

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“ESTUDIO DE INGENIERÍA PARA IMPLEMENTAR
EL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE
EN LAS ZONAS PERIFÉRICAS DE LA CIUDAD DE
LIMA”**



TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRONICO**

PRESENTADO POR:

BACHILLER LUIS BELTRÁN PONCE MARTÍNEZ

LIMA – PERÚ

2015

INDICE

INTRODUCCION	1
I ANALISIS DEL SISTEMA BRASILEÑO DE TELEVISION DIGITAL	3
1.1 Visión general	4
1.2 Transmisión jerárquica	5
1.3 Recepción Parcial	6
1.4 Modos	6
1.5 Esquema de codificación de canal	6
1.5.1 Parámetros Principales	6
1.5.2 Configuración Básica de la codificación de Canal	13
1.5.3 Remultiplexacion de TS	15
1.5.3.1 Configuración de Cuadros Múltiples	15
1.5.3.2 Modelo de Receptor para Referencia de Cuadros Multiplex	18
1.5.3.2.1 Organización del Cuadro Multiplex	18
1.5.3.2.2 Señal de Entrada para Divisor Jerárquico	19
1.5.3.2.3 Operación Del Receptor Modelo de divisor Jerarquico Vitervi	20
1.5.4 Codificación Externa (Outer Code)	23
1.5.5 División del TS en Capa Jerárquica	24
1.5.6 Dispersión de Energía	25
1.5.7 Ajuste de Atraso	26
1.5.8 Byte interleaving	28
1.5.9 Codificación Interna (inner code)	29
1.5.10 Modulación de la Portadora	30
1.5.10.1 Configuración de la Modulación de la Portadora	30
1.5.10.2 Ajuste de Atraso	31
1.5.10.3 Bit interleaving y mapping	32
1.5.10.3.1 DQPSK	32

1.5.10.3.2	Mapeo QPSK	34
1.5.10.3.3	16 QAM	35
1.5.10.3.4	64 QAM	36
II SISTEMA MAGNUM Y ARK		38
2.1	Introduccion	39
2.2	El concepto Dual Mode	39
2.3	El Sistema Magnum	41
2.3.1	Interface Grafica	43
2.3.2	Operador remoto	43
2.3.3	Operador en Sitio	44
2.3.4	Panel Frontal	44
2.3.5	Control Remoto Flotante	45
2.4	El Sistema ARK	48
III CALCULOS DE INGENIERIA		50
3.1	Ubicación de la Estación Principal	51
3.2	Análisis de las Dificultades de Cobertura	52
3.3	Simulación de Cobertura Transmisor C° Marcavilca	54
3.3.1	Centro de Radiación	54
3.3.2	Zonas de Ubicación de Gap Fillers	64
3.3.3	Verificación de Líneas de vistas hacia cada cerro	67
3.3.4	Intensidad de Campo en cada cerro para Gap Filler	71
3.3.5	Simulación de Cobertura desde el C° La Molina	82
3.4	Cálculos teóricos de Cobertura	87
3.4.1	Calculo de cobertura desde el Gap Filler del C° La Molina	89
3.4.1.1	Recepción Fija	90
3.4.1.2	Recepción Movil	90
3.4.2	Calculo de Cobertura desde el Gap Filler del C° Shangri-La	91
3.4.2.1	Recepción Fija	92
3.4.2.2	Recepción Movil	92
3.4.3	Calculo de Cobertura desde el Gap Filler del C° la Milla	93

3.4.3.1	Recepción Fija	94
3.4.3.2	Recepción Móvil	95
IV	ESTRUCTURA DE COSTOS Y CUADRO COMPARATIVO POBLACION – .	
	POTENCIA	96
4.1	Información Sobre la Población Beneficiada con Gap Fillers	97
4.1.1	La Molina	97
4.1.2	Puente Piedra	98
4.1.3	Comas	99
4.1.4	San Martin de Porres	101
4.2	Estructura de Costos	102
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFIA	107
	GLOSARIO	108

AGRADECIMIENTO:

A mis Padres Lucho (Q.E.P.D) y Constanza, por inculcarme los valores de honestidad, responsabilidad, amor al prójimo y convencerme de que la única forma de progresar es mediante el estudio y el trabajo.

A Liliana mi esposa, mis hijos: Del Piero, Elián y Madison por apoyarme en los malos y buenos momentos y por su insistencia en plantearme el reto de la titulación como una meta alcanzable.

A mis hermanos por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

INTRODUCCIÓN

La Televisión Digital Terrestre que viene operando en la ciudad de Lima desde al año 2010, necesita entrar a la etapa de consolidar la recepción de la señal en lugares donde la Cobertura Primaria no llega, nos referimos a zonas densamente pobladas fuera del casco urbano y que sin embargo deben recibir la señal en las mismas condiciones que el resto de la población actualmente beneficiada. Al respecto, se conoce que en otros países se vienen empleando las denominadas Redes de Frecuencia única que buscan cubrir áreas extensas, con zonas de sombra o no, con el servicio de TDT en la misma frecuencia.

El problema de cobertura en la ciudad de Lima es que existen zonas como La Molina, Huaycán, Puente Piedra, Comas que no pueden recibir las señales que se emiten desde el cerro Marcavilca (el “Morro”) debido a que diversos cerros bloquean la línea de vista. Para el caso de la televisión analógica, la solución al problema es colocar retransmisores en los cerros cercanos

a estos lugares y desde allí cubrirlos, el asunto es que, se requiere de una frecuencia diferente a la frecuencia del transmisor principal que emite desde el “Morro” a fin de no generar interferencias en las zonas cercanas. En nuestro caso nos preguntamos:

- a) Se puede plantear para la televisión digital terrestre una solución similar a la televisión analógica?
- b)Cuál es la mejor solución desde el punto de vista de la ingeniería para hacer llegar la televisión digital terrestre a las zonas de la periferia de la ciudad de Lima.

Para el caso del presente proyecto, se tiene que realizar un estudio que permita dimensionar una red de frecuencia única que utilice alternativamente sólo un transmisor principal y luego transmisores sincronizados de baja potencia (gap fillers) ó un sistema basado en transmisor iso frecuencia de mediana potencia. Esto no está definido para la ciudad de Lima de ahí la importancia del estudio.

Si bien el estudio se realizará para solucionar el tema de la ciudad de Lima, no impide su aplicación en cualquier otra ciudad del interior del país que presenten dificultades para el

desarrollo de la televisión digital, lógicamente, ésta aplicación tendrá que estar basada en un estudio específico, ciudad por ciudad pero, la metodología puede ser la misma.

Es de gran importancia plantear soluciones de ingeniería a problemas que se presentan en los servicios de televisión abierta en el país.

CAPÍTULO I ANÁLISIS DEL SISTEMA BRASILEÑO DE TELEVISIÓN DIGITAL

Descripción del sistema

1.1 Visión general

En la transmisión, una o más entradas conteniendo haz de datos TS, definidas en el sistema MPEG-2, se deben remultiplexar para crear un único TS. Ese TS debe ser sometido a la etapa de codificación de canal múltiple, de acuerdo con la intención de servicio y debe ser entonces enviado como una señal OFDM común (ver Figura 1).

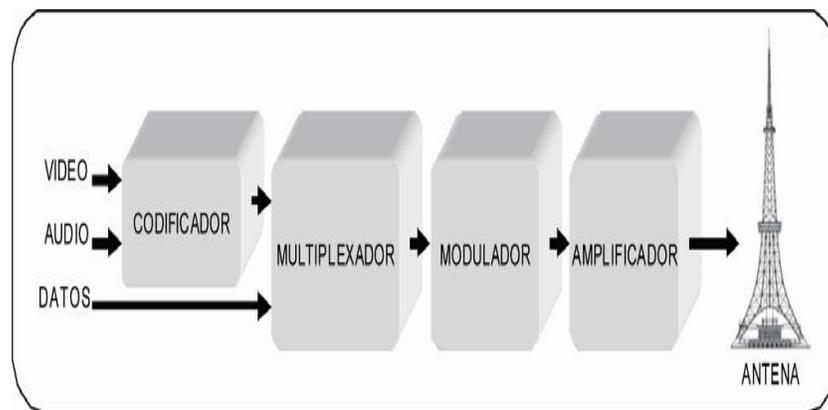


Fig. 1 Visión General del Sistema de Transmisión [6]

La transmisión digital terrestre debe utilizar el time interleaving para proveer una codificación con la menor tasa de errores para recepción móvil, en las cuales son inevitables las variaciones de intensidad de campo. El espectro de la radiodifusión de televisión digital debe consistir en 13 bloques OFDM sucesivos, con cada segmento ocupando 1/14 del ancho de canal de televisión. Un segmento OFDM debe tener una configuración que permita la conexión de

múltiples segmentos para abastecer un ancho de transmisión que atienda a la necesidad del medio.

1.2 Transmisión jerárquica

La codificación de canal debe ser realizada en unidades de segmento OFDM. Un único canal de televisión debe ser usado simultáneamente para servicio de recepción fija, recepción móvil y recepción portátil (transmisión jerárquica). Cada capa jerárquica debe consistir en uno o más segmentos OFDM. Parámetros como esquema de modulación de portadoras OFDM, tasa de inner code y de time interleaving pueden ser especificados para cada capa jerárquica. Pueden ser definidas hasta tres capas jerárquicas, siendo que un segmento puede ser usado para recepción parcial, siendo también considerada una capa jerárquica (ver Figura 2).

El número de segmentos y el conjunto de parámetros de codificación de cada capa jerárquica pueden ser configurados por el radiodifusor. La señal TMCC debe contener las informaciones de control e informaciones necesarias para auxiliar al receptor en la identificación de los modos de operación.

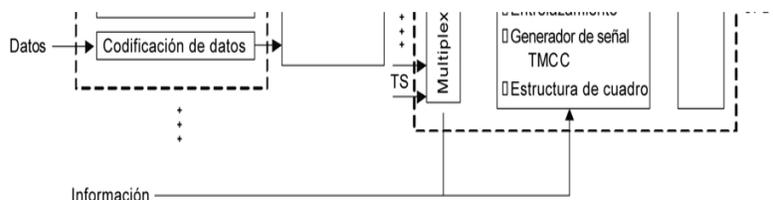


Figura 2. Diagrama en bloques del sistema de transmisión [6]

1.3 Recepción Parcial

El segmento central del espectro, que consiste en 13 segmentos, puede ser sometido al proceso de entrelazamiento de frecuencia sin la participación de las demás porciones del espectro de radiodifusión. Ese tipo de configuración permite la creación de un servicio portátil (one-seg), que consiste en una de las capas del servicio de televisión.

1.4 Modos

Para permitir la operación de acuerdo con la distancia entre las estaciones de una SFN y garantizar la recepción adecuada ante las variaciones del canal como consecuencia del efecto Doppler de la señal de recepción móvil, debe ser posible seleccionar entre tres opciones de separación de portadoras OFDM ofrecidas por el sistema brasileño. Ésas tres opciones de separación se deben identificar como modos del sistema. En el caso de Brasil, la separación de frecuencia debe ser de aproximadamente 4 kHz, 2 kHz ó 1 kHz, respectivamente para los modos 1, 2 y 3. El número de portadoras varía dependiendo del modo, pero la tasa útil de cada modo debe ser exactamente la misma en todos los modos.

1.5 Esquema de codificación de canal

1.5.1 Parámetros Principales

Todas las especificaciones referentes a la codificación de canal deben obligatoriamente estar de acuerdo con la ARIB STD-B31:2005 sección 3, con la Recomendación UIT BT.1306 y también con la Tabla 1 [6].

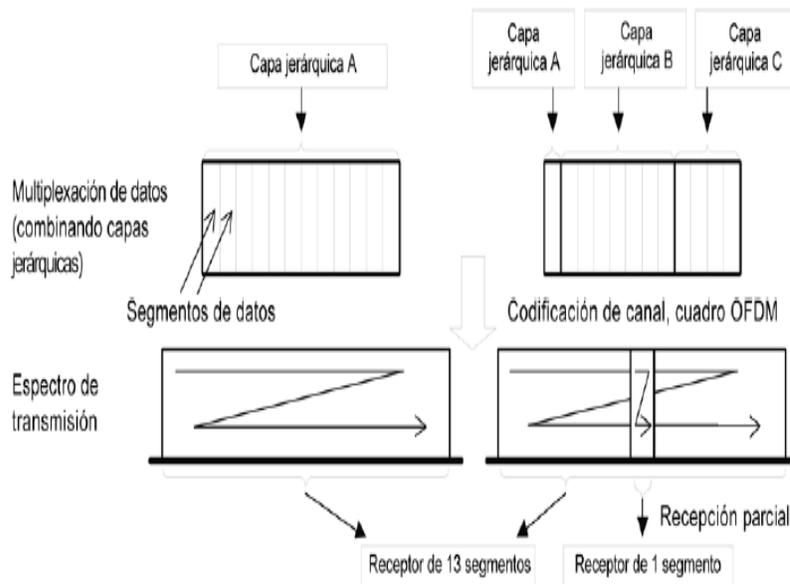
Tabla 1 — Parámetros del sistema de transmisión

Parámetros		Valores
1	Número de segmentos	13
2	Ancho del segmento	$6.000/14 = 428,57$ kHz
3	Banda UHF	5,575 MHz 1 (modo 1) 5,573 MHz 2 (modo 2) 5,572 MHz 3 (modo 3)
4	Número de portadoras	1 405 (modo 1) 2.809 (modo 2) 5.617 (modo 3)
5	Método de modulación	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
6	Duración de los símbolos activos	252 μ s (modo 1) 504 μ s (modo 2) 1.008 μ s (modo 3)
7	Separación de portadoras	$Bws/108 = 3,968$ kHz (modo 1) $Bws/216 = 1,984$ kHz (modo 2) $Bws/432 = 0,992$ kHz (modo 3)
8	Duración del intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo 63; 31,5; 15,75; 7,875 μ s (modo 1) 126; 63; 31,5; 15,75 μ s (modo 2) 252; 126; 63; 31,5 μ s (modo 3)
9	Duración total de los símbolos	315; 283,5; 267,75; 259,875 μ s (modo 1) 628; 565; 533,5; 517,75 μ s (modo 2) 1 260; 1 134; 1 071; 1 039,5 μ s (modo 3)
10	Duración del cuadro de transmisión	204 símbolos OFDM
11	Codificación de canal	Código convolucional, tasa = 1/2 con 64 estados Punzado para las tasas 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
12	Entrelazamiento interno	Entrelazamiento intra e inter-segmentos (entrelazamiento en frecuencia) Entrelazamiento convolucional con profundidad de <i>interleaving</i> 0; 380; 760; 1.520 símbolos (modo 1) 0; 190; 380; 760 símbolos (modo 2), 0; 95; 190; 380 símbolos (modo 3)

Los datos transmitidos deben consistir en un grupo TS, que incluye múltiples TSP definidos en el sistema MPEG-2.

Los segmentos de datos se deben someter a la codificación de canal requerida. Posteriormente, señales piloto se deben agregar al segmento de datos en la sección de cuadro OFDM para formar un segmento OFDM (con ancho de 6/14 MHz).

Todos los 13 segmentos OFDM deben ser convertidos colectivamente en señales de transmisión OFDM por la IFFT.



El esquema de codificación de canal debe permitir la transmisión jerárquica en la cual múltiples capas jerárquicas, con diferentes parámetros de transmisión, pueden ser transmitidas simultáneamente. Ver figura 3.

Fig. 3. Ejemplo de Transmisión Jerárquica y Recepción Parcial [6]

Cada capa jerárquica debe obligatoriamente consistir en uno o más segmentos OFDM. Parámetros como esquema de modulación de la portadora, tasa del inner code y longitud del time interleaving pueden ser especificados para cada capa jerárquica. Hasta tres capas jerárquicas pueden ser transmitidas en un canal de 6 MHz.

Los parámetros del segmento OFDM deben estar de acuerdo con la Tabla 2 y los parámetros de la señal de transmisión deben estar de acuerdo con la Tabla 3. La tasa de datos por segmento debe estar de acuerdo con la Tabla 4 y la tasa de datos para todos los 13 segmentos debe estar de acuerdo con la Tabla 5 [6].

Tabla 2 — Parámetros del segmento OFDM

Modo		Modo 1		Modo 2		Modo 3	
Ancho de la banda		3000/7 = 428,57 kHz					
Separación entre frecuencias portadoras		250/63 kHz		125/63 kHz		125/126 kHz	
Número de portadoras	Total	108	108	216	216	432	432
	Datos	96	96	192	192	384	384
	SP ^a	9	0	18	0	36	0
	CP ^a	0	1	0	1	0	1
	TMCC ^b	1	5	2	10	4	20
	AC1 ^c	2	2	4	4	8	8
	AC2 ^c	0	4	0	9	0	19
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK
Símbolos por cuadro		204					
Tamaño del símbolo efectivo		252 μ s		504 μ s		1008 μ s	
Intervalo de guarda		63 μ s (1/4), 31,5 μ s (1/8), 15,75 μ s (1/16),		126 μ s (1/4), 63 μ s (1/8), 31,5 μ s (1/16),		252 μ s (1/4), 126 μ s (1/8), 63 μ s (1/16),	
Longitud del cuadro		57,834 ms (1/8), 54,621 ms (1/16),		115,668 ms (1/8), 109,242 ms (1/16),		231,336 ms (1/8), 218,484 ms (1/16),	
Frecuencia de muestreo de la IFFT		512/63 = 8,12698 MHz					
Entrelazamiento interno		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)					
Codificador externo		RS (204,188)					
^a SP y CP son usados por el receptor para fines de sincronización y demodulación. ^b MCC es información de control.							

Tabla 3 — Parámetros de la señal de transmisión

Modo		Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número de segmentos OFDM N_s		13		
Ancho de banda		$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 250/63 \text{ kHz}$ = 5,575MHz	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/63 \text{ kHz}$ = 5,573MHz	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/126 \text{ kHz}$ = 5,572 MHz
Número de segmentos de modulación diferencial		n_d		
Número de segmentos de modulación síncrona		n_s ($n_s + n_d = N_s$)		
Separación entre frecuencias portadoras		$250/63 = 3,968 \text{ kHz}$	$125/63 = 1,984 \text{ kHz}$	$125/126 = 0,992 \text{ kHz}$
Número de portadoras	Total	$108 \times N_s + 1 = 1\,405$	$216 \times N_s + 1 = 2\,809$	$432 \times N_s + 1 = 5\,617$
	Datos	$96 \times N_s = 1\,248$	$192 \times N_s = 2\,496$	$384 \times N_s = 4\,992$
	SP	$9 \times n_s$	$18 \times n_s$	$36 \times n_s$
	CP ^a	$n_d + 1$	$n_d + 1$	$n_d + 1$
	TMCC	$n_s + 5 \times n_d$	$2 \times n_s + 10 \times n_d$	$4 \times n_s + 20 \times n_d$
	AC1	$2 \times N_s = 26$	$4 \times N_s = 52$	$4 \times N_s = 104$
	AC2	$4 \times n_d$	$9 \times n_d$	$19 \times n_d$
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Símbolos por cuadro		204		
		$7,875 \mu\text{s} (1/32)$	$15,75 \mu\text{s} (1/32)$	$31,5 \mu\text{s} (1/32)$
Longitud del cuadro		$64,26 \text{ ms} (1/4),$ $57,834 \text{ ms} (1/8),$ $54,621 \text{ ms} (1/16),$ $53,0145 \text{ ms} (1/32)$	$128,52 \text{ ms} (1/4),$ $115,668 \text{ ms} (1/8),$ $109,242 \text{ ms} (1/16),$ $106,029 \text{ ms} (1/32)$	$257,04 \text{ ms} (1/4),$ $231,336 \text{ ms} (1/8),$ $218,484 \text{ ms} (1/16),$ $212,058 \text{ ms} (1/32)$
<i>Inner code</i>		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4 5/6, 7/8)		
<i>Outer code</i>		RS (204, 188)		

^a El número de CP representa la suma de los CP en el segmento más un CP agregado a la derecha de la banda total.

Tabla 4 – Tasa de datos de un único segmento

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos por cuadro	Tasa de datos ^a kbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	12/24/48	280,85	312,06	330,42	340,43
	2/3	16/32/64	374,47	416,08	440,56	453,91
	3/4	18/36/72	421,28	468,09	495,63	510,65
QPSK	5/6	20/40/80	468,09	520,10	550,70	567,39
	7/8	21/42/84	491,50	546,11	578,23	595,76
16QAM	1/2	24/48/96	561,71	624,13	660,84	680,87
	2/3	32/64/128	748,95	832,17	881,12	907,82
	3/4	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,30
	5/6	40/80/160	936,19	1 040,21	1 101,40	1 134,78
	7/8	42/84/1 68	983,00	1 092,22	1 156,47	1 191,52
64QAM	1/2	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1 021,30
	2/3	48/96/192	1 123,43	1 248,26	1 321,68	1 361,74
	3/4	54/108/216	1 263,86	1 404,29	1 486,90	1 531,95
	5/6	60/120/240	1 404,29	1 560,32	1 652,11	1 702,17
	7/8	63/126/252	1 474,50	1 638,34	1 734,71	1 787,28

^a Esa tasa de datos representa la tasa de datos (bits) por segmento para parámetros de transmisión:
tasa de datos (bits) = TSP transmitidos x 188 (bytes/TSP) x 8 (bits/byte) x 1/longitud del cuadro.

Tabla 5 — Tasa total de datos para 13 segmentos

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos (Modos 1/ 2/ 3)	Tasa de datos Mbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/416/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
QPSK	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
16QAM	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
64QAM	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,168	21,298	22,551	23,234

NOTA En esta tabla, los mismos parámetros se especifican para todos los 13 segmentos. La tasa total de datos durante la transmisión jerárquica varía dependiendo de los parámetros de configuración jerárquica. El volumen transmitido por los 13 segmentos es igual a la suma de todos los volúmenes de datos transmitidos por esos segmentos, que puede ser determinado de acuerdo con la Tabla 4.

1.5.2 Configuración Básica de la Codificación de Canal

La figura 4 muestra de manera simplificada, la estructura del sistema de transmisión del sistema de televisión digital terrestre brasileño.



Fig. 4. Diagrama en bloques de la codificación de canal [6]

Las múltiples salidas de TS del multiplexor MPEG deben alimentar el remultiplexor de haz de transporte de modo que el TSP sea adecuadamente arreglado para el procesamiento de la señal one data segment.

En la remultiplexación, primeramente cada TS debe ser convertido en señal en ráfaga de 188 bytes por medio de un clock con tasa cuatro veces mayor que el clock de muestreo IFFT. Se debe, entonces, aplicar el código RS para que el TS resultante sea convertido en TS común [1].

