



ANEJO 1

Estudio de Radiocomunicaciones EMACSA

CORRESPONDIENTE AL ANEXO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS (APT)

EMACSA

MIGRACIÓN DE LA RED DE AGUAS UHF A UNA SOLUCIÓN DIGITAL

MEMORIA TÉCNICA



ANTEPROYECTO DE MULTITECNOLOGIA INALÁMBRICA PARA **EMACSA**

WIKAI - Pamplona - Noviembre 2023

Responsable documento: Maikena Barrachina

HOJA DE CONTROL

Cliente	EMACSA
Proyecto	MIGRACIÓN DE LA RED DE AGUAS UHF A UNA SOLUCIÓN DIGITAL
Entregable	MIGRACIÓN DE LA RED DE AGUAS UHF A UNA SOLUCIÓN DIGITAL
Versión	3.0
Fecha	13/01/2023

FIRMAS

Redactado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Dpto de Ingeniería de RF	-----	-----

HISTORIAL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Modificaciones	Páginas
1.0	13/01/2023	Creación del documento	Todas
3.0	13/04/2023	Versión solo UHF	Todas
4.0	14/11/2023	Incluir solución Bombeo-Deposito	Todas

ÍNDICE

1	OBJETO	7
1.1	SITUACIÓN ACTUAL Y NECESIDADES.....	7
1.1.1	Red de Banda Estrecha en UHF	7
1.2	PROPUESTA Y ALCANCE	8
2	RED DE BANDA ESTRECHA UHF PARA EMACSA	9
2.1	CRITERIOS DE DISEÑO	9
2.2	ESTUDIO DE COBERTURA UHF	11
2.2.1	Cálculo de cobertura remotas de potables con RPT Lagar Viejo	14
2.2.2	Cálculo de cobertura remotas de potables con RPT Lagar Nuevo	15
2.2.1	Cálculo de cobertura remotas de residuales con RPT Lagar Viejo.....	15
2.2.2	Cálculo de cobertura remotas de residuales con RPT Lagar Nuevo.....	16
2.2.3	Enlaces punto-punto bombeo deposito.....	17
2.2.4	Mapa de conexiones UHF.....	18
2.3	COBERTURA UHF FUTURA.....	20
2.4	INGENIERÍA IT E INTEGRACIÓN LAN.....	22
2.4.1	Integración serie sobre una red troncal ethernet.....	22
2.4.2	Segmentación de red en L2 mediante VLAN.....	24
2.4.3	Soluciones de enrutamiento L3.....	25
2.4.4	Gestión de las radios	26
2.5	INGENIERÍA DE TRÁFICO UHF.....	27
3	ARQUITECTURA PROPUESTA.....	29
3.1	ARQUITECTURA DE RED UHF.....	29
3.2	PLAN DE DESPLIEGUE.....	31
3.2.1	Fase 1: Solicitud de frecuencias	31
3.2.2	Fase 2: Arquitectura de Red	31
3.2.3	Fase 3: Instalación de elementos principales de la red UHF.....	31
3.2.4	Fase 4: Instalación del resto de elementos de la red troncal y UHF	32
3.2.5	Fase 5: Certificación de instalación y baja de expedientes red analógica	32
4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL NUEVO MATERIAL A SUMINISTRAR	33
4.1	EQUIPAMIENTO RADIO UHF APRISA SR/SR+ DE 4RF	33

4.1.1	Especificaciones técnicas	33
4.1.2	Solución protegida 1+1 MHSB.....	38
4.1.3	Comparativa Aprisa SR y SR+.....	39
5	MAQUETA DE LABORATORIO UHF APRISA SR+.....	41
5.1	PRUEBAS DE RENDIMIENTO SCADA ETHERNET Y SERIE	42
5.1.1	Test overview	42
5.1.2	Método de prueba	44
6	RECOMENDACIONES SOBRE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE UHF	45
7	PRESUPUESTOS	47

FIGURAS

Figura 1	– Leyenda utilizada para ver los niveles de señal en los cálculos de cobertura UHF	11
Figura 2	– Arquitectura de red UHF	13
Figura 3	– Perfil Bombeo Cola – Depósito Lobato.....	17
Figura 4	– Perfil Bombeo Trassierra – Depósito Trassierra	17
Figura 5	– Perfil Bombeo Torreblanca – Depósito Torreblanca	18
Figura 6	– Mapa de conexiones UHF.....	19
Figura 7	– Cobertura Estación Base Lagar de la Cruz	20
Figura 8	– Cobertura repetidor Store & Forward de ETAP Guadalupe	20
Figura 9	– Cobertura Estación Base de la ETAP Villa Azul	21
Figura 10	– Cobertura Estación Base de la EDAR Golondrina	21
Figura 11	– Cobertura conjunta de los de los 4 emplazamientos.....	22
Figura 12	– Solución de conversión ethernet a serie (Terminal Server) en la base.....	23
Figura 13	– Solución de conversión ethernet a serie (Terminal Server) en las remotas	24
Figura 14	- Topología UHF L2	25
Figura 15	- Topología UHF L3	26
Figura 16	- Arquitectura troncal objetivo.....	29
Figura 17	– Solución Bombeo - Depósito	30
Figura 18	– Radio Aprisa SR+ Protegida	38
Figura 19	– Radio Aprisa SR+.....	39
Figura 20	– Radio Aprisa SR.....	39
Figura 21	– Maqueta típica UHF de laboratorio.....	41
Figura 22	– Kit de laboratorio Aprisa SR+.....	41
Figura 23	– Escenario de pruebas de laboratorio de tráfico SCADA serie y ethernet	43
Figura 24	- Plan de utilización de las bandas de frecuencia de UHF	46



TABLAS

Tabla 1 – Repetidores UHF elegidos para los cálculos	11
Tabla 2 – Repetidores UHF elegidos para el despliegue final	12
Tabla 3 – Repetidores UHF usados en el comienzo del despliegue	12
Tabla 4 – Tabla de resultados cobertura UHF Potables con RPT Lagar viejo	14
Tabla 5 – Tabla de resultados cobertura UHF Potables con nuevo RPT Lagar.....	15
Tabla 6 – Tabla de resultados cobertura UHF Residuales con RPT Lagar viejo.....	16
Tabla 7 – Tabla de resultados cobertura UHF Residuales con nuevo RPT Lagar	16
Tabla 8 – Tabla de resultados enlaces PTP Bombeo-Depósito	17
Tabla 9 – Reparto de remotas por repetidor UHF	18
Tabla 10 – Capacidad radios Aprisa por canalización, modulación y corrección de errores	27
Tabla 11 – Capacidad radios Aprisa por canalización, modulación y corrección de errores	40
Tabla 12 – Tabla de resultados medidas tráfico SCADA.....	44
Tabla 13 – Frecuencias asignadas actualmente a la red UHF de aguas	45

1 OBJETO

El objeto del presente anteproyecto de ingeniería de telecomunicaciones es la **Renovación de la red de Banda Estrecha en UHF existente**, de la que **EMACSA** dispone de varios canales semidúplex, todos ellos operando en modo analógico.

1.1 SITUACIÓN ACTUAL Y NECESIDADES

1.1.1 RED DE BANDA ESTRECHA EN UHF

Desde hace muchos años, **EMACSA** dispone de una infraestructura de red formada por varios canales de radio de tecnología analógica en banda estrecha en la banda de UHF para la adquisición de los datos propios en la explotación de sus Estaciones Remotas para sus redes de agua potable y Aguas residuales.

Estos canales, se reparten de la siguiente manera:

- Red de Potables, que tiene el CPD en la ETAP VILLA AZUL:
 - 1 Canal Semidúplex en las frecuencias ----/----
- Residuales, que tiene el CPD en la EDAR LAS GOLONDRINAS:
 - 1 Canal Semidúplex en las frecuencias ----/----
 - 1 Canal Simplex en la frecuencia ----
- Enlaces punto a punto Bombeo – Depósito:
 - Cola (3.4.1) - Depósito Lobatón (3.4.2) Frecuencia simplex -----Hz.
 - Bombeo Trassierra (3.8.2) - Depósito de Trassierra (3.8.1). Frecuencia simplex - ----.
 - Bombeo Torreblanca (3.17.2) - Depósito Torreblanca (3.17.1) Frecuencia simplex -----.

Para llegar a todas las remotas de la red, se usaban como puntos repetidores las torres de comunicaciones de:

- San Cristobal
- Lagar de la Cruz (Correos)

Las principales necesidades de esta red en este momento son:

- Buscar un nuevo equipamiento UHF que solucione la falta de repuestos actual y que esté preparada para soportar las necesidades de red actuales y futuras.
- Realizar un diseño de red que integre en una única infraestructura de red de banda estrecha los 3 canales ahora existentes.
- Plantear un escenario de migración progresivo que permita operar bajo protocolos de comunicaciones legacy como RS232 y a su vez permita trabajar con interfaces Ethernet y protocolo TCP/IP.

- Realizar un diseño de red que posibilite separar a nivel lógico (VLAN) las redes de Potables y Residuales, tal y como funcionan a día de hoy, pero permitiendo que puedan usar el mismo medio físico (mismo repetidor).
- Dotar de redundancia a las comunicaciones, para estar protegidos ante posibles fallos.
- Permitir la gestión a través del canal de radio tanto de remotas como de los PLC/RTU
- Estudiar que Estaciones Remotas de la red actual UHF, puede operar, como medio principal o de backup por medio de la red de Banda Ancha Inalámbrica.
- Estudiar las actuales Concesiones del Dominio Público radioeléctrico para el plan de migración, así como su armonización y coherencia técnica y administrativa.

1.2 PROPUESTA Y ALCANCE

El alcance de esta propuesta es la redacción de un estudio de ingeniería de radiofrecuencia que posibilite desplegar las tecnologías descritas de forma conjunta o independientemente y todo ellos de forma progresiva.

Los puntos básicos de este estudio son:

- Descripción general del proyecto.
- Diseño de una arquitectura de red para el nuevo sistema digital UHF
- Elaboración de mapas de cobertura por cada una de las tecnologías descritas.
- Descripción del equipamiento propuesto para la nueva solución
- Plan de ampliación, migración e implantación
- Recomendaciones sobre el Aspecto Legal de asignación de frecuencias
- Presupuestos.
- Propuestas de mantenimiento, preventivo, correctivo, evolutivo.

Entregable:

- La Memoria de entregará en un fichero PDF y/o WORD
- Los mapas de cobertura se entregarán en varios ficheros KML para su visualización en Google Earth.

2 RED DE BANDA ESTRECHA UHF PARA EMACSA

2.1 CRITERIOS DE DISEÑO

En este caso se ha realizado un estudio de cobertura de banda estrecha UHF para dar servicio a todas las remotas de potables y residuales de la red de EMACAS.

La herramienta utilizada para estos cálculos es el software **HTZ Communications**, desarrollado por la empresa **ATDI**, conocido anteriormente como **ICS Telecom**:

[HTZ Communications -Radio network planning and optimisation ATDI](#)

Sin entrar en más detalles del funcionamiento del propio simulador, sí que tendremos que conocer algún aspecto básico para entender los estudios de cobertura que se presentarán en posteriores apartados.

Los mapas están divididos por capas (layers) dentro del software. Una capa es un archivo de múltiples extensiones que aporta información sobre la elevación del terreno, su ocupación, las alturas de los edificios, la representación de todos los objetos empleados en el mapa o los resultados de la propia simulación realizada.

Una vez elegido el mapa que se va a utilizar, es importante elegir dónde y cómo colocar los puntos de referencia que ubicarán las estaciones base y repetidores UHF, atendiendo a dos cosas principalmente:

1. Ubicación exacta del elemento: para lo cual existe una opción dentro del HTZ en la que se puede colocar el objeto atendiendo a las coordenadas. De esa manera, no se elige una ubicación aproximada sino una real, algo sumamente importante para establecer un estudio lo más fidedigno posible.

2. Parámetros de configuración de elementos, donde se pueden elegir las características para la transmisión de las estaciones con los parámetros que tendrán nuestros dispositivos para la simulación (altura, antenas, potencias, modelos de propagación...).

El paso final para el cálculo de una cobertura es la elección del receptor donde podemos indicarle al software la altura de la antena receptora y definir la distancia que queremos cubrir con la cobertura para analizar cómo se propaga nuestra señal, así como el umbral que queremos emplear para definir la sensibilidad del receptor.

Una vez configurados todos los parámetros necesarios, al realizar el cálculo de la cobertura se podrán visualizar por colores cuáles son los niveles de intensidad de campo/potencia de señal que se interpretan a partir de una leyenda que aparece en la parte inferior del mapa.

En este estudio se utiliza el mapa Andalucía, con una resolución de una muestra cada 5 metros y con las siguientes capas que ayudan a realizar la simulación de forma realista:

- Capa de Modelo Digital de Elevación (.GEO) contiene la descripción altimétrica del terreno geográfico. Es una capa imprescindible para poder realizar el estudio de la propagación.
- Capa de edificios (.BLG) contiene polígonos con la altura exacta de los edificios de la zona objeto del estudio, por lo que podemos saber si un edificio nos hace sombra o no y calcular el nivel de señal esperado.
- Capa Imagen (.IMG) es el archivo de imagen correspondiente al terreno descrito en el modelo digital de elevación realizada vía aérea o por satélite. No es una capa necesaria para la simulación, pero aporta una idea más exacta del espacio en el que se simula.
- Capa Clutter (.SOL) es el archivo que proporciona la información del tipo de zonas que existen en el mapa como urbana, de agua, rural, boscosa, etc. Es útil para poder calcular las atenuaciones que se producen en la señal a causa del terreno. En este caso la altura de los árboles es siempre la misma (12m), ya que sería imposible ir árbol por árbol para ver lo que miden, como si se hace en la capa de edificios.
- Capa de Paleta de colores del mapa (.PAL) es el archivo esencial para mostrar la correspondencia con la capa imagen. imagen y presenta Capa de Cobertura (.FLD)
- Capa Objetos (.EWF) posee información de la ubicación de cualquier objeto empleado en la simulación, desde antenas, radares y todo elemento activo o pasivo de HTZ. Contiene el resultado de las simulaciones de cobertura realizadas en el mapa.

Después, para cada una de las estaciones base elegidas, se configurarán los parámetros para la mancha de cobertura de la simulación UHF:

- Potencia de Tx de la base de 5W y pérdidas del cable de 2dB
- Ganancia de la antena en Rx en las remotas: Se usa una Yagui de 5 elementos y ganancia de 10,5 dBis instalada a 4m de altura para la mancha de cobertura. Para los cálculos de señal que aparecen en las diferentes tablas, se utilizarán las antenas actualmente instaladas en la red analógica en funcionamiento.
- La antena en Tx de la estación base/repetidores elegidos es una colineal omnidireccional de **Amphenol Procom**. Se han usado dos modelos:
 - o CXL70-5C de 7,2dBis
 - o CXL70-8HD de 10,3dBis
- Umbrales de sensibilidad de recepción según la siguiente paleta de colores. Se dará como cobertura válida los que tengan un nivel de señal superior a los -98dBm:

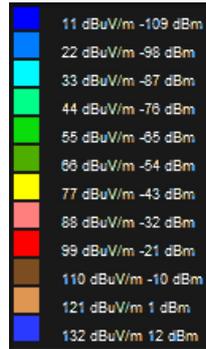


Figura 1 – Leyenda utilizada para ver los niveles de señal en los cálculos de cobertura UHF

2.2 ESTUDIO DE COBERTURA UHF

Con estos criterios de diseño se ha realizado un estudio de cobertura para tratar de encontrar los mejores emplazamientos posibles para dar servicio a la red de Aguas de **EMACSA**. Se han incluido en los cálculos los dos emplazamientos que hacen actualmente de repetidor:

- San Cristobal
- Torre de correos de Lagar de la Cruz

EMACSA dispone de una nueva torre de comunicaciones en Lagar de la Cruz, que sustituirá a estos dos emplazamientos en un futuro, pero dado que todavía no está disponible, el proyecto se iniciará usando el antiguo repetidor de correos de Lagar de la Cruz. Una vez finalizada la otra torre, se migrará el equipamiento radio. El repetidor de San Cristobal no se usará, aunque se incluye en los cálculos para comprobar el nivel de señal que proporcionaba.

