

Cuadro 1. Puntos de control

Puntos de control	Nomenclatura puntos de control
140	Tomas Fase I, II y III
1	Sifón Virú
1	CH Virú
1	PurPur
1	Presa Palo Redondo

El caudal aguas arriba comunicará mediante enlace WIMAX con Desarenador, pero este no se integrará con la red WIMAX, sus datos serán retransmitidos por Desarenador mediante un enlace satelital.

Se constituirá la red inalámbrica como el medio de Comunicación de respaldo del Sistema de Automatización y Control, siendo el tendido de Fibra Óptica monomodo el medio Principal y de mayor capacidad.

Como se explicará más adelante, para dar cobertura radioeléctrica a los puntos singulares del primer tramo del Proyecto (Limnómetro, Bocatoma, Desarenador) se utilizarán enlaces satelitales, que facilitarán la comunicación de estos puntos singulares con los centros de control.

4 Descripción y justificación de la solución adoptada

Se detalla a continuación la solución propuesta. Se conectarán un total de 144 puntos de control a los dos centros de control, el principal y el de respaldo.

La red de comunicación por la que será transmitida la información de las tomas hacia los centros de control, estará compuesta por 13 estaciones base, conectadas entre ellas por equipos de radiocomunicación punto a punto y conectarán con los puntos de control mencionados (estaciones suscriptoras a partir de ahora) mediante equipos punto a multipunto.

Se plantea en el siguiente punto, una serie de tablas orientativas, para conocer el equipamiento básico de cada tipo de punto, como son, estaciones suscriptoras, estaciones base, centros de control, Desarenador, Presa palo redondo, Caudal aguas arriba, Botadero final y cerro Changuito.

4.1 Arquitectura de la red de telecomunicaciones

La red tendrá una arquitectura dividida en dos niveles, la red troncal y la red de estaciones suscriptoras.

Para diseñar una red de comunicaciones en la que el nodo principal está compuesto por varias estaciones, es una prioridad en la fiabilidad de las comunicaciones el estudio riguroso de la ubicación de las estaciones previstas como “centralizadoras”. En el caso que nos ocupa se ha priorizado el número de estaciones base, que serán un total de 13 para obtener una red lo suficientemente fiable.

El nodo principal estará formado por tanto por 13 estaciones base y dos centros de control.

En las estaciones base se instalarán equipos de conexión punto a multipunto sectoriales para que comuniquen con las estaciones suscriptoras, cada sector dispondrá de un alcance de 120° y podrá gestionar 16 estaciones suscriptoras.

Las estaciones suscriptoras por su parte, se conectarán con las estaciones base mediante equipos punto a punto, al igual que harán las estaciones base entre ellas.

La velocidad de la red troncal que los equipos propuestos permitirán será de 50Mbps, siendo esta velocidad ampliable a 200Mbps en un futuro, que conllevaría un coste adicional.