Cuando la transmisión jerárquica es configurada, el TS debe ser dividido en múltiples capas jerárquicas de acuerdo con la información de capa jerárquica. Esas capas debe entonces ser sometidas a un máximo de tres bloques paralelos de procesador.

En el procesador paralelo, se deben ejecutar los procesamientos de datos digitales, incluyendo el codificador corrector de errores (interleaving) y la modulación de portadoras. La diferencia de atraso en el tiempo generado en el entrelazamiento de byte y en el proceso de bit interleaving entre las capas jerárquicas debe ser corregida antes del ajuste de sincronismo. La corrección de error, la longitud del entrelazamiento y el esquema de modulación de portadora deben ser especificados independientemente para cada capa jerárquica.

Después del procesamiento paralelo, las capas jerárquicas deben ser combinadas y a continuación deben ser ejecutados los entrelazamientos en el tiempo y en frecuencia, para asegurar la efectiva mejora de la corrección de error contra la variación de intensidad de campo, así como contra la interferencia de multipercurso en la recepción móvil.

El convolutional interleaving debe ser usado como esquema de entrelazamiento temporal para reducir los atrasos de tiempo tanto de la transmisión como de la recepción y minimizar el tamaño de la memoria del receptor. Para el entrelazamiento en frecuencia, el intersegmento y el intrasegmento deben ser empleados para asegurar la apropiada estructura del segmento y el correcto interleaving.

Para asegurar que el receptor configure correctamente la demodulación y la decodificación en la transmisión jerárquica, en la cual se usan múltiples conjuntos de parámetros de transmisión, una señal TMCC debe ser transmitida usando una portadora específica.

La señal TMCC debe formar el cuadro OFDM junto con la señal de programa y señal piloto de sincronización para la finalidad de reproducción. Una vez completada la formación del cuadro, todas las señales se deben convertir en señales de transmisión OFDM por el proceso IFFT [4].

1.5.3 Remultiplexación de TS

1.5.3.1 Configuración del cuadro multiplex

Una remultiplexación del TS debe ser formada por cuadros múltiples como unidades elementales, cada cual consistiendo en un número n de paquetes TSP.

El número de TSP usados para diferentes modos de transmisión y diferentes razones de intervalo de guarda debe estar de acuerdo con la Tabla 6 [6].

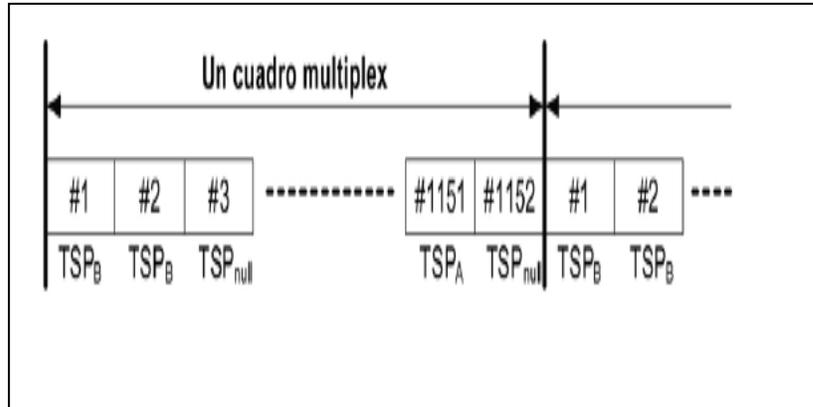
Tabla 6 — Configuración de la multiplexación del *frame*

Modo	Número de TSP transmitidos dentro de un cuadro multiplex			
	Tasa del intervalo de guarda 1/4	Tasa del intervalo de guarda 1/8	Tasa del intervalo de guarda 1/16	Tasa del intervalo de guarda 1/32
Modo 1	1 280	1 152	1 088	1 056
Modo 2	2 560	2 304	2 176	2 112
Modo 3	5 120	4 608	4 352	4 224

Cada TSP comprendiendo un cuadro debe tener una longitud de 204 bytes, consistiendo en 188 bytes de datos de programa y 16 bytes de datos nulos. Ese TSP es conocido como “TSP de transmisión”.

La longitud del cuadro debe coincidir con el cuadro OFDM, cuando la tasa de clock del TSP de transmisión enviada es aumentada en cuatro veces la tasa de clock del muestreo de IFFT.

Cada TSP de transmisión dentro de un cuadro de múltiples debe ser transmitido por la capa jerárquica X de una señal OFDM (ver Figura 5). El arreglo del TSP de transmisión, dentro del cuadro multiplex, debe ser determinado antes de asegurarse que es idéntico al del TS que va a

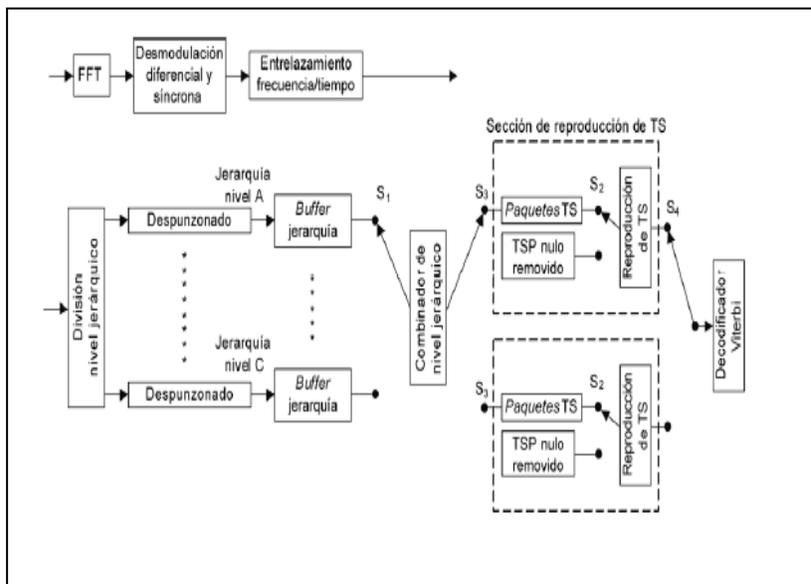


ser reproducido por el receptor (ver Figura 6)

Fig5. Ejemplo de un TS remultiplexado (modo 1, intervalo de guarda 1/8) [6]

Figura 6. Modelo de Receptor para referencia de cuadro multiplex

Generalmente no es posible concluir la consistencia entre el TSP de entrada del



remultiplexador y una única TS de salida del mismo, pues el número de paquetes de haz de transporte que puede ser transpuesto por unidad de tiempo varía sustancialmente, dependiendo de los parámetros especificados para cada capa jerárquica. Sin embargo, la adición de un número apropiado de

paquetes nulos permite el interfaceado entre el transmisor y el receptor durante la transmisión del haz de transporte en una consistente tasa de clock, independientemente de cuáles parámetros de transmisión se especifican.

Debido a que la longitud del cuadro multiplex es la misma de la longitud del cuadro OFDM, el receptor puede reproducir la sincronización del transport stream con base en la sincronización del cuadro OFDM, asegurando así el desempeño mejorado de sincronización.

La correlación entre el arreglo del TSP dentro de un cuadro multiplex con división del TS en múltiples capas jerárquicas y combinación de esas capas debe permitir, en el lado del receptor, seleccionar el mismo TS como uno de los transmitidos, entre múltiples señales de diferentes capas, y reproducir ese TS.

El receptor modelo debe definir el arreglo de los TSP. Los receptores pueden reproducir el TS sin cualquier información de la posición del TSP, si opera del mismo modo que el receptor modelo definido en esta Norma [4].

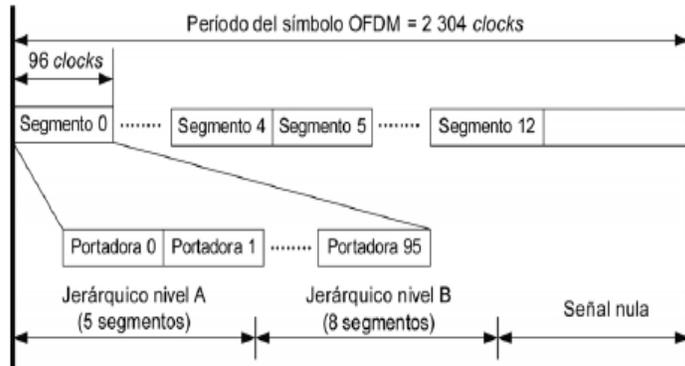
1.5.3.2 Modelo de receptor para referencia de cuadro multiplex

1.5.3.2.1 Organización del cuadro multiplex

Los TSP se deben organizar en un cuadro multiplex, con la configuración de TS reproducida por el modelo de receptor (ver Figura 6). En este caso, se debe usar obligatoriamente un clock de muestreo para FFT.

1.5.3.2.2 Señal de entrada para divisor jerárquico

Para completar el procesamiento de la demodulación de la portadora y del interleaving, las señales de entrada para el divisor jerárquico se deben organizar en el orden ascendente del número del segmento y también en orden ascendente de la frecuencia de la portadora del símbolo de la información, dentro del segmento obtenido por la exclusión de la portadora del control de símbolo (ver Figura 7).



NOTA: En este ejemplo se adoptaron dos capas jerárquicas disponibles (una capa modulada en DQPSK 1/2 con 5 segmentos y otra capa modulada en 64QAM, 7/8 con 8 segmentos) y un intervalo de guarda de 1/8 en el modo 1.

Figura 7. Ejemplo de organización del tiempo para la señal de entrada para la capa jerárquica [6]

Durante el período de un símbolo OFDM, deben insertarse en la capa jerárquica A bloques de datos de 480 (96 x 5) portadoras seguidos por los datos de entrada de 768 (96 x 8) portadoras para la capa jerárquica B y una señal nula que ocupa 1 056 portadoras [2].

La señal nula debe corresponder a la suma del muestreo (equivalente a la señal piloto insertada por la sección de cuadro OFDM), del muestreo FFT (muestreo en exceso de la banda de señal) y del muestreo de intervalo de guarda. La operación se debe repetir tantas veces cuantos son los 204 símbolos para la duración del cuadro OFDM.

Los atrasos se deben ajustar de forma que los períodos de tiempo requeridos para la demodulación diferencial o demodulación síncrona sean los mismos.

1.5.3.2.3 Operación del receptor modelo de divisor jerárquico Viterbi

La señal, dividida en múltiples capas jerárquicas, debe ser sometida al punzonado antes de su almacenamiento en el buffer jerárquico. En ese caso, se debe asumir que el tiempo de atraso de

procesamiento es el mismo para todas las capas y que no existe tiempo de atraso para el receptor modelo.

El número de bits B_{xk} que se insertan y almacenan en el buffer jerárquico, hasta la entrada del k -ésimo dato en la capa jerárquica X en un único cuadro múltiplex, puede ser determinado por la siguiente ecuación [8]:

Donde:

$$B_{xk} = 2 \times ([k \times S_x \times R_x] - [(k-1) \times S_x \times R_x])$$

B_{xk} es el número de bits

[] indica que todos los dígitos a la derecha del punto decimal se deben desechar

K es la posición del dato en el segmento

S_x es uno de los valores dados en la Tabla 7 [6], dependiendo del esquema de modulación seleccionado para la capa jerárquica X

R_x es la tasa de codificación del código convolucional en la capa jerárquica X

Tabla 7 — Valores de S_x

Esquema de modulación	S_x
Mapeo QPSK	2
16QAM	4
64QAM	6

La llave $S1$ se debe conmutar para otro buffer jerárquico cuando el tamaño de datos de un paquete TS (408 bytes) se inserta en el buffer jerárquico. Este dato se debe transferir al buffer TS disponible en la sección de reproducción. En este caso se debe asumir que la transferencia de datos es instantánea.

NOTA La codificación convolucional de un paquete TS común (204 bytes) de datos produce 408 bytes, cuando la tasa de codificación del código-madre del código convolucional es $\frac{1}{2}$ [7].

La sección de reproducción TS debe verificar el buffer TS en cada período de TS (408 bytes). Si existen más datos que el tamaño de un paquete TS, esa sección debe conmutar S2 a la posición del buffer TS y leer uno de los paquetes de datos TS. Cuando no existan datos en el buffer TS, la sección de reproducción debe conmutar S2 a la posición de TSP nulo y transmitir el paquete nulo.

La llave S3 se debe usar para conmutar alternativamente entre las dos secciones de reproducción TS para insertar una señal de salida del combinador jerárquico. En el modo 1 la conmutación se debe ejecutar al comienzo de un cuadro OFDM. La llave S4 se debe usar para conmutar entre las salidas de señales de la sección de reproducción TS. Esa llave se debe conmutar para la misma posición de S3 en tres períodos de paquetes TS (408 x 3 clocks), acompañando la conmutación de S3, es decir, en el comienzo de un cuadro OFDM. En los modos 2 3, la conmutación de S3 y S4 se debe ejecutar a 1/2 intervalo del cuadro OFDM (102 intervalos del símbolo OFDM) y 1/4 intervalo del cuadro OFDM (51 intervalos de símbolos OFDM), respectivamente.

1.5.4 Codificación externa (outer code)

Un código RS abreviado (204,188) se debe aplicar en cada TSP como un código externo. La codificación RS abreviada (204,188) se debe generar agregando 51 byte 00HEX en el comienzo de la entrada de los datos del código RS (255,239), y entonces esos 51 bytes se deben remover [3].

El elemento del GF (28) (Galois Field) se debe usar como elemento de la codificación RS. El siguiente polinomio primitivo $p(x)$ se debe usar para definir GF(28):

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

El siguiente polinomio $g(x)$ se debe usar para generar el código RS abreviado (204,188):

$$g(x) = (x - \lambda_0)(x - \lambda_1)(x - \lambda_2) \dots (x - \lambda^{15})$$

siendo que $\lambda = 02\text{HEX}$.

El código RS abreviado (204, 188) puede corregir hasta 8 bytes aleatorios erróneos entre 204 bytes.

La Figura 8 [6] muestra el formato de datos MPEG-2 TSP y el TSP protegido por codificación RS. El paquete de 204 bytes protegido con el código corrector de error también es denominado transmisión TPS.

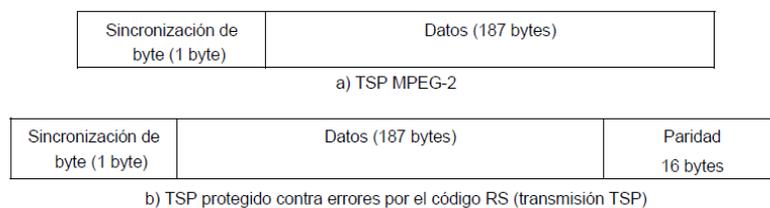


Figura 8 — MPEG-2 TSP y transmisión TSP

1.5.5 División del TS en capa jerárquica

El divisor jerárquico debe dividir el TS remultiplexado en porciones (transmisión TSP, cada cual con 204 bytes de largo, conteniendo todos los bytes, desde el byte próximo al de sincronización TS hasta el byte de sincronización siguiente) y asociar cada parte a la capa jerárquica específica. Al mismo tiempo, el divisor debe remover los paquetes nulos.

La capa jerárquica a que pertenece la transmisión TSP debe ser especificada por la información de la capa jerárquica basada en la organización. El número máximo de capas jerárquicas debe ser tres. La sincronización del cuadro OFDM debe desplazar en un byte el comienzo de los bytes de información (ver Figura 9) [6].

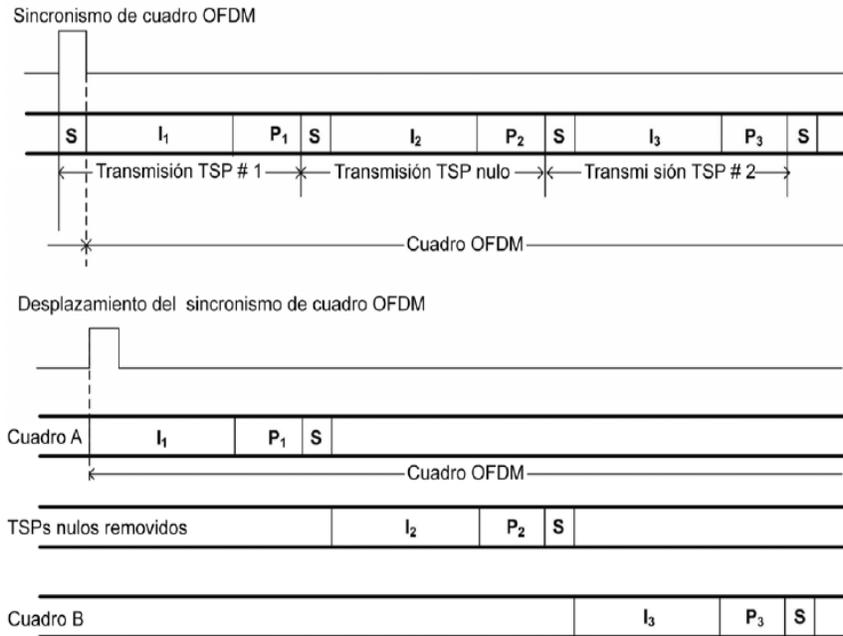


Figura 9 — Ejemplo de división del TS en dos capas jerárquicas

1.5.6 Dispersión de energía

La dispersión de energía se debe realizar para cada capa jerárquica generada por un PRBS de acuerdo con el esquema presentado en la Figura 10 [6].

Todas las señales que no son de sincronismo de byte en cada transmisión TSP en las diferentes capas jerárquicas deben ser *Exclusive OR*, usando PRBS en la base de bit a bit.

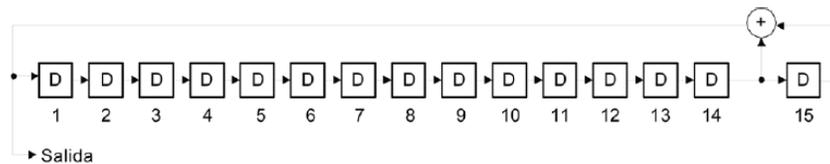


Figura 10 — Generación del polinomio PRBS y circuito

El valor inicial del PRBS debe ser 100101010000000 (organizado en orden ascendente de bits, de izquierda a derecha) y este valor debe ser inicializado a cada cuadro OFDM. En este instante, el comienzo de un cuadro OFDM debe ser el MSB (most significant bit) del byte próximo al byte de sincronización de los TSP de transmisión. El registrador de desplazamiento

debe, también, ejecutar el desplazamiento del byte de sincronización. La siguiente ecuación define la función generadora del PRBS:

$$G(x) = X^{15} + X^{14} + 1$$

1.5.7 Ajuste de atraso [9]

El ajuste de atraso, asociado al *byte interleaving* con el objeto de proveer el tiempo de atraso idéntico para transmisión y recepción en todas las capas jerárquicas, debe ser realizado por el lado de la transmisión. Se debe adoptar un valor de ajuste apropiado para cada capa jerárquica entre aquellos mostrados en la Tabla 8 [6](equivalente al número de transmisión TSP), tal que todos los atrasos, incluyendo el de transmisión y de recepción causados por el *byte interleaving* (11 transmisiones TSP), tengan la duración de un cuadro.

Tabla 8 — Ajuste del valor de atraso requerido como resultado del entrelazamiento de byte

Modulación de portadora	código convolucional	Valor de ajuste del atraso (número de transmisión de TSP) ^a		
		Modo 1	Modo 2	Modo 3
DQPSK QPSK	1/2	12 x N-11	24 x N-11	48 x N-11
	2/3	16 x N-11	32 x N-11	64 x N-11
	3/4	18 x N-11	36 x N-11	72 x N-11
	5/6	20 x N-11	40 x N-11	80 x N-11
	7/8	21 x N-11	42 x N-11	84 x N-11
16QAM	1/2	24 x N-11	48 x N-11	96 x N-11
	2/3	32 x N-11	64 x N-11	128 x N-11
	3/4	36 x N-11	72 x N-11	144 x N-11
	5/6	40 x N-11	80 x N-11	160 x N-11
	7/8	42 x N-11	84 x N-11	168 x N-11
64QAM	1/2	36 x N-11	72 x N-11	144 x N-11
	2/3	48 x N-11	96 x N-11	192 x N-11
	3/4	54 x N-11	108 x N-11	216 x N-11
	5/6	60 x N-11	120 x N-11	240 x N-11
	7/8	63 x N-11	126 x N-11	252 x N-11

^a N representa el número de segmentos usados por la capa jerárquica.

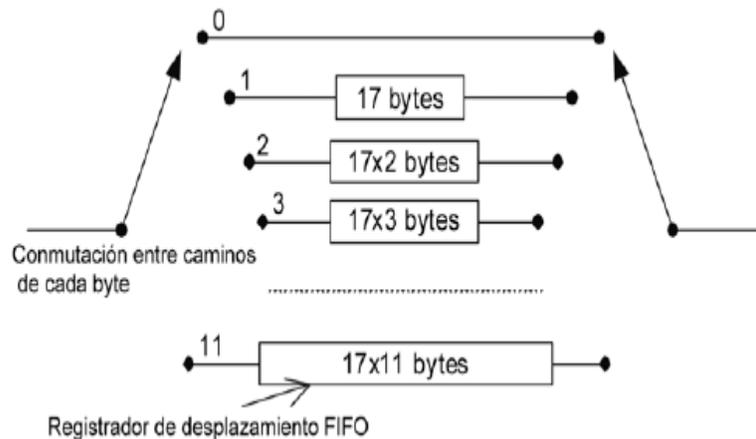
Con la transmisión jerárquica, se pueden especificar diferentes conjuntos de parámetros de transmisión (número de segmentos, tasa de codificación interna, esquema de modulación) para

diferentes capas jerárquicas. En este caso, sin embargo, la tasa de bit de transmisión para una capa puede diferir de otra capa, resultando en diferentes capacidades de transmisión, calculadas como el período de tiempo, desde la codificación del inner code del lado de la transmisión hasta la decodificación en el lado de la recepción.

El montante de atraso de transmisión TSP (11 paquetes) causado por el byte interleaving para una capa, puede diferir de otra capa, cuando se convierte en tiempo de atraso. Para compensar esta relativa diferencia en tiempo de atraso entre las capas jerárquicas, se debe realizar un ajuste para cada capa, antes del byte interleaving, de acuerdo con la tasa de bit de transmisión.

ABNT NBR 15601:2007

1.5.8 Byte interleaving



La transmisión TSP con 204

bytes, que es protegida por medio de la codificación RS y por la dispersión de energía, sufre el *byte interleaving* por la codificación convolucional. El *interleaving* debe ser de 12 bytes. Sin embargo, el byte siguiente al byte de sincronización debe pasar por un camino de referencia que no cause atraso (ver Figura 11) [6].