Los puntos que se han elegido como candidatos son los siguientes:

Repetidor	Tipo de sitio	Tipo de antena	Ganancia	Altura	Altitud
Lagar de la Cruz nuevo RPT antena 7dBis	REPETIDOR	CXL70-5C	7,2	25	603
Lagar de la Cruz nuevo RPT antena 11dBis	REPETIDOR	CXL70-8HD	10,3	25	603
Lagar de la Cruz RPT Correos	REPETIDOR	CXL70-8HD	10,3	15	602
San Cristobal	REPETIDOR	CXL70-8HD	10,3	20	584
Deposito Obejo	POTABLE	CXL70-5C	7,2	8	537
Deposito Lobato	POTABLE	CXL70-5C	7,2	5	252
Cola radio RPT	POTABLE	CXL70-5C	7,2	20	150
EDAR La Golondrina	RESIDUAL	CXL70-5C	7,2	25	88
EBAR Obejo	RESIDUAL	CXL70-5C	7,2	10	511
ETAP Villa Azul	POTABLE	CXL70-5C	7,2	20	161
ETAP Guadanuño	POTABLE	CXL70-5C	7,2	8	500
Bombeo El Vacar	POTABLE	CXL70-5C	7,2	4	500

Tabla 1 – Repetidores UHF elegidos para los cálculos

Algunos son el mismo emplazamiento, pero con diferente antena, para ver la cobertura con cada una de ellas. Dos de los puntos son:

- ETAP VILLA AZUL: donde se encuentra el SCADA que toma los datos de la red de POTABLES.
- EDAR LA GOLONDRINA: donde se encuentra el SCADA que toma los datos de la red de RESIDUALES.

Tras varios cálculos, en los que se ha buscado minimizar el número de repetidores para conseguir que el nivel de señal obtenida en todas las remotas sea superior a los -98dBm, estos son los repetidores elegidos para la solución:

Repetidor	Tipo de sitio	Tipo de antena	Ganancia	Altura	Altitud
Lagar de la Cruz nuevo RPT antena 11dBis	REPETIDOR	CXL70-8HD	10,3	25	603
EDAR La Golondrina	RESIDUAL	CXL70-5C	7,2	25	88
ETAP Villa Azul	POTABLE	CXL70-5C	7,2	20	161
ETAP Guadalupe	POTABLE	CXL70-5C	7,2	8	500

Tabla 2 – Repetidores UHF elegidos para el despliegue final

Además de los dos emplazamientos donde se encuentra el SCADA, se utilizará también el nuevo repetidor de Lagar de la Cruz con una antena de 11dBis instalada a 25m.

Como inicialmente no estará disponible el nuevo repetidor Lagar, se instalará la estación repetidora en el viejo repetidor de Lagar de correos, por lo que los repetidores usados en una primera fase serían:

Repetidor	Tipo de sitio	Tipo de antena	Ganancia	Altura	Altitud
Lagar de la Cruz RPT Correos	REPETIDOR	CXL70-8HD	10,3	15	602
EDAR La Golondrina	RESIDUAL	CXL70-5C	7,2	25	88
ETAP Villa Azul	POTABLE	CXL70-5C	7,2	20	161
ETAP Guadalupe	POTABLE	CXL70-5C	7,2	8	500

Tabla 3 – Repetidores UHF usados en el comienzo del despliegue

Como ambos repetidores están muy cerca uno de otro, valdría perfectamente la instalación de antenas en las remotas en el momento del traslado. No haría falta reorientar nada.

El repetidor de Lagar, tanto el viejo como el nuevo, tendrán las radios operando en modo repetidor Store & Forward. La ETAP Guadalupe tendrá una remota conectada al repetidor de Lagar y una estación base para cubrir los puntos de la zona Norte.

Para implementar esta solución, harían falta por tanto 1 frecuencia simplex para la ETAP Guadalupe y 2 parejas de frecuencias Semi Dúplex, cuyas estaciones base estarían en:

- ETAP VILLA AZUL
- EDAR GOLONDRINA

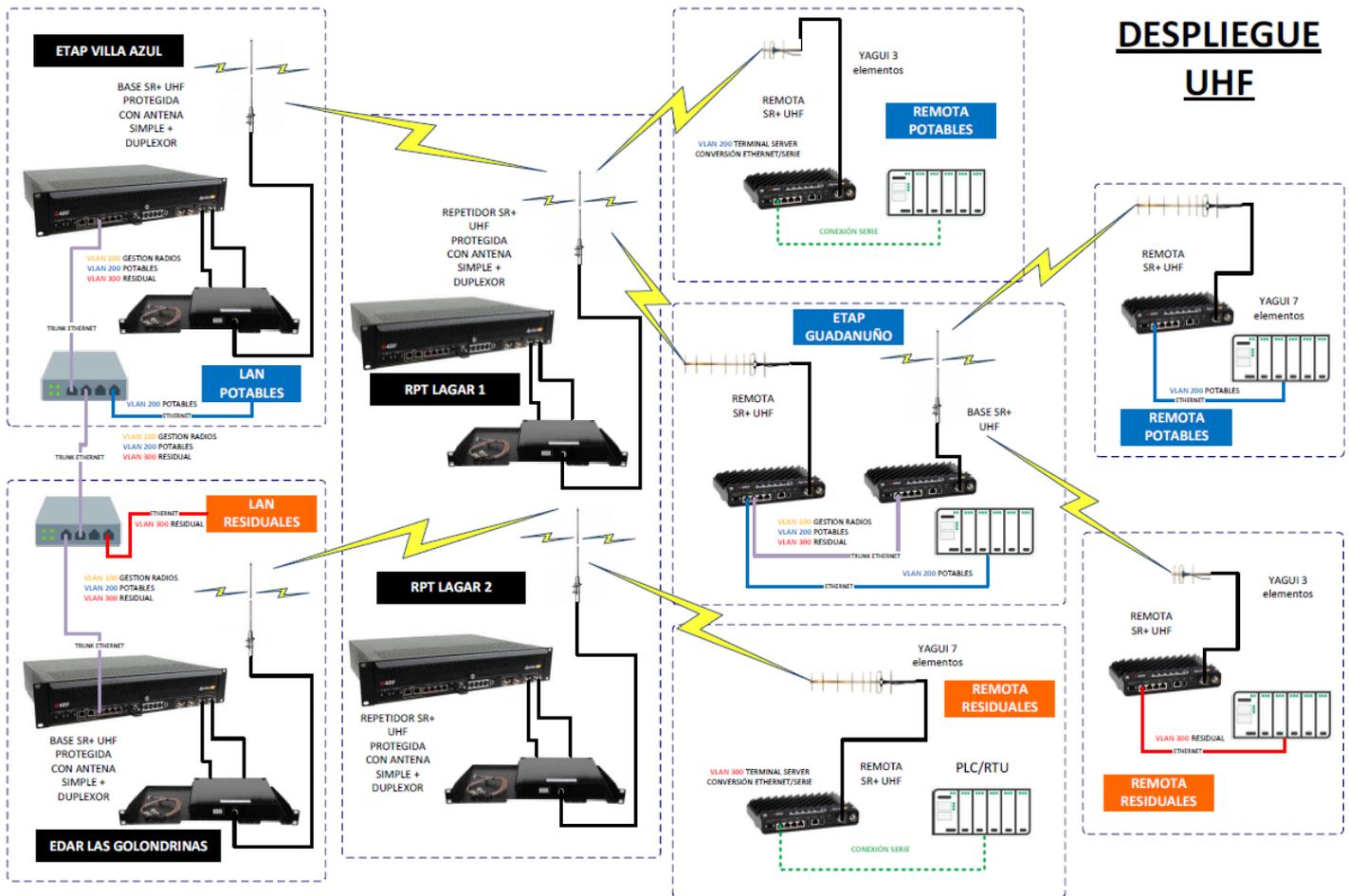


Figura 2 – Arquitectura de red UHF

Como se indicará posteriormente, para realizar la migración lo mejor sería solicitar frecuencias nuevas y dar posteriormente de baja los expedientes de las frecuencias antiguas.

Entrando en mayor detalle, en los siguientes apartados podemos ver el nivel de señal esperado de cada una de las remotas y el repetidor con el que tienen mejor cobertura. En las Excel de cobertura aportadas en el **ANEXO 3**, se puede ver también el nivel de señal que recibe cada remota de todos los repetidores con los que tiene buena cobertura, por si hiciera falta en un momento dado orientar la antena hacia otro repetidor diferente por alguna obstrucción que se pueda dar con el que tienen mejor señal.

Vamos a ver cuatro tablas:

- Coberturas remotas potables usando RPT Lagar viejo
- Coberturas remotas potables usando RPT Lagar nuevo
- Coberturas remotas residuales usando RPT Lagar viejo
- Coberturas remotas residuales usando RPT Lagar nuevo

En las tablas se ha marcado en rojo los 3 depósitos que comunicarán directamente haciendo un punto a punto con su bombeo correspondiente. Se deja indicada la cobertura por si el día de mañana fuera necesario eliminar el punto a punto y comunicar directamente con el repetidor.

En estos 3 bombeos que se usan para realizar luego los enlaces punto a punto, tendremos doble radio, una para enlazar con el repetidor y otra con el depósito. Estas radios se conectarán mediante sus puertos ethernet.

2.2.1 CÁLCULO DE COBERTURA REMOTAS DE POTABLES CON RPT LAGAR VIEJO

Address	Repetidor	Antena	RSL dBm	Azimet	Distancia
3,1, Guadalmellato	Viejo RPT Lagar	Yagui 7 elementos	-101,8	231,05	16883
3,2, CLH	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-52,7	348,92	11459
3,3, Recloración La Golondrina	EDAR Golondrina	Yagui 5 elementos	-21,3	205,51	244
3,4,1, Cola	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-48	337,35	5012
3,4,2, Depósito Lobatón	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-57,2	334,04	15758
3,5, Alcolea	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-85,3	276,22	12986
3,6 El Ángel	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-54,5	278,24	14175
3,7, El Higuero	EDAR Golondrina	Yagui 7 elementos	-51	197,47	3114
3,8,1, Depósito Trassierra	Viejo RPT Lagar	Yagui 7 elementos	-93,4	88,8	7668
3,8,2, Bombeo Trassierra	Viejo RPT Lagar	Yagui 7 elementos	-73,1	80,86	7277
3,9, Recloración Torrecilla	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-52,8	344,38	9780
3,10, Medina Azahara	EDAR Golondrina	Yagui 5 elementos	-52,6	175,62	4580
3,11, ETAP Guadalupe	Viejo RPT Lagar	Yagui 7 elementos	-92,2	193,24	8779
3,11,1,1 Depósito El Vacar (Polvorín)	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-103,5	166,65	15242
3,11,1,2, Bombeo El Vacar	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-99,4	193,21	8778
3,11,1,2, Bombeo El Vacar	ETAP Guadalupe	Yagui 5 elementos	9,4	90	5
3,11,2, Recloración Obejo	ETAP Guadalupe	Yagui 5 elementos	-65,7	211,8	1053
3,11,3 Depósito Obejo	ETAP Guadalupe	Yagui 5 elementos	-63,2	221,41	1187
3,12, Bda, Civil Cerro Muriano (Depósito Bajo)	Viejo RPT Lagar	Yagui 7 elementos	-87,5	207,42	7678
3,13, Santa Cruz	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-79,3	325,34	28240
3,14, Esquina Paradas	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-50,1	343,89	6685
3,15, Recloración Las Quemadas	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-51,1	298,52	9146
3,16, Vallehermoso	EDAR Golondrina	Yagui 5 elementos	-49,4	192,75	6184
3,17,1, Depósito Torreblanca	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-49,3	212,53	5077
3,17,2, Bombeo Torreblanca	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-51,7	295,33	8113
3,18, Psiquiátrico	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-85,1	271,74	11014
3,19, Encinares Bajo	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-67,6	272,58	12207
3,20, Encinares Medio	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-55,6	270,05	12048
3,21, Encinares Alto	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-87,4	239,59	10975
4,1, Canal de Riegos	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-33,5	317,82	220
4,2, Olmo	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-32,6	122,76	684
4,3, Carril-Huerta de Arcos	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-54,5	131,94	2320
4,4, Cerrillo	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-44,9	144,36	3177
4,5, Antas	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-45,7	142,98	3724

Tabla 4 – Tabla de resultados cobertura UHF Potables con RPT Lagar viejo

2.2.2 CÁLCULO DE COBERTURA REMOTAS DE POTABLES CON RPT LAGAR NUEVO

Subscriber	Repetidor	Antena	RSL dBm	Azimet	distancia
3,1, Guadalmellato	Lagar nuevo RPT	Yagui 7 elementos	-97,4	230,9	16912
3,2, CLH	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-51,7	348,87	11394
3,3, Recloración La Golondrina	EDAR Golondrina	Yagui 5 elementos	-21,3	205,51	244
3,4,1, Cola	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-48	337,35	5012
3,4,2, Depósito Lobatón	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-55,5	333,96	15705
3,5, Alcolea	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-84,2	275,97	12970
3,6 El Ángel	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-53,5	278,02	14158
3,7, El Higuero	EDAR Golondrina	Yagui 7 elementos	-51	197,47	3114
3,8,1, Depósito Trassierra	Lagar nuevo RPT	Yagui 7 elementos	-77,4	89,22	7666
3,8,2, Bombeo Trassierra	Lagar nuevo RPT	Yagui 7 elementos	-68,4	81,29	7264
3,9, Recloración Torrecilla	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-50,7	344,29	9713
3,10, Medina Azahara	EDAR Golondrina	Yagui 5 elementos	-52,6	175,62	4578
3,11, ETAP Guadalupe	Lagar nuevo RPT	Yagui 7 elementos	-81,9	193,16	8832
3,11,1,1 Depósito El Vacar (Polvorín)	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-98,8	166,7	15296
3,11,1,2, Bombeo El Vacar	ETAP Guadalupe	Yagui 5 elementos	9,4	90	5
3,11,2, Recloración Obejo	ETAP Guadalupe	Yagui 5 elementos	-65,7	211,8	1053
3,11,3 Depósito Obejo	ETAP Guadalupe	Yagui 5 elementos	-63,2	221,41	1187
3,12, Bda, Civil Cerro Muriano (Depósito Bajo)	Lagar nuevo RPT	Yagui 7 elementos	-78,2	207,23	7726
3,13, Santa Cruz	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-78,3	325,27	28192
3,14, Esquina Paradas	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-48,8	343,76	6614
3,15, Recloración Las Quemadas	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-50,2	298,21	9107
3,16, Vallehermoso	EDAR Golondrina	Yagui 5 elementos	-49,4	192,75	6183
3,17,1, Depósito Torreblanca	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-49,3	212,53	5077
3,17,2, Bombeo Torreblanca	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-50,3	294,98	8075
3,18, Psiquiátrico	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-84	271,46	11004
3,19, Encinares Bajo	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-66,4	272,33	12195
3,20, Encinares Medio	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-52,2	269,79	12040
3,21, Encinares Alto	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-87,4	239,59	10975
4,1, Canal de Riegos	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-33,5	317,82	216
4,2, Olmo	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-32,6	122,76	684
4,3, Carril-Huerta de Arcos	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-54,5	131,94	2319
4,4, Cerrillo	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-44,9	144,36	3175
4,5, Antas	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-45,7	142,98	3720

