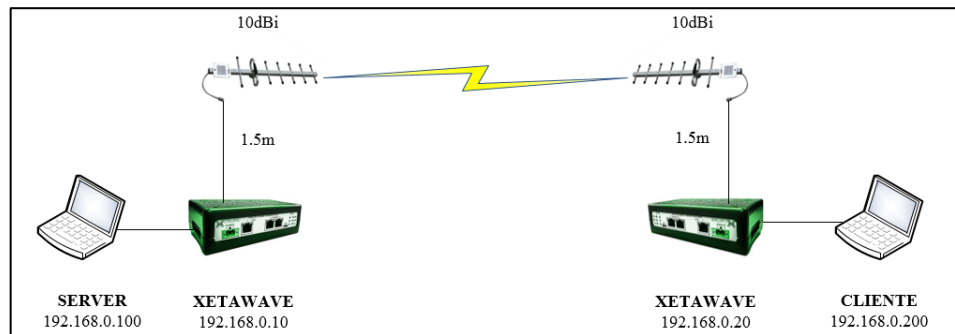


Figura 39. Enlace RP-16 hacia RP-19. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH.

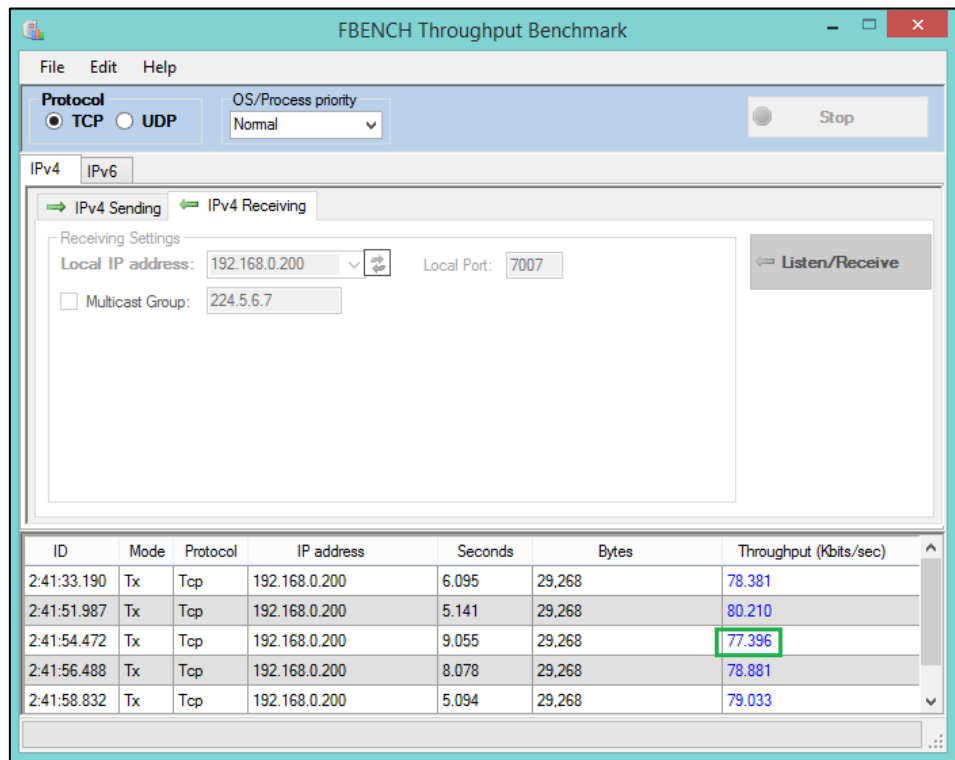


Figura 40. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

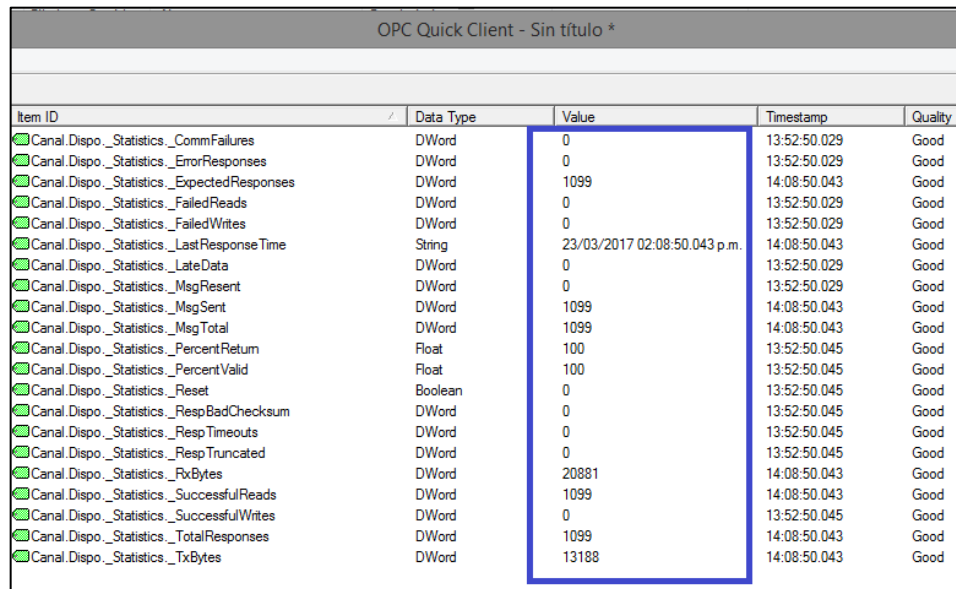
Bytes recibidos: 20881

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling



The screenshot shows a window titled "OPC Quick Client - Sin título *". It contains a table with the following columns: Item ID, Data Type, Value, Timestamp, and Quality. The table lists various Modbus statistics for a channel. A blue box highlights the 'Value' column for the 'Canal.Dispo._Statistics._RxBytes' row, which contains the value 20881.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	13:52:50.029	Good
Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	13:52:50.029	Good
Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	1099	14:08:50.043	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	13:52:50.029	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	13:52:50.029	Good
Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	23/03/2017 02:08:50.043 p.m.	14:08:50.043	Good
Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	13:52:50.029	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgResent	DWord	0	13:52:50.029	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	1099	14:08:50.043	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	1099	14:08:50.043	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	13:52:50.045	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	13:52:50.045	Good
Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	13:52:50.045	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	13:52:50.045	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	13:52:50.045	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	13:52:50.045	Good
Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	20881	14:08:50.043	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	1099	14:08:50.043	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	13:52:50.045	Good
Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	1099	14:08:50.043	Good
Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	13188	14:08:50.043	Good

Figura 41. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemetry Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
23/03/2017	02:09:26.046 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:27.047 p.m.	TX	12	04 70 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:27.047 p.m.	RX	7	04 70 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:27.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:28.047 p.m.	TX	12	04 71 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:28.047 p.m.	RX	7	04 71 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:28.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:29.047 p.m.	TX	12	04 72 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:29.047 p.m.	RX	7	04 72 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:29.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:30.047 p.m.	TX	12	04 73 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:30.047 p.m.	RX	7	04 73 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:30.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:31.047 p.m.	TX	12	04 74 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:31.047 p.m.	RX	7	04 74 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:31.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:32.047 p.m.	TX	12	04 75 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:32.047 p.m.	RX	7	04 75 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:32.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:33.047 p.m.	TX	12	04 76 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:33.047 p.m.	RX	7	04 76 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:33.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:34.047 p.m.	TX	12	04 77 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:34.047 p.m.	RX	7	04 77 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:34.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:35.047 p.m.	TX	12	04 78 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:35.047 p.m.	RX	7	04 78 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:35.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:36.047 p.m.	TX	12	04 79 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:36.047 p.m.	RX	7	04 79 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:36.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:37.047 p.m.	TX	12	04 7A 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:37.047 p.m.	RX	7	04 7A 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:37.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:38.047 p.m.	TX	12	04 7B 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:38.047 p.m.	RX	7	04 7B 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:38.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:39.047 p.m.	TX	12	04 7C 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:39.047 p.m.	RX	7	04 7C 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:39.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:40.047 p.m.	TX	12	04 7D 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:40.047 p.m.	RX	7	04 7D 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:40.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:41.047 p.m.	TX	12	04 7E 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:41.047 p.m.	RX	7	04 7E 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:41.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	02:09:42.047 p.m.	TX	12	04 7F 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	02:09:42.047 p.m.	RX	7	04 7F 00 00 00 0D 01
23/03/2017	02:09:42.047 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

Reset Statistics	TX:	13824	Good Reads: 1152	Good Writes: 0	Total events: 1000
	RX:	21888	Failed Reads: 0	Failed Writes: 0	Autoscroll

Capturing

Figura 42. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Enlace RP-10 hacia RP-12

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en RP-10 y RP-12

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

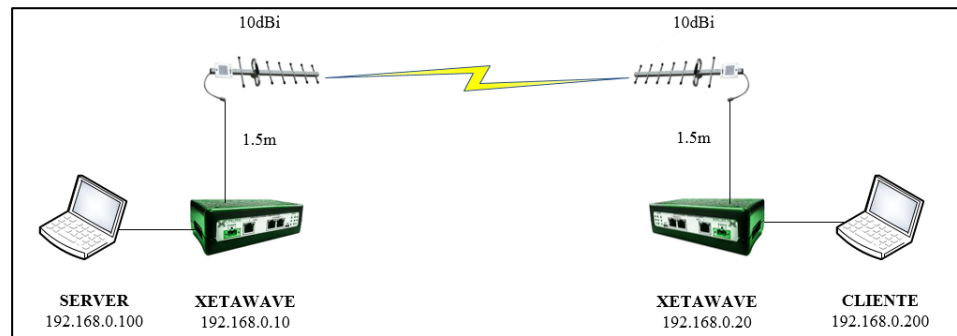


Figura 43. Enlace RP-10 hacia RP-12. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH.

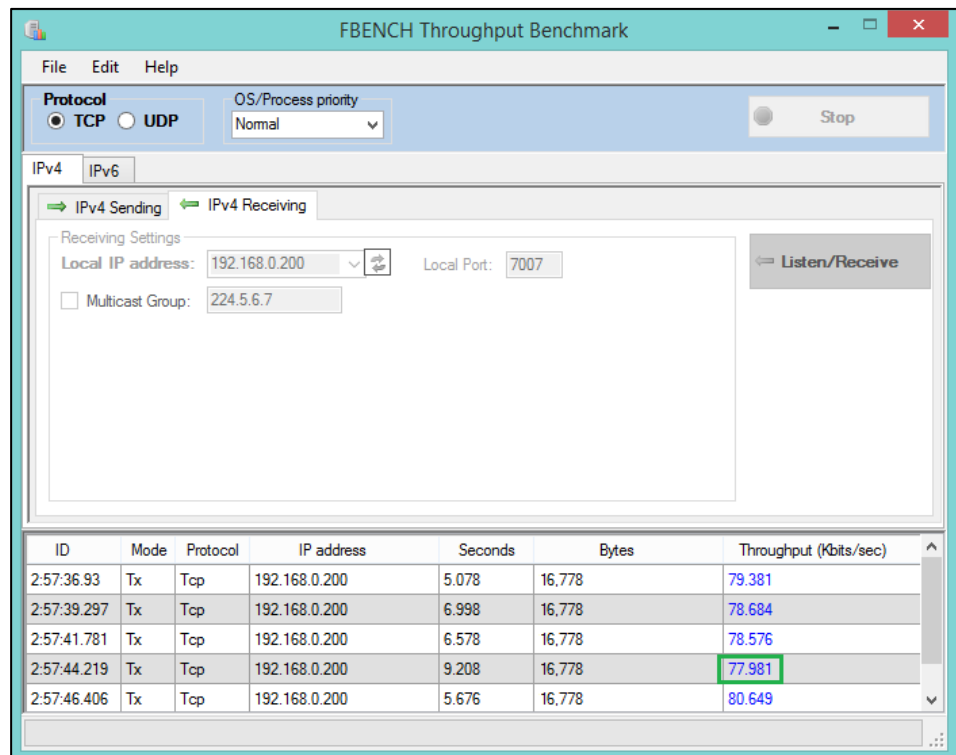


Figura 44. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

Bytes recibidos: 22971

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling

OPC Quick Client - Sin título *					
Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	1209	10:42:05.142	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	23/03/2017 10:42:05.142 a.m.	10:42:05.142	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._MsgReset	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	1209	10:42:05.142	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	1209	10:42:05.142	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	10:21:57.131	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	10:21:57.131	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	22971	10:42:05.142	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	1209	10:42:05.142	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	10:21:57.100	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	1209	10:42:05.142	Good	
<input checked="" type="checkbox"/> Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	14508	10:42:05.142	Good	