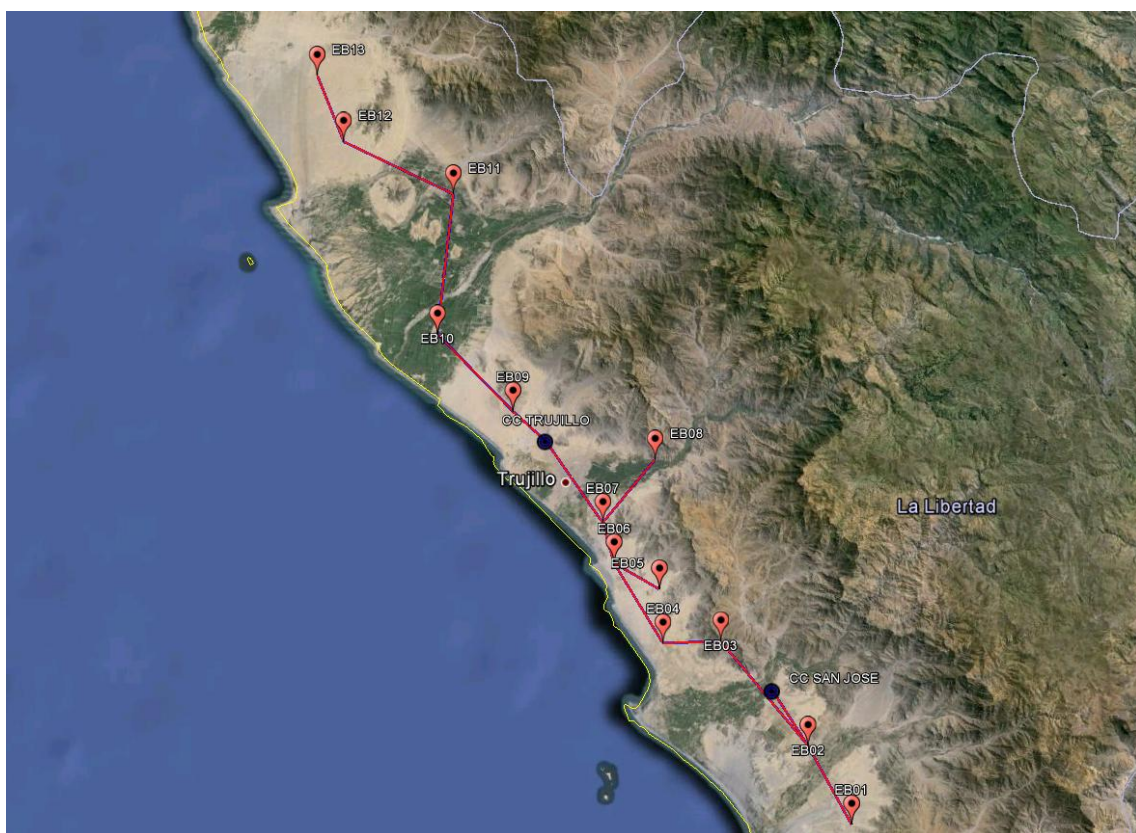
La situación final de las estaciones base será la siguiente

Cuadro 2. Estaciones Base

Estación base	ESTE	NORTE
Estación Base 1	763127	9048278
Estación Base 2	756144	9060793
Estación Base 3	742174	9077526
Estación Base 4	732881	9077135
Estación Base 5	730290	9089327
Estación Base 6	725426	9090323
Estación Base 7	723205	9096395
Estación Base 8	731661	9106520
Estación Base 9	708669	9114277

Estación Base 10	696385	9126732
Estación Base 11	698864	9149402
Estación Base 12	680989	9157963
Estación Base 13	676494	9167261

Imagen 1. Posicionamiento geográfico de las estaciones base.



4.2 Características técnicas de los enlaces

Se exponen a continuación las características técnicas de los enlaces radioeléctricos del presente proyecto. En todos los casos se han tenido en cuenta las especificaciones y propuestas del pliego de condiciones, atendiendo a los mínimos exigidos.

Los enlaces entre estaciones suscriptoras y estaciones base tendrán un ancho de banda de 5MHz. Todos los estudios se han realizado para un ancho de banda de 20MHz (la solución más restrictiva) y una frecuencia central de 2450MHz.

En ningún caso se ocupará la totalidad de los canales de las estaciones suscriptoras, estas requieren un régimen binario menor al especificado en el pliego de condiciones y no existirá cuello de botella en la red troncal, ya que los 50Mbps que la red proporciona son más que suficiente para cursar el tráfico de la red.

El tráfico que cursará la red serán datos generados por PLCs situados en las estaciones suscriptoras que se almacenarán en servidores instalados en los centros de control principal y redundante. Los PLCs generarán un flujo de datos despreciable si se compara con el régimen binario implementado en la red, así pues, se cumple en todo momento con lo expuesto en el pliego de condiciones y se añade la posibilidad de ampliar el régimen binario a 200Mbps en un futuro con un coste añadido por si los requisitos de la red aumentaran.