Tabla 5 – Tabla de resultados cobertura UHF Potables con nuevo RPT Lagar

2.2.1 CÁLCULO DE COBERTURA REMOTAS DE RESIDUALES CON RPT LAGAR VIEJO

Address	Repetidor	Antena	RSL dBm	Azimet	Distancia
3,1, EBAR Casillas	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-51,8	354,56	9607
3,2, EBAR Botánico	Viejo RPT Lagar	Yagui 3 elementos	-60,8	342,3	9011
3,3, EBAR El Arcángel	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-44,3	331,95	3275
3,4, Pluviales Villarrubia	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-65,5	89,51	5220
3,5, EBAR Los Ángeles (antigua)	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-54,3	277,38	13784
3,6, EBAR Los Ángeles	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-54,6	277,59	14204
3,7, EBAR Alcolea	Viejo RPT Lagar	Yagui 7 elementos	-51,9	279,3	12474
3,8, EBAR Las Quemadas	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-82	289,03	10289

3,9, EDAR Cerro Muriano	ETAP Guadanuno	Yagui 7 elementos	-65,9	351,34	1993
3,10, EBAR Cerro Muriano	ETAP Guadanuno	Yagui 7 elementos	-80,7	309,34	3873
3,11, EBAR Majaneque	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-57,6	45	1973
3,12, EBAR Encinarejo	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-61,4	69,49	5451
3,13, EBAR Veredón	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-65,4	83,03	6634
3,14, Partidor Botánico	Viejo RPT Lagar	Antena interior	-59,8	341,33	9135
3,15, EBAR Centro Penitenciario	Viejo RPT Lagar	Yagui 7 elementos	-51,3	290,81	11511
3,16, Compuerta Pedroches (Granadal)	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-44,8	302,4	3453
3,17, Pluviales Chinales	Viejo RPT Lagar	Yagui 3 elementos	-52,3	318,51	6946
3,18, Pluviales Carlos III	Viejo RPT Lagar	Yagui 3 elementos	-66,4	312,05	8258
3,19, EBAR Obejo	ETAP Guadanuno	Yagui 7 elementos	-77	304,53	3405
3,20, EBAR Cañada Real Soriana	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-60,3	103,49	3558
3,21, EBAR Torreblanca	Viejo RPT Lagar	Yagui 8 elementos	-49,2	282,32	6156
3,22, EDAR Santa Cruz	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-83,6	326,54	29017
3,23, EDAR Trassierra nº1 (nueva)	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-86,1	76,3	6952
3,24, EDAR Trassierra nº2 (nueva)	Viejo RPT Lagar	Yagui 5 elementos	-96	80,47	6951

Tabla 6 – Tabla de resultados cobertura UHF Residuales con RPT Lagar viejo

2.2.2 CÁLCULO DE COBERTURA REMOTAS DE RESIDUALES CON RPT LAGAR NUEVO

Subscriber	Repetidor	Antena	RSL dBm	Azimut	distancia
3,1, EBAR Casillas	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-50,6	354,53	9539
3,2, EBAR Botánico	Lagar nuevo RPT	Yagui 3 elementos	-58,6	342,19	8943
3,3, EBAR El Arcángel	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-44,3	331,95	3275
3,4, Pluviales Villarrubia	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-65,5	89,51	5220
3,5, EBAR Los Ángeles (antigua)	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-53,2	277,16	13767
3,6, EBAR Los Ángeles	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-53,6	277,37	14187
3,7, EBAR Alcolea	Lagar nuevo RPT	Yagui 7 elementos	-50,9	279,05	12455
3,8, EBAR Las Quemadas	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-81	288,74	10259
3,9, EDAR Cerro Muriano	ETAP Guadanuño	Yagui 7 elementos	-65,9	351,34	1993
3,10, EBAR Cerro Muriano	ETAP Guadanuño	Yagui 7 elementos	-80,7	309,34	3873
3,11, EBAR Majaneque	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-57,6	45	1973
3,12, EBAR Encinarejo	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-61,4	69,49	5451
3,13, EBAR Veredón	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-65,4	83,03	6634
3,14, Partidor Botánico	Lagar nuevo RPT	Antena interior	-58,8	341,22	9068
3,15, EBAR Centro Penitenciario	Lagar nuevo RPT	Yagui 7 elementos	-50,3	290,55	11481
3,16, Compuerta Pedroches (Granadal)	ETAP Villa Azul	Yagui 5 elementos	-44,8	302,4	3452
3,17, Pluviales Chinales	Lagar nuevo RPT	Yagui 3 elementos	-51,4	318,21	6887
3,18, Pluviales Carlos III	Lagar nuevo RPT	Yagui 3 elementos	-64,9	311,76	8205
3,19, EBAR Obejo	ETAP Guadanuño	Yagui 7 elementos	-77	304,53	3405
3,20, EBAR Cañada Real Soriana	EDAR Golondrina	Yagui 3 elementos	-60,3	103,49	3558
3,21, EBAR Torreblanca	Lagar nuevo RPT	Yagui 8 elementos	-47,5	281,81	6130
3,22, EDAR Santa Cruz	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-82,5	326,48	28967
3,23, EDAR Trassierra nº1 (nueva)	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-80,2	76,75	6935
3,24, EDAR Trassierra nº2 (nueva)	Lagar nuevo RPT	Yagui 5 elementos	-90,8	80,92	6937

Tabla 7 – Tabla de resultados cobertura UHF Residuales con nuevo RPT Lagar

2.2.3 ENLACES PUNTO-PUNTO BOMBEO DEPOSITO

Punto A	Punto B	Antena	RSL dBm	A az	B az	Distancia
3,4,1, Cola	3,4,2, Depósito Lobatón	Yagui 5 elementos	-84,81	158,4	338,4	5376,85
3,8,2, Bombeo Trassierra	3,8,1, Depósito Trassierra	Yagui 3 elementos	-72,13	334	154	1113,61
3,17,2, Bombeo Torreblanca	3,17,1, Depósito Torreblanca	Yagui 3 elementos	-61,09	333,5	153,5	3585,17

Tabla 8 – Tabla de resultados enlaces PTP Bombeo-Depósito

A continuación, podemos ver los perfiles de estos enlaces punto a punto. Las alturas usadas para los cálculos son las mismas que teníamos para enlazar con los puntos repetidores.

2.2.3.1 Perfil Bombeo Cola – Depósito Lobato

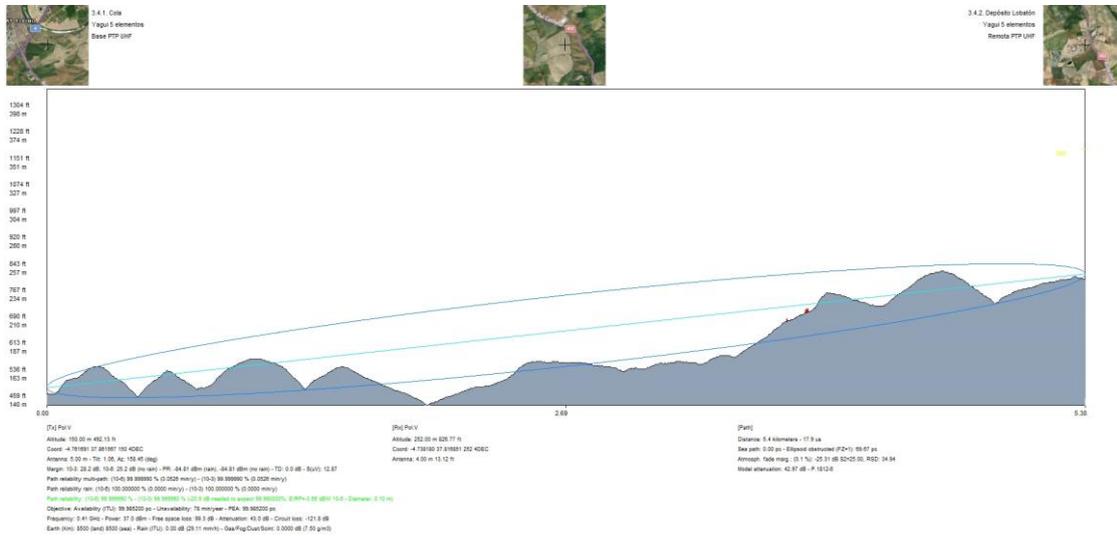


Figura 3 – Perfil Bombeo Cola – Depósito Lobato

2.2.3.2 Perfil Bombeo Trassierra – Depósito Trassierra

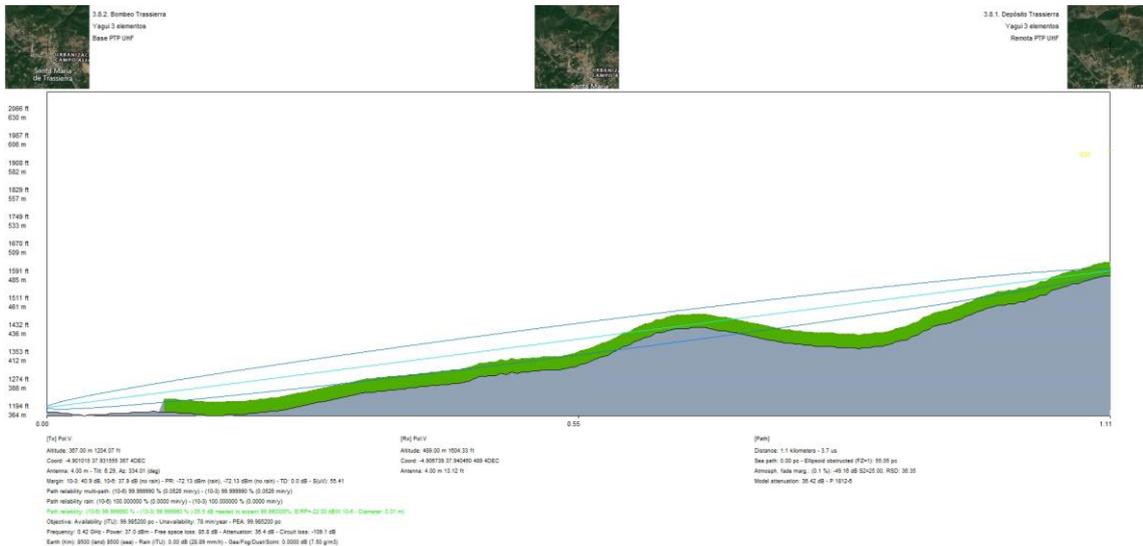


Figura 4 – Perfil Bombeo Trassierra – Depósito Trassierra



2.2.3.3 Perfil Bombeo Torreblanca – Depósito Torreblanca

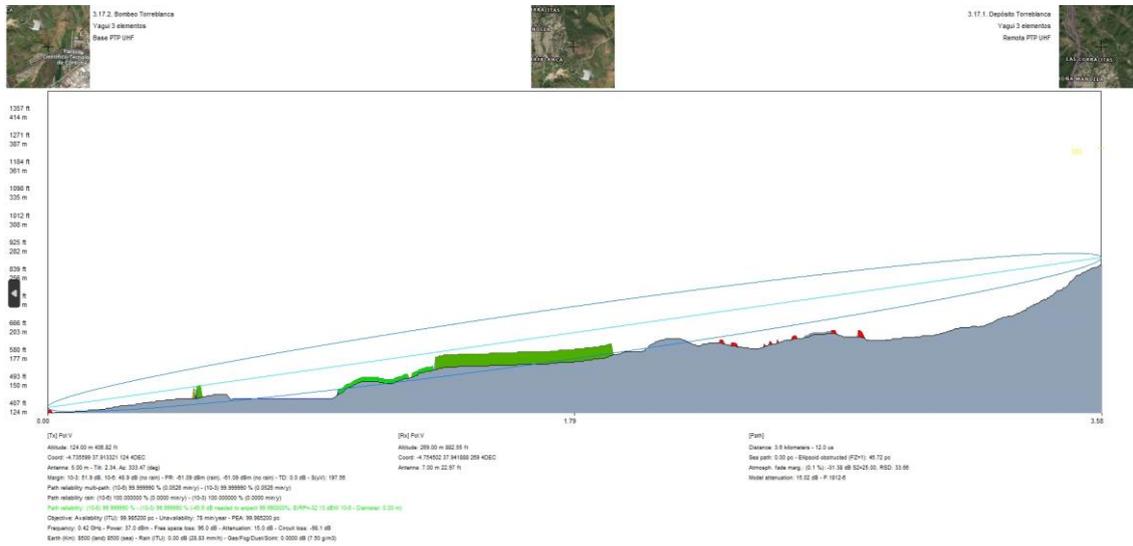


Figura 5 – Perfil Bombeo Torreblanca – Depósito Torreblanca

2.2.4 MAPA DE CONEXIONES UHF

El reparto de remotas por cada uno de los repetidores, quedaría como sigue:

Repetidor	Remotas conectadas
EDAR Golondrina	9
ETAP Villa Azul	9
Lagar RPT	30
ETAP Guadalupe	6

Tabla 9 – Reparto de remotas por repetidor UHF

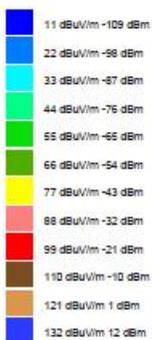
De esta tabla se han descontado los 3 depósitos que irían con punto a punto contra las estaciones de Bombeo:

1. Cola (3.4.1) con Depósito Lobatón (3.4.2)
2. Bombeo Trassierra (3.8.2) con Depósito de Trassierra (3.8.1)
3. Bombeo Torreblanca (3.17.2) con Depósito Torreblanca (3.17.1)

En el siguiente mapa que podremos observar con mayor resolución en el **ANEXO 3**, podemos ver como quedaría todo conectado

27/12/2022 13:51:47

5 km



ATDI

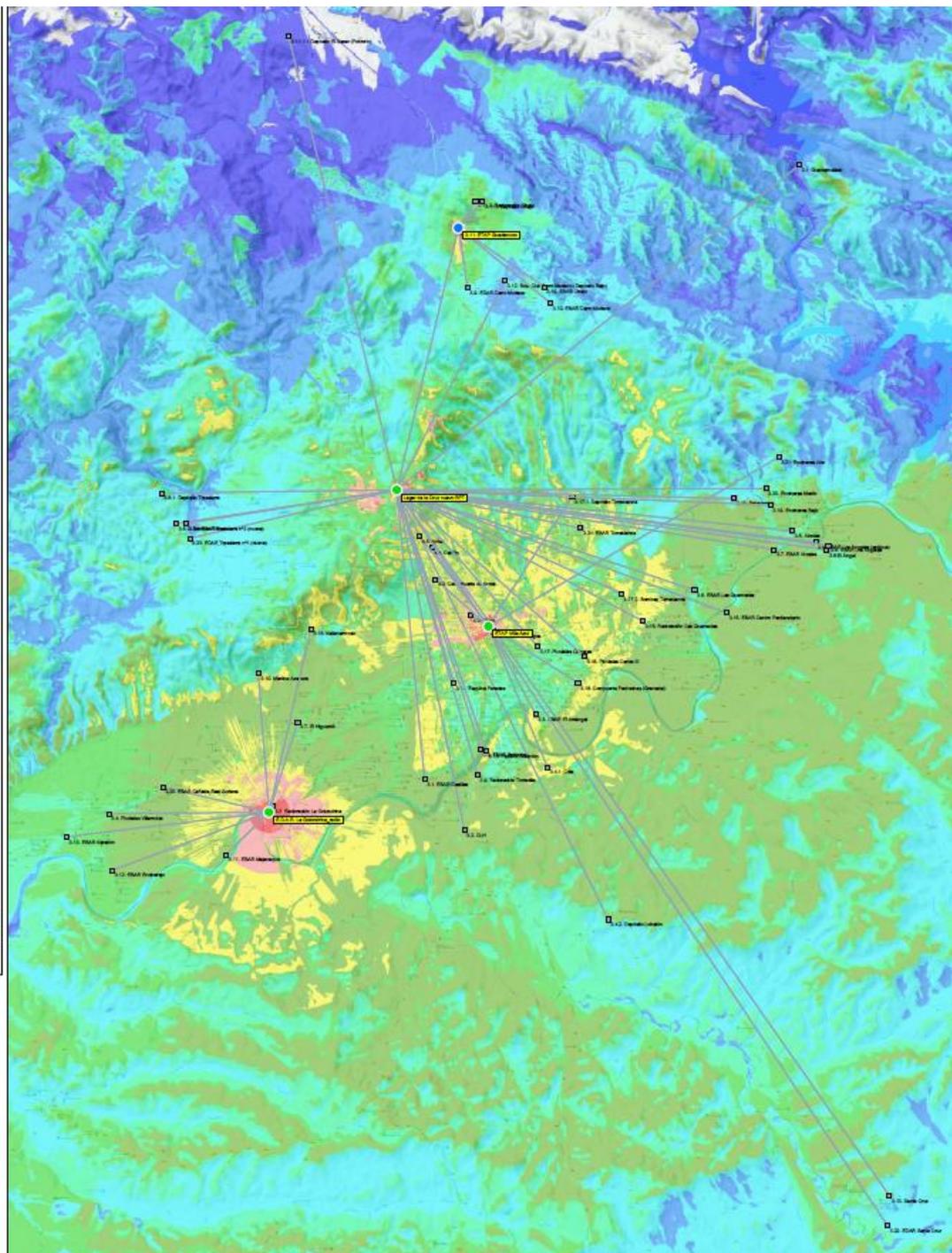


Figura 6 – Mapa de conexiones UHF



2.3 COBERTURA UHF FUTURA

En las siguientes imágenes se puede observar la cobertura obtenida para los 4 emplazamientos que han sido estimados como los mejores para cubrir las necesidades de la red. Junto con la cobertura hemos añadido todas las remotas a las que habría que dar cobertura, en verde las remotas de potables y en rojo las de residual.