Figura 45. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo

real. Fuente: (Telemation Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
23/03/2017	10:42:05.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:06.142 a.m.	TX	12	12 DC 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:06.142 a.m.	RX	7	12 DC 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:06.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:07.142 a.m.	TX	12	12 DD 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:07.142 a.m.	RX	7	12 DD 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:07.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:08.142 a.m.	TX	12	12 DE 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:08.142 a.m.	RX	7	12 DE 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:08.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:09.142 a.m.	TX	12	12 DF 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:09.142 a.m.	RX	7	12 DF 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:09.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:10.142 a.m.	TX	12	12 E0 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:10.142 a.m.	RX	7	12 E0 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:10.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:11.142 a.m.	TX	12	12 E1 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:11.142 a.m.	RX	7	12 E1 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:11.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:12.142 a.m.	TX	12	12 E2 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:12.142 a.m.	RX	7	12 E2 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:12.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:13.142 a.m.	TX	12	12 E3 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:13.142 a.m.	RX	7	12 E3 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:13.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:14.142 a.m.	TX	12	12 E4 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:14.142 a.m.	RX	7	12 E4 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:14.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:15.143 a.m.	TX	12	12 E5 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:15.143 a.m.	RX	7	12 E5 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:15.143 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:16.142 a.m.	TX	12	12 E6 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:16.142 a.m.	RX	7	12 E6 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:16.142 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:17.143 a.m.	TX	12	12 E7 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:17.143 a.m.	RX	7	12 E7 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:17.143 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:18.143 a.m.	TX	12	12 E8 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:18.143 a.m.	RX	7	12 E8 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:18.143 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:19.143 a.m.	TX	12	12 E9 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:19.143 a.m.	RX	7	12 E9 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:19.143 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:20.143 a.m.	TX	12	12 EA 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:20.143 a.m.	RX	7	12 EA 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:20.143 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
23/03/2017	10:42:21.143 a.m.	TX	12	12 EB 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
23/03/2017	10:42:21.143 a.m.	RX	7	12 EB 00 00 00 0D 01
23/03/2017	10:42:21.143 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

Reset Statistics	TX:	14712	Good Reads: 1226	Good Writes: 0	Total events: 1000
	RX:	23294	Failed Reads: 0	Failed Writes: 0	Autoscroll

Capturing

Figura 46. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Enlace REP MANCHAY con CP-06

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en REP_Manchay y CP-06.

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

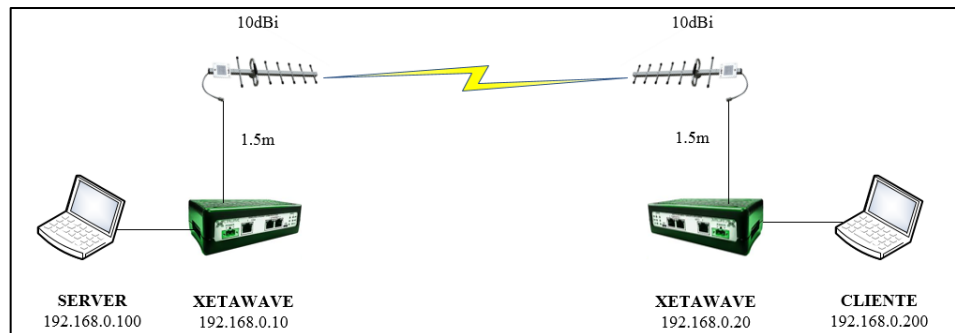


Figura 47. Enlace REP_MANCHAY hacia CP-06. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH.

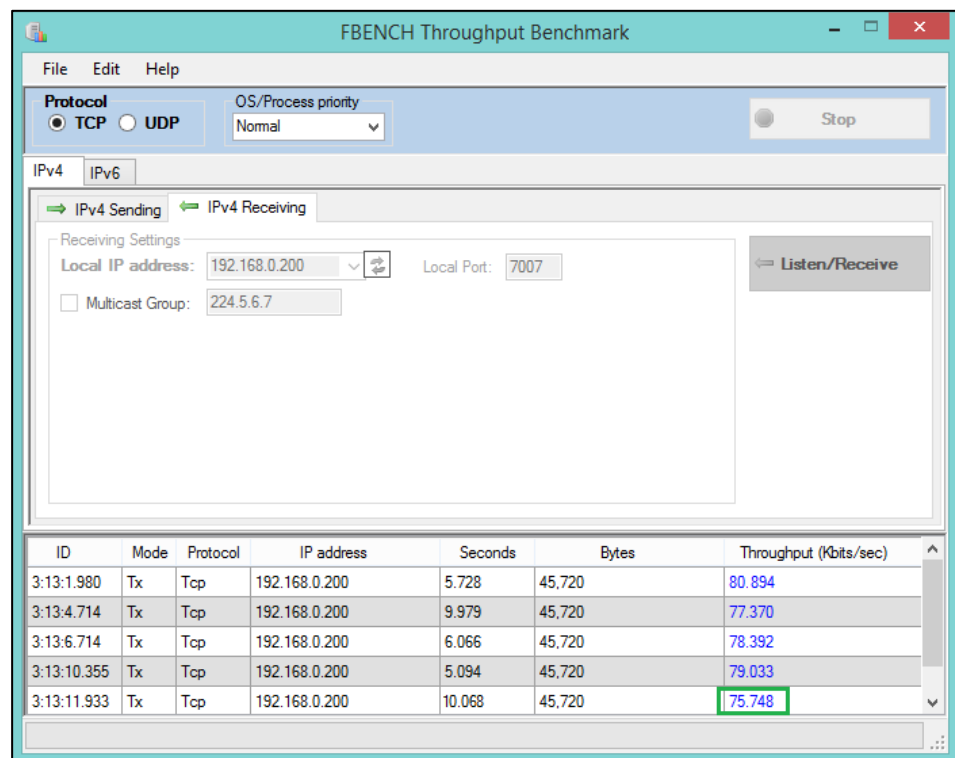


Figura 48. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

Bytes recibidos: 20634

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling

OPC Quick Client - Sin título *					
Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	
Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	1086	11:11:38.127	Good	
Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	25/03/2017 11:11:38.127 a.m.	11:11:38.127	Good	
Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._MsgResent	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	1086	11:11:38.127	Good	
Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	1086	11:11:38.127	Good	
Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	10:53:33.116	Good	
Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	10:53:33.116	Good	
Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	20634	11:11:38.127	Good	
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	1086	11:11:38.127	Good	
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	10:53:33.084	Good	
Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	1086	11:11:38.127	Good	
Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	13032	11:11:38.127	Good	

Figura 49. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo

real. Fuente: (Telemetry Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
25/03/2017	11:12:21.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:22.129 a.m.	TX	12	04 A5 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:22.129 a.m.	RX	7	04 A5 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:22.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:23.129 a.m.	TX	12	04 A6 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:23.129 a.m.	RX	7	04 A6 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:23.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:24.129 a.m.	TX	12	04 A7 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:24.129 a.m.	RX	7	04 A7 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:24.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:25.129 a.m.	TX	12	04 A8 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:25.129 a.m.	RX	7	04 A8 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:25.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:26.129 a.m.	TX	12	04 A9 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:26.129 a.m.	RX	7	04 A9 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:26.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:27.129 a.m.	TX	12	04 AA 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:27.129 a.m.	RX	7	04 AA 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:27.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:28.129 a.m.	TX	12	04 AB 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:28.129 a.m.	RX	7	04 AB 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:28.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:29.129 a.m.	TX	12	04 AC 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:29.129 a.m.	RX	7	04 AC 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:29.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:29.129 a.m.	TX	12	04 AD 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:30.129 a.m.	RX	7	04 AD 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:30.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:31.130 a.m.	TX	12	04 AE 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:31.130 a.m.	RX	7	04 AE 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:31.130 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:32.130 a.m.	TX	12	04 AF 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:32.130 a.m.	RX	7	04 AF 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:32.130 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:33.129 a.m.	TX	12	04 B0 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:33.129 a.m.	RX	7	04 B0 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:33.129 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:34.130 a.m.	TX	12	04 B1 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:34.130 a.m.	RX	7	04 B1 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:34.130 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:35.130 a.m.	TX	12	04 B2 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:35.130 a.m.	RX	7	04 B2 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:35.130 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:36.130 a.m.	TX	12	04 B3 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:36.130 a.m.	RX	7	04 B3 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:36.130 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	11:12:37.130 a.m.	TX	12	04 B4 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	11:12:37.130 a.m.	RX	7	04 B4 00 00 00 0D 01
25/03/2017	11:12:37.130 a.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

<input type="button" value="Reset Statistics"/>	TX: 13752	Good Reads: 1146	Good Writes: 0	Total events: 1000
	RX: 21774	Failed Reads: 0	Failed Writes: 0	Autoscroll

Capturing

Figura 50. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Enlace REP MANCHAY con RP-17

Se utilizaron dos computadores portátiles, ubicados en REP_Manchay y RP-17.

Laptop en modo Receptor con dirección IP = 192.168.0.200

Laptop en modo Emisor con dirección IP = 192.168.0.100

Verificación de conectividad.

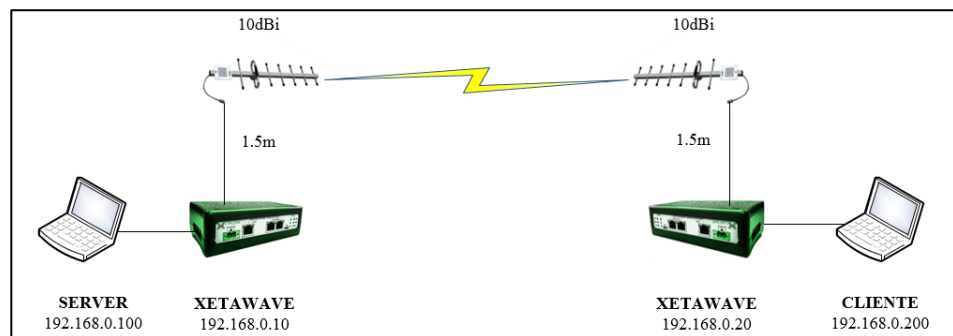


Figura 51. Enlace REP_MANCHAY hacia RP-17. Fuente: (Telemation Perú)

Test de velocidad con FBENCH.

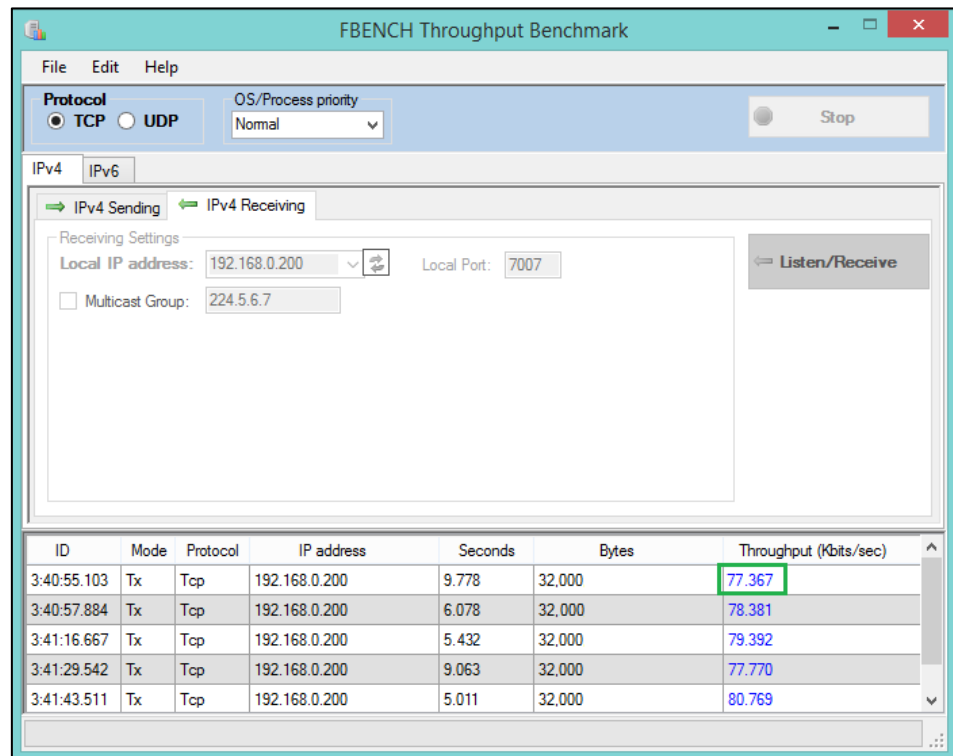


Figura 52. Test de velocidad con FBENCH. Fuente: (Telemation Perú)