Figura 11 — Circuito de *byte interleaving*

En el circuito de *interleaving*, el camino 0 no debe tener atraso [10]. El tamaño de la memoria para el camino 1 debe ser de 17 bytes, para el camino 2 debe ser de $2 \times 17 = 34$ bytes, y así sucesivamente. Las entradas y las salidas deben ser conmutadas para diferentes caminos a cada byte de manera secuencial y cíclica, en el orden ascendente en número de camino (camino 0 > camino 1 > camino 2 > ... camino 11 > camino 0 > camino 1 > camino 2 ...).

1.5.9 Codificación interna (*inner code*)

El código interno debe ser un código convolucional con punzonado (descarte de bit seleccionado, según un criterio definido), con el código-madre de profundidad k de 7 y tasa de codificación de $1/2$. El código polinomial generador (código-madre) debe ser $G1 = 1710CT$ y $G2 = 1330CT$ (ver Figura 12) [6].

Figura 12 Circuito de codificación del código convolucional con profundidad k de 7 y tasa de codificación de $1/2$

La tasa de codificación seleccionable del código interno es la secuencia de la señal de transmisión punzada en el tiempo debe estar según la Tabla 9.

El punzonado se debe establecer de forma que el estándar mostrado en la Tabla 9 [6] sea iniciado por el cuadro de sincronización, para asegurar la confiabilidad del receptor en compensar la sincronización entre los modos punzados [10].

Tabla 9 — Tasa del código interno y secuencia de la señal de transmisión

Tasa de codificación	Curva de punzonado	Secuencia de transmisión de la señal
$1/2$	X: 1 Y: 1	X1, Y1
$2/3$	X: 10 Y: 11	X1, Y1, Y2
$3/4$	X: 101 Y: 110 0	X1, Y1, Y2, X3
$5/6$	X: 10101 Y: 11010	X1, Y1, Y2, X3, Y4, X5
$7/8$	X: 1000101 Y: 1111010 01 1 0	X1, Y1, Y2, Y3, Y4, X5, Y6, X7

1.5.10 Modulación de la portadora

1.5.10.1 Configuración de la modulación de la portadora

En el proceso de modulación de la portadora la señal de entrada debe ser obligatoriamente entrelazada bit por bit y mapeada por medio del esquema especificado para cada capa jerárquica (ver Figura 13) [6].

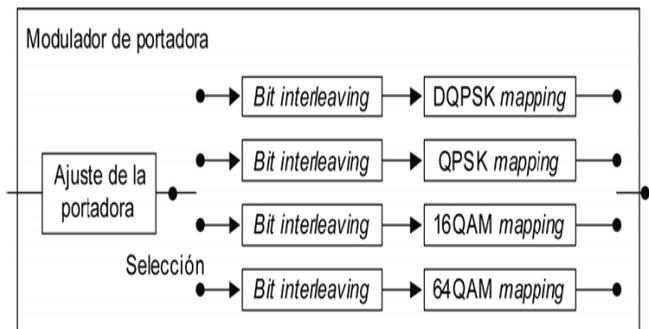


Figura 13 Configuración de la modulación de la portadora [6]

1.5.10.2 Ajuste de atraso

Los atrasos de transmisión y recepción deben ser equivalentes a 120 símbolos de portadoras y son el resultado del bit interleaving del modulador de las operadoras. El tiempo de atraso varía dependiendo del esquema de modulación de la portadora, es decir, dependiendo del número de bits comprendido en el símbolo de la portadora.

La diferencia en el tiempo de atraso se debe corregir obligatoriamente en el lado de la entrada del bit interleaving a través de la adición de un valor de ajuste de atraso de acuerdo con la Tabla 10, tal que el atraso total de transmisión y recepción sea igual a 2 símbolos OFDM.

Tabla 10 — Ajuste del valor de atraso requerido como resultado del *bit interleaving*

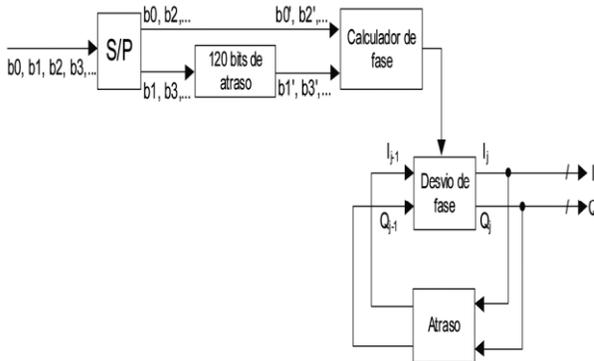
Modulación de portadora	Valor del ajuste de atraso (número de bits) ^a		
	Modo 1	Modo 2	Modo 3
DQPSK/QPSK	384 x N-240	768 x N-240	1 536 x N-240
16QAM	768 x N-480	1 536 x N-480	3 072 x N-480
64QAM	1 152 x N-720	2 304 x N-720	4 608 x N-720

^a N representa el número de segmentos usados por la capa jerárquica.

1.5.10.3 Bit interleaving y mapping

1.5.10.3.1 DQPS

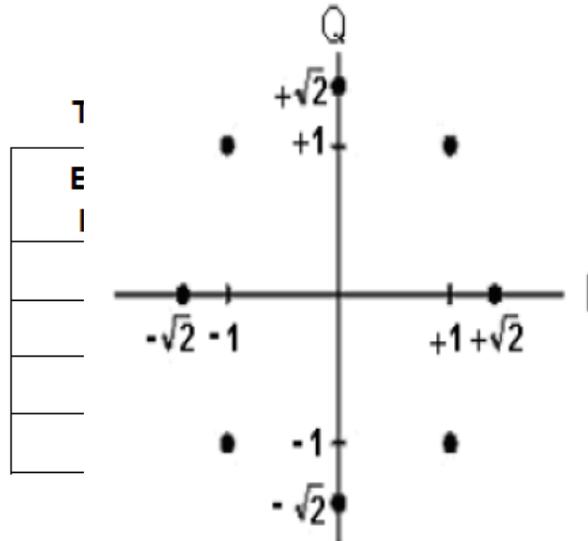
La señal de entrada debe ser 2 bits por símbolo y mapeada en DQPSK con desplazamiento en $\pi/4$ para salida de datos multibit, para ejes I y Q. Después de la conversión serie-paralelo, los 120 bits de atraso se deben insertar en la entrada del calculador de fase para bit interleaving (ver Figuras 14 y 15). El cálculo de fase se debe realizar de acuerdo con la Tabla 11 [6].



NOTA $(I_j$ y $Q_j)$ y $(I_{j-1}$ y $Q_{j-1})$ representan los símbolos de salida y el símbolo OFDM inmediatamente precedente al símbolo de salida, respectivamente.

Figura 14 Diagrama de sistema del modulador DQPSK $\pi/4$ shift [6]

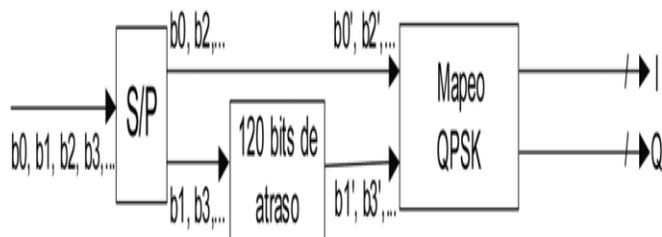
Figura 15 Constelacion DQPSK – Desplazamiento $\pi/4$ [6]



1.5.10.3.2 Mapeo QPSK

La señal de entrada debe ser 2 bits por símbolo y la salida mapeada de datos QPSK debe ser multibit, en los ejes I y Q. Para realizar el mapeo, los 120 elementos de atraso se deben insertar en la entrada del mapper para el entrelazamiento de bit (ver Figuras 16 y 17).

Figura 16 Diagrama del sistema de modulación QPSK [6]



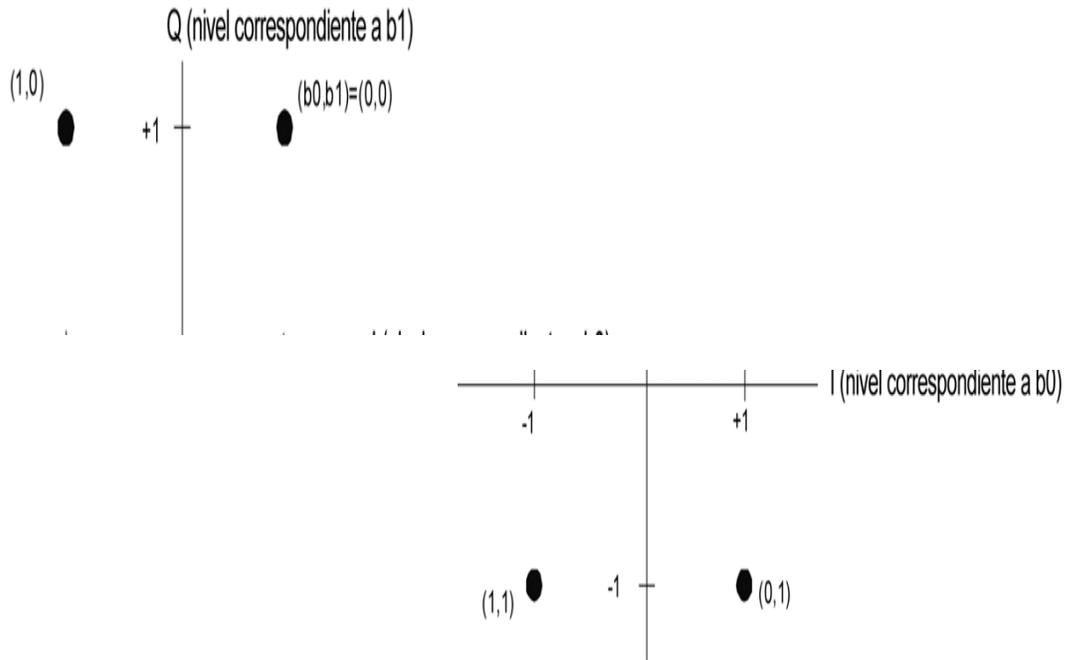


Figura 17 Constelación QPSK [6]

1.5.10.3.3 16QAM

La señal de entrada debe ser representada por 4 bits por símbolo y la salida mapeada de datos debe ser multibit en los ejes I y Q. Para realizar el mapeo, los elementos de atraso se deben insertar en la entrada b1 y b3 para *bit interleaving* (ver Figuras 18 y 19).

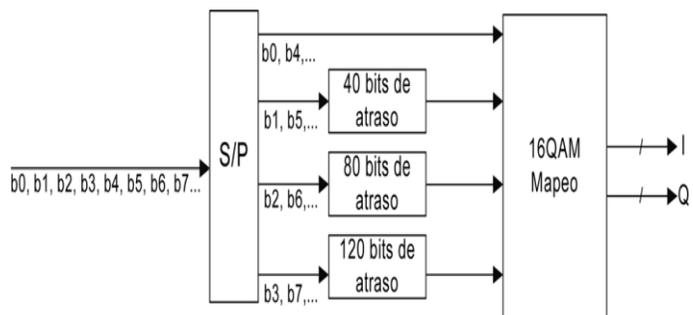


Figura 18 Diagrama del sistema de modulación 16QAM [6]

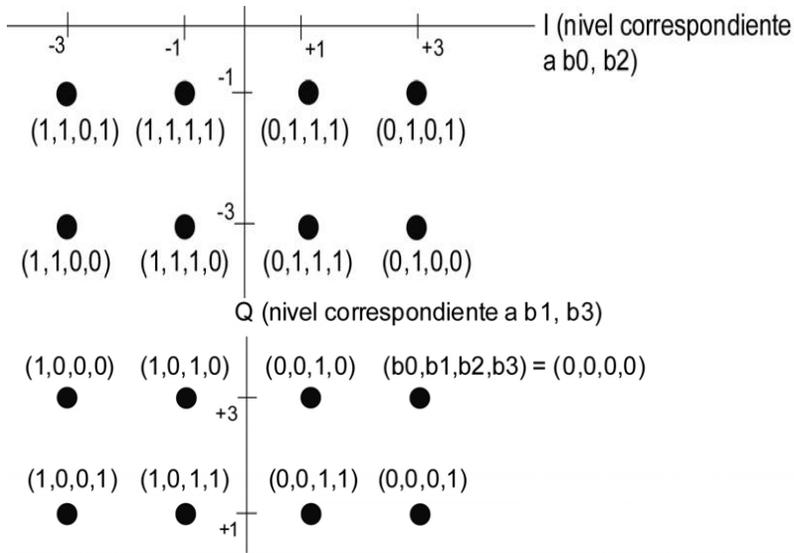


Figura 19 Constelación 16QAM [6]

1.5.10.3.4 64QAM

La señal de entrada debe ser de 6 bits por símbolo y la salida mapeada de datos debe ser multibit, en los ejes I y Q. Para realizar el mapeo, los elementos de atraso se deben insertar en la entrada b1 y b5 para entrelazamiento de bit (ver Figuras 20 y 21).

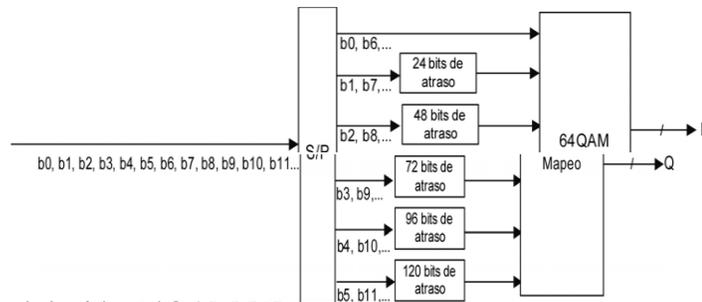


Figura 20 Diagrama del sistema de modulación 64QAM [6]

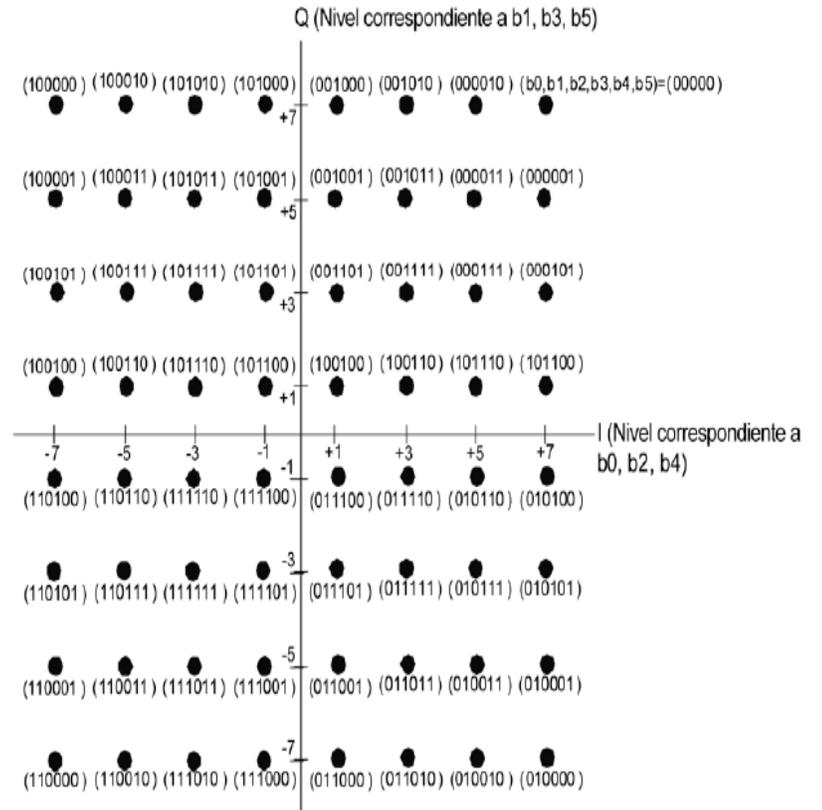


Figura 21 Constelación 64QAM [6]

CAPÍTULO II SISTEMAS MAGNUM y ARK

2.1 Introducción

Los sistemas MAGNUM y ARK tienen que ver con el concepto Dual Mode establecido por la firma Screen Service al desarrollar sistemas de transmisión, es decir, no solamente transmisores, capaces de adaptarse a las diferentes formas de realizar la migración de análogo a digital de la televisión en el mundo, sí no que Screen Service desarrolló un sistema patentado que permite, con el mismo equipo, migrar de cualquier estándar de televisión análogo, a cualquier estándar de televisión digital.

2.2 El concepto Dual Mode [5]

La firma Screen Service ha sido la interlocutora principal de muchas emisoras por todos lados del mundo, suministrando equipos para enfrentar al apagón analógico.

Diferentemente del País y de sus normas y reglamentos, el apagón puede ser conducido por:

- (i) Una infraestructura de difusión digital paralela a la actual ("Companion Channel" o "Simulcast")
- (ii) Uso de los canales actuales y cambio de modulación hacia lo digital. Este tipo de Switchover puede ser definitivo ("Flash-cut" como en Estados Unidos) o
- (iii) El compartimiento de la señal entre modulación analógica y digital. En Italia la Agencia de reglamentación en materia de Televisión ha obligado cada emisora a realizar pruebas experimentales en técnica digital. Mientras que las emisoras mayores eligieron una solución "Companion Channel" (con los costes que esto significa), las otras emisoras prefirieron operas en 'Emisión Dual Mode'. La señal es emitida en técnica digital durante las horas nocturnas, y en técnica analógica durante el día.

El concepto Dual Mode tiene en cuenta las siguientes premisas:

- El transmisor, por lo tanto, debe ser capaz de transmitir tanto en analógico (PAL / NTSC / SECAM) cuanto en digital (DVBT-T/DVB-H/ATSC/ISDB-T), sin necesidad de cambiar cualquier recorte o ajuste de equipos.
- Esto permitirá pasar sin problemas a la radiodifusión digital, en automático y sin necesidad de formación especial, ni de personal especializado en el lugar del apagón. Ni siquiera alguna operación adicional. Esto solo permite un modelo de negocio tan flexible.
- El control a distancia de la conversión desde analógico hacia el digital permite la transición durante la noche y la transición suave con el tiempo, a través de un periodo de transición dividido, alternando operaciones analógicas y digitales en diferentes horas hasta la finalización de la transición.
- El hecho de que cada transmisor es capaz de todas las funciones establecidas anteriormente simplifica todas las operaciones de mantenimiento que pueden confiar en una sola tipología de repuesto. El mismo equipo para la red analógica del día de hoy y para la red digital del futuro próximo.
- El sistema es incondicionalmente estable. También las funciones numéricas de los parámetros analógicos son digitales y seguirá siendo siempre óptimo y estable.
- No importa cómo es alimentado (a través de un receptor de satélite, una señal ASI, o un RJ45), el Dual Mode (figura 22) proporciona una perfecta modulación digital o analógica de transmisión.



Fig. 22 El concepto Dual Mode [5]

2.3 El Sistema MAGNUM

El sistema MAGNUM fue la primera solución a nivel mundial que abarcaba todas las formas de migración de la televisión analógica a la televisión digital y que permitió que un mismo tipo de transmisor pudiese ser empleado en Estados Unidos, Europa, África, América del Sur y en general en cualquier parte del mundo.

El sistema MAGNUM es en realidad una familia de transmisores definidos por software, en los cuales el hardware es siempre el mismo, pudiendo cambiar en vivo de análogo a digital en cualquier instante.



Figura 23 Formas de operar con MAGNUM [5]

Existen hasta cinco formas (fig. 23) de operar un sistema de transmisión de televisión analógico ó digital con tecnología MAGNUM:

2.3.1 Interface Gráfica

Una interface gráfica basada en java permite configurar todos los parámetros del transmisor de manera remota. El operador autorizado, previamente entrenado puede cambiar frecuencia, potencia máxima, potencia mínima, potencial nominal, condiciones de alarma. Así también, puede monitorear el estado de las alarmas de corriente y voltaje de fuente, potencia reflejada, etc. Puede reasignar los modos de operación en televisión digital (en ISDB-Tb tenemos 3 modos posibles de operación) teniendo en cuenta las opciones de transmisión: 1Seg, SD, HD. Para poder acceder remotamente al transmisor, se requiere que éste se encuentre conectado a Internet de tal forma que por medio del programa team viewer se pueda visualizar al transmisor.

2.3.2 Operador Remoto

El operador remoto tiene dos formas de acceder al transmisor: la primera mediante la interface gráfica y la segunda telefónicamente en contacto con un operador local que se encuentra físicamente con el transmisor.

Puede ocurrir que por defectos en el acceso a Internet (velocidad muy baja, caída del sistema, etc.) no se pueda controlar ó monitorear al transmisor, en ese caso, un operador local igualmente entrenado podrá realizar las operaciones que le indique el especialista de fábrica telefónicamente ó bien el jefe técnico de la estación televisora.

2.3.3 Operador en Sitio

La tecnología MAGNUM permite que el operador en sitio pueda controlar totalmente el transmisor por medio de la entrada RJ-45 que posee. Al acceder al transmisor puede monitorear y modificar la mayor parte de parámetros como son corrientes, voltajes, potencias, frecuencia, modos de operación, cambiar del modo análogo al modo digital (por ejemplo pasar de NTSC a ISDB-Tb), inclusive, tiene acceso al manual de operación y mantenimiento del transmisor.

El transmisor guardará todos los cambios que ocurran en su vida operativa de tal forma que se pueden solicitar reportes cada hora, diarios, mensuales, anuales, etc. sin problema. De hecho, toda mala operación no será procesada pero si almacenada.

2.3.4 Panel Frontal

El panel frontal permite, por medio de cursores, manipular el transmisor en todos sus parámetros, solamente que, el proceso es más lento que el que se hace a través de la entrada RJ-45. Sin embargo, es ésta la opción que se recomienda utilizar al operador de planta encargado dado que él usará de manera rutinaria solamente las principales lecturas que el monitoreo permite, no debiendo realizar cambios en la configuración.

2.3.5 Control remoto flotante

Es factible en la tecnología MAGNUM (fig 24,25,26,27,28) configurar un único control para cambiar de televisión análoga a televisión digital, esto facilita la operación para estaciones que, en el período de transición transmiten en análogo por las mañanas y tardes, cambiando a digital probablemente en horas de la madrugada.