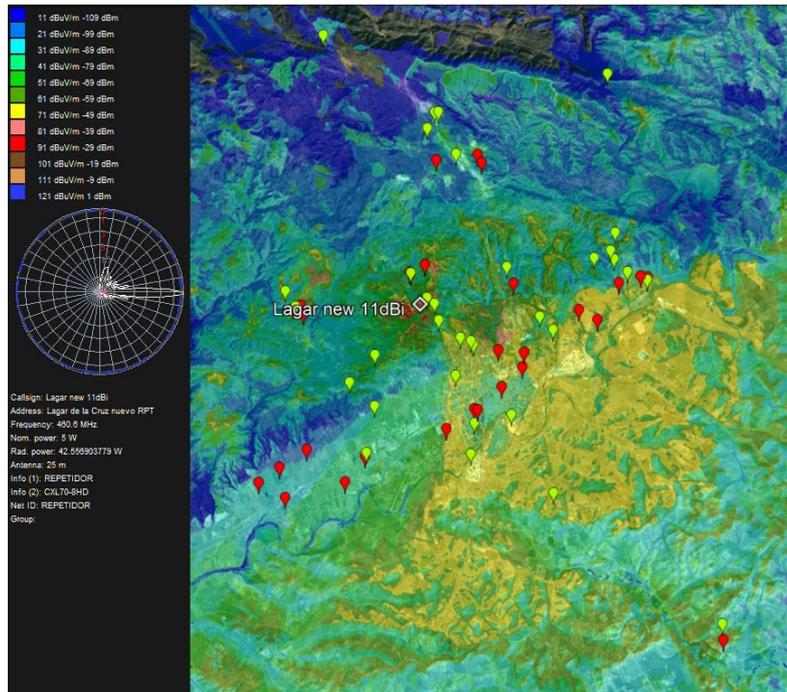


Figura 7 – Cobertura Estación Base Lagar de la Cruz

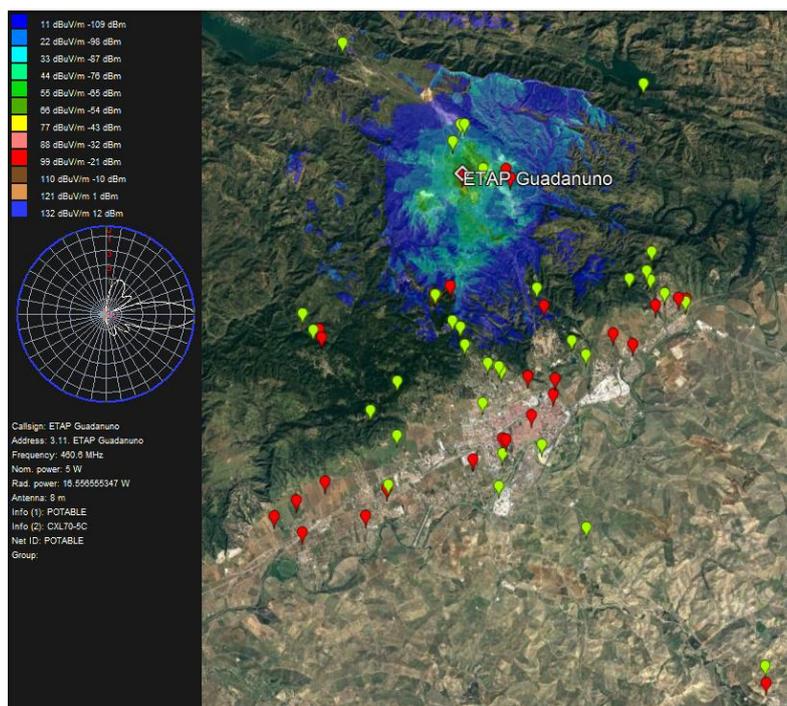


Figura 8 – Cobertura repetidor Store & Forward de ETAP Guadalupe

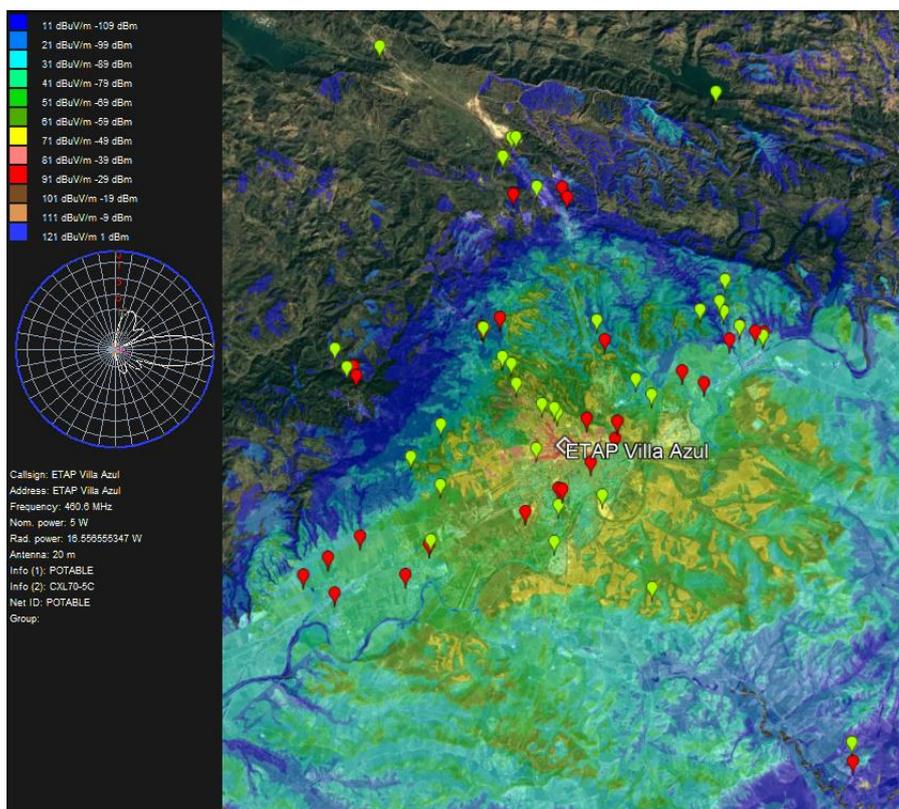


Figura 9 – Cobertura Estación Base de la ETAP Villa Azul

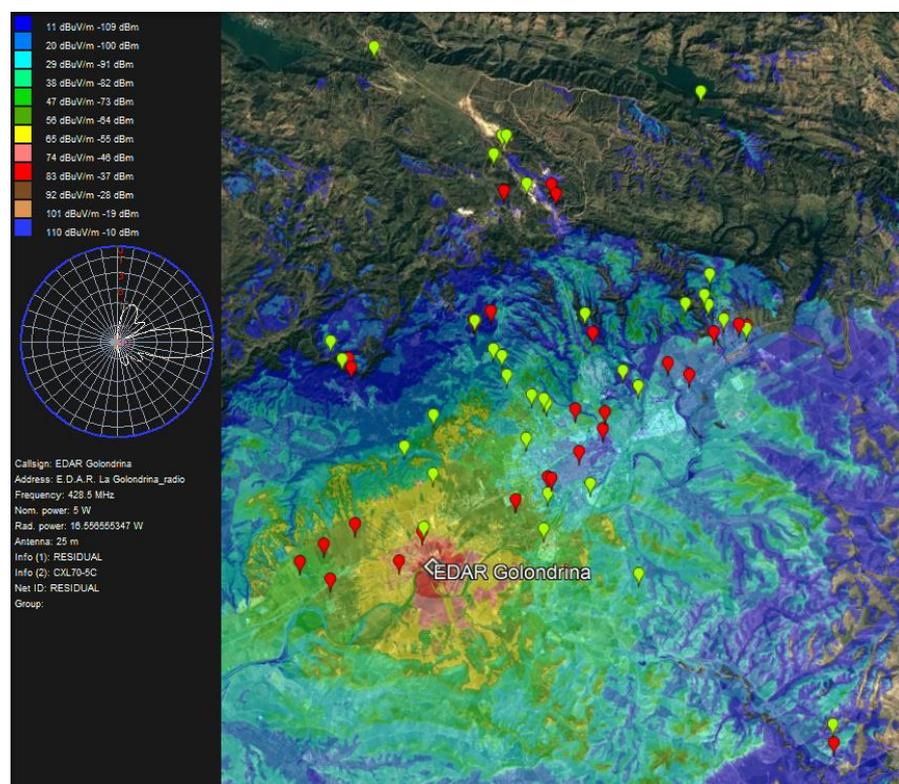


Figura 10 – Cobertura Estación Base de la EDAR Golondrina

En la siguiente imagen podemos ver la cobertura compuesta de los cuatro emplazamientos, donde cómo se puede observar, las zonas azules que son las de menor nivel de señal se reducen notablemente.

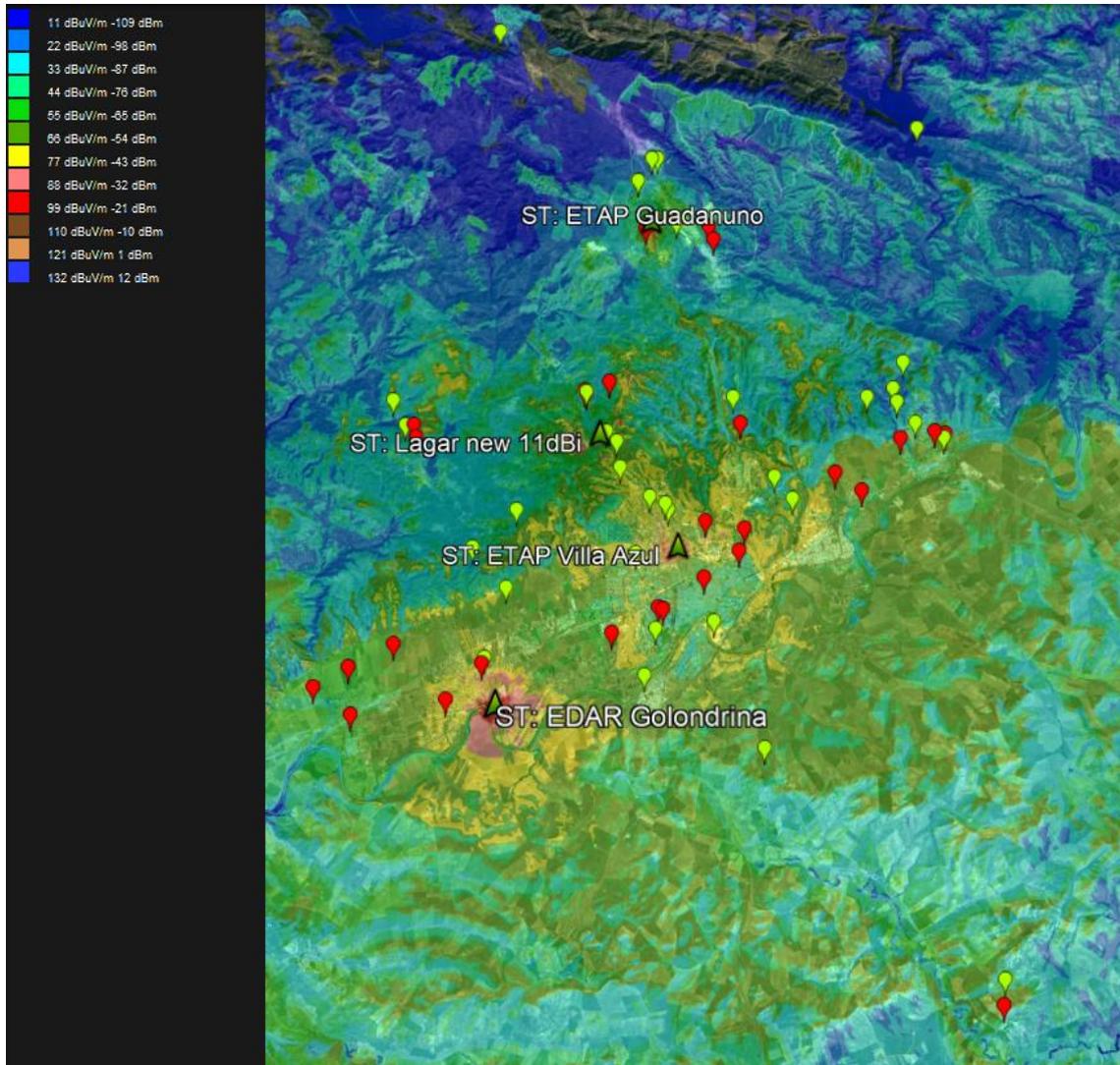


Figura 11 – Cobertura conjunta de los de los 4 emplazamientos.

2.4 INGENIERÍA IT E INTEGRACIÓN LAN

2.4.1 INTEGRACIÓN SERIE SOBRE UNA RED TRONCAL ETHERNET

A nivel de red, los equipos propuestos Aprisa SR y SR+ permiten integrar de forma simultánea las comunicaciones serie y ethernet en un mismo equipo, coexistiendo ambos en el mismo canal de radio. Por tanto, la comunicación de datos SCADA puede ser de ambos tipos, permitiendo una sencilla migración de la solución a una red completamente ethernet.

La gestión de las radios, sí que se hace exclusivamente por sus puertos ethernet a través de su gestor web supervisor.



Dado que durante un tiempo van a estar coexistiendo PLC/RTU serie y ethernet y que la nueva infraestructura de red troncal será completamente ethernet, habrá que ver las opciones posibles para facilitar la comunicación serie a través de la red troncal ethernet.