4.2.1 Normativa

Se ha consultado la normativa en cuanto a las atribuciones nacionales de las frecuencias en Perú, con el fin de justificar la elección de los equipos de comunicaciones y sus bandas de trabajo, “Banda Wimax”.

El organismo encargado de la regulación, tramitación y gestión de las frecuencias es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que a su vez dispone de una “Dirección General de Telecomunicaciones”.

Como normativa principal se ha consultado el PNAF (Plan Nacional de Atribución de Frecuencias) y se ha tenido en cuenta las diversas actualizaciones que se han ido realizando.

Normativa Relevante a tener en cuenta:

Según la modificación de la R.M. n° 777-2005-MTC/03 y la nota P57A del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias – PNAF aprobado mediante R.M. n° 187-2005-MTC/03, por medio de la Resolución Ministerial n° 199-2013-MTC/03 (Lima, 12 de abril de 2013), se propone modificar las condiciones de operación de los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 902Mhz – 928Mhz, 2.400 – 2.483,5Mhz, 5.150 - 5.250Mhz, 5.250 – 5.350Mhz, 5.470Mhz – 5.725Mhz y 5.725Mhz – 5.850Mhz.

Alcance:

Parámetros máximos a tener en cuenta en la instalación de equipos:

Cuadro 3. Tabla con los niveles máximos de PIRE permitidos

Banda de frecuencias (MHz)	Potencia de salida del transmisor			Ganancia máxima de la antena (dBi)	PIRE máxima (dBm)
	(W)	(mW)	(dBm)		
916 - 928	1	1000	30	6	36
2400 - 2483,5	0,5	500	27	9	36
5725 - 5850	0,25	250	24	12	36
5 250 – 5 350	0,25	250	24	6	30
5 470 – 5 725	0,125	125	21	9	30

Para la comercialización y operación, los equipos que operen bajo los alcances de la presente norma técnica, deberán contar con el respectivo Certificado de Homologación.

Según la modificación mencionada, se emplearán las frecuencias a 2.4 GHz, permitiendo el gobierno peruano utilizar una PIRE máxima de 36dBm (4W) y será necesario abonar un canon anual para equipos que excedan los 10mW de potencia de emisión.

En el caso que nos ocupa, solo será necesario operar en la banda de 2.4 GHz a mas de 10mW de potencia para la red troncal.

4.2.2 Canon

La red principal o troncal WIMAX estará basada en equipos homologados que trabajaran sobre banda licenciada. Los equipos previstos dispondrán de diversas bandas de trabajo que permiten un cambio de banda en el caso que el Organismo Regulador no disponga de suficientes Canales libres en la zona.

Para el caso que nos ocupa, se propondra la Banda de trabajo de:

2.4 GHz ETSI 2.400 – 2.483 GHz

La red secundaria o de suscriptoras estará basada en tecnología WIMAX, pero dado su menor alcance, la potencia efectiva irradiada será inferior a 10mw, no será necesario disponer de banda licenciada.

Para el caso que nos ocupa, se propondra la Banda de trabajo de:

2.4 GHz ETSI 2.400 – 2.483 GHz

4.3 Equipos de comunicaciones

Los equipos que se instalarán son equipos especialmente diseñados para este propósito. Se propone el suministro e instalación de equipos distintos respecto a los propuestos por el pliego técnico para el SISTEMA DE AUTOMATIZACION, MEDICION Y CONTROL CHAVIMOCHIC I, II, III.

Los equipos propuestos permitirán una transferencia de 50 Mbps frente los 10 Mbps especificados en el pliego.

