

# Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1	MARCO NORMATIVO.....	4
2.1.1	<i>Gestión de Espectro Radioeléctrico</i> .....	4
2.1.2	<i>LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES</i> .....	6
2.1.3	<i>MARCO TÉCNICO RELATIVO A LOS SERVICIOS LIMITADOS</i> .....	7
2.2	MECANISMOS DE PROPAGACIÓN PARA VHF Y UHF .....	8
2.2.1	<i>Espacio libre</i> .....	8
2.2.2	<i>Reflexión</i> .....	8
2.2.3	<i>Scattering</i> .....	9
2.2.4	<i>Refracción</i> .....	10
2.2.5	<i>Difracción</i> .....	11
2.2.5.1	<i>Elipsoide de Fresnel y modelo de borde de cuchillo</i> .....	12
2.2.6	<i>Absorción</i> .....	15
2.3	MODELOS DE PROPAGACIÓN .....	15
2.3.1	<i>Modelos punto-a-zona</i> .....	15
2.3.2	<i>Modelos punto a punto</i> .....	17
2.3.3	<i>Modelo de Longley-Rice</i> .....	17
2.3.3.1	<i>Parámetros del Método</i> .....	18
2.3.3.2	<i>Funcionamiento del Método</i> .....	19
2.4	ELEMENTOS DE UN RADIO ENLACE .....	24
2.4.1	<i>Potencia nominal</i> .....	25
2.4.2	<i>Conectores y Feeders</i> .....	26
2.4.3	<i>Unidades de sintonización, Amplificadores y Combinadores</i> .....	26
2.4.4	<i>Antenas Bases</i> .....	26

2.4.5	<i>Antena móvil</i> .....	27
2.4.6	<i>Sensibilidad del receptor</i> .....	27
2.5	CÁLCULO DE BALANCE DE PÉRDIDAS PARA EL ENLACE .....	28
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>30</b>
3.1	OBJETIVOS PRINCIPALES .....	30
3.2	OBJETIVOS SECUNDARIOS .....	30
<b>4</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>31</b>
4.1	SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE EFLUENTES AL MAR .....	32
4.1.1	<i>Cámaras de sectorización</i> .....	37
4.1.2	<i>El personal de inspección del emisario</i> .....	39
4.1.3	<i>La Resolución Exenta N°51/2006</i> .....	39
4.1.4	<i>Historial de fallas del emisario</i> .....	42
4.1.5	<i>Proyecto de radiocomunicaciones para el emisario rechazado anteriormente</i> .....	43
4.2	RED DE RADIO EXISTENTE EN LA PLANTA.....	43
4.3	RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL EMISARIO .....	44
<b>5</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>46</b>
5.1	REQUERIMIENTOS Y LIMITACIONES .....	48
<b>6</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>52</b>
7.1	PRUEBAS DE RADIO.....	52
7.2	ANÁLISIS DE DATOS Y VALIDACIÓN DE MODELO.....	54
7.3	COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	62
7.3.1	<i>Motorola IP Site Connect</i> .....	63
7.3.2	<i>Kenwood NEXTEEDGE</i> .....	64
7.3.3	<i>Icom IDAS</i> .....	65
7.3.4	<i>Convertidores RoIP</i> .....	66
7.3.5	<i>Selección de solución</i> .....	67
7.4	REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y RESPALDO ENERGÉTICO .....	70

7.5	ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN .....	73
7.6	ANÁLISIS DE COSTOS .....	76
7.7	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN .....	79
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>83</b>
<b>1</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>A</b>
1.1	SOLUCIÓN BASADA EN RED CELULAR .....	A
1.1.1	<i>Prueba de cobertura celular .....</i>	<i>A</i>
1.1.2	<i>Soluciones disponibles en el mercado basadas en utilización de red celular.....</i>	<i>C</i>

# Índice de Tablas

TABLA 1 BANDAS DE FRECUENCIA DEFINIDAS POR LA UIT.. REF: (UIT-R, 2012 PÁG. 27).....	6
TABLA 2 EJEMPLO DE DENOMINACIÓN DE EMISIONES ITU.....	6
TABLA 3 LONGITUDES DE ONDAS PARA DISTINTAS FRECUENCIAS.....	8
TABLA 4 EJEMPLO DE CÁLCULO DE BALANCE DE PÉRDIDAS PARA UN ENLACE DE RADIO.....	28
TABLA 5 COMPARACIÓN EFLUENTE EMITIDO CON NORMAS AMBIENTALES.....	41
TABLA 6 CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN M3/S PARA ESTACIÓN PASO HONDO DEL RÍO ITATA.....	42
TABLA 7 DETALLE DE COSTOS.....	78

# Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 EXTENSIÓN SISTEMA DE CONDUCCIÓN AL MAR	2
ILUSTRACIÓN 2 MAPA DE REGIONES ITU. REF: (UIT-R, 2012 PÁG. 37)	4
ILUSTRACIÓN 3 MUESTRA DEL PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN CHILE. UNIDAD DE PRIMERA COLUMNA: MEGA HERTZ. REF: (SUBTEL, 2005):	5
ILUSTRACIÓN 4 REFLEXIÓN DE UNA ONDA DE RADIO. ADAPTADO DESDE (GRAHAM, 2006 PÁG. 40)	9
ILUSTRACIÓN 5 SCATTERING EN UNA ONDA DE RADIO. ADAPTADO DE (BARCLAY, 2003 PÁG. 101)	10
ILUSTRACIÓN 6 FENÓMENO DE REFRACCIÓN	10
ILUSTRACIÓN 7 REFRACCIÓN ATMOSFÉRICA Y RADIO APARENTE DE LA TIERRA. BASADO EN (GRAHAM, 2006 PÁG. 44)	11
ILUSTRACIÓN 8 EFECTO DE DIFRACCIÓN	11
ILUSTRACIÓN 9 CONSTRUCCIÓN DEL ELIPSOIDE DE FRESNEL	12
ILUSTRACIÓN 10 TRANSMISIÓN EN LÍNEA DE VISTA Y ELIPSOIDE DE FRESNEL	13
ILUSTRACIÓN 11 MODELO DE BORDE DE CUCHILLO	13
ILUSTRACIÓN 12 FUNCIÓN DE PÉRDIDAS PUBLICACIÓN ITU-R P.526	14
ILUSTRACIÓN 13 ESTIMACIÓN MODELO PUNTO-A-ZONA PARA DISTINTOS EXPONENTES	16
ILUSTRACIÓN 14 REPRESENTACIÓN ALTURAS CONSIDERADAS EN $\Delta H$	18
ILUSTRACIÓN 15 ESQUEMA DE PARÁMETROS INVOLUCRADOS EN EL MÉTODO DE 2 RAYOS	20
ILUSTRACIÓN 16 DIMENSIONES GEOMÉTRICAS UTILIZADAS EN EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR DIFRACCIÓN	22
ILUSTRACIÓN 17 ELEMENTOS TÍPICOS DE UN RADIO ENLACE Y NIVELES DE SEÑAL	25
ILUSTRACIÓN 18 DIAGRAMA POLAR DE UNA ANTENA DIRECTIVA	27
ILUSTRACIÓN 19 TRAZADO DEL SISTEMA DE DESCARGA AL MAR	31
ILUSTRACIÓN 20 VISTA INTERIOR DE UNA CÁMARA DE SECTORIZACIÓN	32
ILUSTRACIÓN 21 TRAZADO DE EMISARIO AL MAR (EN VERDE), CON CÁMARAS DE SECTORIZACIÓN (EN AMARILLO) Y PLATA NUEVA ALDEA (EN LILA).	33
ILUSTRACIÓN 22 VISTA SECCIÓN EMISARIO	34
ILUSTRACIÓN 23 PERFIL LONGITUDINAL EMISARIO	35

ILUSTRACIÓN 24 CRUCE RÍO ITATA	36
ILUSTRACIÓN 25 VISTA INTERIOR CÁMARA DE INSPECCIÓN VENTOSA	37
ILUSTRACIÓN 26 MONTAJE PRUEBA DE COBERTURA DE RADIO	52
ILUSTRACIÓN 27 RESULTADO PRUEBA DE COBERTURA DE RADIO	53
ILUSTRACIÓN 28 COMPARACIÓN RESULTADOS TEÓRICOS Y REALES C0.	56
ILUSTRACIÓN 29 DIAGRAMA DE NIVELES DE COBERTURA C0	57
ILUSTRACIÓN 30 NIVELES DE SEÑAL C1	57
ILUSTRACIÓN 31 PREDICCIÓN C2	58
ILUSTRACIÓN 32 PREDICCIÓN C4	58
ILUSTRACIÓN 33 PREDICCIÓN C7	59
ILUSTRACIÓN 34 ERROR EN PREDICCIÓN C7 Y CCM	59
ILUSTRACIÓN 35 PREDICCIÓN COBERTURA TOTAL	60
ILUSTRACIÓN 36 COBERTURA C0-C1-C2	61
ILUSTRACIÓN 37 COBERTURA C2-C3-C4	61
ILUSTRACIÓN 38 COBERTURA C7-C5	62
ILUSTRACIÓN 39 COMPARACIÓN DESEMPEÑO DIGITAL-ANÁLOGO	64
ILUSTRACIÓN 40 SISTEMA MULTI-SITIO CONVENCIONAL DE KENWOOD NEXTEEDGE CON VOTING	65
ILUSTRACIÓN 41 REPETIDORAS ICOM CONECTADAS MEDIANTE RED IP	66
ILUSTRACIÓN 42 PUENTE IP CON EQUIPO ICOM VE-PG3	66
ILUSTRACIÓN 43 SISTEMA VOTING	68
ILUSTRACIÓN 44 COMUNICACIÓN DE DOS MÓVILES EN LA MISMA ESTACION	69
ILUSTRACIÓN 45 SISTEMA DE RESPALDO ENERGÉTICO	72
ILUSTRACIÓN 46 DIAGRAMA DE CONEXIONES SOLUCIÓN FINAL	73
ILUSTRACIÓN 47 INSTALACIÓN DE ANTENA	74
ILUSTRACIÓN 48 COBERTURA CONJUNTA ESTIMADA PARA DISEÑO DEFINITIVO	75
ILUSTRACIÓN 49 CARTA GANTT PARA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	80
ILUSTRACIÓN 50 PRUEBA DE COBERTURA CELULAR	B

ILUSTRACIÓN 51 MONTAJE AMPLIFICADOR DE SEÑAL CELULAR

D

ILUSTRACIÓN 52 ESQUEMA FUNCIONAMIENTO APLICACIÓN ZELLO

E

## Listado de Acrónimos

WIFI	Wireless Fidelity
RoIP	Radio Over IP
IP	Internet Protocol
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
HF	High Frequency
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
FM	Frequency Modulation
COREMA	Comisión Regional de Medio Ambiente
GPS	Global Positioning System
CFI	Complejo Forestal e Industrial
RIL	Residuo Industrial Líquido
ITM	Irregular Terrain Model