Para comunicar por serie, no hace falta que el SCADA tenga un puerto serie. Se puede llegar por ethernet hasta la base y usar una tecnología integrada en las radios SR+ llamada Terminal Server, en la que se establece una conexión cliente/servidor por TCP o UDP entre SCADA y radio, que permite dos escenarios posibles:

- Si lo configuramos en la Base, el tráfico llegaría por ethernet a la base y cuando salga por radio lo haría como un paquete serie, que saldrá por los interfaces serie de todas las remotas. Todo esto se puede hacer en diferentes subredes, separando además el tráfico de datos de los diferentes SCADAS de datos del de gestión de las radios, mediante VLANs. Un escenario podría ser:
 - o VLAN 100 y subred X: Servidor de gestión, donde podremos monitorizar las radios SR+ por medio de su gestor web.
 - o VLAN 40 y subred Y: SCADA de datos de la red de Potables
 - o VLAN 50 y subred Z: SCADA de datos de la red de Residuales

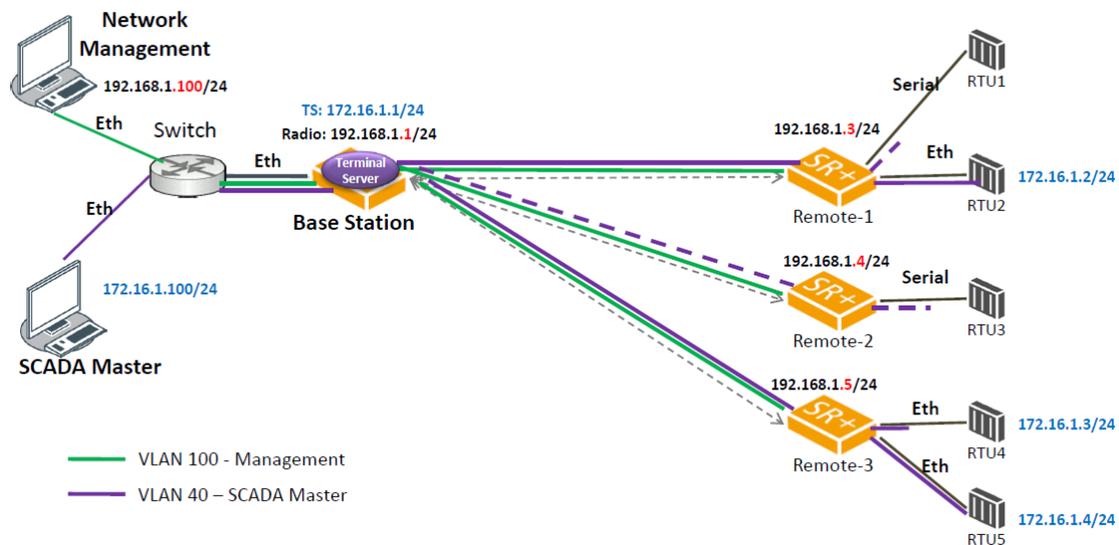


Figura 12 – Solución de conversión ethernet a serie (Terminal Server) en la base

- Si lo configuramos en la remota, todo el tráfico será ethernet hasta llegar a la radio remota de la RTU/PLC correspondiente. Esta hará una conversión ethernet a serie para comunicar con la RTU/PLC local, en caso de que sea necesario usar este interfaz. Todo esto se puede hacer en diferentes subredes, separando además el tráfico de datos de los diferentes SCADAS de datos del de gestión de las radios, mediante VLANs. Un escenario podría ser:

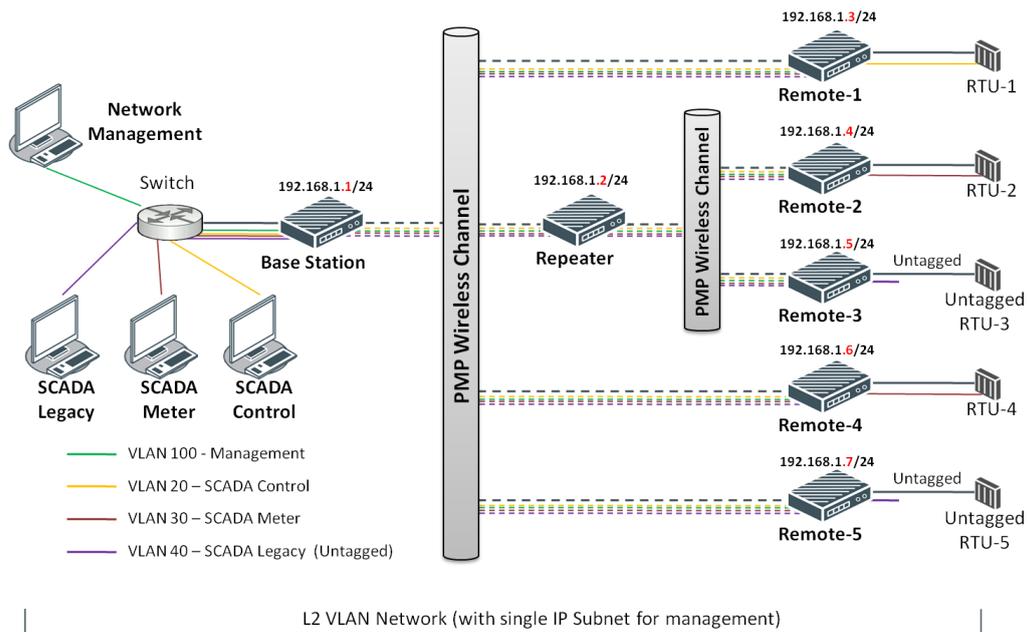


Figura 14 - Topología UHF L2

2.4.3 SOLUCIONES DE ENRUTAMIENTO L3

También es posible configurar los equipos como Router. Todo dependerá de la topología de red que interese al cliente. Los diferentes modos de operación L3 son:

- Gateway Router: en este modo, los equipos SR y SR+ inspecciona cada dirección IP de origen y destino de IP entrante para determinar si el paquete se reenvía a través del enlace de radio o se descarta. En este modo, todas las interfaces Ethernet tienen la misma dirección IP y subred.
- Router: en este modo, los equipos SR y SR+ inspecciona cada dirección IP de origen y destino de IP entrante para determinar si el paquete se reenvía a través del enlace de radio o se descarta. En este modo, cada interfaz Ethernet tiene una dirección IP y una subred diferente.

Como en cualquier Router, se puede configurar un NAT con lo que tendríamos una red pública y otra privada, permitiendo la traducción/mapeo de puertos entre ambas redes. El uso de NAT permitiría por ejemplo poder utilizar la misma configuración de red LAN en todos los emplazamientos remotos de la red. La única diferencia sería la ip pública de la interfaz radio de los equipos SR+ que instalaríamos en cada uno de esos emplazamientos remotos.

Entre las características que aporta esta configuración en modo Router tenemos:

- Interoperabilidad con el control industrial y la red de enrutamiento estándar corporativo
- Enrutamiento IP estático para simplificar la eliminación de la sobrecarga del protocolo de enrutamiento de la red de banda estrecha



- Tabla de enrutamiento semiautomática como parte del proceso de registro de la estación remota para simplificar la implementación
- Compatibilidad con Terminal Serve en L3, para poder enrutar también el tráfico serie.
- En soluciones protegidas 1+1 MHSB proporciona actualizaciones automáticas de la tabla MAC ante cualquier cambio, para permitir un flujo de tráfico ininterrumpido

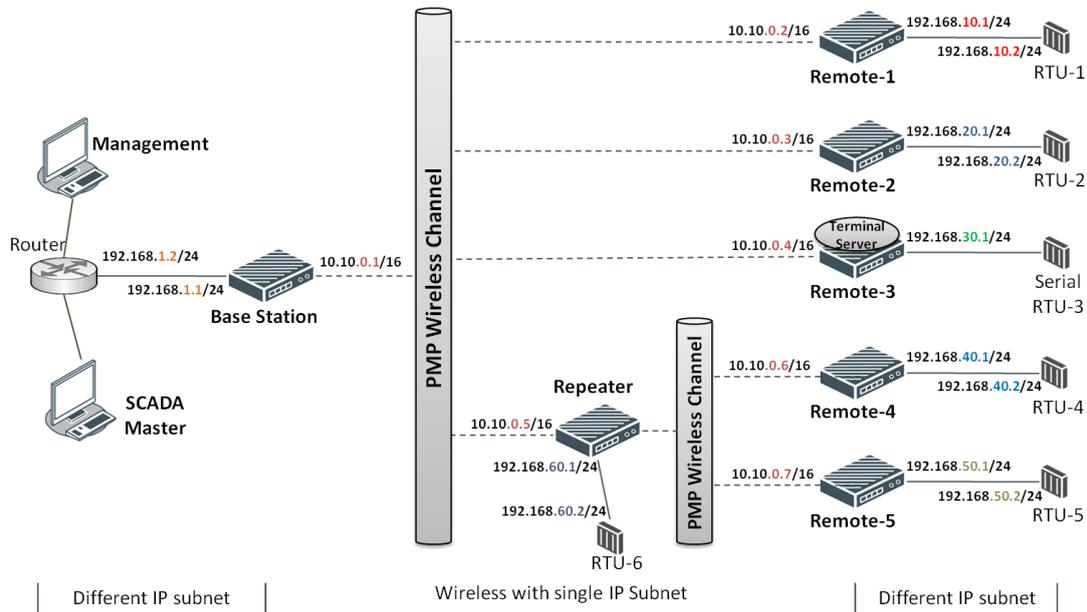


Figura 15 - Topología UHF L3

2.4.4 GESTIÓN DE LAS RADIOS

A nivel de gestión de las radios, podemos hacerlo de muy diversas maneras:

- HTTP y HTTPS: usando un gestor web podremos utilizar la herramienta Web supervisor, que permite gestionar tanto la estación base como todas las remotas y repetidores accesibles a través del canal de radio. Para ello tan solo hay que meter en el navegador la ip de la base y luego seleccionar el equipo radio que queremos gestionar, evitando cargar el código html que tendríamos que traer si ponemos en el navegador directamente la ip del equipo remoto. Es una manera eficiente de ahorrar ancho de banda y no saturar el canal.
- SNMP: se proporcionarán las mibs necesarias para integrarlo en cualquier gestor que soporte el estándar SNMP v1, 2 y 3. Mediante traps, se podrá avisar de cualquier evento generado en los equipos.
- CLI: se puede gestionar por línea de comandos de la siguiente forma:
 - SSH: a través de un puerto ethernet
 - Telnet: a través de un puerto ethernet
 - Serie: a través del puerto microUSB que dispone el equipo. Hará falta un driver adicional que se proporcionará para conectarse a un ordenador mediante puerto serie.

2.5 INGENIERÍA DE TRÁFICO UHF

Como veremos en la descripción del equipo en las próximas páginas, las radios Aprisa SR+ permiten diferentes canalizaciones, modulaciones y correcciones de error, lo que da lugar a diferentes anchos de banda:

No Forward Error Correction

Channel Size	Gross Radio Capacity				
	256 QAM ⁽²⁾	64 QAM	16 QAM	QPSK	4-CPFSK
12.5 kHz	NA	60.0 kbit/s	40.0 kbit/s	20.0 kbit/s	9.6 kbit/s
20 kHz	NA	84.0 kbit/s	56.0 kbit/s	28.0 kbit/s	9.6 kbit/s
25 kHz	NA	120.0 kbit/s	80.0 kbit/s	40.0 kbit/s	19.2 kbit/s
50 kHz ⁽¹⁾	NA	216.0 kbit/s	144.0 kbit/s	72.0 kbit/s	38.4 kbit/s

Minimum Coded Forward Error Correction

Channel Size	Gross Radio Capacity less FEC				
	256 QAM	64 QAM	16 QAM	QPSK	4-CPFSK
12.5 kHz	69.3 kbit/s	52.0 kbit/s	23.1 kbit/s	11.6 kbit/s	8.4 kbit/s
20 kHz	97.0 kbit/s	72.7 kbit/s	32.4 kbit/s	16.2 kbit/s	8.4 kbit/s
25 kHz	138.6 kbit/s	103.9 kbit/s	46.2 kbit/s	23.1 kbit/s	16.7 kbit/s
50 kHz ⁽¹⁾	249.4 kbit/s	187.1 kbit/s	83.2 kbit/s	41.6 kbit/s	33.4 kbit/s

Maximum Coded Forward Error Correction

Channel Size	Gross Radio Capacity less FEC				
	256 QAM	64 QAM	16 QAM	QPSK	4-CPFSK
12.5 kHz	NA	45.6 kbit/s	17.3 kbit/s	8.7 kbit/s	4.1 kbit/s
20 kHz	NA	63.8 kbit/s	24.2 kbit/s	12.1 kbit/s	4.1 kbit/s
25 kHz	NA	91.2 kbit/s	34.6 kbit/s	17.3 kbit/s	8.3 kbit/s
50 kHz ⁽¹⁾	NA	164.2 kbit/s	62.4 kbit/s	31.2 kbit/s	16.5 kbit/s

Tabla 10 – Capacidad radios Aprisa por canalización, modulación y corrección de errores

La canalización es fija y se puede cambiar en cualquier momento. La modulación y corrección de errores son adaptativas y dependerán de las condiciones del enlace (señal, SNR, posibles interferencias...).

Recordar que hay dos modelos de equipo, los Aprisa SR y los SR+. La única diferencia a nivel de tráfico es que los equipos Aprisa SR tan solo pueden trabajar en modulaciones QPSK. Para trabajar en modulaciones superiores a QPSK, debemos ir a la familia SR+. Es posible poner una estación base SR+ y combinar remotas SR y SR+ según necesidades de tráfico, teniendo claro que con las SR la remota no trabajaría más que a QPSK.

Aunque las SR solo trabajan en QPSK, usan la modulación adaptativa para cambiar entre las 3 opciones de corrección de errores disponibles-

La capacidad global de la red se verá afectada de la siguiente forma:

1. Las velocidades indicadas en la tabla superior son para el caso en que tengamos todas las remotas directamente conectadas a la base. ´
2. Dado que tenemos modulación adaptativa y que cada remota va a tener unos niveles de señal diferente debido a la distancia, posibles obstrucciones o estado del espectro, habrá remotas que no trabajen a máxima modulación. Por tanto, cada remota trabajará a la máxima modulación que pueda y el rendimiento global bajará lógicamente respecto al caso en que todas estuvieran a 256QAM.
3. Si se añaden repetidores a la red, el rendimiento global de la red disminuirá, ya que el sistema se tiene que hacer más lento para poder comunicar con las remotas que acceden a través del repetidor. Esto afecta a toda la red, independientemente de que haya remotas que comuniquen directamente con la estación base
4. Cuanto mayor sea el número de repetidores, menor ancho de banda global tendremos, especialmente si hay zonas de solapamiento de cobertura. Para evitar cualquier tipo de colisión, describiremos en la configuración como es nuestra red para que el protocolo de acceso al medio se adapte a la topología de red y funcione correctamente.

Las herramientas de monitorización de las radios permiten en todo momento ver los paquetes que se transmiten por cada uno de los interfaces (radio, serie y ethernet). También indican aquellos paquetes que se tiran debido a diferentes razones:

- Interferencias
- Congestión por saturación del canal
- Filtrados de red que evitan que diferentes paquetes accedan al canal de radio

Con toda esta información es muy sencillo hacer un diagnóstico de red para saber que problemas podemos estar teniendo.