RADWIN radios incorporan tecnologías de última generación, incluyendo MIMO y OFDM. Interfaz de aire Steam con capacidad de asegurar la optimización del rendimiento, lo que permite una alta eficiencia espectral y un rendimiento robusto en densos entornos de radio y condiciones de trayectos múltiples. Además, las radios RADWIN soportan redes avanzadas con características tales como QoS, VLAN y Q en Q.

RADWIN radios se pueden implementar en configuración punto-a-punto y punto a multipunto, con múltiples topologías y apoyos, sincronización TDD entre sitios para maximizar la capacidad de la red. Para garantizar la máxima

disponibilidad del servicio, las Radios RADWIN incorporan una función de redundancia 1+1 y la funcionalidad de protección de anillo.

Los productos de RADWIN cumplen con las normas y estándares internacionales y se despliegan a nivel mundial por los principales operadores, proveedores de servicios y redes públicas y privadas que requieren conectividad de alta capacidad.

En todas las instalaciones los equipos estarán compuestos de equipos IDU y equipos ODU. La IDU se instalará en el interior de las casetas y las ODUs estarán situadas en el lugar que corresponda ancladas a las torres de comunicaciones.

4.3.1 Estaciones suscriptoras

Se instalarán equipos RADWIN, más concretamente el modelo RADWIN HSU 5550 con antena integrada de 23dBi de ganancia. Estos equipos admitirán un régimen binario de 50Mbps y operarán en la banda de 2.4GHz.

4.3.2 Estaciones base

Las estaciones constarán de dos equipos, uno para enlazar punto a punto con la red troncal y otros equipos punto a multipunto para enlazar con las estaciones suscriptoras, también se ha elegido la marca RADWIN, en este caso los modelos RADWIN 2000 C-Series con antena externa de 32dB y RADWIN HBS 5200 Series con antena de doble polarización de 14 dBi respectivamente.

Además, se instalará un Switch gestionable de 6 puertos en cada estación base, modelo RUGGEDCOM RS900 para gestionar los equipos.

4.3.3 Mediciones

Se presentará adjunta una tabla con las mediciones de equipos necesarios para toda la red.

Cuadro 4. Mediciones WiMax I

RED TRONCAL	Equipo BASE WIMAX RADWIN HBS 5200	Electrónica WIMAX PTP RADWIN 2000 B CONFIG. 1+1
EB 01	2	2
EB 02	2	3
EB 03	2	2
EB 04	2	2

RED TRONCAL	Equipo BASE WIMAX RADWIN HBS 5200	Electrónica WIMAX PTP RADWIN 2000 B CONFIG. 1+1
EB 05	2	1
EB 06	2	3
EB 07	2	3
EB 08	2	1
EB 09	2	2
EB 10	2	2
EB 11	2	2
EB 12	2	2
EB 13	2	1
C.C. Trujillo		2
C.C. San José		1

Cuadro 5. Mediciones WIMAX II

Estación suscriptora	Wimax Banda Libre ER suscriptoras	Electrónica WIMAX PTP RADWIN 2000 B CONFIG. 1+1 (MEDIO ENLACE)
Tomas Fase I, II y III	140	
Bocatoma		
Sifón Virú	1	
CH Virú	1	

Estación suscriptora	Wimax Banda Libre ER suscriptoras	Electrónica WIMAX PTP RADWIN 2000 B CONFIG. 1+1 (MEDIO ENLACE)
PurPur	1	
Desarenador	1	
Presa Palo Redondo		1
Limnmetro		
Caudal Aguas Arriba	1	
Cerro Changuito		1
	145	2

4.4 Torres de comunicaciones

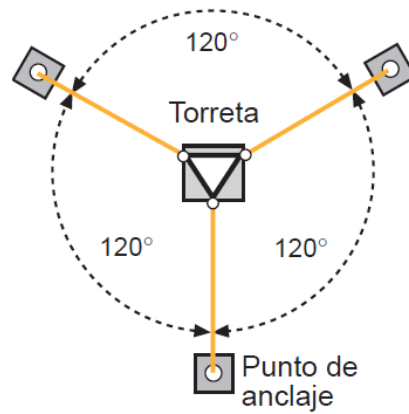
Las torres de comunicaciones serán los puntos de apoyo de los equipos de comunicaciones, estos irán soportados por las mismas a una altura determinada por el estudio de viabilidad.