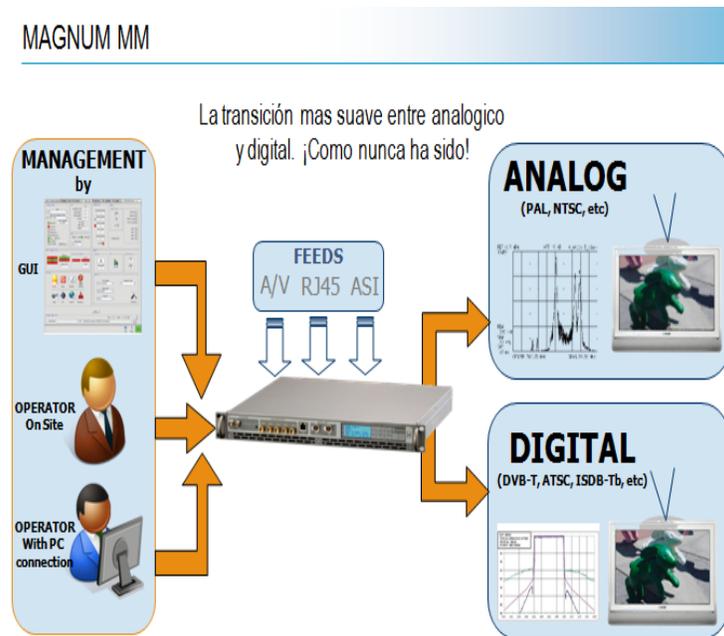


Figura 24 Migración de Análogo a Digital con MAGNUM [5]

Software Defined Transmitter: EL MAGNUM MM



1	GPS IN	Input signal from GPS Antenna. TNC female connector.
2	AUDIO IN	Left Audio Input
3	AUDIO IN	Right Audio Input
4	CVBS/R	RGB Input R or Composite Video IN
5	CVBS/G	RGB Input G or Composite Video IN
6	CVBS/B	RGB Input B or Composite Video IN
7	DIGITAL in 1	DVB Mode : ASI input PAL Mode : SDI input
8	DIGITAL in 2	DVB Mode : ASI input
9	GBE 1	TCP/IP device control connector / ASI encapsulated input/ ASI output one at a time. RJ45 connector
10	AUDIO OUT	
11	VIDEO OUT	
12	LCD Display	Monitoring display 4 x 20.
13	Push panel buttons	SIX navigation one - touch buttons.

Figura 25 Panel frontal de un Modulador MAGNUM típico [5]

Software Defined Transmitter: EL MAGNUM 201



1	GPS IN	Input signal from GPS Antenna. TNC female connector.
2	RF IN	RX Sat RF Input Signal from LNAB. F type connector, female.
3	Lock SAT	Receiver Lock Green LED.
4	Analog Video / R	RGB, Input R or Composite Video IN
5	Analog Video / G	RGB, Input G or Composite Video IN
6	Analog Video / B	RGB, Input B or Composite Video IN
7	ASI 1 N1/SMPTE 310/SDI	Digital Input
8	ASI 1 N2/SMPTE 310/SDI	Digital Input
9	TCP/IP + GBE	TCP/IP device control connector / ASI encapsulated input/ ASI output one at a time. RJ45 connector
10	Analog Audio L/Mono	Audio Input
11	Analog Audio R	Audio Input
12	LCD Display	Monitoring display 4 x 20.
13	Push panel buttons	6 navigation one - touch buttons.

Figura 26 Transmisor de Baja Potencia definido por software MAGNUM [5]



Figura 27 Interface Gráfica de Administración de un Transmisor MAGNUM [5]

Figura 28 Composición típica de un transmisor con tecnología MAGNUM [5]



2.4 El Sistema ARK

El sistema ARK es un sistema más avanzado que el MAGNUM pues es en realidad un hardware que puede funcionar como un transmisor heterodino, transpondedor regenerativo (a

nivel de RF-ASI), gap filler (con cancelador de eco automático) y como un transmisor A/D Dual Mode. La tecnología ARK permite a la fábrica ensamblar siempre un mismo hardware, con tarjetas de procesamiento de señales, todo esto administrado por software para convertir el hardware en el equipo que el cliente requiera permitiendo también que el cliente pueda luego cambiar la aplicación del equipo (por ejemplo pasar de transmisor dual mode a gap filler).

La figura 29 muestra las principales características de un equipo con tecnología ARK., las figuras 30 y 31 su descripción mecánica.

El **SDT 500UB ARK-1** es un Software Defined Transmitter. Puede funcionar en los modos siguientes:

- **HETERODYNE TRANSPOSER (Dual Mode DVB-T/H & ITU 470)**
(RF- IF - RF)
- **GAP FILLER con Cancelador de Eco Automático**
(RF1- IF – RF1)
- **RE-GENERATIVE TRANSPOSER (TRANSMISOR)**
(RF-ASI - MOD - RF)
- **TRANSMISOR**
(ASI - MOD - RF)

LAS CARÁCTERÍSTICAS PRINCIPALES del **SDT 500UB ARK-1** son:

- Entradas y Salidas completamente ágiles en todo el ancho de banda UHF
- Monitoreo de los valores del BER
- Filtrado digital con rechazo de los canales adyacentes
- Precorrección digital lineal y no lineal
- Receptor GPS embebido para manejo de precisión de la frecuencia para el SFN
- SNMP y WEB BROWSER
- Modularidad interna
- STAND-ALONE (un transmisor así mismo) o DRIVER (puede ser utilizado para componer un transmisor de mas alta potencia)
- Frecuencia de input bloqueada
- Cancelador de eco automático y digital

Figura 29 Características Principales de un Equipo con tecnología ARK [5]

Descripción mecánica

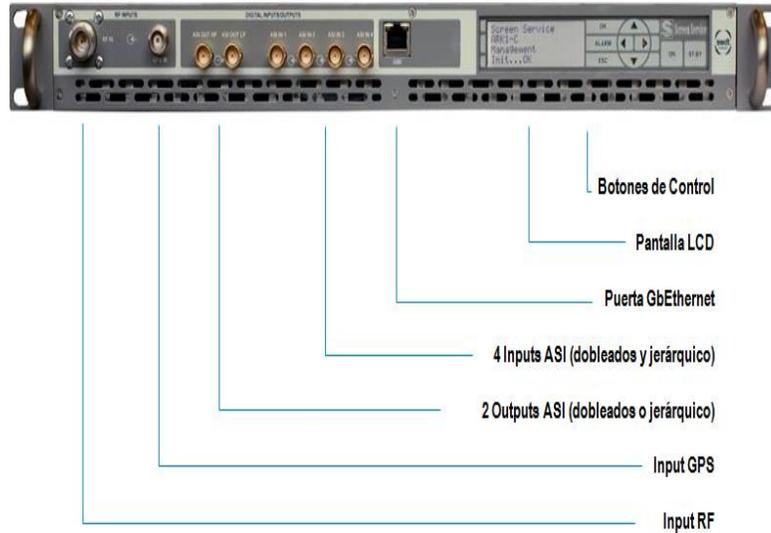
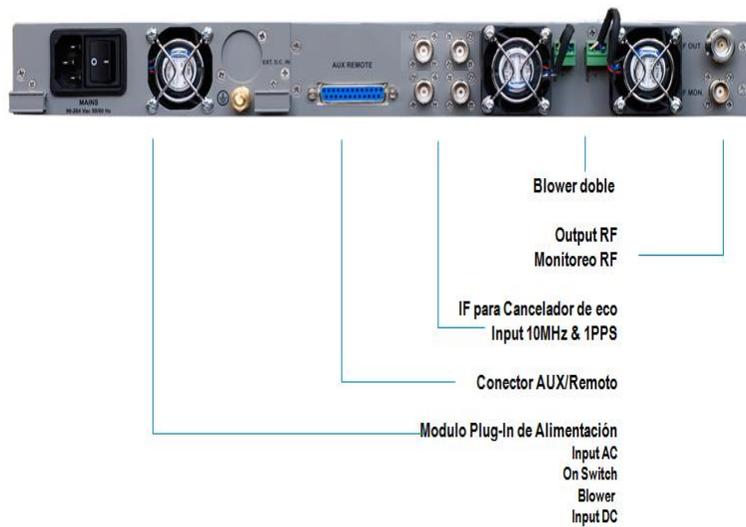


Figura 30 Descripción Mecánica de un Transmisor ARK [5]

Figura 31 Parte Posterior de un Transmisor ARK [5]

Descripción mecánica



CAPÍTULO III CÁLCULOS DE INGENIERÍA

3.1 Ubicación de la Estación Principal

Para la ciudad de Lima, es obligatorio técnicamente y por exigencia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones que, la estación principal se ubique en el C° Marcavilca figura 32 y 33.

Las coordenadas referenciales de ubicación de la estación son:

L.O. $77^{\circ} 01' 28.9''$

L.S. $12^{\circ} 11' 0.8''$

(coordenadas de la estación de IRTP)



Figura 32. Vista del C° Marcavilca

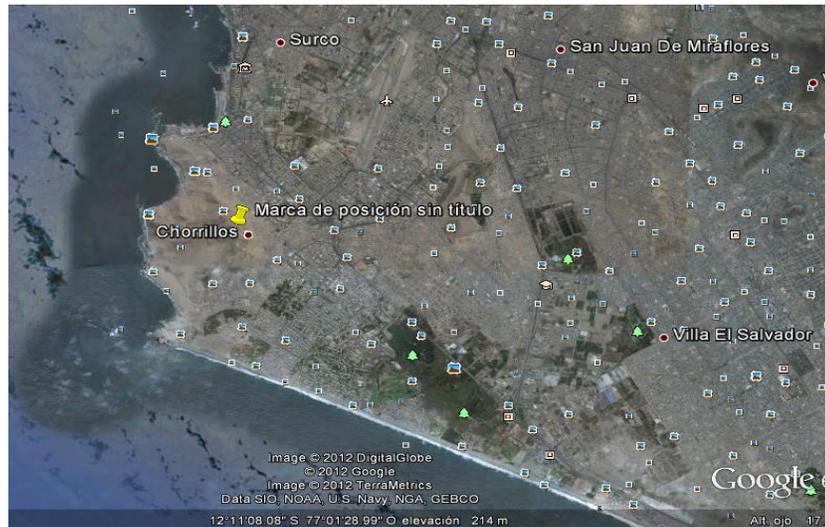


Figura 33. Vista de la posición de la Estación Principal en el C° Marcavilca

3.2 Análisis de las dificultades de cobertura

Lugares como La Molina presentan dificultades para recibir la señal transmitida desde el C° Marcavilca pues hay cerros que impiden la línea de vista, tal como se muestra en la figura 34.



Figura 34. Cerros que dificultan la recepción de la TDT en La Molina

Así mismo, hacia la zona norte, se muestra en la figura 35 y 36 la dificultad de llegada, teniéndose por tanto que pensar en el C° Shangri-la como una opción de retransmisión tal como ocurre con la señal de televisión análoga.



Figura 35. Vista del C° Shangri-la desde el C° Marcavilca

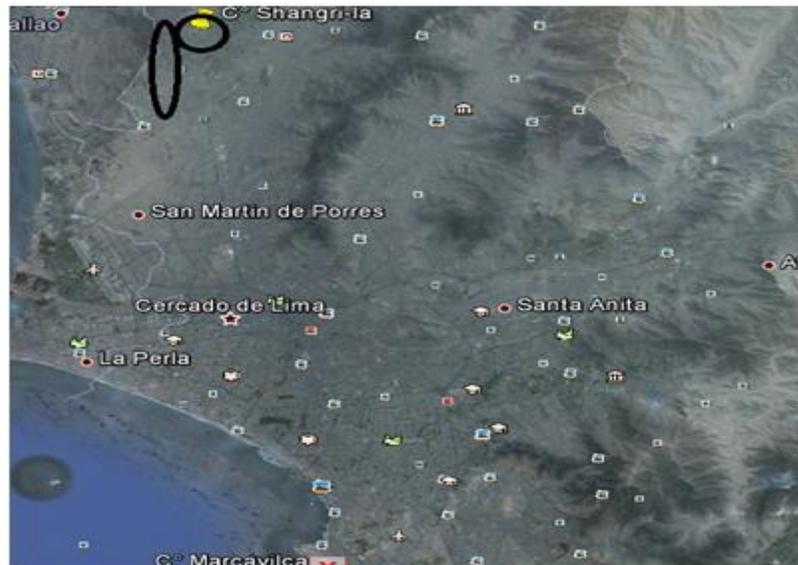


Figura 36. Cerros que obstruyen la línea de vista hacia la zona norte de Lima

3.3 Simulación de Cobertura Transmisor C° Marcavilca

Seguidamente, mediante el uso del programa Solaria – CBT realizaremos diferentes simulaciones, para algunos casos hipotéticos. Se definirá luego de éste análisis, la potencia necesaria para el transmisor que se ubicará en este punto.

3.3.1 Centro de Radiación

Las coordenadas referenciales, correspondientes a la estación de IRTP son: L.O. $77^{\circ} 01' 28.9''$, L.S. $12^{\circ} 11' 0.8''$.

Con esta información vamos al programa e ingresamos las coordenadas, obteniéndose la carta geográfica virtual sobre la cual se realizarán los cálculos figura 37.

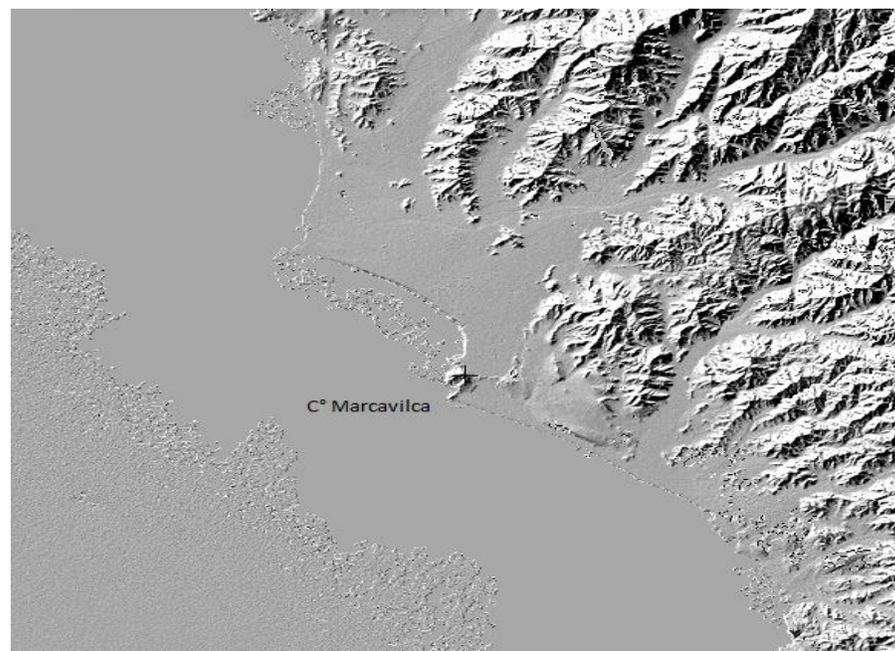


Figura 37. Centro de Radiación en el C° Marcavilca obtenido con el Solaria-CBT

Como se puede observar, la ubicación de IRTP es bastante óptima, está en un extremo del cerro que facilita la línea de vista hacia Lima, lo que no sucede con otras estaciones que se ubican más hacia el sur oeste para las cuales el mismo cerro se presenta como un obstáculo que hay que superar con torres más elevadas.

AREA DE COBERTURA

Radio Cobertura

Datos Generales

Frecuencia MHz.

Perd.Cables+Otros dB.

Altura de antena.Px m.

Factor, K

Clima

Ecuatorial

Continental subtropical

Maritimo subtropical

Desertico

Continental templado

Maritimo templado sobre el suelo

Maritimo templado sobre el mar

Datos de Antena

Potencia Tx (Watt) 64.8 dBm

Ganancia ant. Tx dBi.

Altura de antena Tx m.

Azimuth Tipo

Modo de Variabilidad

Time (Reliability) %

Confidence %

Radiodifusion General

TV Analogica, Radio FM

TV Digital, DTV

Rango azimut (°)

Minimo ° Maximo °

Unidades y Rango de Niveles de Rx

Unidades

dB dBuV dBuV/m

Rango de Niveles de Rx.

Minimo Maximo

Características electricas del suelo

Refractividad superficie (N)

Conductividad tierra (S/m)

Permitividad relativa tierra

Polarizacion y Ajuste

Vertical Horizontal Circular

Ajuste Resolución m.

Puntos de Nivel de Rx

Grafico Modo Optimo

Grafico Modo Rapido

Grafico Modo Preliminar

Rango Radial de Cobertura

Min. Km. Max. Km.

Borrar **Cerrar** **Aceptar**

Figura 38. Definición inicial del Área de Cobertura

La frecuencia elegida es la frecuencia central del canal 16 UHF de televisión y es la frecuencia que se empleará para todos los cálculos tanto a nivel de software como los cálculos teóricos. La configuración inicial se muestra en la fig 38.

Las pérdidas por cables y otros son en total las pérdidas por inserción y viene a ser la suma de la atenuación de la línea de transmisión más las pérdidas en conectores y distribuidores.

Las características eléctricas del suelo son obtenidas del mismo programa, si se tuviera información más exacta, los parámetros se pueden modificar.

El rango de exploración, por ser la simulación inicial va de 0° a 360° .

La polarización elegida es la horizontal, dado que es la polarización comúnmente empleada por las estaciones televisoras en nuestro país.

La potencia del transmisor se ha fijado en 3KW rms equivalente a 64.8 dBm

La ganancia del sistema de antena es de 17dBi, ganancia con respecto a la fuente puntual isotrópica.

La altura de antena de transmisión viene a ser la altura del centro de radiación del sistema de antena. En este caso, se trata de un sistema de antena de 12 niveles, 2 caras. La altura del centro físico se está considerando 30m.

Los resultados se muestran en la figura 39.

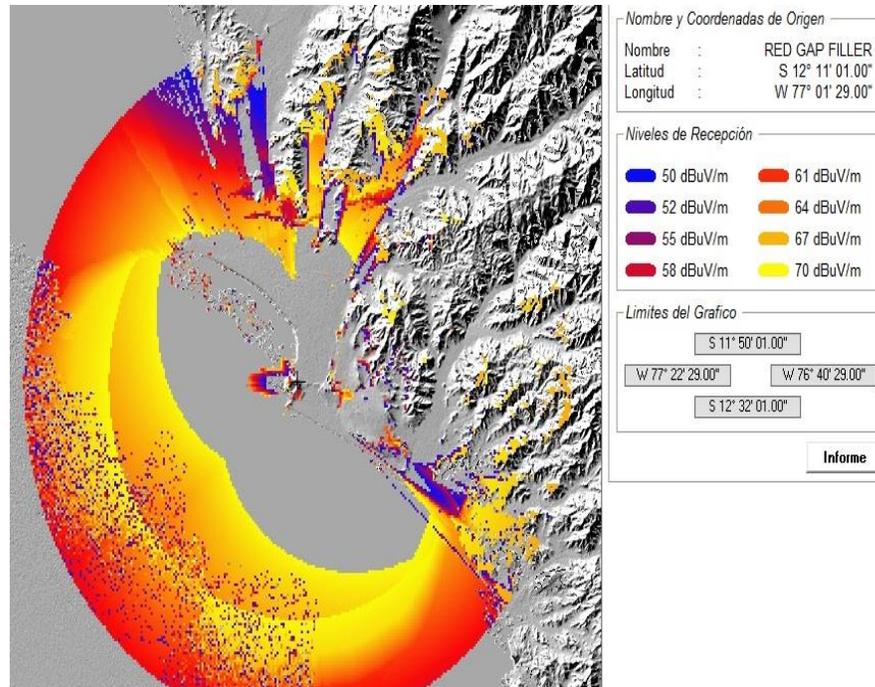


Figura 39. Gráfico del Área de Cobertura Omnidireccional

Como se puede ver en la figura 39, una cobertura omnidireccional hace que la mitad de la potencia se desperdicie en el mar. Esto será optimizado en la siguiente simulación.

La primera simulación nos genera el informe siguiente:

INFORME DEL ANALISIS DE COBERTURA

Nombre : RED GAP FILLER

Codigo : EST. PRINCIPAL

Coord. Longitud : 77° 01' 29.00" W

Coord. Latitud : 12° 11' 01.00" S

Alt. de Estacion : 263.78 m.

Datos y especificaciones técnicas

Potencia : 3000.00 Watt
Ganancia : 17.00dBi
Altura de antena Tx : 30.00 m.
Tipo de antena : Omnidireccional

Datos Generales:

Frecuencia : 485.00 MHz
Perdidas : 3.00 dB
Alt. antena Rx : 3.00 m.
Factor, K : 1.33

Rango Radial de Cobertura:

Radio Minimo : 0.00 Km.
Radio Maximo : 34.24 Km.

Rango Niveles de Recepcion :

Rango Minimo : 50.00 dBuV/m
Rango Maximo : 70.00 dBuV/m

Caracteristicas Electricas del Suelo:

Refractividad Superficie : 301.00 N-units
Conductividad Tierra : 0.01 S/m
Permitividad Relativa Tierra : 15.00

Modo de Variabilidad:

Time (Reliability) % : 90.00

Confidence % : 70.00

Rango Azimuth:

Minimo : 0.00 °

Maximo : 360.00 °

Area de Trabajo / Dimensiones:

Largo : 00° 41' 60.00"

Ancho : 00° 41' 60.00"

Clima : Ecuatorial

Polarizacion : Horizontal

Modo Grafico : Rapido

La figura 40 muestra una nueva configuración que busca optimizar al resultado de la primera simulación, el principal cambio es el rango de exploración que ha sido cambiado. El rango inicial fue del azimut 0° al azimut 360°, ahora se está limitando desde el azimut 330° al azimut 180°.