Pruebas de transmisión EasyModbus a OPC Server KepServer:

Modbus TCP

Bytes recibidos: 27455

Errores: 0 (disponibilidad mayor a 99.99%)

Protocolo: Modbus TCP

Registros: 104 registros Modbus

Polling: 10 segundos tiempo de polling

OPC Quick Client - Sin título *				
Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
Canal.Dispo._Statistics._CommFailures	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._ErrorResponses	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._ExpectedResponses	DWord	1445	14:43:04.859	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedReads	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._FailedWrites	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._LastResponseTime	String	25/03/2017 02:43:04.859 p.m.	14:43:04.859	Good
Canal.Dispo._Statistics._LateData	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgResent	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgSent	DWord	1445	14:43:04.859	Good
Canal.Dispo._Statistics._MsgTotal	DWord	1445	14:43:04.859	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentReturn	Float	100	14:19:00.870	Good
Canal.Dispo._Statistics._PercentValid	Float	100	14:19:00.870	Good
Canal.Dispo._Statistics._Reset	Boolean	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespBadChecksum	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTimeouts	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._RespTruncated	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._RxBytes	DWord	27455	14:43:04.859	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulReads	DWord	1445	14:43:04.859	Good
Canal.Dispo._Statistics._SuccessfulWrites	DWord	0	14:19:00.838	Good
Canal.Dispo._Statistics._TotalResponses	DWord	1445	14:43:04.859	Good
Canal.Dispo._Statistics._TxBytes	DWord	17340	14:43:04.859	Good

Figura 53. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemation Perú)

Date	Time	Event	Length	Data
25/03/2017	02:43:17.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:18.860 p.m.	TX	12	0A 84 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:18.860 p.m.	RX	7	0A 84 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:18.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:19.860 p.m.	TX	12	0A 85 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:19.860 p.m.	RX	7	0A 85 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:19.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:20.860 p.m.	TX	12	0A 86 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:20.860 p.m.	RX	7	0A 86 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:20.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:21.860 p.m.	TX	12	0A 87 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:21.860 p.m.	RX	7	0A 87 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:21.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:22.860 p.m.	TX	12	0A 88 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:22.860 p.m.	RX	7	0A 88 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:22.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:23.860 p.m.	TX	12	0A 89 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:23.860 p.m.	RX	7	0A 89 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:23.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:24.860 p.m.	TX	12	0A 8A 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:24.860 p.m.	RX	7	0A 8A 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:24.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:25.860 p.m.	TX	12	0A 8B 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:25.860 p.m.	RX	7	0A 8B 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:25.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:26.860 p.m.	TX	12	0A 8C 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:26.860 p.m.	RX	7	0A 8C 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:26.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:27.860 p.m.	TX	12	0A 8D 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:27.860 p.m.	RX	7	0A 8D 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:27.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:28.860 p.m.	TX	12	0A 8E 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:28.860 p.m.	RX	7	0A 8E 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:28.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:29.860 p.m.	TX	12	0A 8F 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:29.860 p.m.	RX	7	0A 8F 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:29.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:30.860 p.m.	TX	12	0A 90 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:30.860 p.m.	RX	7	0A 90 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:30.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:31.860 p.m.	TX	12	0A 91 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:31.860 p.m.	RX	7	0A 91 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:31.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:32.860 p.m.	TX	12	0A 92 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:32.860 p.m.	RX	7	0A 92 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:32.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
25/03/2017	02:43:33.860 p.m.	TX	12	0A 93 00 00 00 06 00 03 00 00 00 05
25/03/2017	02:43:33.860 p.m.	RX	7	0A 93 00 00 00 0D 01
25/03/2017	02:43:33.860 p.m.	RX	12	03 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

Reset Statistics	TX:	17700	Good Reads: 1475	Good Writes: 0	Total events: 1000
	RX:	28025	Failed Reads: 0	Failed Writes: 0	Autoscroll

Capturing

Figura 54. Resultados de la aplicación OPC Server de la transmisión de datos en tiempo real. Fuente: (Telemetry Perú)

CONCLUSIONES

1. Con la comprobación de la disponibilidad en cada uno de los enlaces al 99.99% en la prueba de estudio de propagación de campo, además de la confiabilidad de cada uno de los enlaces en cálculos teóricos al 99.99% se comprobó que el diseño de red de telemetría propuesto estaba en óptimas condiciones para ser integrado al SCADA con la finalidad de monitorear y controlar en tiempo real el flujo de agua de doce estaciones de una Empresa Prestadora de servicios de Saneamiento en el distrito de Pachacámac. Además se realizó la comparación con el resultado obtenido por (Díaz Vargas, 2016) sobre la disponibilidad del sistema. En la siguiente tabla se resume los datos obtenidos:

	Trabajo presentado	Trabajo presentado por Díaz Vargas (2016)
Disponibilidad del sistema con respecto a un solo enlace	99.99%	97.11%

2. Se validó la red de telemetría propuesta, por lo tanto se logra demostrar que es posible informar en tiempo real el estado de funcionamiento de los equipos de las doce estaciones de agua una vez que se implemente el proyecto.

3. Se validó la red de telemetría propuesta por lo tanto cumple con todos los requerimientos necesarios para la integración de las doce estaciones de agua al sistema SCADA existente de una Empresa prestadora de Servicios de Saneamiento en el distrito de Pachacámac.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar un switch extra de 24 puertos en la red backbone de 7 GHz para así tener redundancia en caso que un switch sufra averías y la red de telemetría no se vea afectada.
2. Utilizar una localización más alta en el nodo de la REP_MANCHAY ayudaría a que nuevas estaciones de agua a construirse en un futuro en Pachacámac, puedan utilizar este repetidor con una línea de vista libre de obstáculos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aleaga Loaiza, L. F. (2010). *Diseño de un sistema de telemetría y telecontrol (SCADA) para la red de distribución de agua potable de la ciudad de Loja*. Tesis maestría, Universidad de Cuenca, Repositorio Institucional, Loja. Recuperado el 21 de junio de 2017, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2532>
- Angulo, J. (2017). Barranquilla's Water Distribution System: A First Detailed. *Procedia Engineering*, 12-19.
- Briceño, J. E. (Abril de 2005). *Transmisión de datos* (Tercera ed.). Mérida.
- CableFree. (2014). *Products: Microwave Radio Links*. Recuperado el 21 de junio de 2017, de CableFree: <http://www.cablefree.net/cablefree-microwave/>
- Cornejo, R. (30 de Noviembre de 2011). *Sedapal pierde el 35% del agua que produce y no factura*. Obtenido de El Comercio: <http://archivo.elcomercio.pe/sociedad/lima/sedapal-pierde-35-agua-que-produce-no-factura-noticia-1341396>
- Díaz Vargas, R. E. (2016). *Diseño de radioenlace microondas isla San Lorenzo-Campus PUCP para el proyecto Perú Magneto*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Repositorio Digital de Tesis PUCP , Lima. Recuperado el 30 de mayo de 2017, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7038>
- Fernández Pilco, P. (2009). *Notas del curso de Planificación de Redes de Telecomunicaciones*. Lima, Perú.
- Fernandez Valentin, C. R., & Davila Quispe, L. A. (2014). *Diseño de una red de transporte para la integración de la región Madre de Dios a la red troncal de telecomunicaciones del Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Repositorio Digital de Tesis PUCP, Lima. Recuperado el 15 de junio de 2017, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5405>

- INEI. (Setiembre de 2008). *Censos Nacionales 2007:XI de Población y VI de vivienda*. Lima.
- INEI. (2016). *Anuario de Estadísticas Ambientales 2016*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima. Recuperado el 22 de Junio de 2017, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1416/index.html
- Jaramillo Zamora, A. W., & Tinoco Torres, C. P. (2011). *Diseño e implementación de un sistema de telemetría para el monitoreo climatológico a través del uso de la red celular GPRS*. Tesis pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja, Repositorio Institucional UTPL, Loja. Recuperado el 20 de junio de 2017, de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/1101>
- Kang, D. (2014). Real-time optimal control of water distribution systems. *Procedia Engineering*, 917 – 923.
- L-com Global Connectivity. (s.f.). Recuperado el 21 de junio de 2017, de http://www.l-com.com/multimedia/datasheets/DS_CA4NXLPNX.PDF
- López Tafur, M. A. (2010). *Sistemas de comunicaciones por microondas*. Recuperado el 18 de junio de 2007, de <http://aniak.uni.edu.pe/>
- Manning, T. (1999). *Microwave Radio Transmission Design Guide*. Boston – London: Artech House.
- Martínez, T. (5 de Julio de 2012). *Radioenlaces microondas en banda licenciada, ¿por dónde empezar?* Obtenido de Telequismo: <http://www.telequismo.com/2012/07/radioenlaces-microondas-en-banda.html/>
- Mendoza, E. (2017). *Tamaño de Bytes cargados en la memoria de un PLC*. E&A AUTOMATAS SAC, Lima.

- MiMOMax. (s.f.). *mimo Max wireless*. Recuperado el 21 de junio de 2017, de
MiMOMax: <http://mimomax.com/assets/Data-Sheets/MiMOMax-Loop-Yagi-Data-Sheet.pdf>
- MiMOMax. (s.f.). *mimo Max wireless*. Recuperado el 21 de junio de 2017, de
MiMOMax: <http://mimomax.com/assets/New-Spec-Sheets/MiMOMax-400MHz-Tornado-Spec-2017-v4.pdf>
- MTC. (2008). *Plan Nacional de Atribución de Frecuencias*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Recuperado el 21 de Junio de 2017, de
https://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/servicios_privados/documentos/pnaf_act_feb08.pdf
- Pérez López, E. (2015). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. Recuperado el 24 de junio de 2017, de
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280242.pdf>
- Pozar, D. M. (2012). *Microwave Engineering* (4th ed.). New York, United States: John Wiley & Sons, Inc.
- Ramírez Tenas, R. A. (2012). *Propuesta para el diseño de un sistema de telemetría, para el monitoreo de niveles de agua en pozos de producción, en la empresa Entre Mares de Guatemala, S.A.* Tesis pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Biblioteca Central, Guatemala. Recuperado el 21 de junio de 2017, de
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2630_IN.pdf
- Ramos Pascual, F. (21 de Abril de 2017). *Diseño de radioenlaces*. Obtenido de Radiocomunicaciones:
<http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/radioenlaces/diseno-basico-radioenlace.pdf>

Saturnino Soria, T. (2013). *Sistemas automaticos industriales de eventos discretos*. Alfaomega.

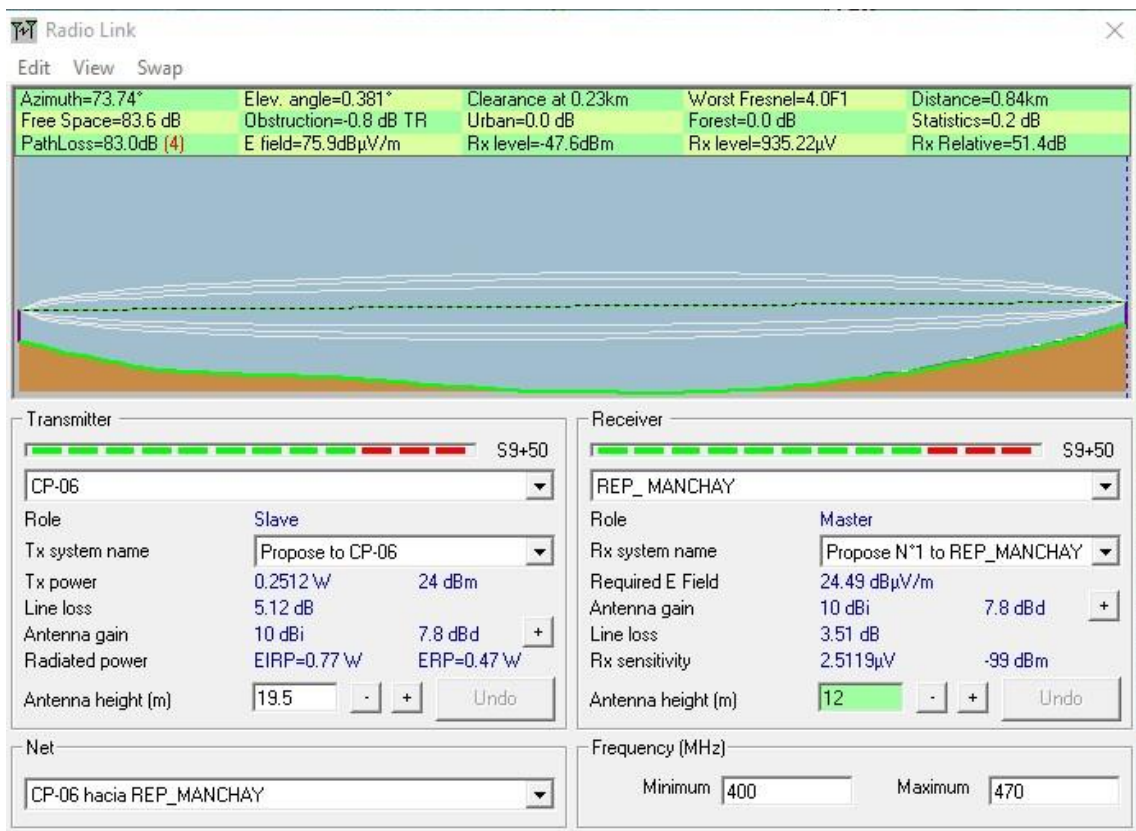
Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación.