Se instalarán torres de dos tipos, arriostables y autosoportadas, las arriostables se utilizarán en la red troncal, sin embargo, se instalarán torres autosoportables en los puntos de control y puntos singulares, ya que la estrechez del camino no permite otro tipo de instalación.

4.4.1 Torres arriostables

La torre será situada sobre suelo plano, en situación normal, para soportar las cargas dinámicas de trabajo normales según las normas internacionales DIN 1055. Se escogerá la situación de la base y de los puntos de anclaje de vientos en el terreno como se indica en la figura 1, teniendo en cuenta la altura de la torre a instalar para determinar las distancias de la base a los anclajes.

Imagen 2. Detalle torre arriostable I



El tipo de torre que se propone es arriostable, con una altura máxima de 50,5m. Cada trama consta de 3m.

La cimentación o zapata se realizará con la suficiente antelación para permitir el fraguado del hormigón. Sobresaldrá unos 10cm aproximadamente.

Imagen 3. Detalle torre arriostable II

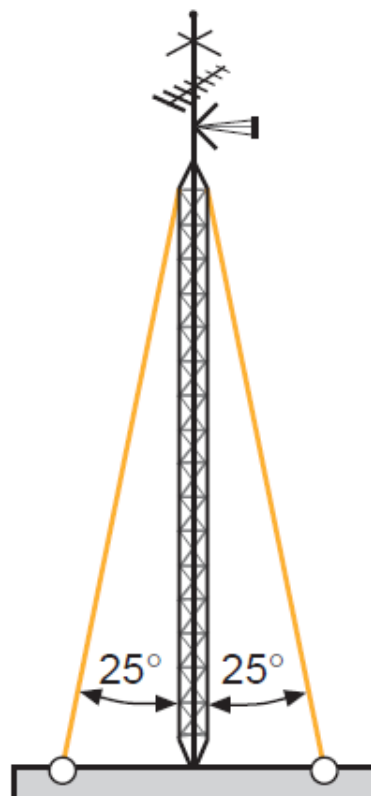
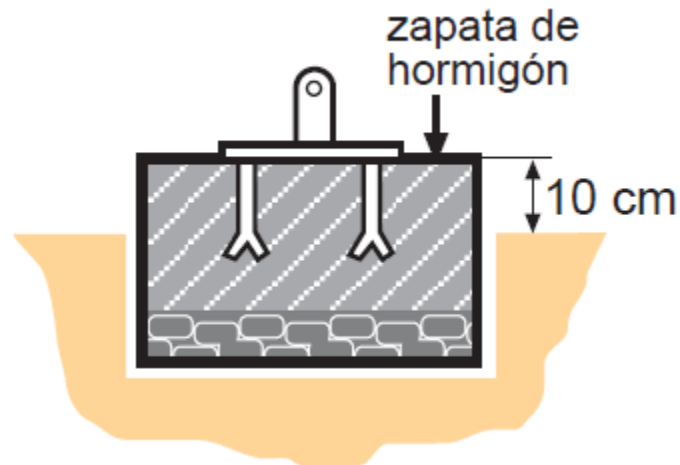


Imagen 4. Detalle cimentación torre arriostable



Recomendaciones que se tendrán en cuenta en función del terreno para realizar la cimentación:

Imagen 5. Detalle cimentación torre arriostable II

TABLA 1				
Resistencia del terreno en Kg/cm ²	CARGA VERTICAL SOBRE LA BASE (ver tablas III,IV)			
	<2000	<3000	<4000	<5000
0,5 terrenos húmedos	75x75x50	90x90x50	105x105x70	120x120x70
1	55x55x50	60x60x50	70x70x70	80x80x70
2	40x40x50	50x50x50	60x60x70	70x70x70
4 (terrenos secos)	40x40x50	40x40x50	50x50x70	60x60x70