Radio Cobertura		
Datos Generales		
Frecuencia	<input type="text" value="485"/> MHz.	
Perd.Cables+Otros	<input type="text" value="3"/> dB.	
Altura de antena Rx	<input type="text" value="3"/> m.	
Factor, K	<input type="text" value="1.333"/>	
Modo de Variabilidad		
Time (Reliability) %	<input type="text" value="90"/>	
Confidence %	<input type="text" value="70"/>	
<input type="radio"/> Radiodifusion General <input type="radio"/> TV Analogica, Radio FM <input checked="" type="radio"/> TV Digital, DTV		
Caracteristicas electricas del suelo		
Refractividad superficie (N)	<input type="text" value="301"/>	
Conductividad tierra (S/m)	<input type="text" value="0.005"/>	
Permitividad relativa tierra	<input type="text" value="15"/>	
Clima		
<input checked="" type="radio"/> Ecuatorial <input type="radio"/> Continental subtropical <input type="radio"/> Maritimo subtropical <input type="radio"/> Desertico <input type="radio"/> Continental temperado <input type="radio"/> Maritimo temperado sobre el suelo <input type="radio"/> Maritimo temperado sobre el mar		
Datos de Antena		
Potencia Tx (Watt)	<input type="text" value="3000"/> 64.8 dBm	
Ganancia ant. Tx	<input type="text" value="17"/> dBi.	
Altura de antena Tx	<input type="text" value="30"/> m.	
Azimuth	<input type="text" value="0"/>	Tipo <input type="text" value="Omnidirecci"/>
Rango azimuth (*)		
Minimo	<input type="text" value="330"/>	Maximo <input type="text" value="180"/>
Polarizacion y Ajuste		
<input type="radio"/> Vertical <input checked="" type="radio"/> Horizontal <input type="radio"/> Circular Ajuste <input type="text" value="0"/> Resolución <input type="text" value="90"/> m.		
Rango Radial de Cobertura		
Min.	<input type="text" value="3.80"/> Km.	Max. <input type="text" value="34.24"/> Km.
Unidades y Rango de Niveles de Rx		
Unidades		
<input type="radio"/> dB <input type="radio"/> dBuV <input checked="" type="radio"/> dBuV/m		
Rango de Niveles de Rx		
Minimo	<input type="text" value="50"/>	Maximo <input type="text" value="70"/>
Puntos de Nivel de Rx		
<input type="radio"/> Grafico Modo Optimo <input checked="" type="radio"/> Grafico Modo Rapido <input type="radio"/> Grafico Modo Preliminar		
<input type="button" value="Borrar"/> <input type="button" value="Cerrar"/> <input type="button" value="Aceptar"/>		

Figura 40. Configuración Optimizada para Cálculo de Área de Cobertura

La figura 41 muestra una cobertura mejor direccionada, con una exploración que va del azimut 330 hasta el azimut 180, de todas maneras se observa fácilmente que hay un desperdicio de potencia entre el azimut 130° y el azimut 180°.

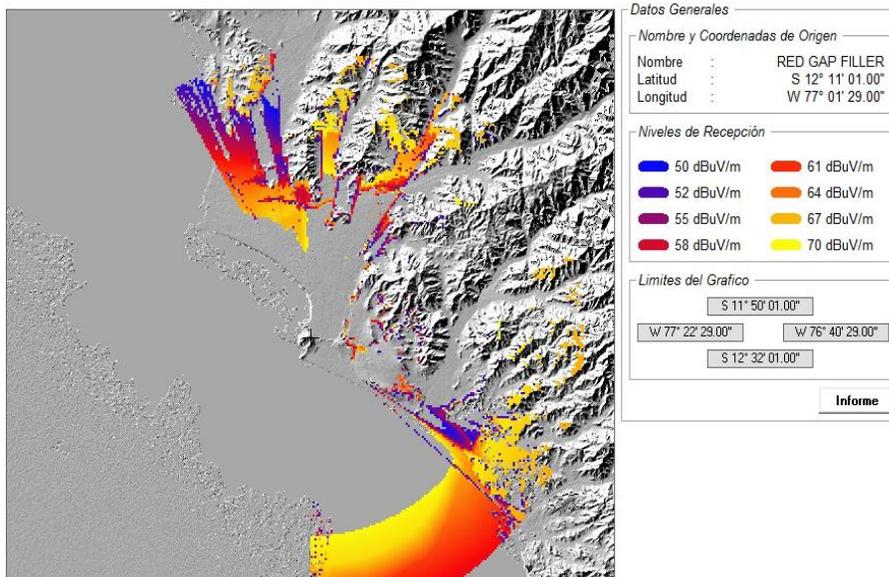


Figura 41. Gráfico del Área de Cobertura con rango de 330 a 180 de Azimut

Finalmente, elegimos el rango acimutal que va de 330° 130° de tal forma de optimizar la radiación hacia las zonas donde se ubica la población. También se ha cambiado la alternativa de radiación, pasándose de un sistema de antena omnidireccional a uno del tipo cardioide.

La configuración se muestra en la figura 42.

AREA DE COBERTURA

Radio Cobertura

Datos Generales

Frecuencia MHz.

Perd.Cables+Otros dB.

Altura de antena Rx m.

Factor, K

Clima

Ecuatorial

Continental subtropical

Maritimo subtropical

Desertico

Continental temperado

Maritimo temperado sobre el suelo

Maritimo temperado sobre el mar

Datos de Antena

Potencia Tx (Watt) 64.8 dBm

Ganancia ant. Tx dBi.

Altura de antena Tx m.

Azimuth Tipo

Coordenadas de Origen

RED GAP FILLER

S 12° 11' 01.00"

W 77° 01' 29.00"

Modo de Variabilidad

Time (Reliability) %

Confidence %

Radiodifusion General

TV Analogica, Radio FM

TV Digital, DTV

Rango azimuth (°)

Minimo * Maximo *

Unidades y Rango de Niveles de Rx

Unidades dB dBuV dBuV/m

Rango de Niveles de Rx:

Minimo Maximo

Niveles de Cobertura

61 dBuV/m

64 dBuV/m

67 dBuV/m

70 dBuV/m

Características electricas del suelo

Refractividad superficie (N)

Conductividad tierra (S/m)

Permitividad relativa tierra

Polarizacion y Ajuste

Vertical Horizontal Circular

Ajuste Resolución m.

Puntos de Nivel de Rx

Grafico Modo Optimo

Grafico Modo Rapido

Grafico Modo Preliminar

Coordenadas de Puntos de Nivel

S

W

S

W

Rango Radial de Cobertura

Min. Km. Max. Km.

Figura 42. Configuración optimizada para Área de Cobertura

Los resultados gráficos luego de ingresar los datos de la figura 42, se muestran en la figura 43.

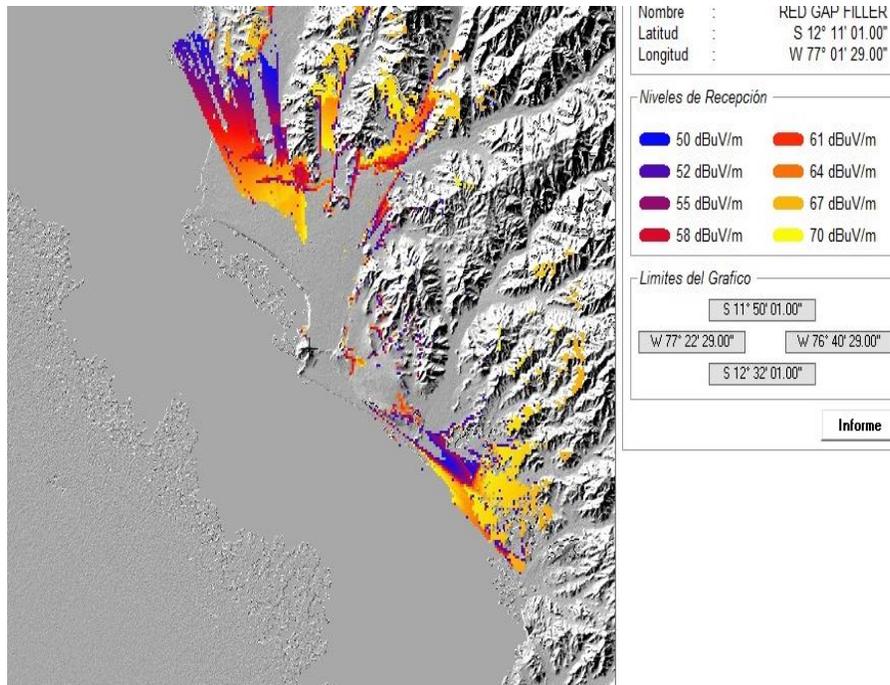


Figura 43. Área de Cobertura optimizada para la ciudad de Lima
El Informe relacionado con la figura 43 se muestra a continuación:

INFORME DEL ANALISIS DE COBERTURA

Nombre : RED GAP FILLER
Código : MARCAVILCA 3
Coord. Longitud : 77° 01' 29.00" W
Coord. Latitud : 12° 11' 01.00" S
Alt. de Estación : 263.78 m.

Datos y especificaciones técnicas

info1

Antena

Potencia : 3000.00 Watt

Ganancia : 17.00dBi

Altura de antena Tx : 30.00 m.

Tipo de antena : Omnidireccional

Datos Generales

Frecuencia : 485.00 MHz

Perdidas : 3.00 dB

Alt. antena Rx : 3.00 m.

Factor, K : 1.33

Rango Radial de Cobertura

Radio Minimo : 0.00 Km.

Radio Maximo : 34.24 Km.

Rango Niveles de Recepcion

Rango Minimo : 50.00 dBuV/m

Rango Maximo : 70.00 dBuV/m

Características Eléctricas del Suelo

Refractividad Superficie : 301.00 N-units

Conductividad Tierra : 0.01 S/m

Permitividad Relativa Tierra : 15.00

Modo de Variabilidad

Time (Reliability) % : 90.00

Confidence % : 70.00

Rango Azimuth

Mínimo : 330.00 °

Máximo : 130.00 °

Área de Trabajo / Dimensiones

Largo : 00° 41' 60.00"

Ancho : 00° 41' 60.00"

Clima : Ecuatorial

Polarización : Horizontal

Modo Grafico : Rápido

3.3.2 Zonas de Ubicación de Gap Fillers

Se va a determinar ahora, la zona de ubicación de los Gap Filler que permitirán completar la cobertura de televisión digital para la ciudad de Lima incluyendo todos sus distritos. Primeramente se analiza el caso de La Molina. Según se puede observar en la figura 44 y 45, en la dirección azimutal 54°, a una distancia de 16.17 Km, se ubica el cerro desde el cual se puede prestar el servicio a la zona de La Molina.

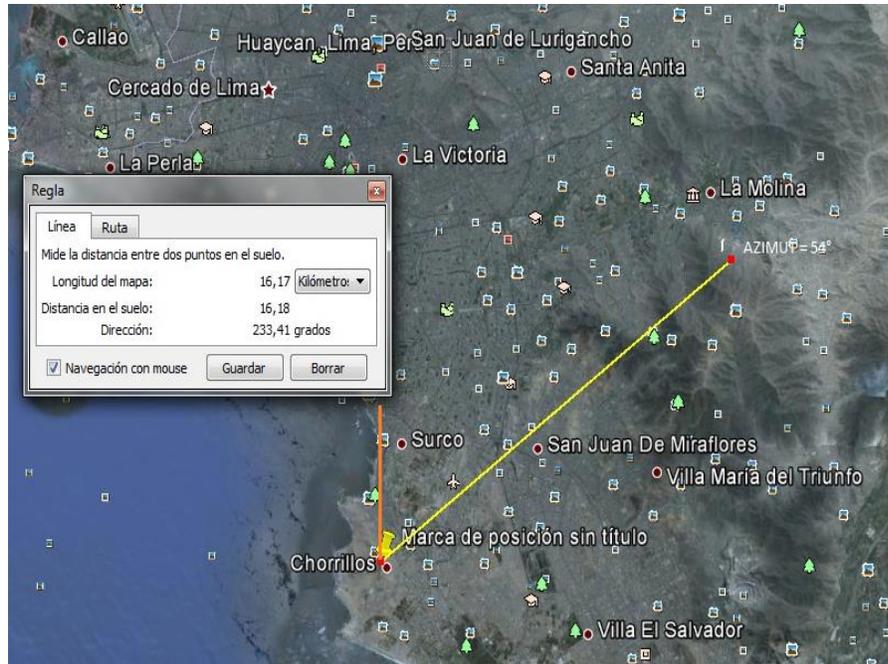
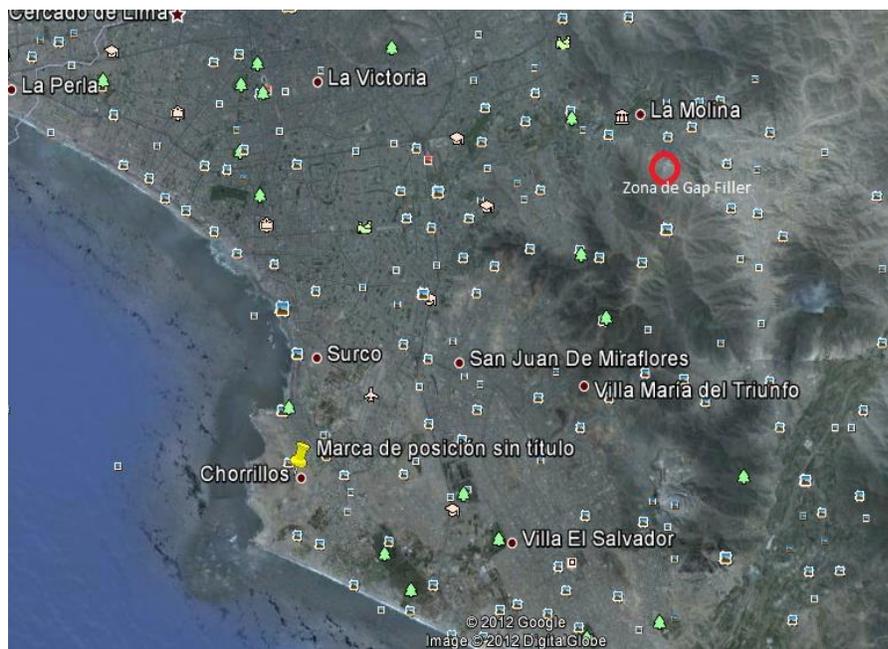


Figura 44. Línea de Vista hacia La Molina



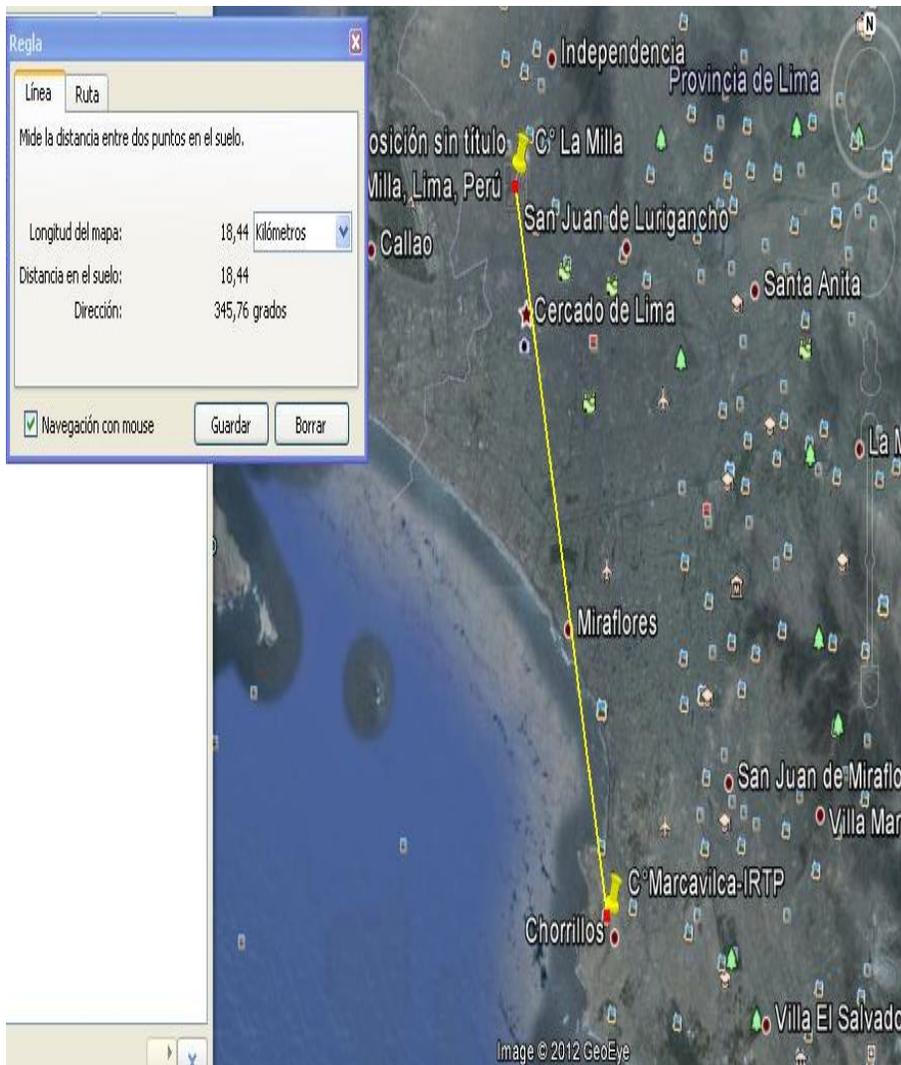


Figura 45. Ubicación gráfica del Gap Filler para Servicio a La Molina

En la figura 46 se observa la línea de vista hacia el C° La Milla desde el cual se brindará servicio a la zona de Condevilla y alrededores pues es éste mismo cerro el que impide la visibilidad hacia la zona mencionada. La distancia del C° La Milla hacia la ubicación de la planta transmisora en el C° Marcavilca es, según se observa, de 18.44Km. La dirección acimutal es 345.76°.

Figura 46 Línea de Vista hacia el C° La Milla

La figura 47 muestra la línea de vista desde el C° Marcavilca hacia el C° Shangri-La. La dirección azimutal es 350° y la distancia entre los cerros es 32.24Km.

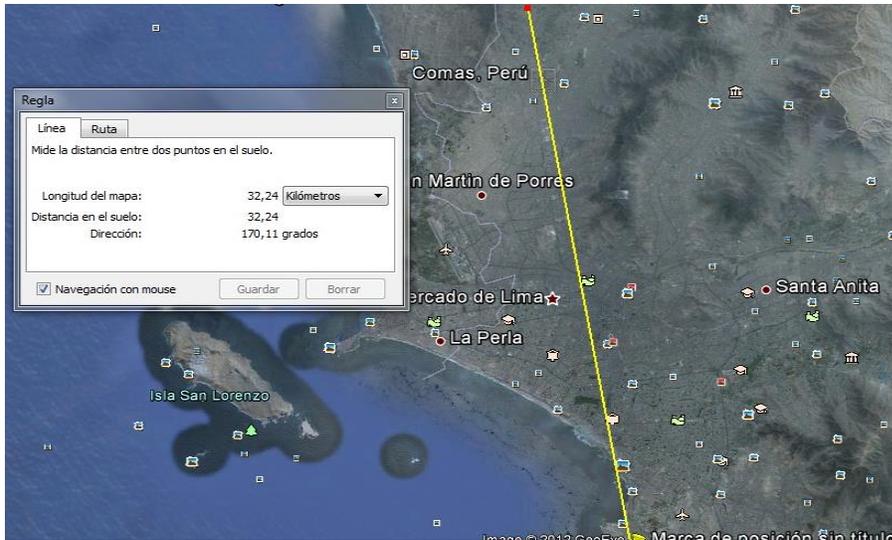


Figura 47. Línea de Vista hacia el C° Shangri-La

3.3.3 Verificación de Líneas de Vista hacia cada cerro

a. C° La Molina

La figura 48 muestra el trazo desde el C° Marcavilca hasta el C° La Molina desde donde se brindará el servicio a La Molina por medio de un Gap Filler

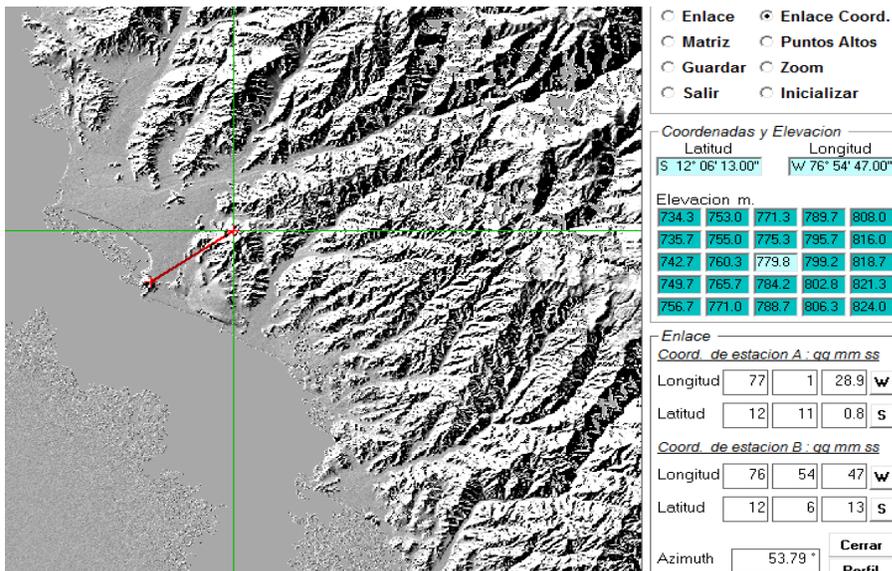
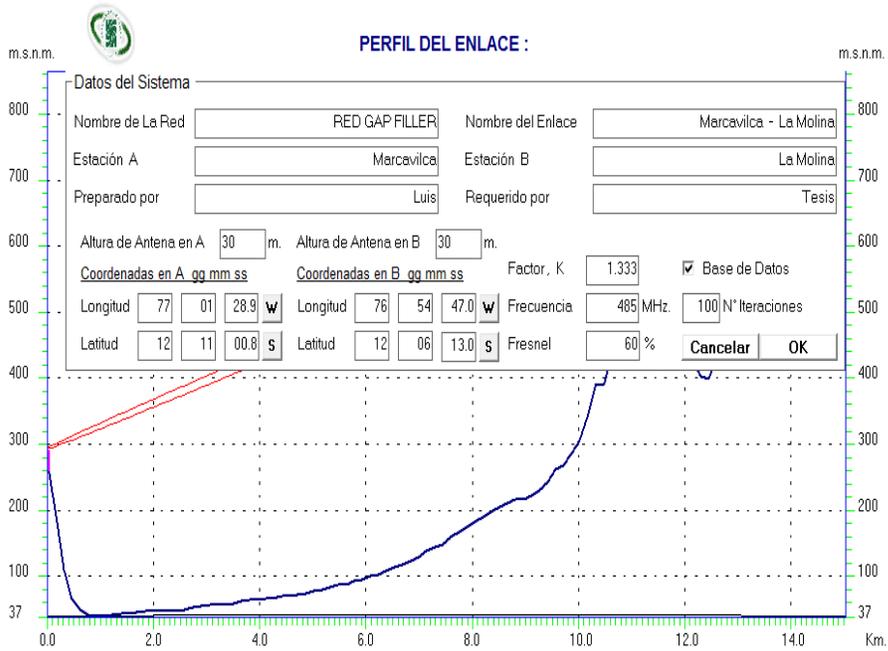


Figura 48. Trazo de la Línea C° Marcavilca – La Molina

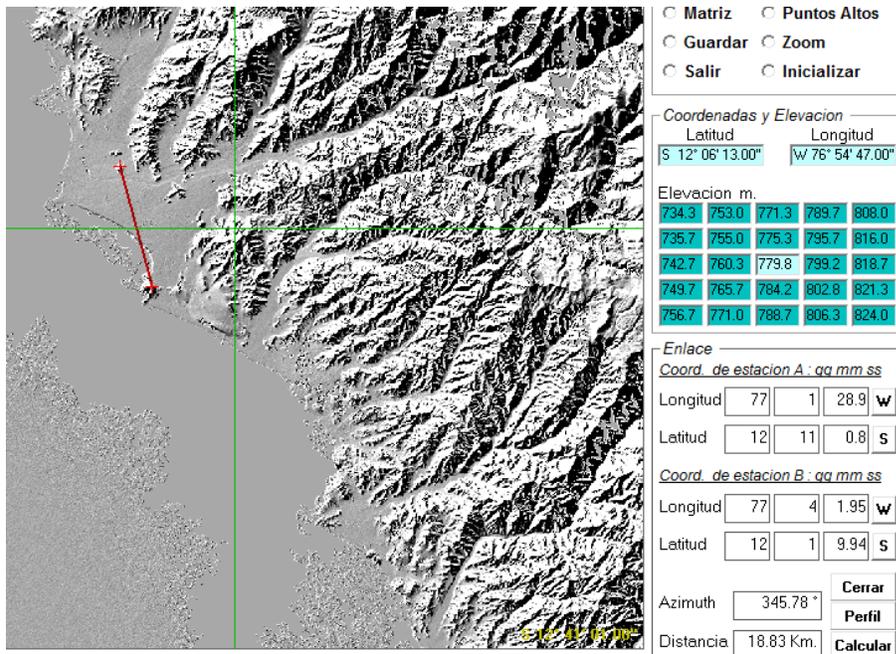


La figura 49 y 50 permite mostrar el ingreso de datos específicos de frecuencia de trabajo, antes de calcular el perfil propiamente dicho.