ANEXOS

ANEXO A
Simulación con Radio Mobile

a. Simulación del enlace CP-06 hacia REP_MANCHAY en 400 MHz

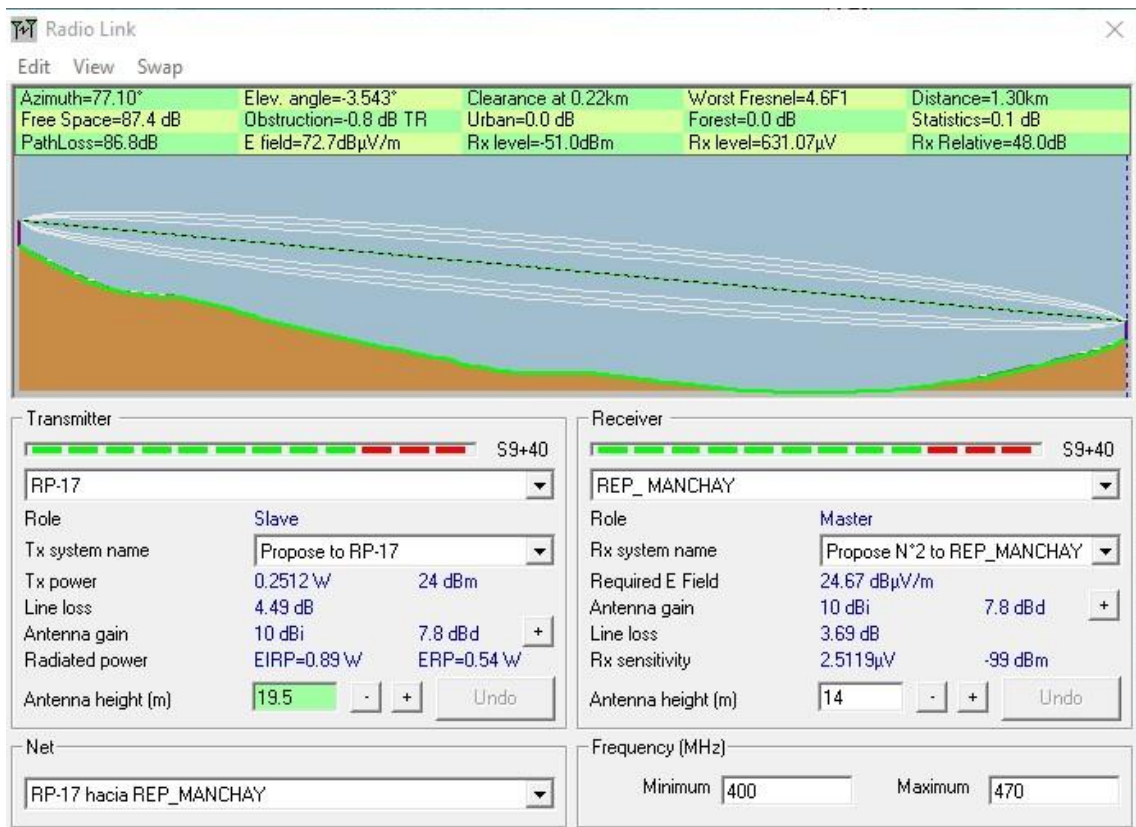
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -47.6 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 51.4 dB.

b. Simulación del enlace RP-17 hacia REP_MANCHAY en 400 MHz

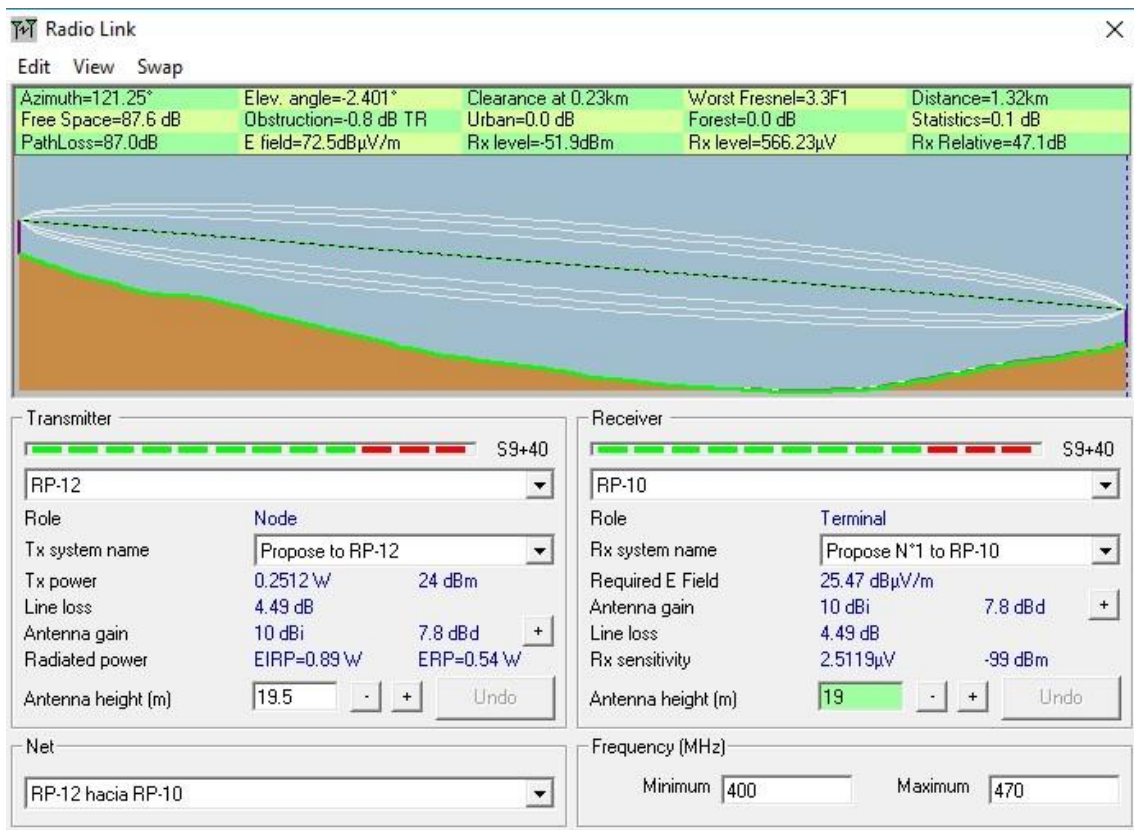
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -51 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 48 dB.

c. Simulación del enlace RP-12 hacia RP-10 en 400 MHz

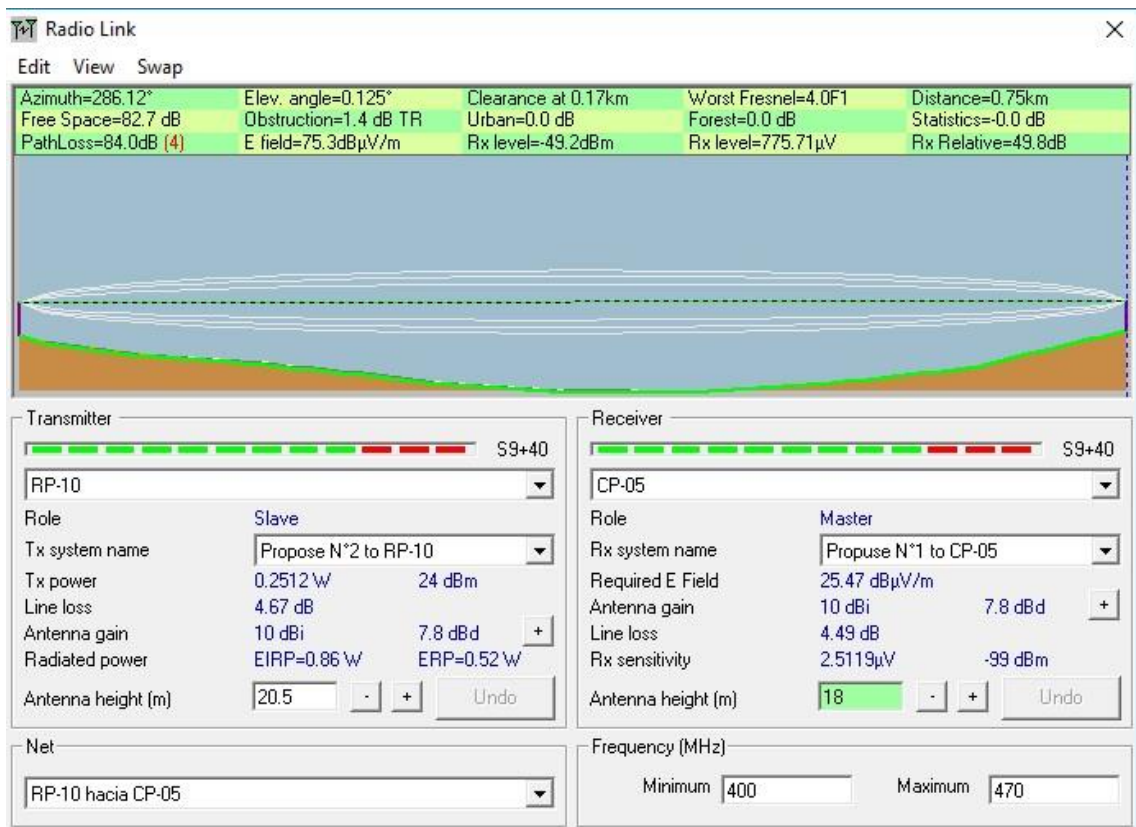
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -51.9 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 47.1 dB.

d. Simulación del enlace RP-10 hacia CP-05 en 400 MHz

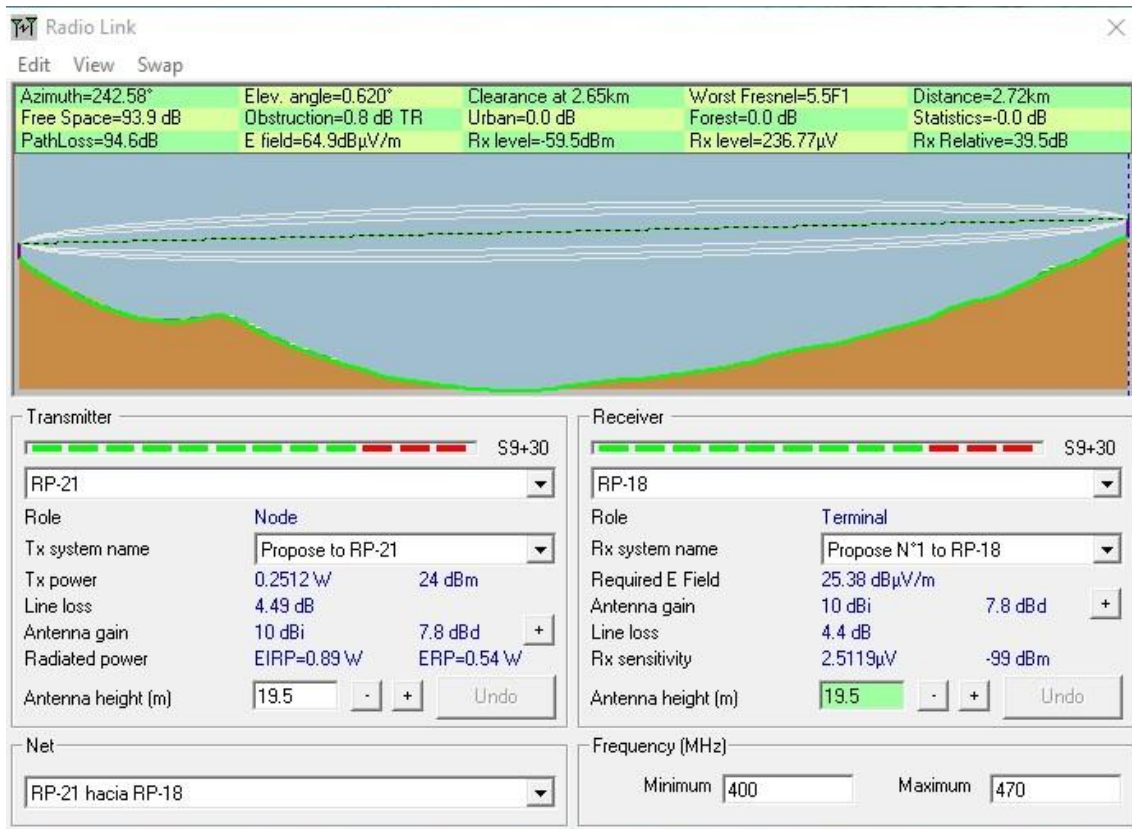
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -49.2 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 49.8 dB.