Resistencia de diversos terrenos (Kg/cm²)

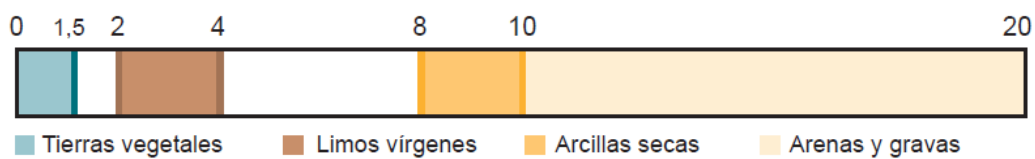


TABLA 2				
Zapata de hormigón	Tensión en los puntos de anclaje de vientos (ver tablas III y IV)			
	Tiro vertical <400 Kg	<800 Kg	<1.600 Kg	<2.400 Kg
	Tiro horizontal <300 Kg	<700 Kg	<1.400 Kg	<2.100 Kg
Altura	70 cm	75 cm	90 cm	90 cm
Superficie	85x85	110x110	140x140	160x160

Como medida de seguridad, los tramos de la torre se pintarán alternativamente en colores blanco y rojo aeronáuticos, siendo de este último color los extremos, con el fin de ser fácilmente distinguidos durante el día y de acuerdo con las normas de la O.A.C.I. (Organización Internacional de Aviación Civil).

Solo será necesario dotar de balizamiento nocturno las torres superiores a 45 metros.

4.4.2 Torres autoportadas

Para el caso de las torres autoportadas, la estructura será diferente, este tipo de torres son más manejables y por tanto más fáciles de trasladar y montar en ubicaciones de difícil acceso. Llevarán el mismo balizamiento que las arriostables y la misma cimentación, el esquema general de este tipo de torres es el siguiente:

Imagen 6. Torre autoportada



Serán torres de sección típica triangular con lado de la sección del 10% de la altura total, se instalarán de 15 y 24 metros.

Se incluyen en los catálogos adjuntos, los distintos modelos de torres con sus respectivas características técnicas.

4.4.3 Mediciones

Se detallan a continuación las mediciones de las torres de comunicaciones. Estas mediciones se justifican en base al estudio de viabilidad de los enlaces que se incluye en el Anexo 1 del presente documento:

Cuadro 6. Mediciones Torres I

RED TRONCAL	Torre auto-soportada de 15 m	Torre auto-soportada de 25 m	Torre arriostrada de 50 m	Torre arriostrada de 40 m	Torre arriostrada de 30 m	Torre arriostrada de 20 m
EB 01					1	
EB 02					1	
EB 03					1	
EB 04			1			
EB 05					1	
EB 06			1			
EB 07			1			
EB 08					1	
EB 09				1		
EB 10					1	
EB 11					1	
EB 12				1		
EB 13						1
C.C. Trujillo					1	
C.C. San José					1	

Cuadro 7. Mediciones Torres II

Estación suscriptora	Torre auto-soportada de 15 m	Torre auto-soportada de 25 m	Torre arriestrada de 50 m	Torre arriestrada de 40 m	Torre arriestrada de 30 m
Tomas Fase I, II y III	131	9			
Bocatoma					
Sifón Virú	1				
CH Virú	1				
PurPur	1				
Desarenador	1				
Presa Palo Redondo	1				
Limnómetro					
Caudal Aguas Arriba	1				
Cerro Changuito					1
	137	9	0	0	1

4.5 Estudio energético

El estudio energético se va a realizar teniendo en consideración, que en los puntos cercanos al canal, existirá tendido eléctrico y por tanto no será necesario dotar de energía fotovoltaica a los puntos que se encuentren próximos al mismo.