También nos permitirán ver los parámetros de radio, para asegurar que todo funciona correctamente:

- Nivel de señal
- SNR
- Modulación de Tx y RX

Si se quiere comprobar la velocidad del canal de radio se puede usar un tester ethernet. Los valores son siempre superiores a los de la tabla de ancho de banda, debido a que los equipos usan algoritmos de compresión, tanto de datos como de cabecera que permiten aumentar el ancho de banda respecto al data rate (velocidad de aire)

3 ARQUITECTURA PROPUESTA

3.1 ARQUITECTURA DE RED UHF

En la siguiente imagen se puede observar la arquitectura de red propuesta para la red UHF

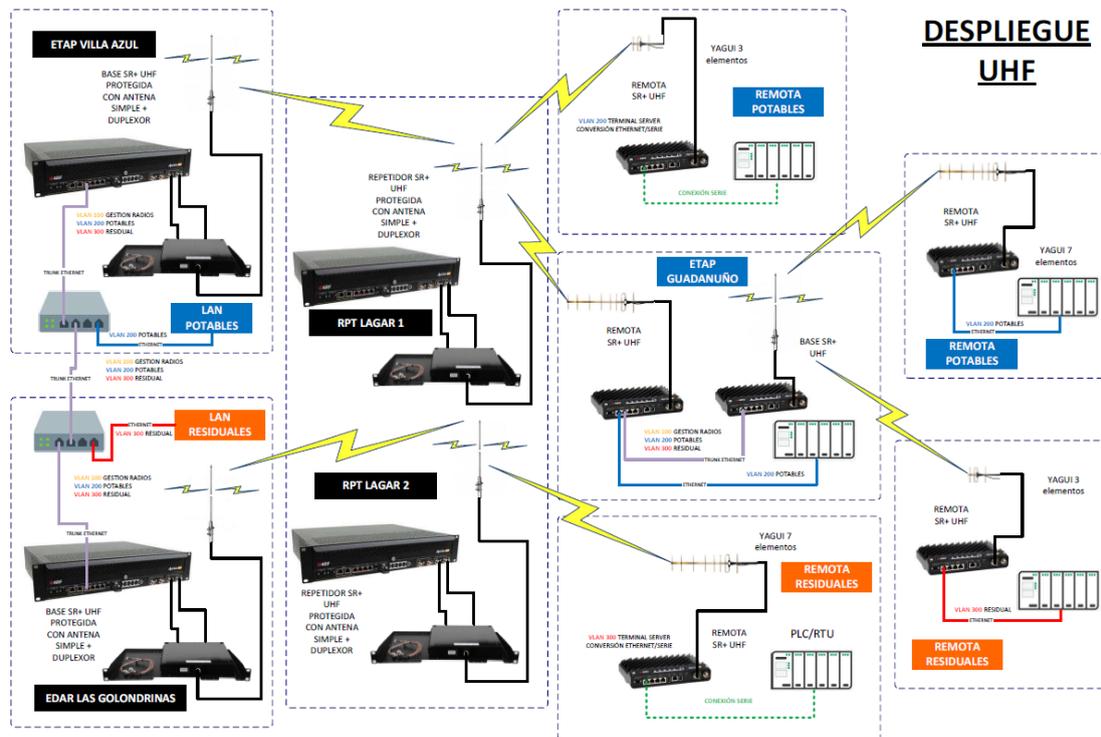


Figura 16 - Arquitectura troncal objetivo

No se han considerado nuevos switches para la EDAR GOLONDRINA y la ETAP VILLA AZUL. Salvo que se diga lo contrario, se utilizarán los de su red corporativa. A los switches se han conectado por ethernet los equipos Aprisa SR+ que proporcionan la cobertura UHF. Los equipos que actuarán como estación base en estos dos puntos principales, serán equipos protegidos que contienen dos radios normales en su interior. Una de las radios estará en standby y no entrará en funcionamiento salvo que la principal falle.

En Lagar instalaremos dos radios protegidas actuando como repetidor Store & Forward. Una de las radios será un repetidor de la ETAP Villa azul y el otro será repetidor de la EDAR Golondrina.

Además, se instalará en la ETAP Guadaluño una nueva estación base no protegida para dar cobertura a la zona norte. Esta nueva base se conectará por ethernet a una remota que enviará los datos de esos puntos de la zona norte al repetidor de Lagar, para llegar desde ahí a los SCADA donde hemos instalado las bases protegidas.

Se adjunta un nuevo esquema de red, donde podemos ver la solución para las estaciones de bombeo que se utilizarán para las soluciones punto a punto contra los depósitos

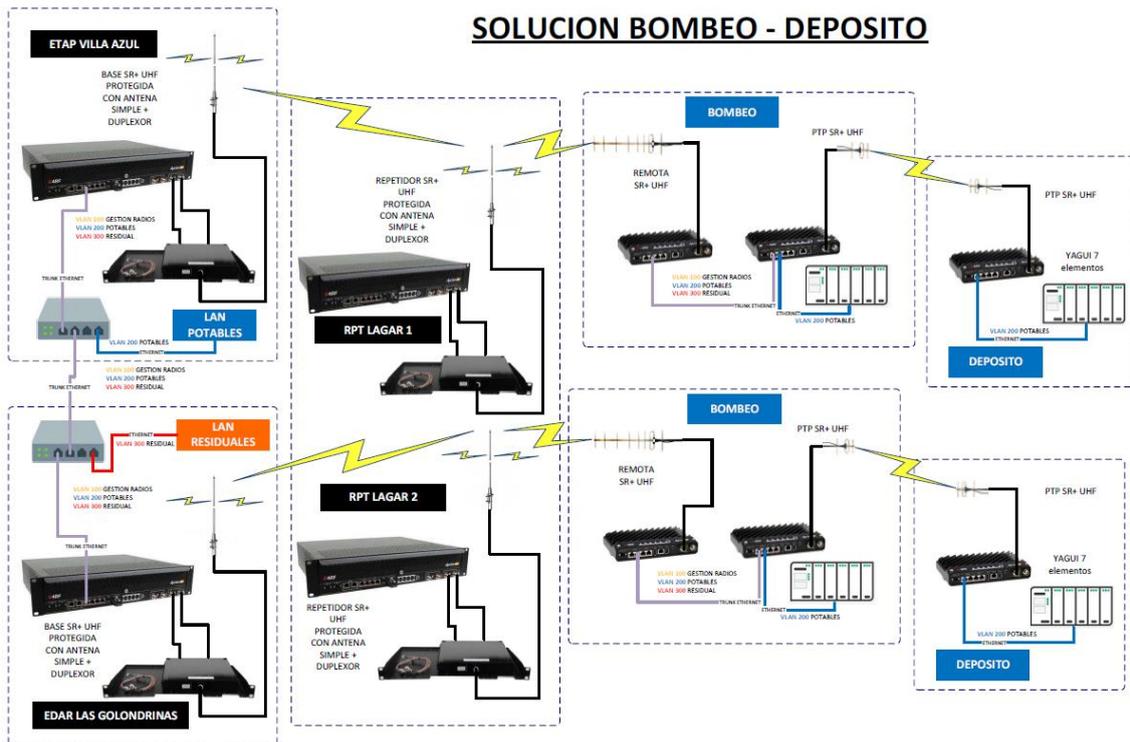


Figura 17 – Solución Bombeo - Depósito

En estas soluciones punto a punto, el PLC de Bombeo se hablará directamente con el del depósito, sin necesidad de pasar por el punto repetidor. En caso de que fallen los repetidores de la red, esta parte seguirá funcionando de forma autónoma sin ningún tipo de problema.

A parte de los 3 enlaces punto a punto propuestos, hay también que considerar también una solución parecida para Encinares Alto (3.21) con Encinares Medio (3.20) y con Encinares Bajo (3.19). En este caso no habrá enlaces punto a punto dedicados, pero la comunicación tiene que ir de Encinares Alto a los otros dos puntos. Es decir, estos equipos no comunican con los SCADA centralizados.

Para que este tipo de solución, en la que dos remotas tendrán que pasar los datos entre sí, sea posible, las estaciones base se tendrán que configurar en modo Base-Repeater. Una estación base funcionando de forma estándar, tiene que sacar todos sus datos por el puerto ethernet o serie hacia un SCADA, pero no los puede reenviar por el aire. Configurándola como Base-Repeater si que sería posible esa funcionalidad, para que dos PLC/RTU de dos remotas comuniquen entre sí.

3.2 PLAN DE DESPLIEGUE

El plan de despliegue propuesto se compone de diferentes fases que veremos a continuación.

3.2.1 FASE 1: SOLICITUD DE FRECUENCIAS

En la fase 1 habrá que realizar las solicitudes de frecuencia necesarias al ministerio, para tener claros los canales que se van a utilizar:

1. Servicio móvil y fijo de banda estrecha: habrá que solicitar 3 nuevos canales UHF con canalización de 12,5KHz para las estaciones base digitales SR+. Al solicitar nuevas frecuencias y no utilizar las de la red analógica actual, se podrá realizar la migración sin ningún tipo de interrupción en el servicio. En el capítulo 7 se recogen recomendaciones para esta solicitud. Los 3 canales semidúplex necesarios se repartirían como siguen:
 - a. 1 para la ETAP VILLA AZUL
 - b. 1 para la EDAR GOLONDRINA.
 - c. 1 para la base de la ETAP GUADANUÑO

Una vez realizada la migración, se podrán dar de baja las actuales frecuencias que operan en analógico.

Las frecuencias simplex utilizadas para la solución Bombeo – Depósito no haría falta incluirlas en esta solicitud. Al ser solo dos emplazamientos funcionando como punto a punto, sería una migración muy sencilla que convendría hacer lo primero de todo, para ir familiarizándose con la solución.

3.2.2 FASE 2: ARQUITECTURA DE RED

Antes de instalar nada, habrá que tener clara la configuración de red:

- Direcciones IP de las radios y PLC conectados a ellas
- VLANs que permitan segmentar la red de potables, residuales y gestión.

Si se configuran correctamente las VLANs, se pueden aprovechar todas las bases y repetidores para llevar tráfico tanto de potables como de residuales, permitiendo enlazar siempre a las remotas con las bases con la que mejor cobertura tengan, independientemente de donde estén instaladas. Luego ya se pasará el tráfico de una sede a otra por la red corporativa que las une.

3.2.3 FASE 3: INSTALACIÓN DE ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA RED UHF

Lo primero que se debería instalar serían las estaciones base y los repetidores de Lagar, para poder dar cobertura a todas las remotas de la red. El orden sería el siguiente:

1. ETAP VILLA AZUL: Instalaremos la nueva estación base protegida UHF

2. EDAR GOLONDRINA: Instalaremos la nueva estación base protegida UHF
3. REPETIDOR NUEVO LAGAR: 2 estaciones protegidas UHF funcionando como repetidor Store & Forward. Una se encargará del tráfico de potables y enlazará con la ETAP Villa Azul y la otra del tráfico de residuales y enlazará con la EDAR La Golondrina, pero en caso de que sea necesario, cada una de ellas podría absorber todo el tráfico de la red.
4. ETAP GUADANUÑO: una vez que tengamos operativas los dos repetidores de Lagar, instalaremos en esta ETAP la radio que actuará como estación base no protegida para ampliar la cobertura UHF hacia el norte, y la remota para enlazar con Lagar.

A partir de este momento, se puede migrar cualquier remota UHF de la red de analógico a digital, conforme las necesidades del cliente.

3.2.4 FASE 4: INSTALACIÓN DEL RESTO DE ELEMENTOS DE LA RED TRONCAL Y UHF

Una vez que la fase 3 esté completada iremos migrando las diferentes remotas UHF a digital. Las remotas tienen dos posibles frecuencias configurables, por lo que en aquellos casos en los que enlacen con el repetidor de Lagar, podemos poner los dos canales posibles para una mayor redundancia en caso de que caiga uno de los repetidores.

Si durante esta fase ya está disponible el nuevo repetidor de Lagar, se podría trasladar la radio protegida. Lo ideal sería trasladar primero solo una de ellas y dejar la otra operativa en el repetidor viejo, para que siga habiendo servicio. Una vez que este operativo el primer repetidor en la nueva torre, trasladamos el segundo. Con ello conseguiremos mover todo sin tener impacto en el servicio.

3.2.5 FASE 5: CERTIFICACIÓN DE INSTALACIÓN Y BAJA DE EXPEDIENTES RED ANALÓGICA

Una vez finalizada la instalación de todo el equipamiento UHF, habrá que realizar los siguientes trámites con el ministerio:

1. Certificación de instalación de todos los emplazamientos con radios UHF, adjuntando fotos geoposicionadas de cada emplazamiento involucrado en esta red. Este documento hay que presentarlo como muy tarde a los 9 meses de que nos hayan confirmado la solicitud de frecuencias. Si no va a dar tiempo a migrar todo, se podría hacer en varias fases.
2. Dar de baja de los expedientes actuales UHF de la red analógica, para dejar de pagar la cuota anual por el uso de estas frecuencias, que ya no se van a emplear.

4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL NUEVO MATERIAL A SUMINISTRAR

4.1 EQUIPAMIENTO RADIO UHF APRISA SR/SR+ DE 4RF

4.1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Como hemos comentado anteriormente, el equipamiento utilizado será la familia Aprisa SR/SR+ de 4RF, que es una radio que puede operar en las bandas licenciadas tanto UHF como VHF. Es un equipo pensado para comunicaciones SCADA punto a multipunto rápidas, inteligentes, seguras y líderes en la industria para control y monitoreo industrial para las industrias eléctrica, de agua, petróleo, gas y minería. Entre sus características principales se encuentran:

- **Alta capacidad:** para satisfacer el creciente número de aplicaciones de datos de uso intensivo en el entorno SCADA, la Aprisa SR+ ofrecen velocidades de hasta 288 kbit/s en un canal de 50KHz gracias a que puede trabajar a modulaciones de hasta 256QAM. En el caso del Aprisa SR, como mucho podríamos trabajar a 72 kbit/s

MÓDEM						
		12.5 kHz	20 kHz	25 kHz	50 kHz	100 kHz
VELOCIDAD DE DATOS BRUTA	(Nota 4) 256 QAM	80 kbit/s	112 kbit/s	160 kbit/s	288 kbit/s	512 kbit/s
	64 QAM	60 kbit/s	84 kbit/s	120 kbit/s	216 kbit/s	384 kbit/s
	16 QAM	40 kbit/s	56 kbit/s	80 kbit/s	144 kbit/s	256 kbit/s
	QPSK	20 kbit/s	28 kbit/s	40 kbit/s	72 kbit/s	128 kbit/s

- **Seguridad:** gracias a su profundidad en seguridad que incluye cifrado AES, autenticación, filtrado de direcciones y control de acceso de usuarios, la Aprisa SR/SR+ ofrece protección contra vulnerabilidades y ataques maliciosos.

SEGURIDAD	
ENCRIPCIÓN DE DATOS	AES 256, 192 o 128 bit
AUTENTICACIÓN DE DATOS	CCM

- **Preparada para el futuro:** la Aprisa SR/SR+ permite interfaces de serie duales y Ethernet duales en un solo y compacto factor de formato diseñada para asegurar criptográficamente puertos serie legados, proteger la inversión de dispositivos existentes y permitir nuevas aplicaciones. Se pueden correr lado a lado protocolos de aplicaciones nuevas y antiguas.