e. Simulación del enlace RP-21 hacia RP-18 en 400 MHz

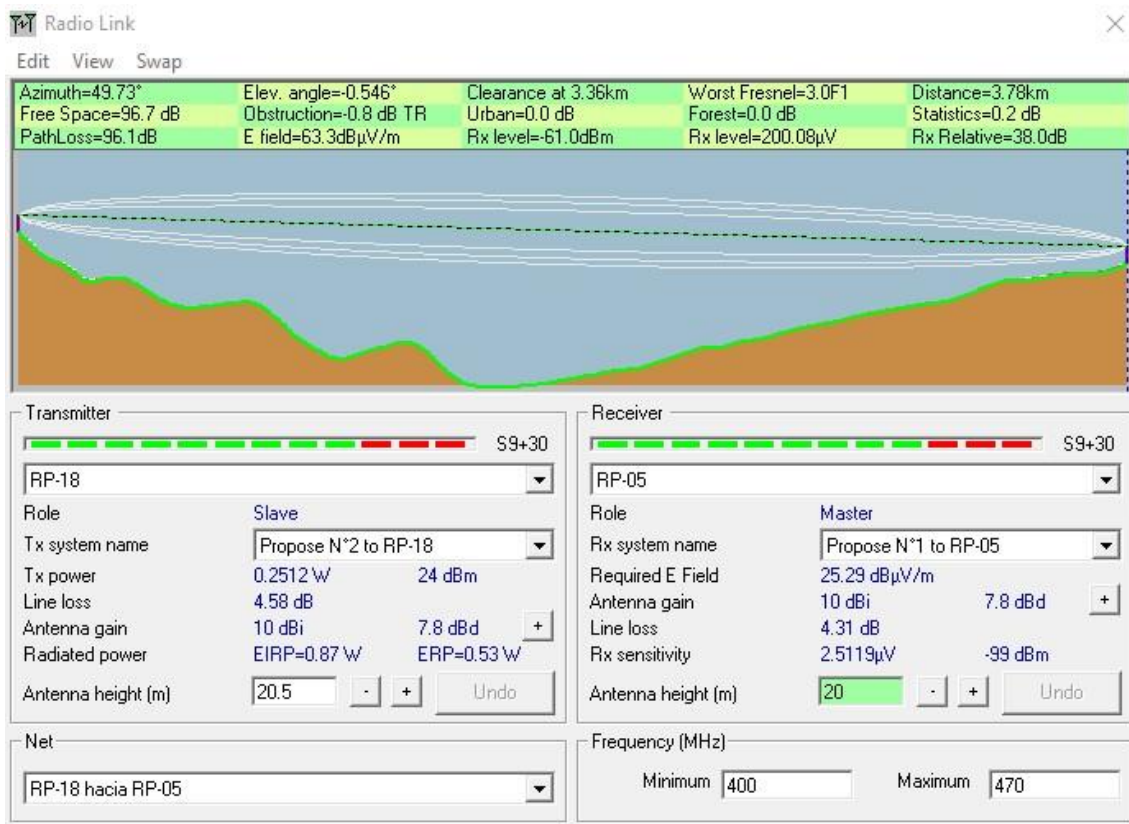
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -59.5 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 39.5 dB.

f. Simulación del enlace RP-18 hacia RP-05 en 400 MHz

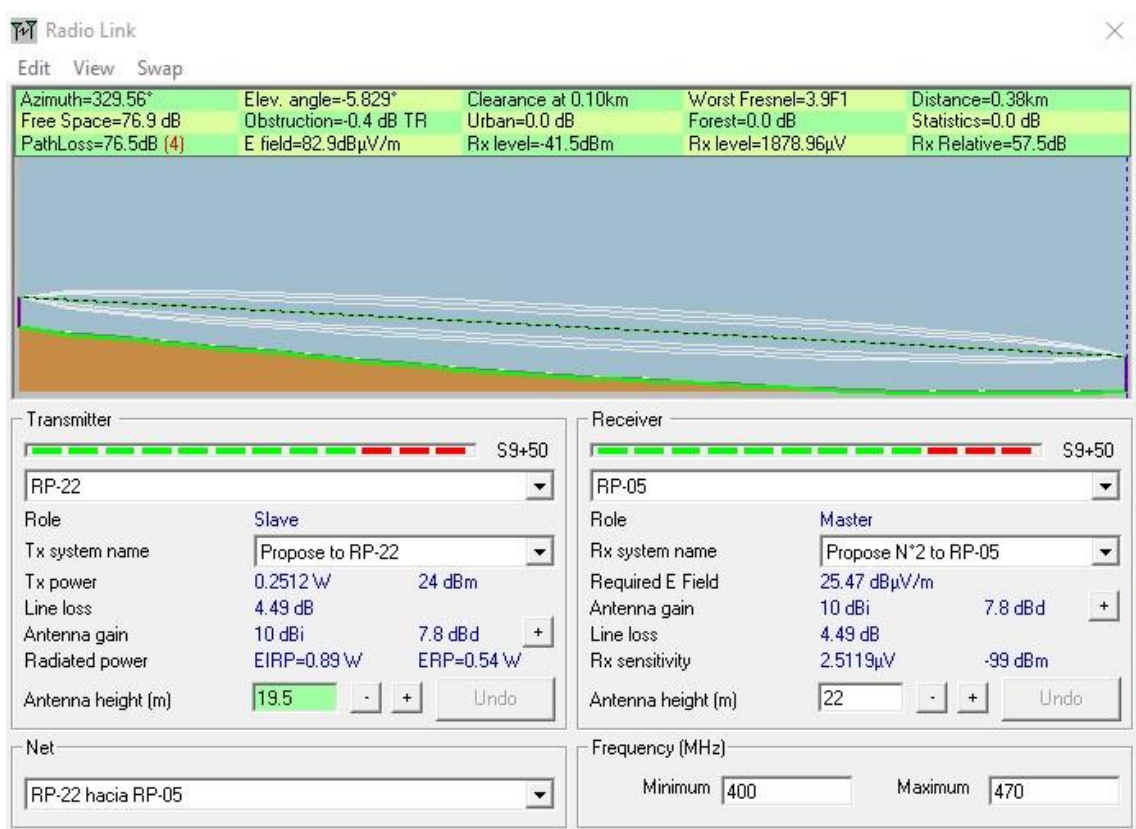
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -61 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 38 dB.

g. Simulación del enlace RP-22 hacia RP-05 en 400 MHz

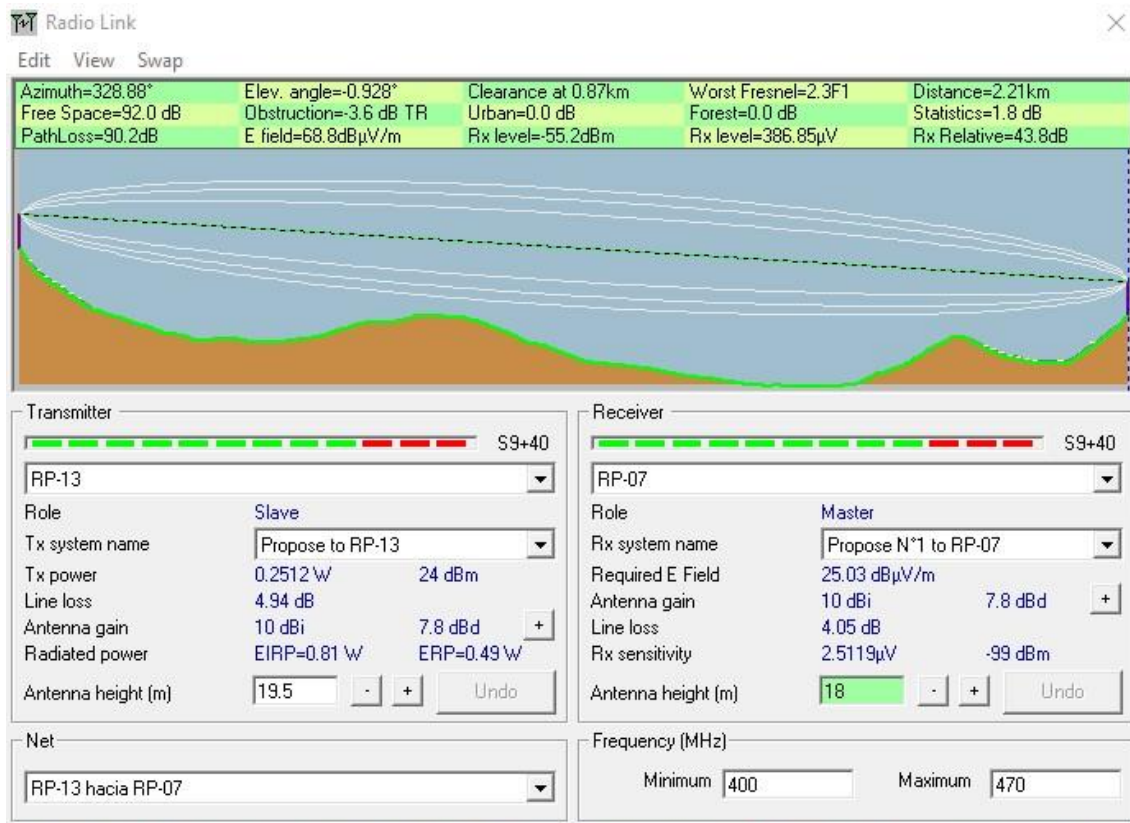
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -41.5 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 57.5 dB.

h. Simulación del enlace RP-13 hacia RP-07 en 400 MHz

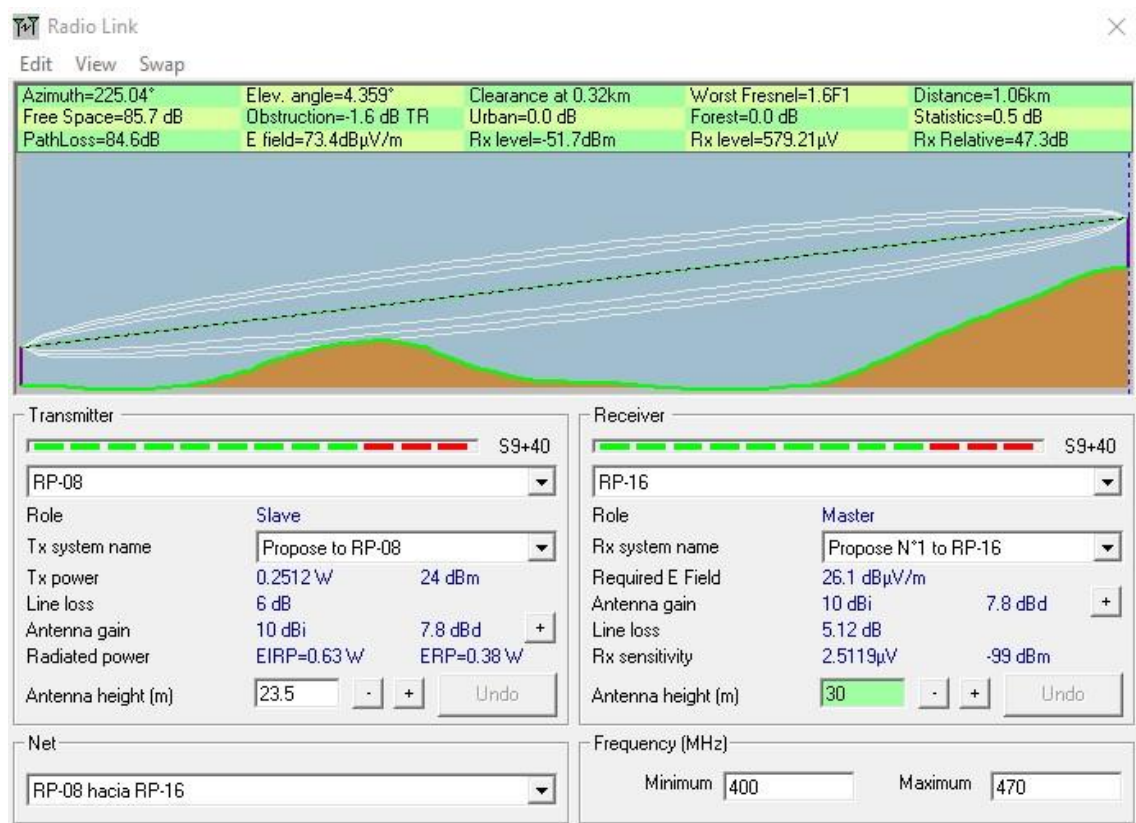
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -55.2 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 43.8 dB.