Figura 49. Ingreso de información de Frecuencia de Trabajo

Figura 50. Perfil del Enlace Marcavilca – La Molina

b. C° Shangri-La



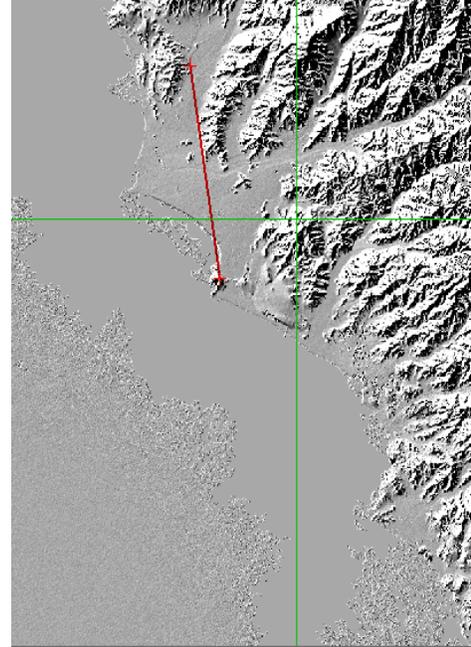
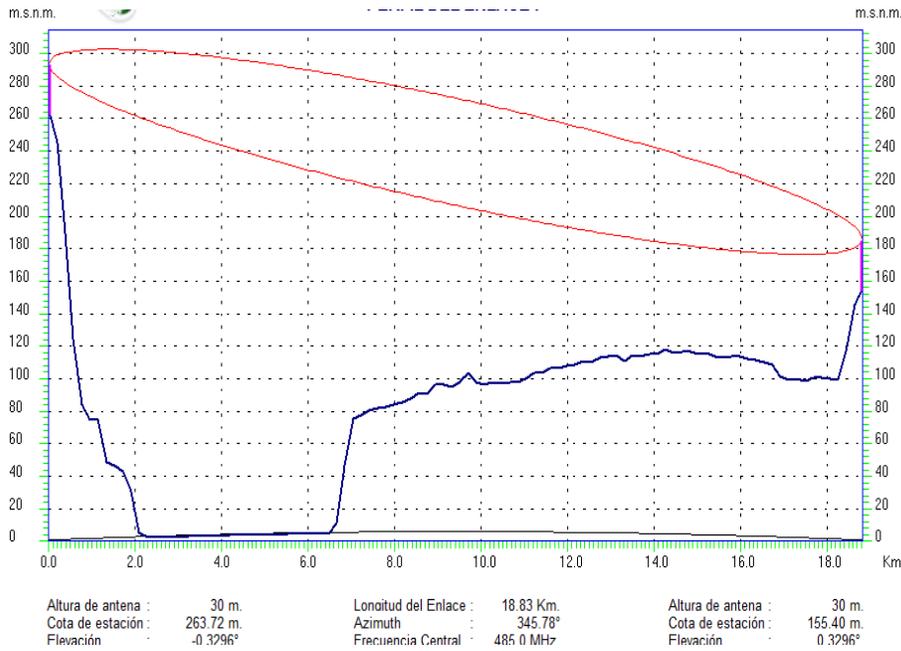
Marcavilca		La Molina	
Altura de antena :	30 m.	Altura de antena :	30 m.
Cota de estación :	263.72 m.	Cota de estación :	779.78 m.
Elevación :	1.9648°	Elevación :	-1.9648°
Coord. Longitud :	W 77° 01' 28.9"	Coord. Longitud :	W 76° 54' 47.0"
Coord. Latitud :	S 12° 11' 0.8"	Coord. Latitud :	S 12° 06' 13.0"
Preparado por :	Luis	Requerido por :	Tesis
Longitud del Enlace :	15.04 Km.		
Azimuth :	53.79°		
Frecuencia Central :	485.0 MHz.		
Factor. K :	1.333		
Fresnel :	60.0 %		
Punto de reflexión :	▲		

La figura 51 muestra el trazo desde el C° Marcavilca hacia el C° La Milla

Figura 51. Trazo C° Marcavilca – C° La Milla

La figura 52 muestra la existencia de línea de vista desde el C° Marcavilca hacia el C° La Milla.

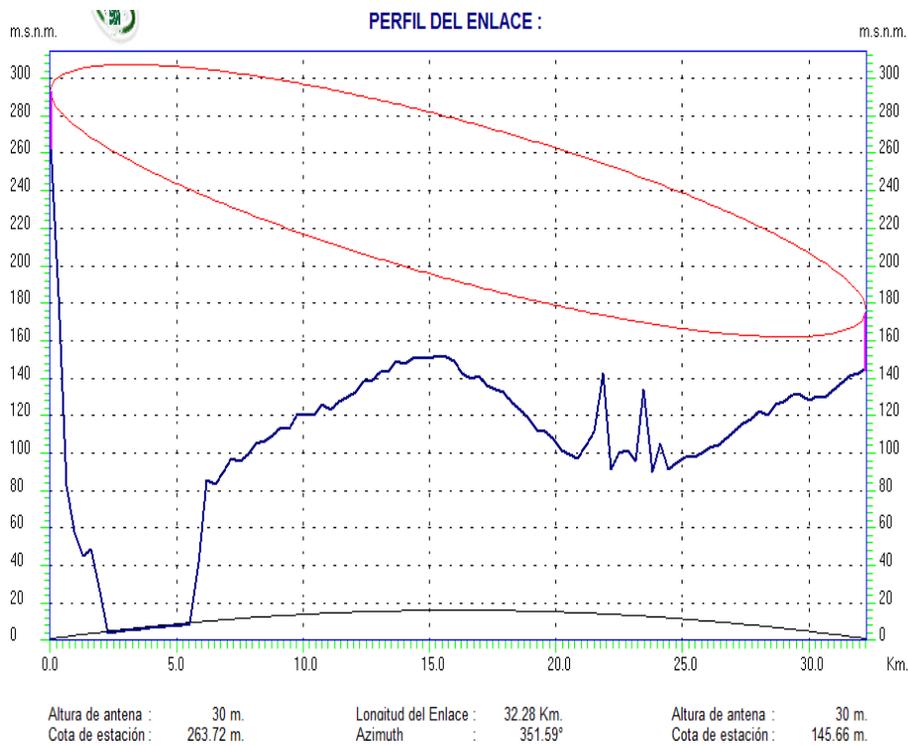
Figura 52. Línea de Vista C° Marcavilca – C° La Milla



La figura 53 muestra el trazo C° Marcavilca – C° Shangri-La

Figura 53. Trazo C° Marcavilca – C° Shangri-La

La Figura 54 muestra la existencia de línea de vista entre el C° Marcavilca y el C° Shangri-La.



La simulación está establecida para la frecuencia de 485 MHz. Se puede confirmar que el azimut real es 351.59° y que la distancia del enlace es 32.28 Km

Figura 54. Perfil C° Marcavilca – C° Shangri-La

3.3.4 Intensidad de Campo en cada cerro para Gap Filler

La figura 55 muestra la configuración inicial con el programa Solaria-CBT. Se han ingresado las coordenadas del C° Macavilca como punto de transmisión y se ha dimensionado la carta geográfica virtual de tal forma de contener a los tres puntos bajo análisis

Datos del Punto de Origen

Nombre

Nombre

Codigo

Coordenadas de Origen : gg mm ss

Longitud **W**

Latitud **S**

Dimensiones

Eje X * Eje Y *

Eje X Km. Eje Y Km.

Cerrar **Borrar** **Aceptar**

Figura 55. Pantalla de Ingreso de Coordenadas a Solaria-CBT

Radio Cobertura

Datos Generales

Frecuencia MHz.

Perd.Cables+Otros dB.

Altura de antena Rx m.

Factor, K

Modo de Variabilidad

Time (Reliability) %

Confidence %

Radiodifusion General

TV Analogica, Radio FM

TV Digital, DTV

Caracteristicas electricas del suelo

Refractividad superficie (N)

Conductividad tierra (S/m)

Permitividad relativa tierra

Clima

Ecuatorial

Continental subtropical

Maritimo subtropical

Desertico

Continental temperado

Maritimo temperado sobre el suelo

Maritimo temperado sobre el mar

Rango azimut (*)

Minimo * Maximo *

Polarizacion y Ajuste

Vertical Horizontal Circular

Ajuste Resolucion m.

Rango Radial de Cobertura

Min. Km. Max. Km.

Datos de Antena

Potencia Tx (Watt) 64.8 dBm

Ganancia ant. Tx dBi.

Altura de antena Tx m.

Azimuth Tipo

Unidades y Rango de Niveles de Rx

Unidades

dB dBuV dBuV/m

Rango de Niveles de Rx

Minimo Maximo

Puntos de Nivel de Rx

Grafico Modo Optimo

Grafico Modo Rapido

Grafico Modo Preliminar

Borrar **Cerrar** **Aceptar**

La figura 56 muestra los

datos que se han ingresado al Solaria-CBT como son: Frecuencia, Altura de Antena de Transmisión, Altura de antena de Recepción, Potencia del Transmisor, Pérdidas de Inserción, Ganancia de Antenas, Polarización, Rango Azimutal, etc.

Figura 56. Ingreso de datos específicos para la simulación con Solaria-CBT

La figura 57 muestra los resultados de intensidad de campo para el C° La Molina, se puede observar en la parte inferior del gráfico que el nivel de intensidad de campo eléctrico es 29.53dBuV/m.

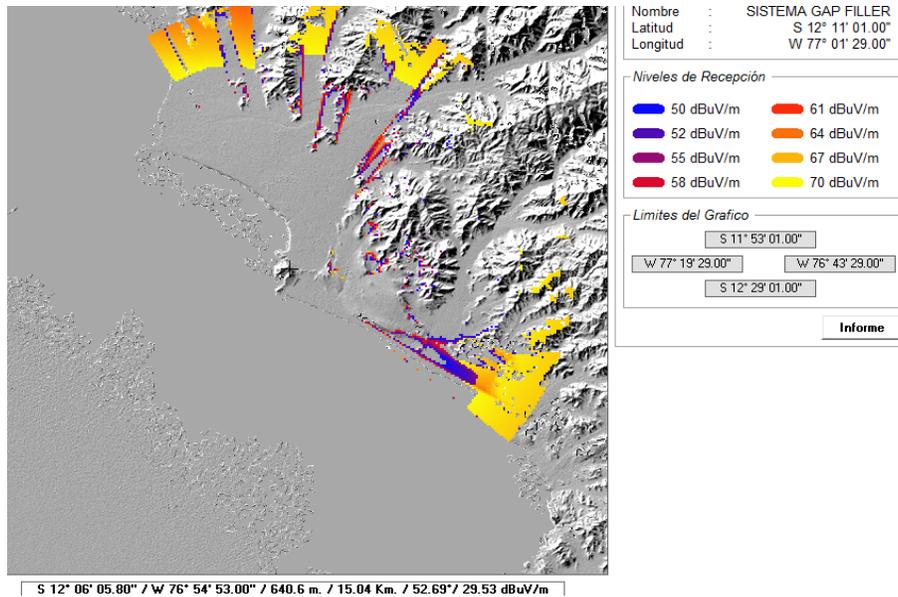
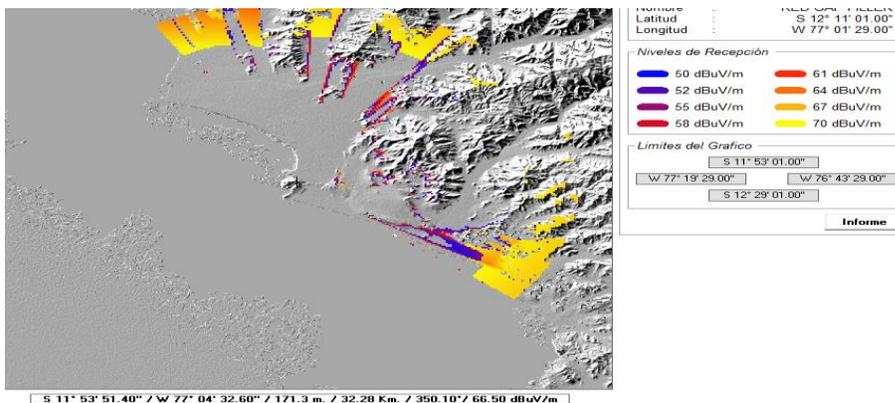


Figura 57. Intensidad de Campo Eléctrico en C° La Molina

La figura 58 muestra los resultados de intensidad de campo para el C° Shangri-La, se puede observar en la parte inferior del gráfico que el nivel de intensidad de campo eléctrico es 66.5dBuV/m.

Figura 58. Intensidad de Campo Eléctrico en C° Shangri-La



La figura 59 muestra los resultados de intensidad de campo para el C° La Milla, se puede observar en la parte inferior del gráfico que el nivel de intensidad de campo eléctrico es 72.1dBuV/m.

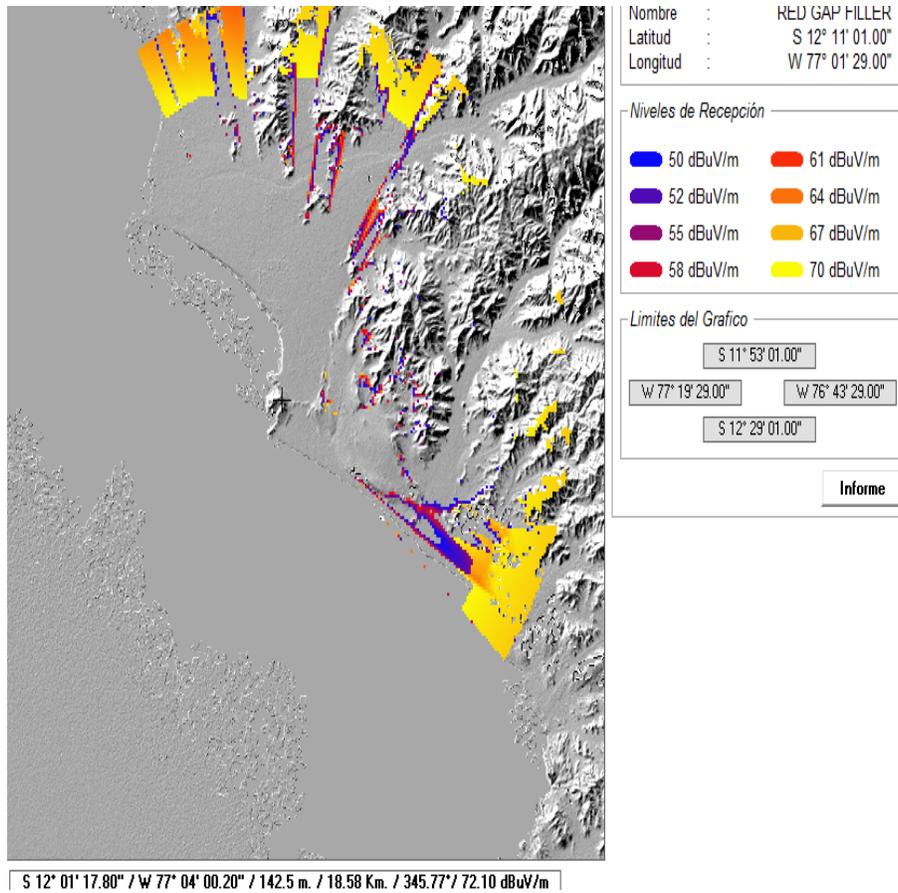


Figura 59. Intensidad de Campo Eléctrico en C° La Milla

Las figuras siguientes: 60, 61 y 62 muestran respectivamente los valores de potencia recibida en cada cerro donde se instalarán Gap Fillers.

Teniendo en cuenta que, según el Manual del Gap Filler disponible, el nivel mínimo de recepción es -81dB tenemos, en el C° La Molina -57.28dB, en el C° Shangri-La

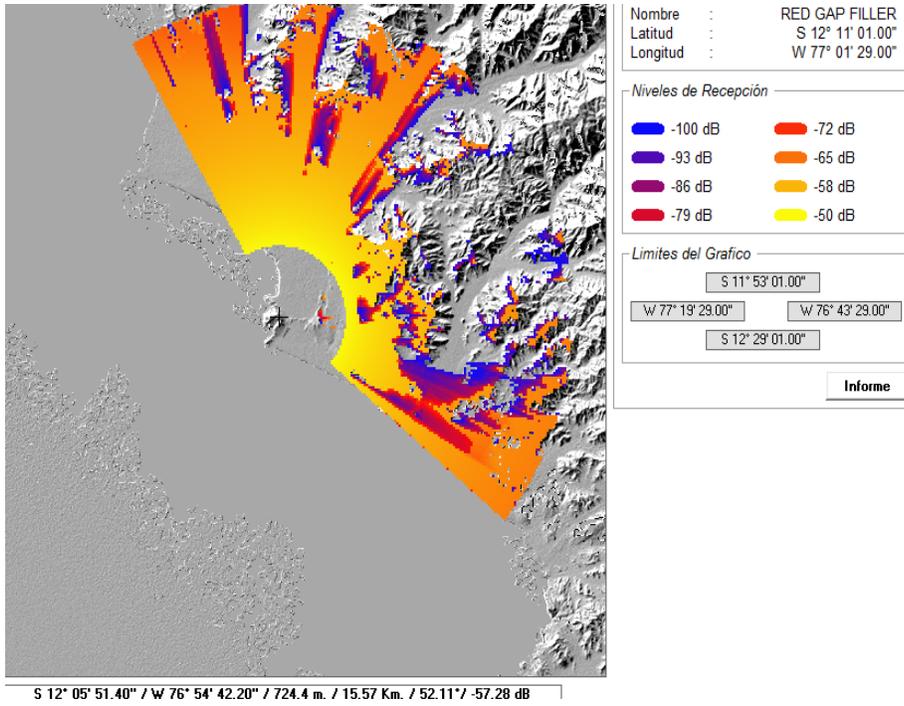


Figura 60. Nivel de Potencia Recibida en C° La Molina

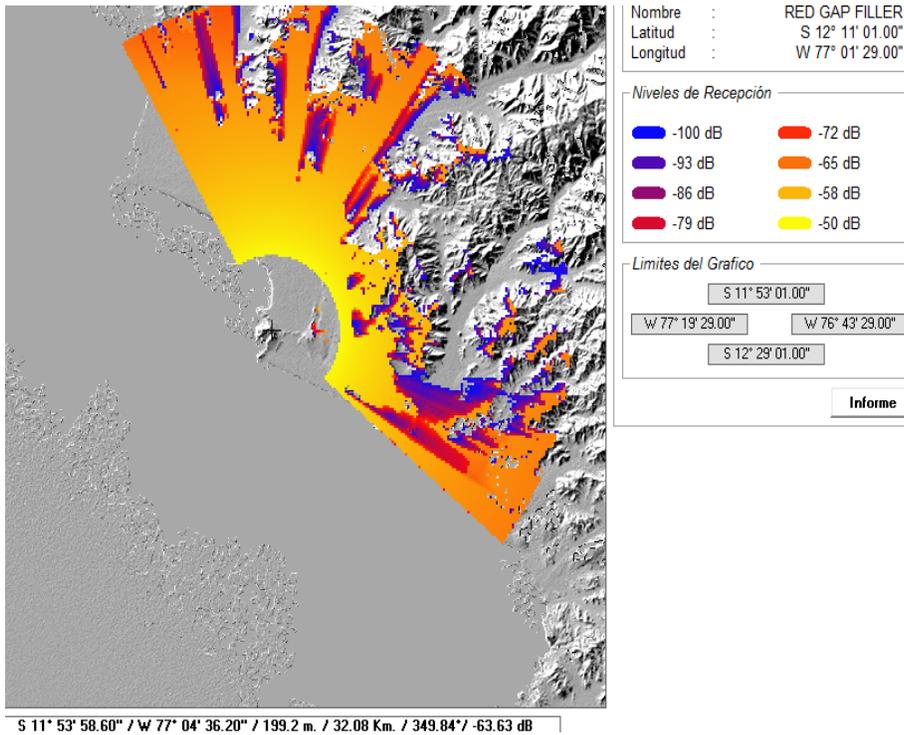


Figura 61. Nivel de Potencia Recibida en C° Shangri-La

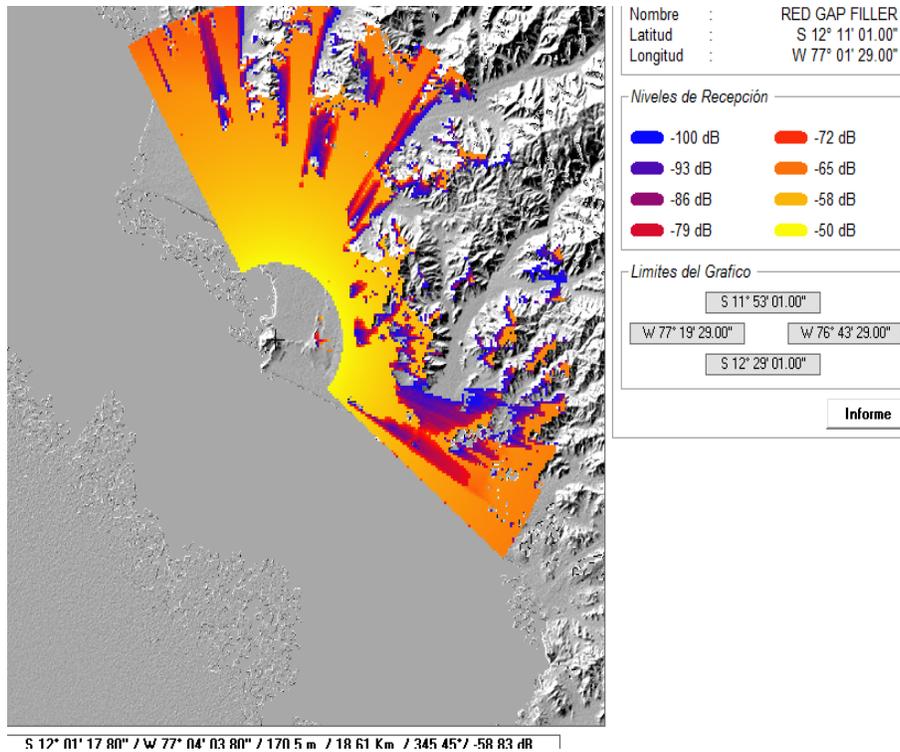


Figura 62. Nivel de Potencia Recibida en C° La Milla

La siguiente tabla muestra los valores de potencia de recepción para una distancia constante de 18Km que demuestra que los niveles de recepción son muy bajos en la zona de La Molina.