Para poder dimensionar correctamente la alimentación en los puntos donde no haya alimentación eléctrica se considera los siguientes consumos de los equipos:

Estaciones suscriptoras:

- Estaciones suscriptoras - máximo 20 W por Punto WIMAX

Estaciones Bases:

- Estaciones Bases - máximo 20W por cada equipo punto a multipunto WIMAX
- Switch 6 puertos gestionable - máximo 5W por switch
- Estaciones Bases – máximo 25W por cada equipo punto a punto

En resumen, en las Estaciones Bases el consumo será de:

	Nº Equipos punto a multipunto (20 W/h)	Nº equipos punto a punto (25 W/h) (1 Equipo por enlace)	Switch gestionable (5 W/h)	CONSUMO TOTAL
EB01	2	Cerro chanuito EB02	1	2280W/día
EB02	2	EB01 EB03 Centro de Control redundante	1	2880W/día
EB03	2	EB02 EB05	1	2280W/día
EB04	2	EB03 EB06	1	2280W/día
EB05	2	EB06	1	1680W/día
EB06 (con alimentación eléctrica)	2	EB04 EB06 EB07	1	2880W/día
EB07 (con alimentación eléctrica)	2	EB06 EB08 Centro de Control principal	1	2880W/día
EB08	2	EB07	1	1680W/día
EB09	2	EB10 Centro de Control principal	1	2280W/día
EB10	2	EB09 EB11	1	2280W/día
EB11	2	EB09 EB12	1	2280W/día
EB12 (con alimentación eléctrica)	2	EB11 EB13	1	2280W/día
EB13 (Contará con alimentación eléctrica)	2	EB12	1	1680W/día

En los puestos de estaciones bases sin alimentación eléctrica se procederá a la instalación de placas fotovoltaicas y un aerogenerador para poder garantizar el funcionamiento del sistema.

Para el estudio se tendrá en cuenta los siguientes parámetros (aparte de los consumos ya mencionados):

- Perdidas en batería 5%
- Profundidad de descarga 60%
- Coeficiente de Autodescarga 0.5%
- Días de autonomía 2
- Perdidas varias 10%

Teniendo en cuenta esto parámetros tenemos que el rendimiento total del sistema será de un 81.5% con lo que el consumo energético pasa a:

- Estación Base (EB05 y EB08) con un consumo de 1680W / día → 2061 W / día
- Estación Base (EB01, EB03, EB04, EB09, EB10 y EB11) con un consumo de 2280W / día → 2797 W / día
- Estación Base (EB02) con un consumo de 2880W / día → 3533 W / día

Cogiendo como referencia el mes peor de irradiación de la zona nos da una irradiación total de 2.8 horas de Sol Pico (en el peor mes del año).

Teniendo en cuenta todos estos valores tenemos que para las Estaciones Base:

- EB05 y EB08 será necesario la instalación de lo que se ha denominado Sistema fotovoltaico tipo A:
 - 4 placas fotovoltaicas de 240Wp
 - 6 baterías de 100Ah @ 12V
 - 1 Aerogenerador de 400W
- EB01, EB03, EB04, EB09, EB10 y EB11 será necesario instalar el sistema fotovoltaico tipo B:
 - 6 placas fotovoltaicas de 240Wp
 - 8 baterías de 100Ah @ 12V
 - 1 Aerogenerador de 400W
- EB02 será instalado el sistema fotovoltaico tipo C:
 - 7 placas fotovoltaicas de 240Wp

- 8 baterías de 100Ah @ 12V
- 1 Aerogenerador de 400W

4.6 Cerramiento

Para proteger el acceso a los equipos se instalará un cerramiento metálico de unos 2,5x1,5 m, con malla de simple torsión de 2m de altura, puerta con cerradura, y alambres de espino de 45° en la extensión.

En las siguientes figuras se muestra un ejemplo de cerramiento con su instalación tipo y vallado metálico.