i. Simulación del enlace RP-08 hacia RP-16 en 400 MHz

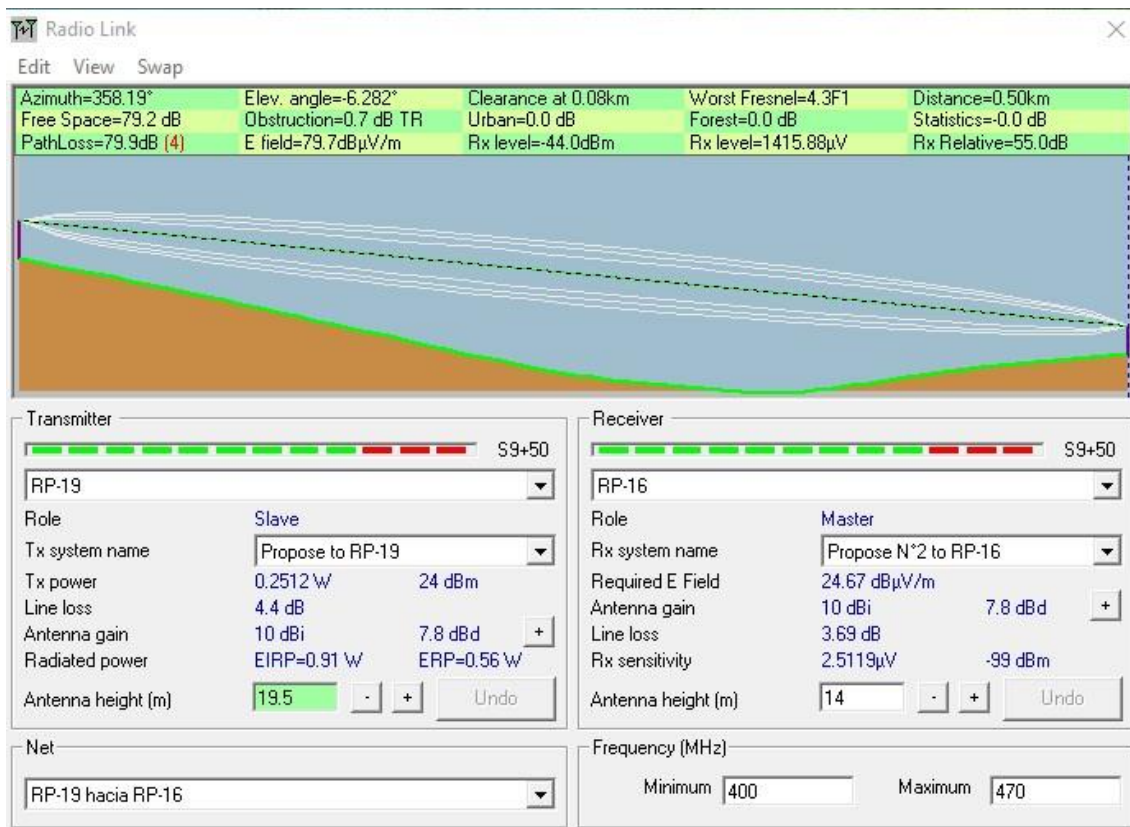
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -51.7 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 47.3 dB.

j. Simulación del enlace RP-19 hacia RP-16 en 400 MHz

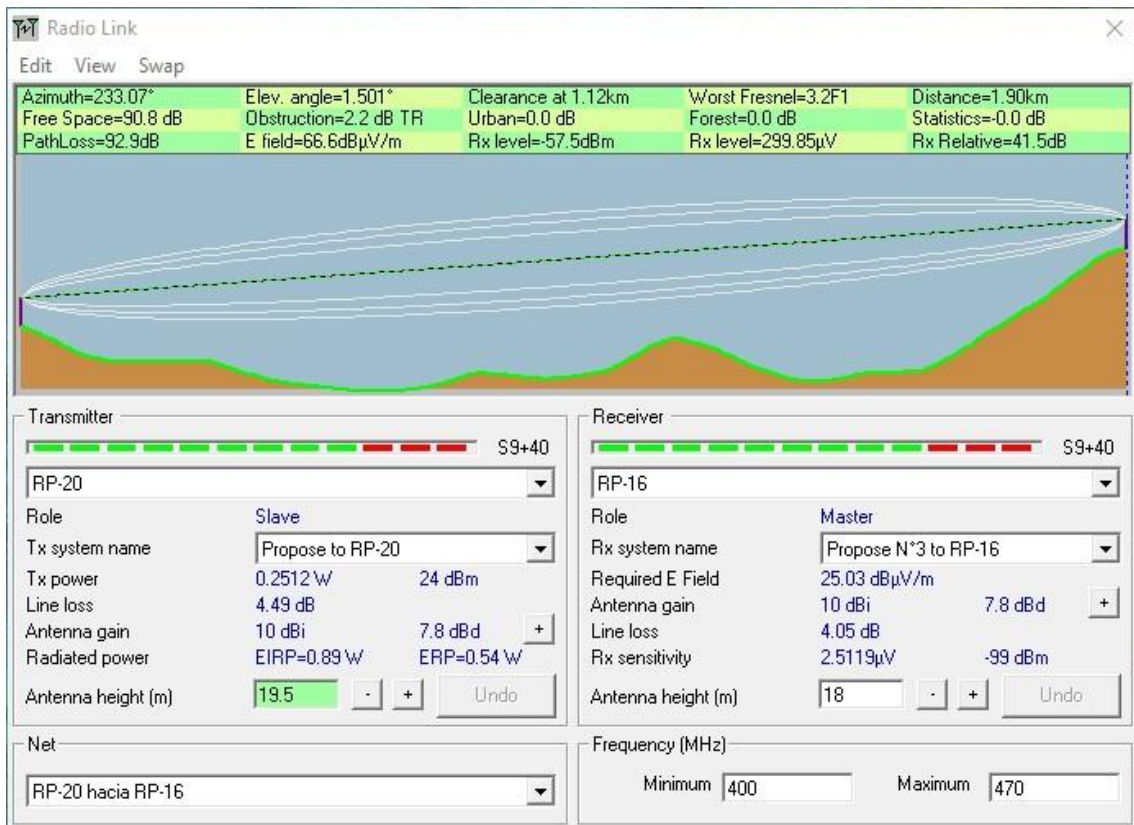
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -44 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 55 dB.

k. Simulación del enlace RP-20 hacia RP-16 en 400 MHz

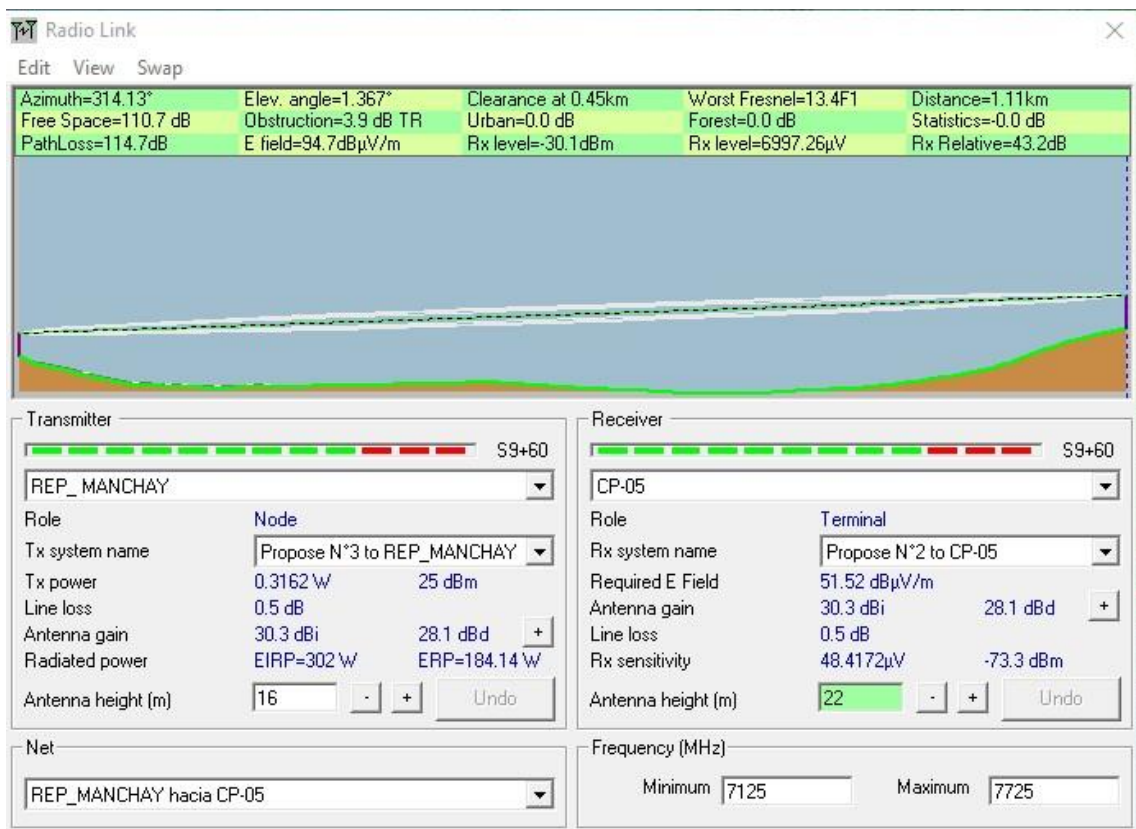
Potencia de transmisión	24 dBm
Ganancia de antena	10 dBi
Sensibilidad	-99 dBm
Equipo	MiMoMax 400MHz Tornado



Se obtiene una potencia de recepción de -57.5 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 41.5 dB.

1. Simulación del enlace REP_MANCHAY hacia CP-05 en 7 GHz

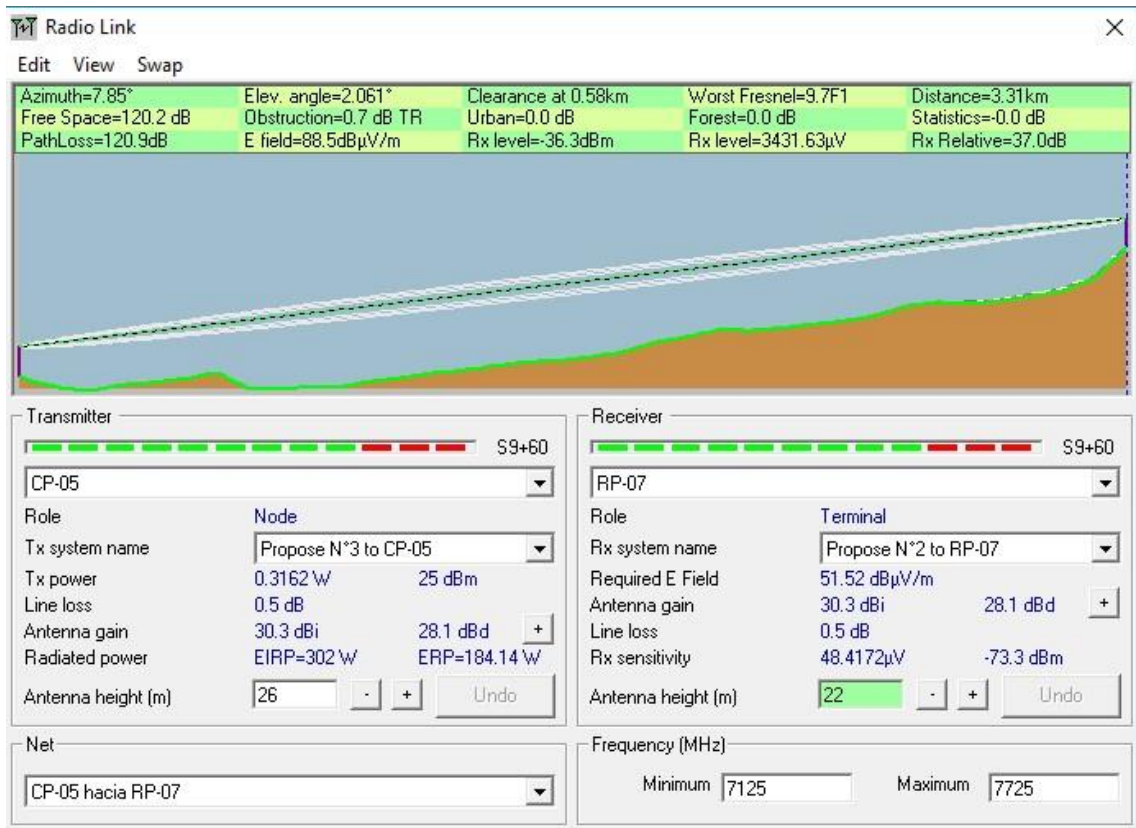
Potencia de transmisión	25 dBm
Ganancia de antena	30.3 dBi
Sensibilidad	-73.30 dBm
Equipo	CableFree LC Microwave Radio