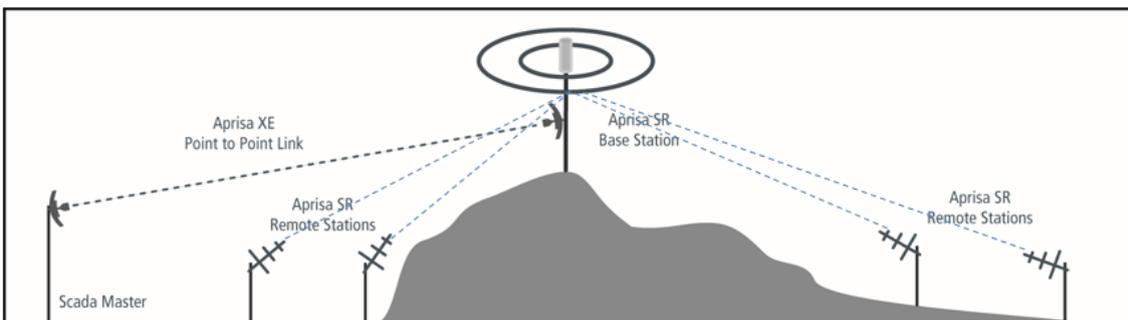
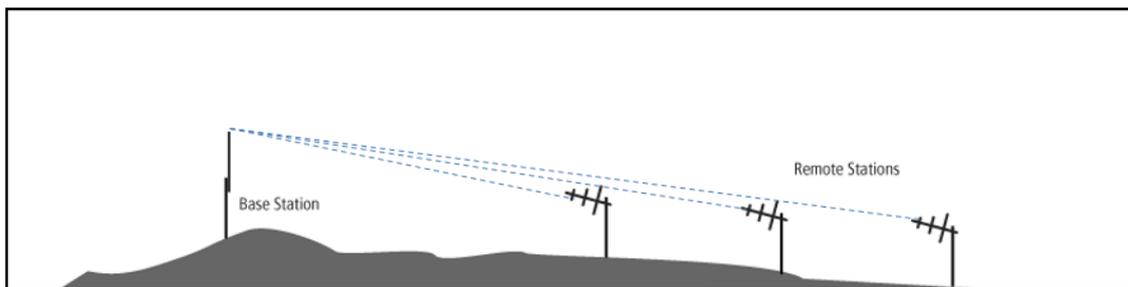
PROTOCOLOS

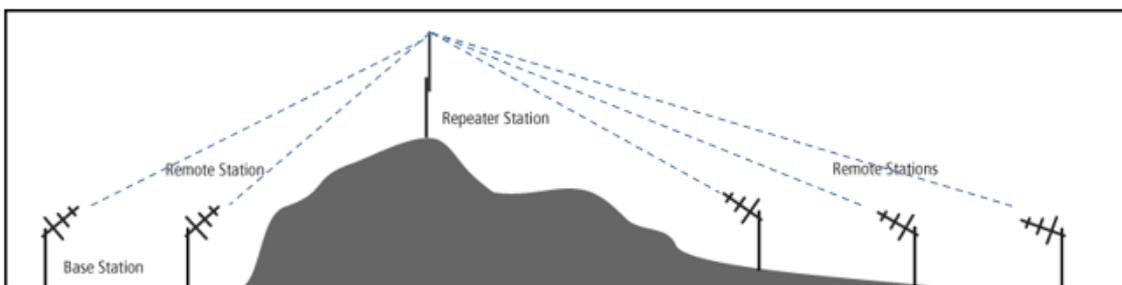
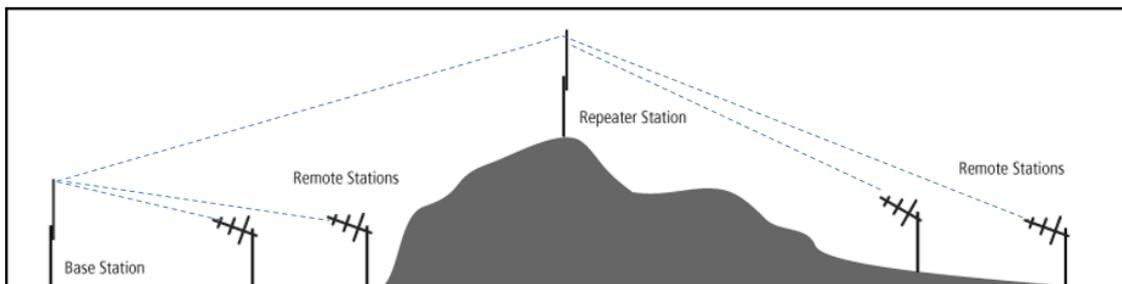
ETHERNET	IEEE 802.3, 802.1d/q/p
SERIE	Transporte RS-232 de legado, Mirrored Bits ®, SLIP, incluyendo Terminal Server
INALÁMBRICO	Patentado
SCADA	Transparente al tráfico de usuarios tales como Modbus, IEC 60870-5-101/104, DNP3 o similares

- **Capacidades L2 / L3 avanzadas:** permite seleccionar modo L2 bridge, L3 router, o advanced gateway router una combinación de modos L2 / L3 con VLAN, QoS, NAT, y atributos de filtrado para maximizar la capacidad en condiciones de falta de ancho de banda, permitiendo priorizar tráfico de misión crítica y al mismo tiempo cumpliendo exigentes condiciones de seguridad y políticas estrictísimas de red IP.
- **Adaptable:** la Aprisa SR/SR+ se integra en un rango de topologías de red y cada unidad puede configurarse como estación base, repetidor o estación remota; conectar múltiples RTU / PLC a una sola radio.

GENERAL

TOPOLOGÍA DE LA RED	Punto a multipunto (PMP); Base, Remoto, Repetidor
INTEGRACIÓN DE LA RED	Serie y Ethernet (modo de enrutador o puente)



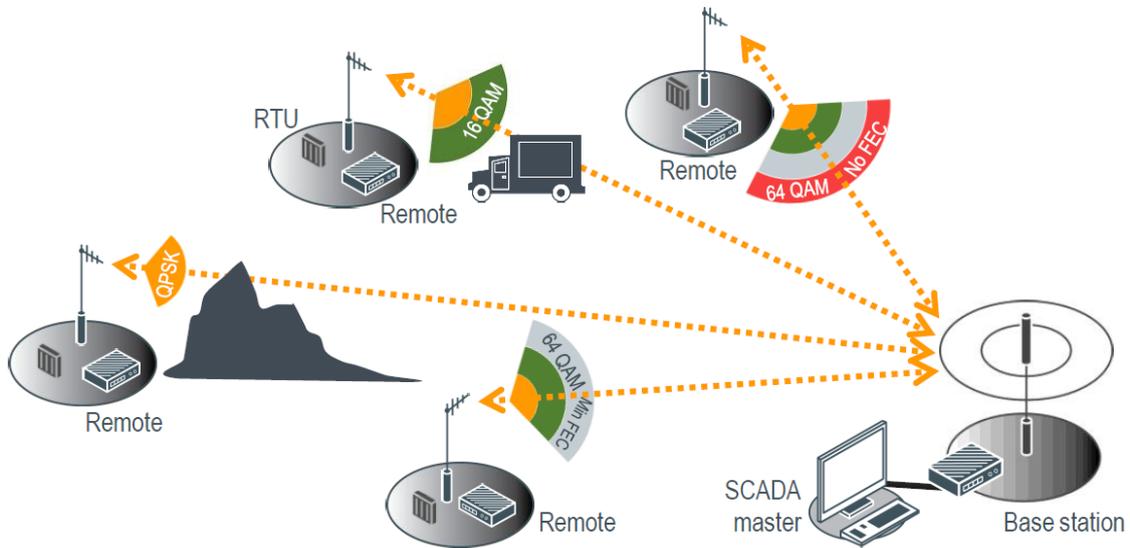


- **Interfaces flexibles:** las interfaces de datos pueden configurarse para funcionamiento en serie o Ethernet. Puede utilizarse una gama de opciones que incluyen dos puertos serie y dos Ethernet, uno de serie y tres Ethernet o cuatro puertos Ethernet. Soporta opción para receptor GPS NMEA.

INTERFASES	
PUERTOS ETHERNET	RJ45 10/100Base-T Auto-MDI/MDIX
PUERTOS SERIE	RJ45 RS-232 Puerto adicional RS-232 / RS-485 a través de convertidor de USB (opcional)
RECEPTOR GPS	Compatibilidad con receptor GPS conectado por USB opcional
GESTIÓN	1 x micro USB tipo B (puerto dispositivo) 1 x USB estándar tipo A (puerto host) 1 x puerto de alarma RJ45
ANTENA	2 x TNC 50 ohmios hembra Funcionamiento con puertos de antena únicos o dobles seleccionable mediante software
LEDs	Estado: OK, MODO, AUX, TX, RX Diagnósticos: RSSI, estado de puerto de tráfico
BOTÓN DE PRUEBA	Conmuta los LED entre diagnóstico / estado

- **Gestión de tráfico eficiente:** la modulación adaptativa (ACM) y la corrección de errores directa mantienen la integridad de la conexión inalámbrica mientras que un sistema de acceso eficiente a los canales y enrutamiento IP asegura la transferencia eficiente de datos en toda la red Aprisa SR/SR+. El Control Automático de Potencia Transmitida mantiene la potencia de transmisión mínima requerida para obtener una comunicación

efectiva mejorando tanto el reuso de frecuencia como el ahorro de energía. Compresión avanzada de encabezado y carga útil de paquetes Ethernet / IP / TCP / UDP.



- **Confiable y robusta:** la Aprisa SR/SR+ no necesita que los componentes se sintonicen de forma manual y mantiene el alto nivel de potencia de salida y rendimiento con un amplio rango de temperaturas usando componentes standard grado industrial del mismo nivel de calidad de los usados en la tradicional familia Aprisa.

TRANSMISOR	
POTENCIA MAXIMA DE CRESTA (PEP)	10.0 W (+40 dBm)
POTENCIA DE SALIDA PROMEDIO	256 QAM 0.01 – 2.0 W (+10 a +33 dBm en pasos de 1 dB)
	64 QAM 0.01 – 2.5 W (+10 a +34 dBm en pasos de 1 dB)
	16 QAM 0.01 – 3.2 W (+10 a +35 dBm en pasos de 1 dB)
	QPSK 0.01 – 5.0 W (+10 a +37 dBm en pasos de 1 dB)
	(Nota 2) 4-CPFSK 0.01 – 10.0 W (+10 a +40 dBm en pasos de 1 dB)
POTENCIA DEL CANAL ADYACENTE	< -60 dBc
POTENCIA TRANSITORIA DEL CANAL ADYACENTE	< -60 dBc
EMISIONES ESPURIAS	< -37 dBm
TIEMPO DE ATAQUE	< 1.5 ms
TIEMPO DE LIBERACIÓN	< 0.5 ms
TIEMPO DE RESPUESTA DE DATOS	< 2 ms

RECEPTOR		12.5 kHz	20 kHz	25 kHz	50 kHz	100 kHz
SENSIBILIDAD (BER < 10 ⁻⁶)	codificado min 256 QAM ^(Nota 4)	-95 dBm	-91 dBm	-91 dBm	-88 dBm	-85 dBm
	codificado máx 64 QAM	-103 dBm	-99 dBm	-99 dBm	-96 dBm	-93 dBm
	codificado máx 16 QAM	-110 dBm	-107 dBm	-107 dBm	-104 dBm	-101 dBm
	codificado máx QPSK	-115 dBm	-112 dBm	-112 dBm	-109 dBm	-106 dBm
	codificado min 4-CPFSK	-113 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-107 dBm	-104 dBm
SENSIBILIDAD DEL CANAL ADYACENTE		> -47 dBm	> -37 dBm	> -37 dBm	> -37 dBm	> -37 dBm
		^(Nota 1) [> 48 dB]	[> 58 dB]	[> 58 dB]	[> 58 dB]	[> 58 dB]
RECHAZO CO-CANAL codificado máx QPSK		> -10 dB				
RECHAZO CO-CANAL codificado min 256 QAM		> -26 dB				
RECHAZO RESPUESTA DE INTERMODULACIÓN		> -35 dBm [> 60 dB ^(Nota 1)]				
BLOQUEO O DESENSIBILIZACIÓN		> -17 dBm [> 78 dB ^(Nota 1)]				
RESPUESTA A RECHAZO DE ESPURIOS		> -32 dBm [> 63 dB ^(Nota 1)]				

POTENCIA	
TENSIÓN DE ENTRADA	10 – 30 VDC
RECEPCION	Todas las bandas excepto 320 MHz < 3 W en estado activo de recepción
	< 2 W en estado inactivo de recepción
	< 0,5 W en modo inactivo
	320 MHz < 7 W
TRANSMISION	135 y 220 MHz < 26 W
	400 y 450 MHz < 28 W
	320 MHz < 35 W

- **Gestión fácil:** una GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) fácil de utilizar permite gestionar los radios localmente a través de HTTP/HTTPS y a distancia a través del aire, mientras que el soporte SNMP permite el monitoreo y control de toda la red a través de una amplia variedad de software de gestión de la red de terceros.

GESTIÓN Y DIAGNÓSTICO	
ELEMENTO LOCAL	Servidor Web con control total / diagnósticos Diagnósticos parciales por LED y botón de prueba Actualización de firmware desde PC o pen drive USB
ELEMENTO A DISTANCIA	Gestión remota de elementos por el aire con control / diagnósticos Actualización del software de red por aire (over-the-air)
RED	Soporte de seguridad SNMPv2 y SNMPv3 para integración con sistemas de gestión de red externos

4.1.2 SOLUCIÓN PROTEGIDA 1+1 MHSB

Disponemos de una opción redundante 1+1 de espera activa monitoreada (MHSB) completa que dispone en su interior de dos radios Aprisa SR+ con las características que hemos visto en el apartado anterior. Además, la estación base protegida presenta las siguientes funcionalidades:

- Todas las interfaces estarán monitoreadas continuamente para asegurar su correcto funcionamiento.
- Totalmente intercambiable en caliente sin impacto en el tráfico de clientes.
- Temperatura de funcionamiento total de -40 - +70 °C sin el uso de ventiladores. Utiliza dos radios Aprisa SR+ estándar y una caja de conmutación, lo que minimiza la retención de repuestos y la complejidad, lo que permite una solución de redundancia rentable
- Conectividad de RF flexible para proporcionar una gama de diseños de protección de antena (dos antenas, conmutación de antena única, etc.). Son por tanto dos opciones de hardware protegido diferentes para usar un único sistema radiante para ambas radios, o uno diferente para cada una de ellas.
- Actualizaciones automáticas de la tabla MAC al cambiar para permitir un flujo de tráfico ininterrumpido. Unidades Aprisa SR+ estándar a las que se accede mediante una bandeja deslizante industrial para mantenimiento y reemplazo sin impacto en el flujo de tráfico.
- Conmutación automática, conmutación manual y bloqueo mediante sistema de gestión o interruptor de hardware en la parte frontal de la unidad.



Figura 18 – Radio Aprisa SR+ Protegida

4.1.3 COMPARATIVA APRISA SR Y SR+

Las radios Aprisa SR y SR+ tienen alguna diferencia física en cuanto a la carcasa, pero no en el número de interfaces, ya que ambas radios disponen de los mismos conectores. La única diferencia en este sentido sería que en la solución SR+ las radios siempre disponen de doble conector de antena y en la solución SR hay dos modelos, uno con 1 conector de antena y otro con doble conector de antena. El doble conector de antena sería solo necesario para el caso de usar un dúplexor. Tanto en el SR+ como en el SR de doble conector, es posible seleccionar por software si vamos a usar uno (sin dúplexor) o los dos (con dúplexor).



Figura 19 – Radio Aprisa SR+



Figura 20 – Radio Aprisa SR

Además de esto, la única diferencia estaría en la capacidad que permite la radio. Como se ha comentado en las especificaciones, la radio Aprisa SR puede trabajar como máximo en QPSK, mientras que la radio SR+ trabaja en modulaciones de QPSK, 16QAM, 64QAM y 256QAM. Esto implica que la capacidad máxima en el caso de un canal de 12,5Khz, que sería el más típico, sería en cada caso:

- Aprisa SR+: usando modulación de 256QAM y corrección de errores mínima 69,3kbps
- Aprisa SR: usando modulación de QPSK y sin corrección de errores 20,0 kbps



No Forward Error Correction

Channel Size	Gross Radio Capacity				
	256 QAM ⁽²⁾	64 QAM	16 QAM	QPSK	4-CPFSK
12.5 kHz	NA	60.0 kbit/s	40.0 kbit/s	20.0 kbit/s	9.6 kbit/s
20 kHz	NA	84.0 kbit/s	56.0 kbit/s	28.0 kbit/s	9.6 kbit/s
25 kHz	NA	120.0 kbit/s	80.0 kbit/s	40.0 kbit/s	19.2 kbit/s
50 kHz ⁽¹⁾	NA	216.0 kbit/s	144.0 kbit/s	72.0 kbit/s	38.4 kbit/s

Minimum Coded Forward Error Correction

Channel Size	Gross Radio Capacity less FEC				
	256 QAM	64 QAM	16 QAM	QPSK	4-CPFSK
12.5 kHz	69.3 kbit/s	52.0 kbit/s	23.1 kbit/s	11.6 kbit/s	8.4 kbit/s
20 kHz	97.0 kbit/s	72.7 kbit/s	32.4 kbit/s	16.2 kbit/s	8.4 kbit/s
25 kHz	138.6 kbit/s	103.9 kbit/s	46.2 kbit/s	23.1 kbit/s	16.7 kbit/s
50 kHz ⁽¹⁾	249.4 kbit/s	187.1 kbit/s	83.2 kbit/s	41.6 kbit/s	33.4 kbit/s

Maximum Coded Forward Error Correction

Channel Size	Gross Radio Capacity less FEC				
	256 QAM	64 QAM	16 QAM	QPSK	4-CPFSK
12.5 kHz	NA	45.6 kbit/s	17.3 kbit/s	8.7 kbit/s	4.1 kbit/s
20 kHz	NA	63.8 kbit/s	24.2 kbit/s	12.1 kbit/s	4.1 kbit/s
25 kHz	NA	91.2 kbit/s	34.6 kbit/s	17.3 kbit/s	8.3 kbit/s
50 kHz ⁽¹⁾	NA	164.2 kbit/s	62.4 kbit/s	31.2 kbit/s	16.5 kbit/s

Tabla 11 – Capacidad radios Aprisa por canalización, modulación y corrección de errores

5 MAQUETA DE LABORATORIO UHF APRISA SR+

La configuración general para las pruebas de banco se muestra a continuación:

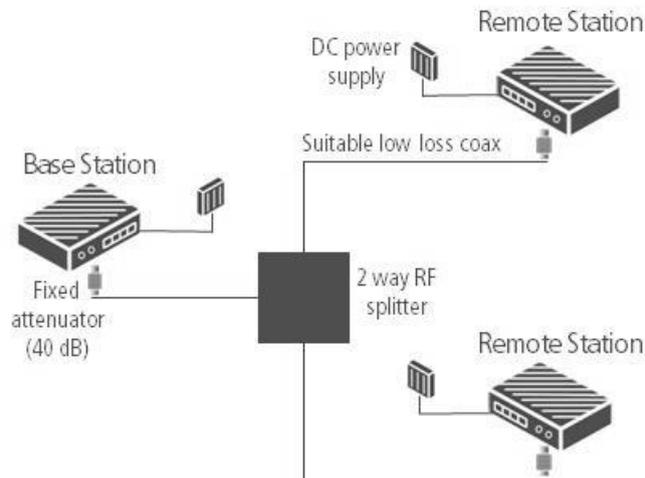


Figura 21 – Maqueta típica UHF de laboratorio

Se crea una pequeña red con una radio de estación base conectada a dos estaciones remotas en una configuración de punto a multipunto. Las radios se conectan a través de una caja divisora de RF, adecuadamente atenuada con un coaxial de pérdida de W adecuado. Las radios deben estar conectadas a tierra y suministradas con una fuente de alimentación de CC nominal.