Imagen 7. Cerramiento con vaya



Imagen 8. Detalle de cerramiento



4.7 Hornacina

Para proteger el armario de control y de baterías, se instalará una Hornacina de hormigón cerrado por una puerta metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50102 que se podrá revestir de acuerdo con las características

del entorno. La hornacina será diseñada para la instalación en intemperie (protección IP55) y con protección contra la corrosión disponiendo de elementos de seguridad contra la intrusión mediante cierre con llave. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo. En el interior de la hornacina se albergará el armario de control y de baterías del sistema.

La hornacina se colocará encima de un zócalo de hormigón al lado de la base de la torre de comunicaciones. En la base de la hornacina dispondrá de los orificios para alojar los conductos para la entrada de la acometida, cables de antenas, paneles solares.

A continuación se muestra las especificaciones técnicas

- Medidas interiores
 - Alto: 1800 mm
 - Ancho: 1500 mm
 - Profundo: 1500 mm
 - Puertas: 1
- Características generales
 - Estructura monobloque
 - Hormigón HA-35 armado
 - Puerta en acero galvanizado de 1,5mm de espesor y cierre con llave
 - Angulo apertura puerta de 180°
 - Ventilación mediante respiraderos con protección contra lluvia
 - Peso 1500 kg.

Imagen 9. Detalle hornacina

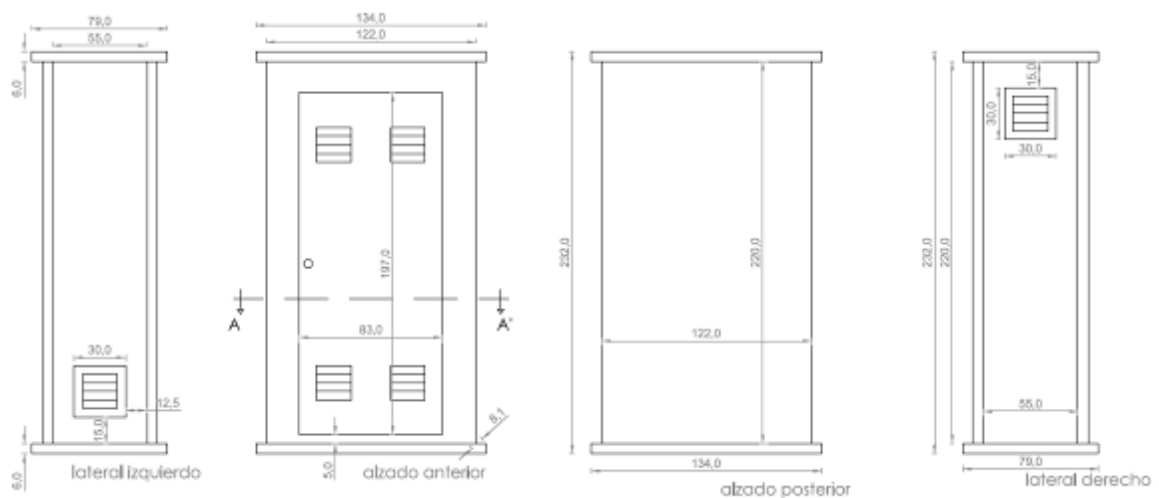


Imagen 10. Ejemplo hornacina



5 Estudio de viabilidad de los enlaces entre estaciones base

Se presenta a continuación el estudio realizado sobre la viabilidad de los enlaces radioeléctricos necesarios para una correcta comunicación entre las tomas y los centros de control del presente proyecto.

Todas las estaciones bases se unirán mediante enlaces WIMAX de alta capacidad para poder absorber el tráfico previsto de las estaciones remotas asociadas.

Los enlaces previstos entre estaciones bases serán:

- EB01 – EB02
- EB02 – EB03
- EB03 – EB04
- EB04 – EB06
- EB05 – EB06
- EB06 – EB07
- EB07 – EB08