Se obtiene una potencia de recepción de -30.1 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 43.2 dB.

m. Simulación del enlace CP-05 hacia RP-07 en 7 GHz

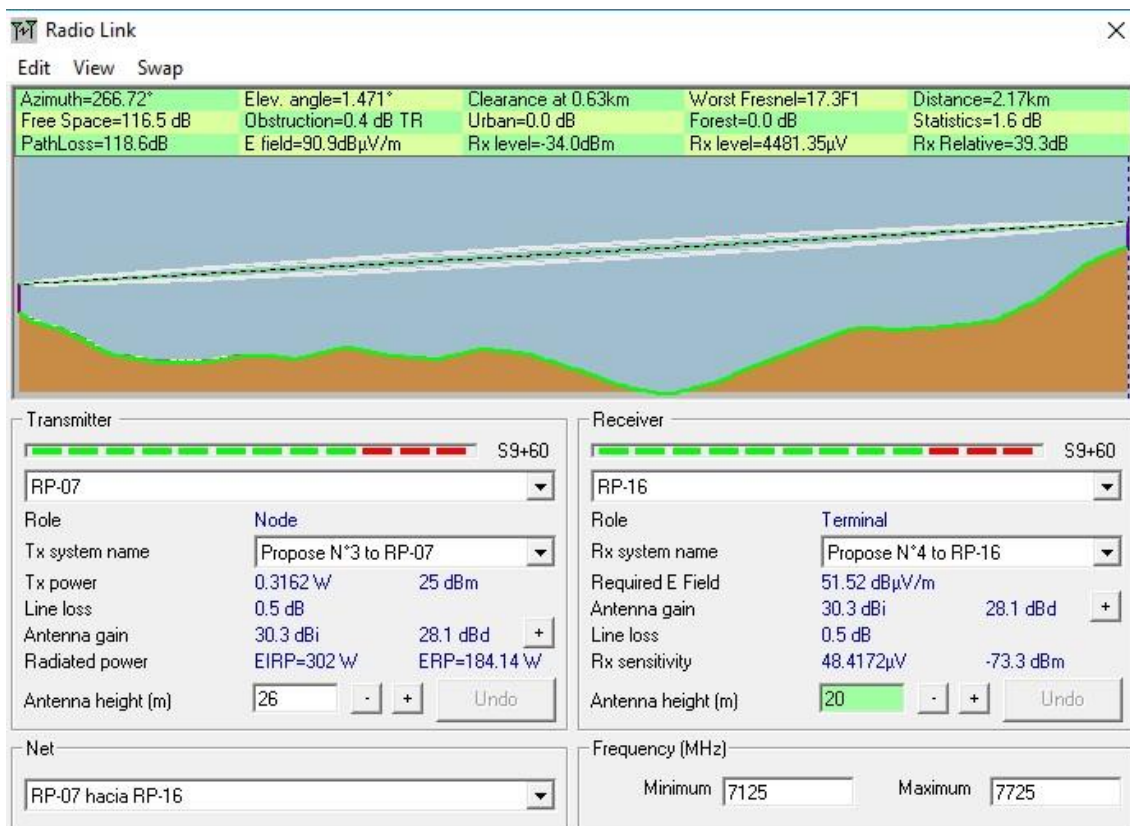
Potencia de transmisión	25 dBm
Ganancia de antena	30.3 dBi
Sensibilidad	-73.30 dBm
Equipo	CableFree LC Microwave Radio



Se obtiene una potencia de recepción de -36.3 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 37 dB.

n. Simulación del enlace RP-07 hacia RP-16 en 7 GHz

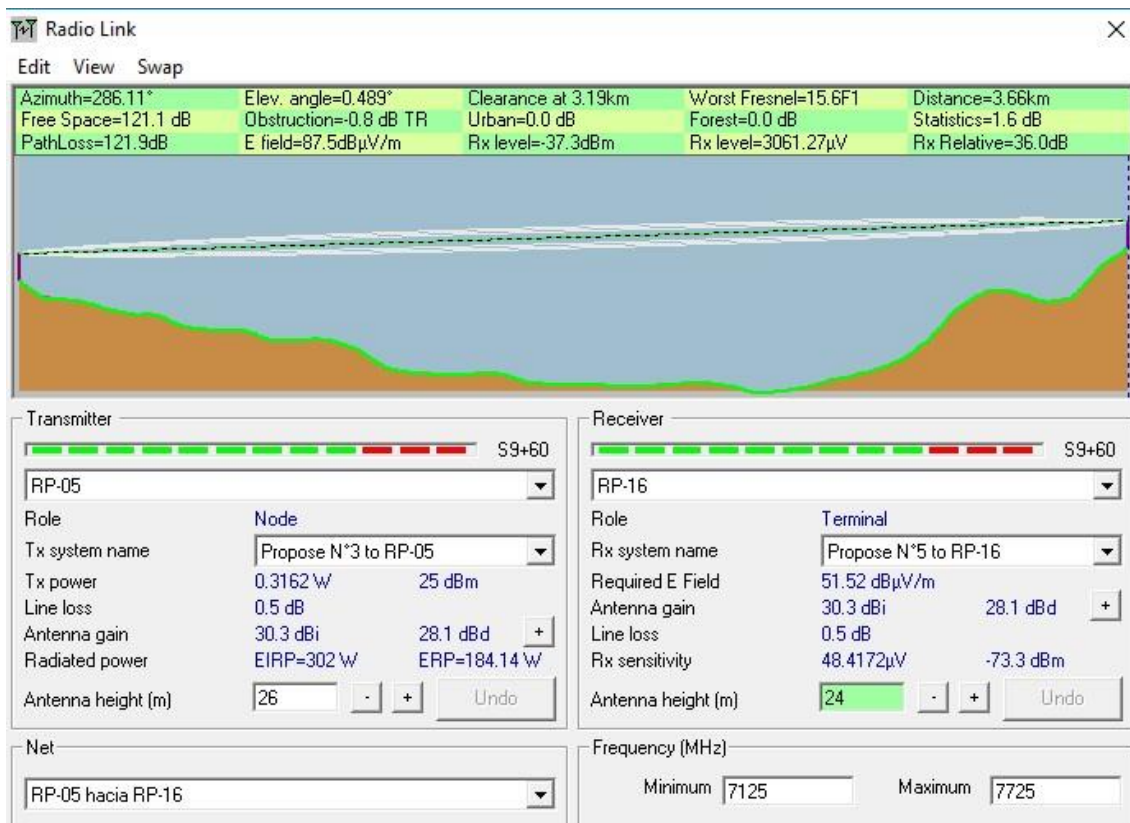
Potencia de transmisión	25 dBm
Ganancia de antena	30.3 dBi
Sensibilidad	-73.30 dBm
Equipo	CableFree LC Microwave Radio



Se obtiene una potencia de recepción de -34 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 39.3 dB.

o. Simulación del enlace RP-05 hacia RP-16 en 7 GHz

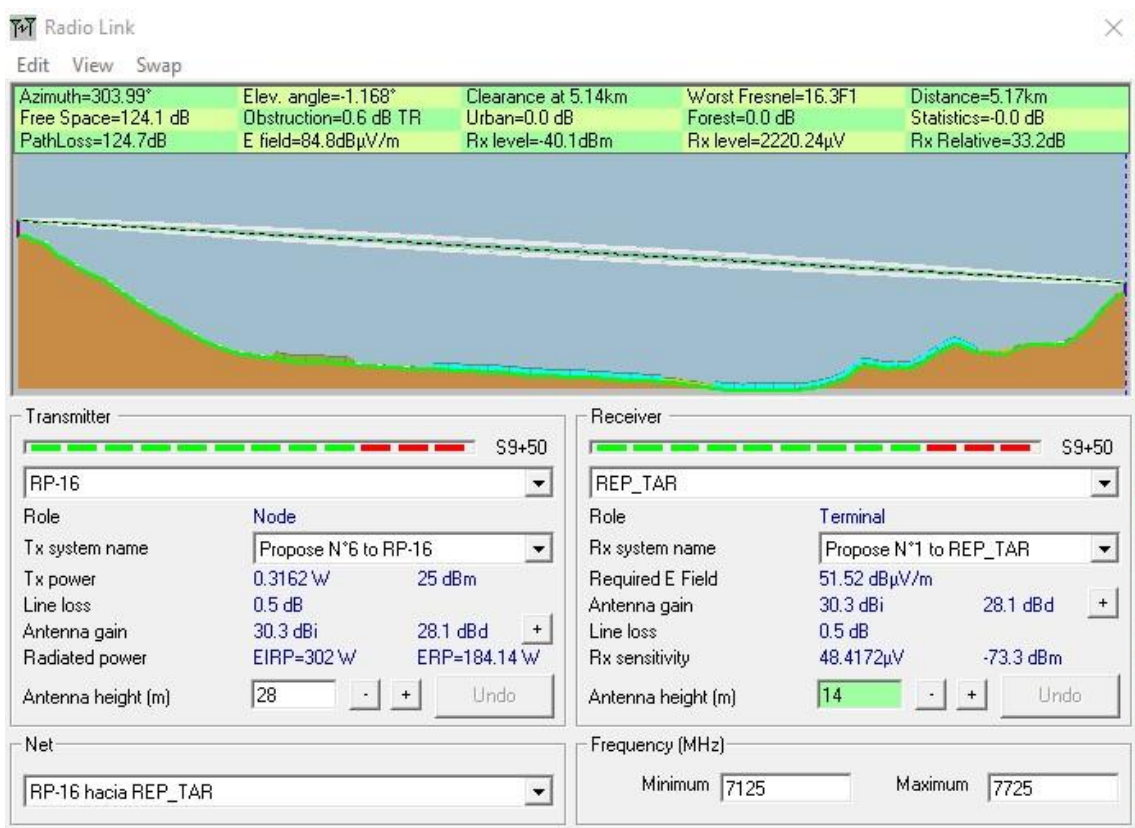
Potencia de transmisión	25 dBm
Ganancia de antena	30.3 dBi
Sensibilidad	-73.30 dBm
Equipo	CableFree LC Microwave Radio



Se obtiene una potencia de recepción de -37.3 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 36 dB.