Para el Aprisa SR+, un kit de demostración Aprisa SR+ es una plataforma de prueba ideal para realizar todo tipo de pruebas, ya que lleva integrado todo el material necesario indicado en el apartado anterior.



Figura 22 – Kit de laboratorio Aprisa SR+

5.1 PRUEBAS DE RENDIMIENTO SCADA ETHERNET Y SERIE

En este apartado veremos una descripción general de un escenario de prueba para evaluar el rendimiento del sistema de radio en diferentes escenarios de carga SCADA. Esta es una prueba avanzada que requiere equipamiento adicional para realizar las pruebas. El método sugerido a continuación no es un método detallado de cómo hacerlo, sirve para proporcionar el concepto general y las métricas de prueba para permitir que un probador desarrolle su propia prueba específica para sus requisitos de red deseados.

El propósito de esta prueba es:

- Determinar el rendimiento de la red de la radio en una red más grande que ejecuta un tráfico SCADA pesado
- Evaluar la capacidad de la red de radio para gestionar colisiones
- Evaluar la capacidad de la red de radio para manejar tipos de tráfico serie y Ethernet

Los radios de telemetría deben administrar de manera eficiente múltiples usuarios que acceden a un solo canal de radio. La capacidad de administrar cargas de tráfico SCADA muy pesadas (generalmente muchos paquetes pequeños) garantiza que la red de radio sea adecuada para su propósito y pueda crecer con el entorno cambiante de la red SCADA.

Equipamiento necesario para la prueba:

- Software simulador SCADA utilizado por el cliente
- RTU Ethernet o en su defecto PC o servidor con varias máquinas virtuales para admitir RTU Ethernet simuladas
- Mínimo recomendado de 3 radios (1 remota serie, 1 remota ethernet y 1 estación base), pero lo ideal sería usar al menos 6 radios. En el esquema ejemplo usaremos 6.
- Cableado de RF blindado adecuado, atenuadores, divisores y fuentes de alimentación

5.1.1 TEST OVERVIEW

Para esta prueba SCADA simulada, se crea una red de prueba con varias RTU serial y Ethernet conectadas. El sondeo en serie se establece y se ejecuta en las RTU serie conectadas. El tráfico SCADA Ethernet se basa en mensajes por excepción que se producen a velocidades establecidas. La tasa de mensajes de excepción se modifica para aumentar la carga general en la red. Por ejemplo, los mensajes de excepción pueden enviarse a una velocidad de 10 segundos (el mensaje de excepción se produce para cada RTU aleatoriamente en 10 segundos).

Los siguientes parámetros se miden y registran a diferentes velocidades de mensajes de excepción para determinar el rendimiento del sistema radioeléctrico en cargas de red crecientes.

- Reintentos serie: el número de veces que es necesario volver a intentar un paquete serie)
- Errores serie: el número de veces que falló un paquete serie tras intentar reenviarlo un número establecido de veces

- Fallo TCP de canal redundante: el número de veces que la conexión TCP falló en el canal redundante (esta es una medida del rendimiento de Ethernet)

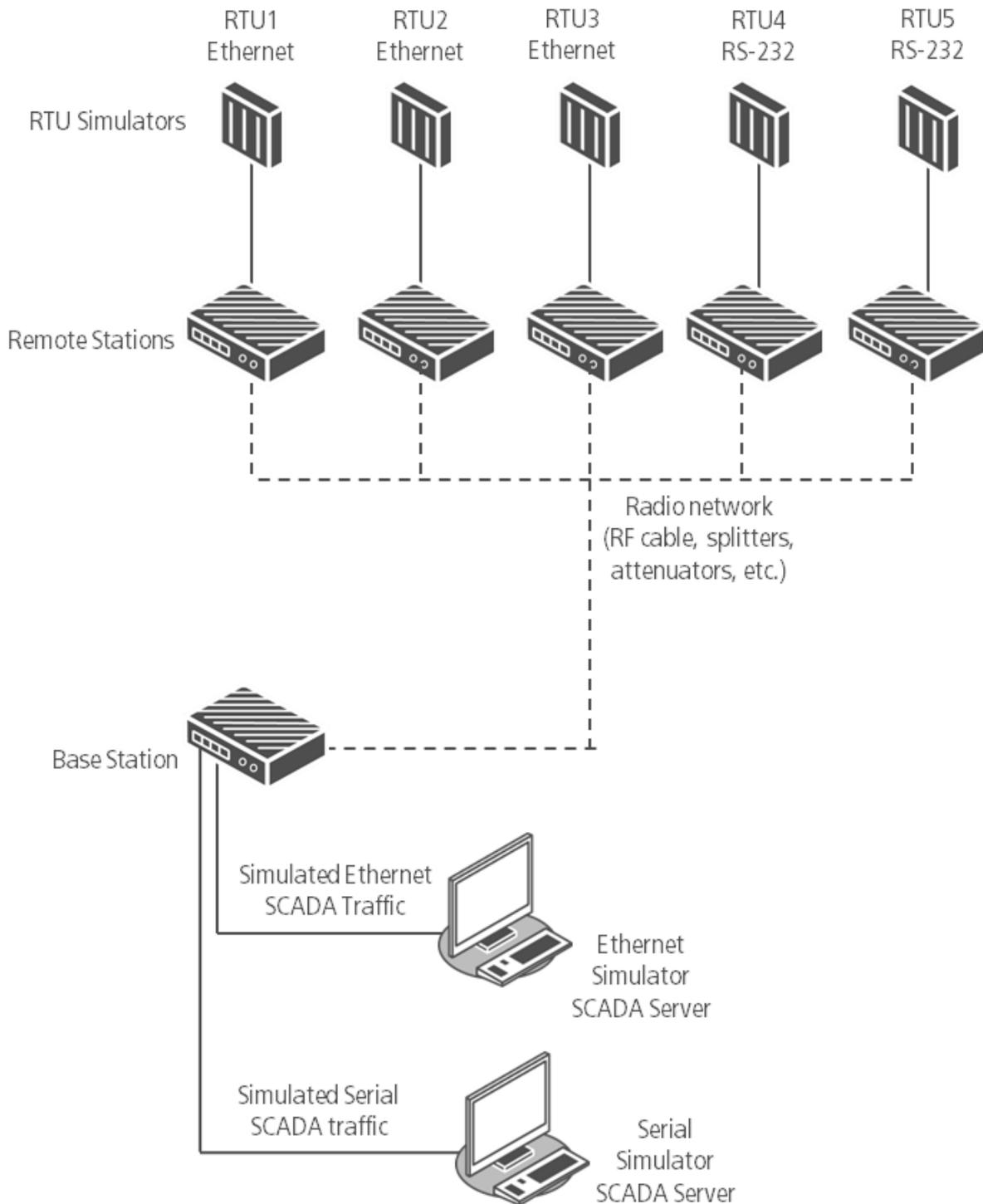


Figura 23 – Escenario de pruebas de laboratorio de tráfico SCADA serie y ethernet

5.1.2 MÉTODO DE PRUEBA

El método de prueba específico cambiará según la configuración del equipo y el régimen de prueba.

1. Configure la red.
2. Inicie el sondeo SCADA serie a la velocidad establecida. La velocidad establecida se predefinirá como parte de la configuración de la prueba.
3. Inicie los mensajes de excepción de Ethernet a la velocidad de mensajes de excepción más alta. Este es el tiempo más largo entre los mensajes de excepción.
4. Cuando la red sea estable, comience a registrar.
5. Ejecute la prueba durante al menos 1 hora. El plazo puede ser más largo dependiendo del programa de prueba.
6. Analizar resultados y determinar
 - a. Número de reintentos en serie. Esta es la frecuencia con la que se tuvo que volver a intentar un paquete serie desde el maestro SCADA
 - b. Número de fallos en serie. Dependiendo de la configuración de prueba, este es el número de veces que se falló un mensaje serie porque se volvió a intentar demasiadas veces (esto suele ser 3 reintentos y el paquete falla).
 - c. Conexiones de canal TCP redundantes. Algunos protocolos basados en TCP utilizan un canal TCP redundante. El número de veces que se utiliza este canal se puede utilizar como una medida del rendimiento de Ethernet.
 - d. Fallos de Ethernet. Número de solicitudes Ethernet fallidas desde el maestro SCADA de Ethernet.
7. Repita las pruebas a una tasa de mensajes de excepción más baja y registre los resultados. Se recomienda determinar una serie de tasas de mensajes de excepción para cargar y sobrecargar la red.

Resultados de las pruebas

Número de prueba	Descripción	Resultado	Aprobado/No aprobado
1	Reintentos en serie @ 5 segundos tasa de mensajes de excepción	_____ %	
2	Errores en serie @ 5 segundos tasa de mensajes de excepción	_____ %	
3	Conexión TCP @ 5 segundos tasa de mensajes de excepción	_____ %	

Nota: La tabla de resultados incluye sólo ejemplos.

Tabla 12 – Tabla de resultados medidas tráfico SCADA



6 RECOMENDACIONES SOBRE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE UHF

El Servicio de Aguas cuenta es este momento con las siguientes asignaciones de frecuencias del Servicio Móvil Terrestre para los repetidores y puntos principales (excluimos de aquí las frecuencias asignadas para las soluciones punto a punto Bombeo – Depósito):

SERVICIO	fo Rx	foTx	Notas
	MHz	MHz	
ETAP VILLA AZUL POTABLES	----	----	
EDAR LAS GOLONDRINAS RESIDUALES	----	----	
EDAR LAS GOLONDRINAS RESIDUALES	----	----	

Tabla 13 – Frecuencias asignadas actualmente a la red UHF de aguas

Cara a disponer de valores de frecuencia para las Nuevas Estaciones Base ubicadas en ETAP VILLA AZUL, EDAR GOLONDRINA y ETAP GUADANUÑO, se propone lanzar una nueva Solicitud de frecuencias para disponer de canales diferentes en las radios digitales que en las radios analógicas. De esta forma ambas soluciones podrán convivir durante la transición de analógico a digital. Posteriormente, una vez completada la migración, se darían de baja los expedientes actuales de las radios analógicas.

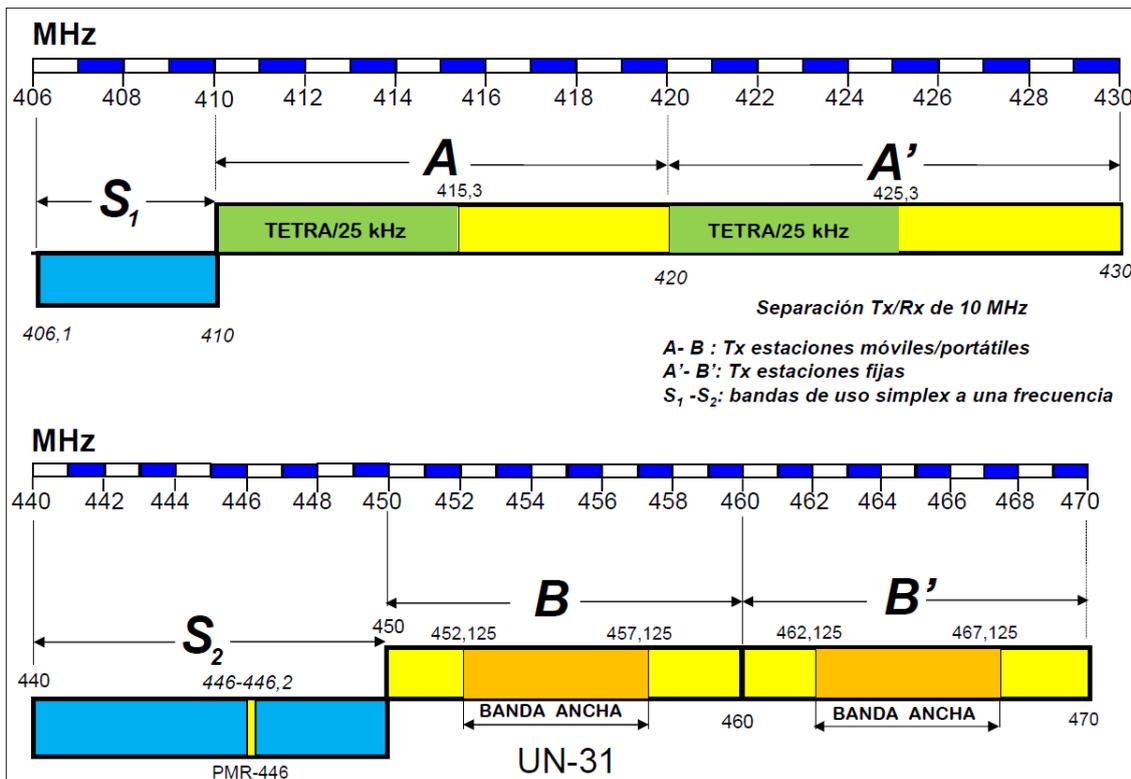


Figura 24 - Plan de utilización de las bandas de frecuencia de UHF

Cara a poder reutilizar las antenas actualmente instaladas, que pueden estar ajustadas en diferentes subbandas dentro de la banda UHF, se solicitará lo siguiente:

- 1 pareja de frecuencia en la subbanda A/A' para ETAP VILLA AZUL (Potables)
- 1 pareja de frecuencia en la subbanda B/B' para EDAR GOLONDRINA (Residuales)
- 1 frecuencia en simplex en la subbanda S2/S2' para ETAP GUADANUÑO (Zona Norte)

El presupuesto para la redacción de sendas Solicitudes de Modificación y sus correspondientes Boletines de Instalación, está recogido en el **ANEXO 6** de presupuesto.

7 PRESUPUESTOS

En el **ANEXO 6** definido como PRESUESTO, se describen los diferentes módulos de equipos y servicios por tecnología para poder desplegar adecuadamente las redes propuestas.