INFORME RADIO Y AZIMUTH VS. POT. RECEPCION.

Nombre : RED GAP FILLER

Codigo : TL

Coord. Longitud : W 77° 01' 29.00"

Coord. Latitud : S 12° 11' 01.00"

Alt. de Estacion : 263.78 m.

Radio : 18.00 Km.

N°Latitud	Longitud	Azimuth	Pot. Rx
001	S 12° 01' 18.24"	W 77° 01' 29.00"	000° -058.53 dB
002	S 12° 01' 20.46"	W 77° 00' 37.07"	005° -058.53 dB

003	S 12° 01' 27.09"	W 76° 59' 45.53"	010°	-058.53 dB
004	S 12° 01' 38.09"	W 76° 58' 54.78"	015°	-086.87 dB
005	S 12° 01' 53.36"	W 76° 58' 05.21"	020°	-058.53 dB
006	S 12° 02' 12.81"	W 76° 57' 17.18"	025°	-058.53 dB
007	S 12° 02' 36.27"	W 76° 56' 31.06"	030°	-058.53 dB
008	S 12° 03' 03.57"	W 76° 55' 47.21"	035°	-087.38 dB
009	S 12° 03' 34.51"	W 76° 55' 05.96"	040°	-088.07 dB
010	S 12° 04' 08.84"	W 76° 54' 27.61"	045°	-109.22 dB
011	S 12° 04' 46.31"	W 76° 53' 52.47"	050°	-114.04 dB
012	S 12° 05' 26.62"	W 76° 53' 20.80"	055°	-129.24 dB
013	S 12° 06' 09.49"	W 76° 52' 52.84"	060°	-138.26 dB
014	S 12° 06' 54.57"	W 76° 52' 28.81"	065°	-134.24 dB
015	S 12° 07' 41.53"	W 76° 52' 08.88"	070°	-127.79 dB
016	S 12° 08' 30.01"	W 76° 51' 53.22"	075°	-103.00 dB
017	S 12° 09' 19.63"	W 76° 51' 41.93"	080°	-109.79 dB
018	S 12° 10' 10.03"	W 76° 51' 35.11"	085°	-125.61 dB
019	S 12° 11' 00.92"	W 76° 51' 32.81"	090°	-114.66 dB
020	S 12° 11' 51.72"	W 76° 51' 35.06"	095°	-111.39 dB
021	S 12° 12' 42.12"	W 76° 51' 41.82"	100°	-116.52 dB
022	S 12° 13' 31.76"	W 76° 51' 53.06"	105°	-105.23 dB
023	S 12° 14' 20.25"	W 76° 52' 08.68"	110°	-087.79 dB
024	S 12° 15' 07.23"	W 76° 52' 28.57"	115°	-083.37 dB
025	S 12° 15' 52.33"	W 76° 52' 52.58"	120°	-074.66 dB
026	S 12° 16' 35.22"	W 76° 53' 20.52"	125°	-071.59 dB

027	S 12° 17' 15.56"	W 76° 53' 52.18"	130°	-067.68 dB
028	S 12° 17' 53.06"	W 76° 54' 27.32"	135°	-058.53 dB
029	S 12° 18' 27.41"	W 76° 55' 05.68"	140°	-058.53 dB
030	S 12° 18' 58.37"	W 76° 55' 46.95"	145°	-058.53 dB
031	S 12° 19' 25.69"	W 76° 56' 30.84"	150°	-058.53 dB
032	S 12° 19' 49.17"	W 76° 57' 16.99"	155°	-058.53 dB
033	S 12° 20' 08.63"	W 76° 58' 05.07"	160°	-058.53 dB
034	S 12° 20' 23.92"	W 76° 58' 54.70"	165°	-058.53 dB
035	S 12° 20' 34.92"	W 76° 59' 45.51"	170°	-058.53 dB
036	S 12° 20' 41.55"	W 77° 00' 37.11"	175°	-058.53 dB
037	S 12° 20' 43.76"	W 77° 01' 29.00"	180°	-058.53 dB
038	S 12° 20' 41.54"	W 77° 02' 20.99"	185°	-058.53 dB
039	S 12° 20' 34.90"	W 77° 03' 12.59"	190°	-058.53 dB
040	S 12° 20' 23.89"	W 77° 04' 03.40"	195°	-058.53 dB
041	S 12° 20' 08.59"	W 77° 04' 53.03"	200°	-058.53 dB
042	S 12° 19' 49.13"	W 77° 05' 41.10"	205°	-058.53 dB
043	S 12° 19' 25.64"	W 77° 06' 27.25"	210°	-058.53 dB
044	S 12° 18' 58.31"	W 77° 07' 11.13"	215°	-058.53 dB
045	S 12° 18' 27.35"	W 77° 07' 52.40"	220°	-058.53 dB
046	S 12° 17' 52.98"	W 77° 08' 30.75"	225°	-058.53 dB
047	S 12° 17' 15.49"	W 77° 09' 05.89"	230°	-058.57 dB
048	S 12° 16' 35.14"	W 77° 09' 37.54"	235°	-058.57 dB
049	S 12° 15' 52.25"	W 77° 10' 05.47"	240°	-058.57 dB
050	S 12° 15' 07.14"	W 77° 10' 29.47"	245°	-058.57 dB

051	S 12° 14' 20.16"	W 77° 10' 49.35"	250°	-058.57 dB
052	S 12° 13' 31.66"	W 77° 11' 04.97"	255°	-058.57 dB
053	S 12° 12' 42.02"	W 77° 11' 16.19"	260°	-058.57 dB
054	S 12° 11' 51.61"	W 77° 11' 22.95"	265°	-058.57 dB
055	S 12° 11' 00.82"	W 77° 11' 25.19"	270°	-058.53 dB
056	S 12° 10' 09.93"	W 77° 11' 22.88"	275°	-058.57 dB
057	S 12° 09' 19.53"	W 77° 11' 16.05"	280°	-058.57 dB
058	S 12° 08' 29.91"	W 77° 11' 04.76"	285°	-058.57 dB
059	S 12° 07' 41.43"	W 77° 10' 49.08"	290°	-058.57 dB
060	S 12° 06' 54.48"	W 77° 10' 29.15"	295°	-058.57 dB
061	S 12° 06' 09.40"	W 77° 10' 05.11"	300°	-058.57 dB
062	S 12° 05' 26.54"	W 77° 09' 37.14"	305°	-058.57 dB
063	S 12° 04' 46.23"	W 77° 09' 05.46"	310°	-058.57 dB
064	S 12° 04' 08.77"	W 77° 08' 30.32"	315°	-058.53 dB
065	S 12° 03' 34.44"	W 77° 07' 51.97"	320°	-058.53 dB
066	S 12° 03' 03.51"	W 77° 07' 10.70"	325°	-058.53 dB
067	S 12° 02' 36.22"	W 77° 06' 26.85"	330°	-058.53 dB
068	S 12° 02' 12.77"	W 77° 05' 40.73"	335°	-058.53 dB
069	S 12° 01' 53.33"	W 77° 04' 52.70"	340°	-058.53 dB
070	S 12° 01' 38.06"	W 77° 04' 03.11"	345°	-058.53 dB
071	S 12° 01' 27.07"	W 77° 03' 12.36"	350°	-058.53 dB
072	S 12° 01' 20.45"	W 77° 02' 20.83"	355°	-058.53 dB

La figura 63 muestra gráficamente la ubicación relativa de los cerros donde se ubicarán los Gap Fillers para lograr cubrir Lima.

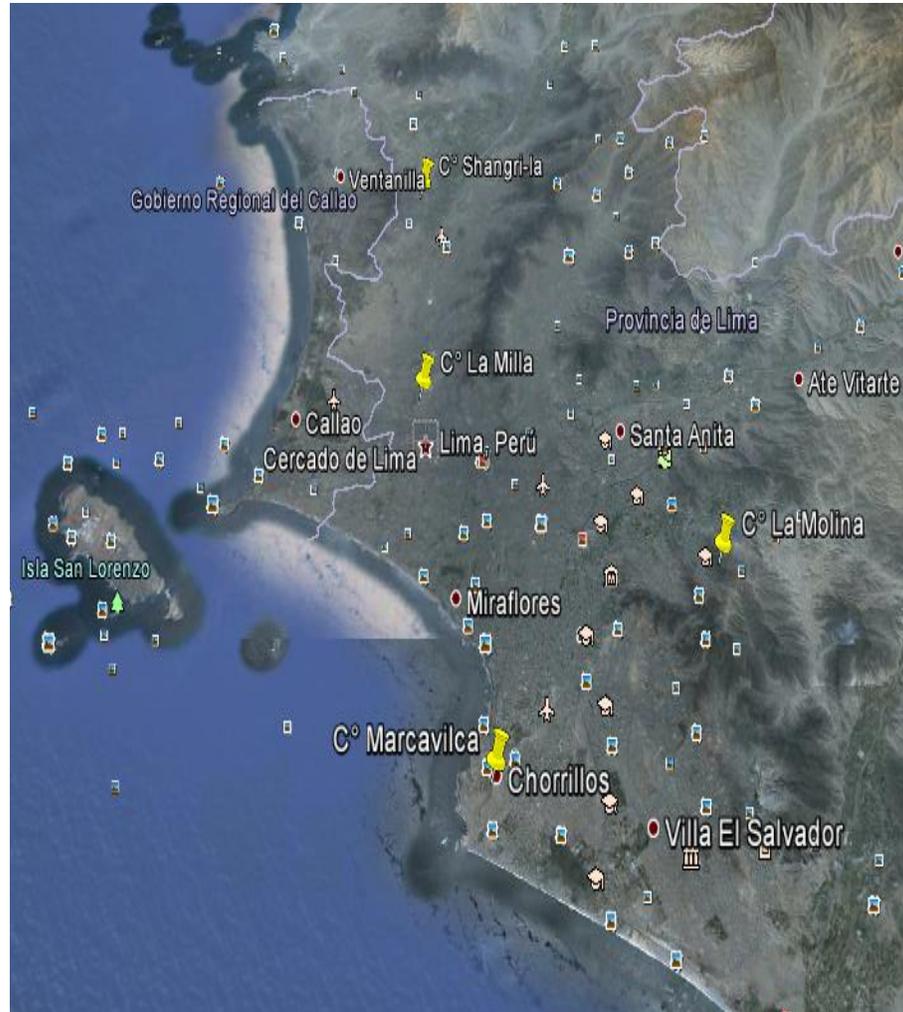


Figura 63. Ubicación Gráfica de los cerros para Ubicación de Gap Fillers

3.3.5 Simulación de Cobertura desde el C° La Molina, Shangri-La, La Milla.

La figura 64, 65, 66 muestra el ingreso de coordenadas al Solaria-CBT correspondientes al C° La Molina, dimensionando la carta virtual de dimensiones suficientes para cubrir la zona de interés, La Molina. La figura 67, 68, 69 muestra el ingreso de coordenadas al Solaria-CBT correspondientes al C° Shangri-La, La figura 70, 71, 72 muestra el ingreso de coordenadas al Solaria-CBT correspondientes al C° La Milla.

- Datos del Punto de Origen

Nombre

Nombre

Codigo

Coordenadas de Origen : gg mm ss

Longitud

Latitud

Dimensiones

Eje X Km. Eje Y Km.

Figura 64. Ingreso de Coordenadas para C° La Molina

AREA DE COBERTURA

Radio Cobertura

<p>Datos Generales</p> <p>Frecuencia <input type="text" value="485"/> MHz.</p> <p>Perd.Cables+Otros <input type="text" value="1"/> dB.</p> <p>Altura de antena Rx <input type="text" value="1.5"/> m.</p> <p>Factor, K <input type="text" value="1.333"/></p>	<p>Clima</p> <p><input checked="" type="radio"/> Ecuatorial</p> <p><input type="radio"/> Continental subtropical</p> <p><input type="radio"/> Maritimo subtropical</p> <p><input type="radio"/> Desertico</p> <p><input type="radio"/> Continental temperado</p> <p><input type="radio"/> Maritimo temperado sobre el suelo</p> <p><input type="radio"/> Maritimo temperado sobre el mar</p>	<p>Datos de Antena</p> <p>Potencia Tx (Watt) <input type="text" value="20"/> 43.0 dBm</p> <p>Ganancia ant. Tx <input type="text" value="10"/> dBi.</p> <p>Altura de antena Tx <input type="text" value="15"/> m.</p> <p>Azimuth <input type="text" value="0"/> Tipo <input type="text" value="Omndirecci..."/></p>	<p>Coordenadas de Origen</p> <p>S 12° 05' 51.00"</p> <p>W 76° 54' 42.00"</p>
<p>Modo de Variabilidad</p> <p>Time (Reliability) % <input type="text" value="90"/></p> <p>Confidence % <input type="text" value="70"/></p> <p><input type="radio"/> Radiodifusion General</p> <p><input type="radio"/> TV Analogica, Radio FM</p> <p><input checked="" type="radio"/> TV Digital, DTV</p>	<p>Rango azimuth (°)</p> <p>Minimo <input type="text" value="0"/> Maximo <input type="text" value="360"/></p>	<p>Unidades y Rango de Niveles de Rx</p> <p>Unidades <input type="radio"/> dB <input type="radio"/> dBuV <input checked="" type="radio"/> dBuV/m</p> <p>Rango de Niveles de Rx</p> <p>Minimo <input type="text" value="50"/> Maximo <input type="text" value="70"/></p>	<p>Legenda</p> <p><input type="radio"/> 61 dBuV/m</p> <p><input type="radio"/> 64 dBuV/m</p> <p><input type="radio"/> 67 dBuV/m</p> <p><input type="radio"/> 70 dBuV/m</p>
<p>Caracteristicas electricas del suelo</p> <p>Refractividad superficie (N) <input type="text" value="301"/></p> <p>Conductividad tierra (S/m) <input type="text" value="0.005"/></p> <p>Permitividad relativa tierra <input type="text" value="15"/></p>	<p>Polarizacion y Ajuste</p> <p><input type="radio"/> Vertical <input checked="" type="radio"/> Horizontal <input type="radio"/> Circular</p> <p>Ajuste <input type="text" value="0"/> Resolucion <input type="text" value="90"/> m.</p>	<p>Puntos de Nivel de Rx</p> <p><input type="radio"/> Grafico Modo Optimo</p> <p><input checked="" type="radio"/> Grafico Modo Rapido</p> <p><input type="radio"/> Grafico Modo Preliminar</p>	<p>Coordenadas de Origen</p> <p>S 12° 05' 51.00"</p> <p>W 76° 48' 42.00"</p> <p>S 12° 11' 51.00"</p> <p><input type="button" value="Informe"/></p>
<p>Rango Radial de Cobertura</p> <p>Min. <input type="text" value="1.09"/> Km. Max. <input type="text" value="9.79"/> Km.</p>		<p><input type="button" value="Borrar"/> <input type="button" value="Cerrar"/> <input type="button" value="Aceptar"/></p>	

Figura 65. Configuración para Gap Filler La Molina

Datos del Punto de Origen

Nombre

Nombre

Codigo

Coordenadas de Origen : gg mm ss

Longitud

Latitud

Dimensiones

Eje X ° Eje Y °

Eje X Km. Eje Y Km.

Cerrar **Borrar** **Aceptar**

Figura 66. Cobertura Simulada desde C° La Molina

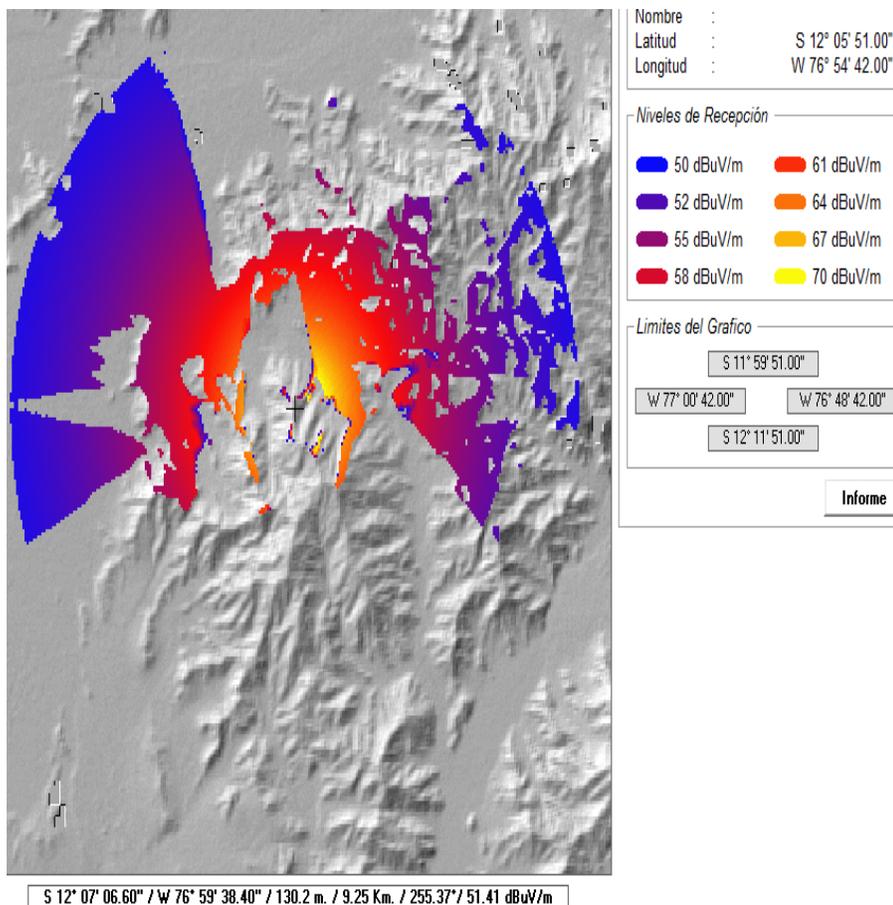


Figura 67. Ingreso de Coordenadas del C° Shangri-La

Radio Cobertura

Datos Generales

Frecuencia MHz.

Perd.Cables+Otros dB.

Altura de antena Rx m.

Factor, K

Modo de Variabilidad

Time (Reliability) %

Confidence %

Radiodifusion General
 TV Analogica, Radio FM
 TV Digital, DTV

Caracteristicas electricas del suelo

Refractividad superficie (N)

Conductividad tierra (S/m)

Permitividad relativa tierra

Clima

Ecuatorial
 Continental subtropical
 Maritimo subtropical
 Desertico
 Continental temperado
 Maritimo temperado sobre el suelo
 Maritimo temperado sobre el mar

Rango azimut (*)

Minimo * Maximo *

Polarizacion y Ajuste

Vertical Horizontal Circular

Ajuste Resolucion m.

Rango Radial de Cobertura

Min. Km. Max. Km.

Datos de Antena

Potencia Tx (Watt) 53.0 dBm

Ganancia ant. Tx dBi.

Altura de antena Tx m.

Azimuth Tipo

Unidades y Rango de Niveles de Rx

Unidades

dB dBuV dBuV/m

Rango de Niveles de Rx

Minimo Maximo

Puntos de Nivel de Rx

Grafico Modo Optimo
 Grafico Modo Rapido
 Grafico Modo Preliminar

Borrar **Cerrar** **Aceptar**

Figura 68. Ingreso de Datos para Simulación desde C° Shangri-La

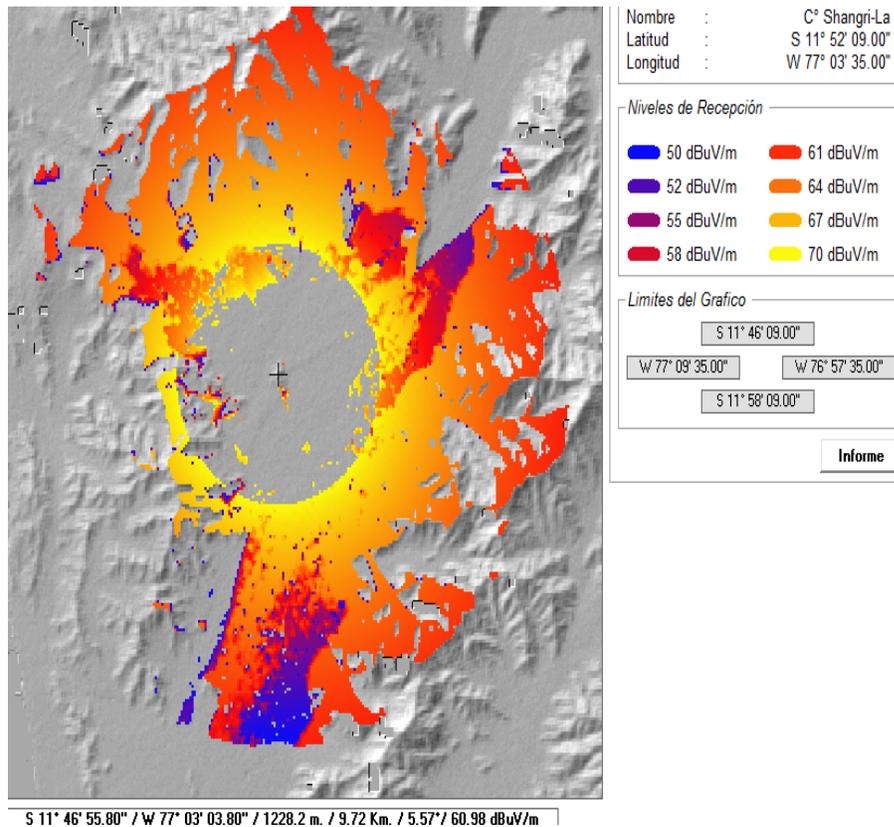


Figura 69. Cobertura del Gap Filler del C° Shangri-La

Datos del Punto de Origen

Nombre

Nombre

Codigo

Coordenadas de Origen : gg mm ss

Longitud

Latitud

Dimensiones

Eje X ° Eje Y °

Eje X Km. Eje Y Km.