p. Simulación del enlace RP-16 hacia REP_TAR en 7 GHz

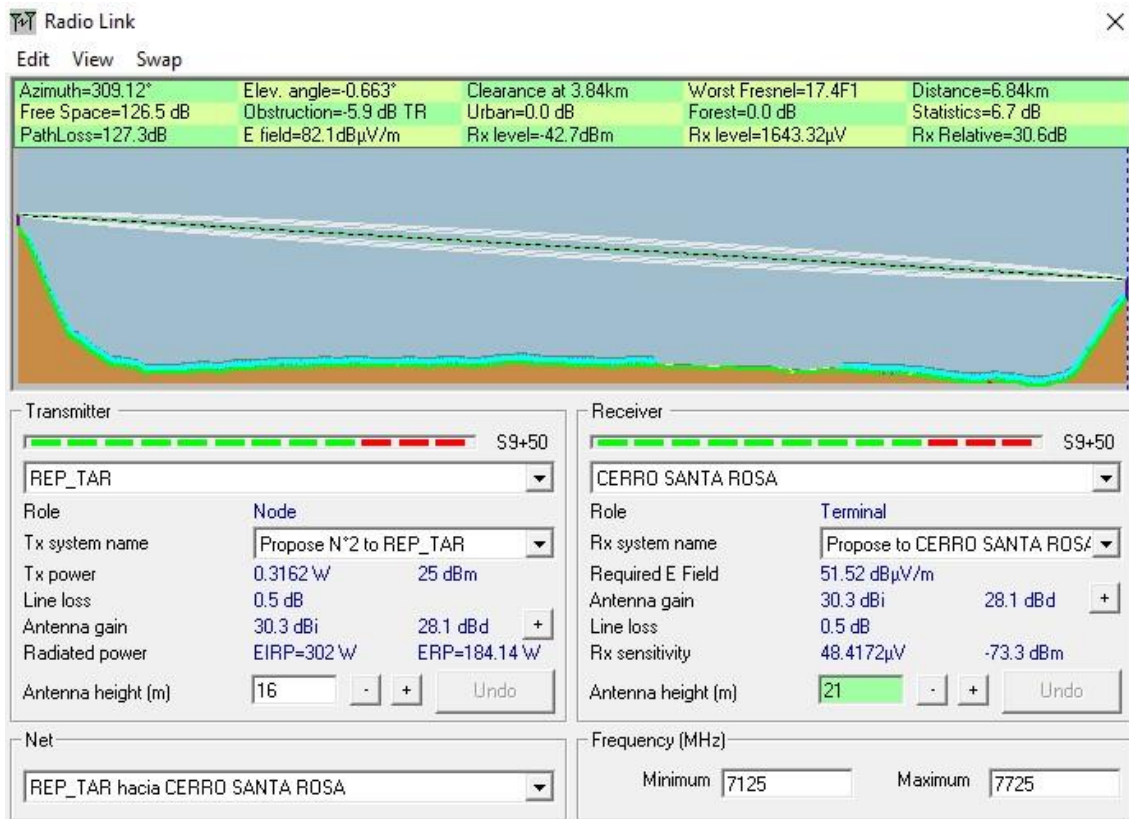
Potencia de transmisión	25 dBm
Ganancia de antena	30.3 dBi
Sensibilidad	-73.30 dBm
Equipo	CableFree LC Microwave Radio



Se obtiene una potencia de recepción de -40.1 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 33.2 dB.

q. Simulación del enlace REP_TAR hacia CERRO SANTA ROSA en 7 GHz

Potencia de transmisión	25 dBm
Ganancia de antena	30.3 dBi
Sensibilidad	-73.30 dBm
Equipo	CableFree LC Microwave Radio



Se obtiene una potencia de recepción de -42.7 dBm, lo cual nos daría un margen operativo del sistema de 30.6 dB.

ANEXO B

Cálculos

Enlace CP-06 hacia REP MANCHAY en 400 MHz:

	CP-06	REP_MANCHAY
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	0.84 Km	
1era Zona de Fresnel	12.55 m	
60% de Fresnel	7.53 m	
Pérdidas de espacio libre	82.98 dB	
Pérdida en la línea	3.12 dB	1.51 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	28.88 dBm	30.49 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-47.61 dBm	-47.61 dBm
Margen de Desvanecimiento	51.39 dBm	51.39 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-17 hacia REP MANCHAY en 400 MHz:

	RP-17	REP_MANCHAY
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	1.30 Km	
1era Zona de Fresnel	15.61 m	
60% de Fresnel	9.37 m	
Pérdidas de espacio libre	86.77 dB	
Pérdida en la línea	2.49 dB	2.69 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.51 dBm	29.31 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-50.95 dBm	-50.95 dBm
Margen de Desvanecimiento	48.05 dBm	48.05 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-12 hacia RP-10 en 400 MHz:

	RP-12	RP-10
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	1.32 Km	
1era Zona de Fresnel	15.73 m	
60% de Fresnel	9.44 m	
Pérdidas de espacio libre	86.90 dB	
Pérdida en la línea	2.49 dB	2.49 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.51 dBm	29.51 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-51.88 dBm	-51.88 dBm
Margen de Desvanecimiento	47.12 dBm	47.12 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-10 hacia CP-05 en 400 MHz:

	RP-10	CP-05
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	0.75 Km	
1era Zona de Fresnel	11.86 m	
60% de Fresnel	7.12 m	
Pérdidas de espacio libre	81.99 dB	
Pérdida en la línea	2.67 dB	2.49 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.33 dBm	29.51 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-47.15 dBm	-47.15 dBm
Margen de Desvanecimiento	51.85 dBm	51.85 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-21 hacia RP-18 en 400 MHz:

	RP-21	RP-18
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	2.72 Km	
1era Zona de Fresnel	22.58 m	
60% de Fresnel	13.55 m	
Pérdidas de espacio libre	93.18 dB	
Pérdida en la línea	2.49 dB	2.40 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.51 dBm	29.6 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-58.07 dBm	-58.07 dBm
Margen de Desvanecimiento	40.93 dBm	40.93 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-18 hacia RP-05 en 400 MHz:

	RP-18	RP-05
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	3.77 Km	
1era Zona de Fresnel	26.59 m	
60% de Fresnel	15.95 m	
Pérdidas de espacio libre	96.02 dB	
Pérdida en la línea	2.58 dB	2.31 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.42 dBm	29.69 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-60.91 dBm	-60.91 dBm
Margen de Desvanecimiento	38.09 dBm	38.09 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-22 hacia RP-05 en 400 MHz:

	RP-22	RP-05
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	0.38 Km	
1era Zona de Fresnel	8.44 m	
60% de Fresnel	5.06 m	
Pérdidas de espacio libre	76.09 dB	
Pérdida en la línea	2.49 dB	2.49 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.51 dBm	29.51 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-41.07 dBm	-41.07 dBm
Margen de Desvanecimiento	57.93 dBm	57.93 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-13 hacia RP-07 en 400 MHz:

	RP-13	RP-07
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	2.20 Km	
1era Zona de Fresnel	20.31 m	
60% de Fresnel	12.19 m	
Pérdidas de espacio libre	91.34 dB	
Pérdida en la línea	2.94 dB	2.05 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.06 dBm	29.95 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-56.33 dBm	-56.33 dBm
Margen de Desvanecimiento	42.67 dBm	42.67 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-08 hacia RP-16 en 400 MHz:

	RP-08	RP-16
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	1.06 Km	
1era Zona de Fresnel	14.10 m	
60% de Fresnel	8.46 m	
Pérdidas de espacio libre	84.99 dB	
Pérdida en la línea	4 dB	3.12 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	28 dBm	28.88 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-52.11 dBm	-52.11 dBm
Margen de Desvanecimiento	46.89 dBm	46.89 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-19 hacia RP-16 en 400 MHz:

	RP-19	RP-16
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	0.50 Km	
1era Zona de Fresnel	9.68 m	
60% de Fresnel	5.81 m	
Pérdidas de espacio libre	78.47 dB	
Pérdida en la línea	2.40 dB	1.69 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.6 dBm	30.31 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-42.56 dBm	-42.56 dBm
Margen de Desvanecimiento	56.44 dBm	56.44 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-20 hacia RP-16 en 400 MHz:

	RP-20	RP-16
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	1.90 Km	
1era Zona de Fresnel	18.87 m	
60% de Fresnel	11.32 m	
Pérdidas de espacio libre	90.07 dB	
Pérdida en la línea	2.49 dB	2.05 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.51 dBm	29.95 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-54.61 dBm	-54.61 dBm
Margen de Desvanecimiento	44.39 dBm	44.39 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-20 hacia RP-16 en 400 MHz:

	RP-20	RP-16
Longitud de Onda	0.75 m	
Distancia del enlace	1.90 Km	
1era Zona de Fresnel	18.87 m	
60% de Fresnel	11.32 m	
Pérdidas de espacio libre	90.07 dB	
Pérdida en la línea	2.49 dB	2.05 dB
Pérdida en conectores	2 dB	2 dB
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Ganancia de la antena	10 dBi	10 dBi
PIRE	29.51 dBm	29.95 dBm
Sensibilidad	-99 dBm	-99 dBm
Señal Recibida	-54.61 dBm	-54.61 dBm
Margen de Desvanecimiento	44.39 dBm	44.39 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace REP-MANCHAY hacia CP-05 en 7 GHz:

	REP_MANCHAY	CP-05
Longitud de Onda	0.043 m	
Distancia del enlace	1.11 Km	
1era Zona de Fresnel	3.49 m	
60% de Fresnel	2.09 m	
Pérdidas de espacio libre	110.26 dB	
Pérdida en la línea	0.5 dB	0.5 dB
Pérdida en conectores	-	-
Potencia de Transmisión	25 dBm	25 dBm
Ganancia de la antena	30.30 dBi	30.30 dBi
PIRE	54.80 dBm	54.80 dBm
Sensibilidad	-73.30 dBm	-73.30 dBm
Señal Recibida	-25.66 dBm	-25.66 dBm
Margen de Desvanecimiento	47.64 dBm	47.64 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace CP-05 hacia RP-07 en 7 GHz:

	CP-05	RP-07
Longitud de Onda	0.043 m	
Distancia del enlace	3.29 Km	
1era Zona de Fresnel	5.94 m	
60% de Fresnel	3.56 m	
Pérdidas de espacio libre	119.70 dB	
Pérdida en la línea	0.5 dB	0.5 dB
Pérdida en conectores	-	-
Potencia de Transmisión	25 dBm	25 dBm
Ganancia de la antena	30.30 dBi	30.30 dBi
PIRE	54.80 dBm	54.80 dBm
Sensibilidad	-73.30 dBm	-73.30 dBm
Señal Recibida	-35.10 dBm	-35.10 dBm
Margen de Desvanecimiento	38.20 dBm	38.20 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-07 hacia RP-16 en 7 GHz:

	RP-07	RP-16
Longitud de Onda	0.043 m	
Distancia del enlace	2.17 Km	
1era Zona de Fresnel	4.82 m	
60% de Fresnel	2.89 m	
Pérdidas de espacio libre	116.08 dB	
Pérdida en la línea	0.5 dB	0.5 dB
Pérdida en conectores	-	-
Potencia de Transmisión	25 dBm	25 dBm
Ganancia de la antena	30.30 dBi	30.30 dBi
PIRE	54.80 dBm	54.80 dBm
Sensibilidad	-73.30 dBm	-73.30 dBm
Señal Recibida	-31.48 dBm	-31.48 dBm
Margen de Desvanecimiento	41.82 dBm	41.82 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-05 hacia RP-16 en 7 GHz:

	RP-05	RP-16
Longitud de Onda	0.043 m	
Distancia del enlace	3.66 Km	
1era Zona de Fresnel	6.26 m	
60% de Fresnel	3.76 m	
Pérdidas de espacio libre	120.62 dB	
Pérdida en la línea	0.5 dB	0.5 dB
Pérdida en conectores	-	-
Potencia de Transmisión	25 dBm	25 dBm
Ganancia de la antena	30.30 dBi	30.30 dBi
PIRE	54.80 dBm	54.80 dBm
Sensibilidad	-73.30 dBm	-73.30 dBm
Señal Recibida	-36.02 dBm	-36.02 dBm
Margen de Desvanecimiento	37.28 dBm	37.28 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace RP-16 hacia REP TAR en 7 GHz:

	RP-16	REP_TAR
Longitud de Onda	0.043 m	
Distancia del enlace	5.17 Km	
1era Zona de Fresnel	7.44 m	
60% de Fresnel	4.46 m	
Pérdidas de espacio libre	123.62 dB	
Pérdida en la línea	0.5 dB	0.5 dB
Pérdida en conectores	-	-
Potencia de Transmisión	25 dBm	25 dBm
Ganancia de la antena	30.30 dBi	30.30 dBi
PIRE	54.80 dBm	54.80 dBm
Sensibilidad	-73.30 dBm	-73.30 dBm
Señal Recibida	-39.02 dBm	-39.02 dBm
Margen de Desvanecimiento	34.28 dBm	34.28 dBm
Confiabilidad	99.99%	

Enlace REP_TAR hacia CERRO SANTA ROSA en 7 GHz:

	REP_TAR	CERRO SANTA ROSA
Longitud de Onda	0.043 m	
Distancia del enlace	6.84 Km	
1era Zona de Fresnel	8.56 m	
60% de Fresnel	5.14 m	
Pérdidas de espacio libre	126.05 dB	
Pérdida en la línea	0.5 dB	0.5 dB
Pérdida en conectores	-	-
Potencia de Transmisión	25 dBm	25 dBm
Ganancia de la antena	30.30 dBi	30.30 dBi
PIRE	54.80 dBm	54.80 dBm
Sensibilidad	-73.30 dBm	-73.30 dBm
Señal Recibida	-41.45 dBm	-41.45 dBm
Margen de Desvanecimiento	31.85 dBm	31.85 dBm
Confiabilidad	99.99%	