Figura 70. Ingreso Coordenadas C° La Milla

Radio Cobertura

Datos Generales

Frecuencia MHz.

Perd.Cables+Otros dB.

Altura de antena.Px m.

Factor, K

Modo de Variabilidad

Time (Reliability) %

Confidence %

Radiodifusion General

TV Analogica, Radio FM

TV Digital, DTV

Caracteristicas electricas del suelo

Refractividad superficie (N)

Conductividad tierra (S/m)

Permitividad relativa tierra

Clima

Ecuatorial

Continental subtropical

Maritimo subtropical

Desertico

Continental temperado

Maritimo temperado sobre el suelo

Maritimo temperado sobre el mar

Rango azimuth (°)

Minimo ° Maximo °

Polarizacion y Ajuste

Vertical Horizontal Circular

Ajuste Resolucion m.

Rango Radial de Cobertura

Min. Km. Max. Km.

Datos de Antena

Potencia Tx (Watt) 47.0 dBm

Ganancia ant. Tx dBi.

Altura de antena Tx m.

Azimuth Tipo

Unidades y Rango de Niveles de Rx

Unidades

dB dBuV dBuV/m

Rango de Niveles de Rx

Minimo Maximo

Puntos de Nivel de Rx

Grafico Modo Optimo

Grafico Modo Rapido

Grafico Modo Preliminar

Figura 71. Ingreso de datos a Solaria-CBT para Cobertura desde C° La Milla

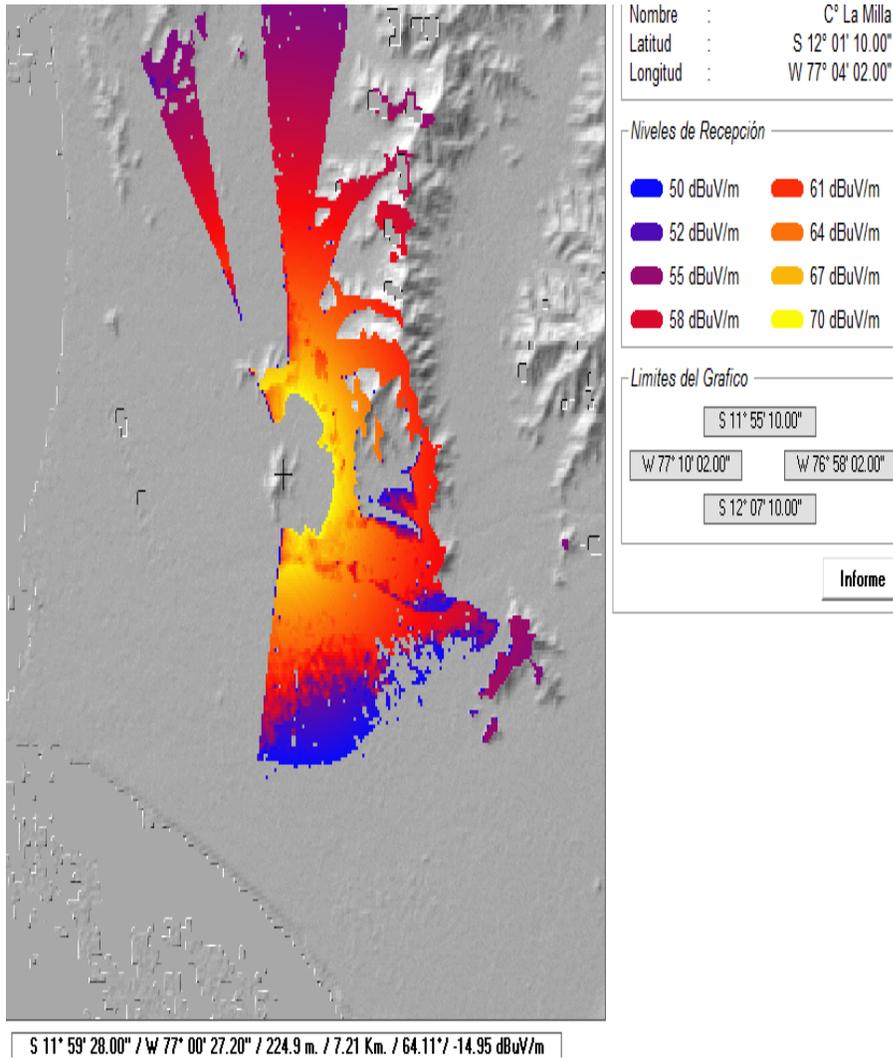


Figura 72. Cobertura del Gap Filler del C° La Milla

3.4 Cálculos Teóricos de Cobertura

Para los cálculos teóricos de cobertura, emplearemos el método de Okumura – Hata que comprende lo siguiente:

$$E = 69.82 - 6.16 \log f + 13.82 \log H1 + a(H2) - (44.9 - 6.55 \log H1)(\log d)^b \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

E: Intensidad de campo (dB(uV/m)) para una p.r.e. de 1KW

f: Frecuencia (MHz)

H1: Altura efectiva de la antena de la estación de base por encima del suelo (m) en la gama de 30 a 200m

d: distancia (km)

$$a(H2): (1.1\log f - 0.7)H2 - (1.56\log f - 0.8) \dots \dots \dots (2)$$

$$b = 1 \text{ para } d \leq 20 \text{ Km}$$

$$b = 1 + (0.14 + 0.000187 f + 0.00107 H1')(\log[0.05 d])^{0.8} \text{ para } d > 20 \text{ Km} \dots \dots \dots (3)$$

donde:

$$H1' = H1 / \sqrt{(1 + 0.000007H1^2)} \dots \dots \dots (4)$$

En nuestro caso, tenemos que incorporar en la fórmula la p.r.e. real para cada caso, expresada en KW y también las pérdidas en cables y conectores expresadas en dB, por lo tanto, la fórmula que finalmente se empleará es la siguiente:

$$E = 69.82 - 6.16\log f + 13.82\log H1 + a(H2) - (44.9 - 6.55\log H1)(\log d)^b + 10 \log pre - Perd \dots \dots \dots (5)$$

3.4.1 Cálculo de Cobertura desde el Gap Filler del C° La Molina

Datos:

Frecuencia: 485.14 MHz

Potencia: 20Wrms

Gant: 10dBi

Altura Antena Transmisión: 15m.

Altura Antena Recepción: 1.5m.

Pérdidas: 1dB

Cálculos:

Gant= 10dBi \leftrightarrow 10 (en número)

p.r.e.= 0.02KW x 10 = 0.2KW

H1= 15m.

H2= 1.5m.

$a(H2) = (1.1 \log (485.14) - 0.7) \times 1.5 - (1.56 \log (485.14) - 0.8)$

$a(H2) \approx 0$

b= 1

Reemplazando en (5) tenemos:

$E = 69.82 - 16.5 + 16.1 - 37.2 \log (d) - 7.98$

$E = \qquad \qquad \qquad 61.44 \qquad \qquad \qquad - \qquad \qquad \qquad 37.2 \log$
 $(d) \dots \dots \dots (6)$

3.4.1.1 Recepción Fija

Para este caso consideramos E= 51 dBuV/m, reemplazando en (6) tenemos:

$51 = 61.44 - 37.2 \log (d)$

Despejando para hallar d en km:

$\log(d) = 0.28$

d= 1.9 Km

Es decir, el radio de cobertura tendrá una longitud de 1.9 Km dentro de los cuales se asegura una recepción fija con antena interna.

3.4.1.2 Recepción Móvil

Para este caso consideramos $E = 61$ dBuV/m, reemplazando en (6) tenemos:

$$61 = 61.44 - 37.2 \log(d)$$

Despejando para hallar d en km:

$$\log(d) = 0.012$$

$$d = 1.02 \text{ Km}$$

3.4.2 Cálculo de Cobertura desde el Gap Filler del C° Shangri – La

Datos:

Frecuencia: 485.14 MHz

Potencia: 200Wrms

Gant: 10dBi

Altura Antena Transmisión: 15m.

Altura Antena Recepción: 1.5m.

Pérdidas: 1dB

Cálculos:

Gant = 10dBi \leftrightarrow 10 (en número)

p.r.e. = 0.2KW x 10 = 2KW

H1 = 15m.

H2 = 1.5m.

$$a(H2) = (1.1\log (485.14) - 0.7) \times 1.5 - (1.56\log (485.14) - 0.8)$$

$$a(H2) \approx 0$$

$$b= 1$$

Reemplazando en (5) tenemos:

$$E= 69.82 - 16.5 + 16.1 - 37.2\log (d) + 10\log (2) - 1$$

$$E= 71.42 - 37.2\log (d) \dots \dots \dots (7)$$

3.4.2.1 Recepción Fija

Para este caso consideramos $E= 51$ dBuV/m , reemplazando en (7) tenemos:

$$51= 71.42 - 37.2\log (d)$$

Despejando para hallar d en km:

$$\log (d) = 0.55$$

$$d= 3.55 \text{ Km}$$

Es decir, el radio de cobertura tendrá una longitud de 3.55 Km dentro de los cuales se asegura una recepción fija con antena interna.

3.4.2.2 Recepción Móvil

Para este caso consideramos $E= 61$ dBuV/m, reemplazando en (7) tenemos:

$$61= 71.42 - 37.2\log (d)$$

Despejando para hallar d en km:

$$\log(d) = 0.28$$

$$d= 1.9 \text{ Km}$$

3.4.3 Cálculo de Cobertura desde el Gap Filler del C° La Milla

Datos:

Frecuencia: 485.14 MHz

Potencia: 50Wrms

Gant: 10dBi

Altura Antena Transmisión: 15m.

Altura Antena Recepción: 1.5m.

Pérdidas: 1dB

Cálculos:

Gant= 10dBi \leftrightarrow 10 (en número)

p.r.e.= 0.05KW x 10 = 0.5KW

H1= 15m.

H2= 1.5m.

$a(H2) = (1.1\log(485.14) - 0.7) \times 1.5 - (1.56\log(485.14) - 0.8)$

$a(H2) \approx 0$

b= 1

Reemplazando en (5) tenemos:

$E = 69.82 - 16.5 + 16.1 - 37.2\log(d) + 10\log(0.5) - 1$

$E = 65.42 - 37.2\log(d) \dots \dots \dots (8)$

3.4.3.1 Recepción Fija

Para este caso consideramos $E = 51$ dBuV/m , reemplazando en (8)

tenemos:

$$51 = 65.42 - 37.2\log(d)$$

Despejando para hallar d en km:

$$\log(d) = 0.38$$

$$d = 2.4 \text{ Km}$$

Es decir, el radio de cobertura tendrá una longitud de 2.4 Km dentro de los cuales se asegura una recepción fija con antena interna.

3.4.3.2 Recepción Móvil

Para este caso consideramos $E = 61 \text{ dBuV/m}$, reemplazando en (8)

tenemos:

$$61 = 65.42 - 37.2 \log(d)$$

Despejando para hallar d en km:

$$\log(d) = 0.12$$

$$d = 1.32 \text{ Km}$$

CAPÍTULO IV ESTRUCTURA DE COSTOS Y CUADRO COMPARATIVO POBLACION – POTENCIA

4.1 Información sobre la población beneficiada con Gap Fillers

Se identifica en primer lugar en este capítulo, la población directamente beneficiada con el proyecto, considerando los distritos de La Molina, Puente Piedra, San Martín de Porres y Comas.

La Molina es cubierta por el Gap Filer instalado en el C° La Molina.

Comas y Puente Piedra son cubiertos por el Gap Filler instalado en el C° Shangri-La.

San Martín de Porres es cubierto por el Gap Filler instalado en el C° La Milla.

4.1.1 La Molina

La Molina tiene una población de 132.498 habitantes según datos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

De los 132.498 habitantes de La Molina, 71.043 son mujeres y 61.455 son hombres. Por lo tanto, el 46,38 por ciento de la población son hombres y el 53,62 mujeres.

Si comparamos los datos de La Molina con los del departamento de Lima concluimos que ocupa el puesto 20 de los 171 distritos que hay en el departamento y representa un 1,5689 % de la población total de ésta.

A nivel nacional, La Molina ocupa el puesto 35 de los 1.833 distritos que hay en Perú y representa un 0,4834 % de la población total del país.

- Resumen de La Molina:

Dato	Valor
Población total	132.498
Hombres	61.455
Mujeres	71.043
% hombres	46,38
% mujeres	53,62
ranking provincial	20 / 171
ranking nacional	35 / 1.833

Fuente: <http://www.venio.info/pregunta/cuantos-habitantes-tiene-la-molina-provincia-de-lima-lima-19952.html>

4.1.2 Puente Piedra

Puente Piedra tiene una población de 233.602 habitantes según datos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). De los 233.602 habitantes de Puente Piedra, 116.665 son mujeres y 116.937 son hombres. Por lo tanto, el 50,06 por ciento de la población son hombres y el 49,94 mujeres. Si comparamos los datos de Puente Piedra con los del departamento de Lima concluimos que ocupa el puesto 12 de los 171 distritos que hay en el departamento y representa un 2,7661 % de la población total de ésta. A nivel nacional, Puente Piedra ocupa el puesto 17 de los 1.833 distritos que hay en Perú y representa un 0,8522 % de la población total del país.

- Resumen de Puente Piedra:

Dato	Valor
Población total	233.602
Hombres	116.937
Mujeres	116.665
% hombres	50,06
% mujeres	49,94
ranking provincial	12 / 171
ranking nacional	17 / 1.833

Fuente: <http://www.venio.info/pregunta/cuantos-habitantes-tiene-puente-piedra-provincia-de-lima-lima-19963.html>

4.1.3 Comas

Comas tiene una población de 486.977 habitantes según datos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

De los 486.977 habitantes de Comas, 247.312 son mujeres y 239.665 son hombres. Por lo tanto, el 49,21 por ciento de la población son hombres y el 50,79 mujeres.

Si comparamos los datos de Comas con los del departamento de Lima concluimos que ocupa el puesto 3 de los 171 distritos que hay en el departamento y representa un 5,7663 % de la población total de ésta.

A nivel nacional, Comas ocupa el puesto 3 de los 1.833 distritos que hay en Perú y representa un 1,7765 % de la población total del país.

- Resumen de Comas:

Dato	Valor
Población total	486.977
Hombres	239.665
Mujeres	247.312
% hombres	49,21
% mujeres	50,79
ranking provincial	3 / 171
ranking nacional	3 / 1.833

4.1.4 San Martín de Porres

La población actual del distrito de San Martín de Porres (para el año 2011), según estimaciones oficiales del Instituto Nacional de Estadística (INEI), alcanza a 646,191 habitantes. Esta cantidad de personas representa un crecimiento del 11.5% con respecto a la población registrada en el último Censo de Población y Vivienda realizado por el INEI en el año 2007, que implica que la población de este distrito creció en 66,630 habitantes en 4 años. Si nos remontamos a la información registrada por el Censo de Población y Vivienda del año 1993 y la comparamos con la del año 2011, el crecimiento es de alrededor el 70%, que en términos de habitantes representa un incremento de aproximadamente 266 mil habitantes.

Finalmente, tenemos el cuadro resumen Población – Potencia, con el cual se hace referencia a la población beneficiada con el proyecto:

CUADRO COMPARATIVO POBLACIÓN POTENCIA

PUNTO DE	DE
TRANSMISIÓN	POBLACIÓN (Habitantes)

		POTENCIA (Vatios rms)
C° La Molina	132,498	
C° Shangri-La	720,579	20
C° La Milla	646,191	200
		50

4.2 Estructura de Costos

El cuadro siguiente, muestra la estructura de costos para cada empresa televisora que quiera cubrir todas las zonas periféricas de la ciudad de Lima.

Para esto, se ha tenido en cuenta que, todas las estaciones de televisión que operan en Lima, ya cuentan con infraestructura en los cerros donde el proyecto ubica a los Gap Fillers. Es decir, ya existen casetas de alojamiento de equipos, energía, torre de soporte de antenas, sistema de puesta a tierra.

Los costos de operación y mantenimiento tampoco se han considerado pues cada estación tiene personal técnico calificado que realiza las labores de manera permanente.

Por lo tanto, el proyecto se reduce a la adquisición de:

- a) Gap Fillers,
- b) Antena de Recepción de la señal proveniente del C° Marcavilca
- c) Antena de Transmisión
- d) Línea de transmisión de la antena de recepción hacia el Gap Filler
- e) Línea de transmisión del Gap Filler hacia la antena de transmisión
- f) Instalación del Sistema Gap Filler.

CUADRO DE ESTRUCTURA DE COSTO EN DÓLARES .

LUGAR	GAP FILLER	ANTENA RECEP CIÓN	ANTENA TRANS MISIÓN	LÍNEA DE TRANS MISIÓN BAJADA	LÍNEA DE TRANS MISIÓN SUBIDA	ACCE SORIOS	INSTA LACIÓN	TOTAL
C° La Molina	6,000	300	500	400	450	200	1,000	8,850
C° Shangri- La	25,000	300	500	400	450	200	2,500	29,350
C° La Milla	18,000	300	500	400	450	200	1,500	38,200
TOTAL	49,000	900	1500	1200	1350	600	5,000	59,550

COSTOS DE INFRAESTRUCTURA

LUGAR	COSTO US\$
C° La Molina	
Caseta	5,000.00
Sistema de Energía	1,200.00
Sistema de Protección	1,500.00
C° Shangri-La	
Caseta	5,000.00
Sistema de Energía	1,800.00
Sistema de Protección	1,500.00
C° La Milla	
Caseta	5,000.00
Sistema de Energía	1,200.00
Sistema de Protección	1,500.00

TOTAL US\$ 23,700.00

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CONCEPTO	COSTO MENSUAL US\$
C° La Molina/C° Shangri-La/C° La Milla	
Personal Técnico	800.00
Movilidad	300.00
Energía eléctrica	150.00
Stock de Repuestos	200.00
Imprevistos	200.00

TOTAL

US\$

1650.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente proyecto, es un estudio detallado, a nivel de escritorio, realizado con la finalidad de asegurar la recepción de la televisión digital terrestre en las zonas periféricas de la ciudad de Lima.

Podemos establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Es factible técnica y económicamente, realizar los trabajos que permitan que todas las zonas periféricas de la ciudad de Lima cuenten con el servicio gratuito de televisión digital terrestre con todas las ventajas que esto implica: mejor calidad de la señal televisiva, recepción móvil y portátil, interactuar a través del televisor para aplicaciones de salud, bancarias, de entretenimiento, etc.
2. Se concluye también que, es necesario solamente un transmisor principal, ubicado en el C° Marcavilca y transmisores sincronizados de baja potencia (Gap Fillers) ubicados en cerros estratégicos desde los cuales es posible cubrir todas las zonas periféricas de la ciudad de Lima.
3. El estudio permite demostrar la sencillez de realizar estos estudios, con la ayuda de programas computacionales como el Solaria, de tal forma de prever diversos escenarios de simulación para luego, ir afinando la aplicación para cada lugar en específico.
4. La metodología empleada es replicable en cualquier otro lugar de nuestro país que cuente con las cartas digitalizadas.
5. Los sistemas ARK y MAGNUM son fundamentales para la ejecución de este tipo de proyectos que requieren de la última tecnología para abaratar costos no solamente de equipos sino de conexos recurrentes como el consumo de energía por ejemplo.
6. Si bien en nuestro caso, luego del estudio se determinó que los sitios de ubicación de los Gap Fillers coinciden con los puntos donde ya existen estaciones repetidoras de las cadenas de televisión nacional que emiten desde el C° Marcavilca, esto no siempre se va a dar en el caso del interior del país. En estos casos, se debe tener en cuenta recomendaciones como: instalar Gap fillers cerca de fuentes de energía eléctrica (baja ó media tensión), cerca de una carretera o trocha carrozable, que, también, el lugar seleccionado sea de preferencia usable por otros servicios (telefonía móvil, etc.).

BIBLIOGRAFIA

- [1] V. Barreda, “Estudio, Diseño e Instalación de un Centro Emisor de TDT con Gap Fillers”. España. Universidad Politécnica de Catalunya. 2009.
- [2] L. Rodrigo, “Los Gap Filler y la SFN”. Brasil. Linear. 2010.
- [3] Televisión Digital Terrestre, 1era ed., Domogenio. España, MA, 2009, pp.03-45.
- [4] SFN Analyzers. Italia. Screen. 2011.
- [5] SDT 201 ARK 6. Italia. Screen. 2011.
- [6] Norma de Transmisión ABNTNBR15601. Brasil. Asociacao Brasileira de Normas Técnicas de Televisión Digital Terrestre. 2007.
- [7] R.Winch, “Telecommunication Transmission Systems”. México: McGraw-Hill. 1998, pp.34-75.
- [8] International Earth Station Standars (IESS), INTELSAT, Washington, D.C. 2000.
- [9] Sistemas VSAT y Estaciones Terrenas, 3era ed.,UIT, Ginebra, SW, 1994. pp.10-88.

[10] Video Coding, Audio Coding, and Multiplexing Specifications for Digital Broadcasting, 1era ed., ARIB, Tokio, JA., 2007. pp. 08-32.

GLOSARIO

ABNT	Asociación Brasileira de Normas Técnicas
ATSC	Advanced Television System Committee
ASI	Ashynchronous Serial Interface
A/D	Análogo/Digital
CBT	Coberture Broadcast Television
DQPSK	QPSK diferencial
DVB-H	Digital Video Broadcasting - Home
DVBT-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
FFT	Transformada Rápida de Fourier
GF	Gap Filler
HD	High Definition
IFFT	Transformada Rápida de Fourier Inversa
IRTP	Instituto de Radio y Televisión del Perú
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting
ISDB-Tb	Integrated Services Digital Broadcasting Brazilian version
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPEG-2	Moving Picture Experts Group 2
NTSC	National Television System Committee

OFDM	Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencia
PAL	Phase Alternating Line
RS	Reed Solomon
RJ45	Registered Jack 45
SD	Standar Definition
SFN	Single Frequency Network
TMCC	Time Monitoring Configuration Control
TS	Transport Stream
TSP	Transport Stream Packet
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
UHF	Ultra Alta Frecuencia