

Tabla de Contenido

1	Introducción	1
1.1	Motivación	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Principal	2
1.2.2	Específicos	2
1.3	Contenidos del Informe	3
2	Revisión de antecedentes	4
2.1	Modelo SNOWPACK	4
2.1.1	Introducción y generalidades	4
2.1.2	Modelación de la cubierta nival	5
2.2	Clasificación de la cubierta nival	14
2.2.1	Fundamentos de una nueva clasificación global de nieve	14
2.2.2	Identificación de los distintos tipos de nieve	16
2.3	Contenido de frío	17
3	Metodología	18
3.1	Sitios y datos adquiridos	18
3.1.1	Norte Chico - Estación Tascadero	18
3.1.2	Valle Nevado	21
3.1.3	Chillán - Valle hermoso	22
3.2	Estimación de variables	24
3.2.1	Estación Tascadero	24
3.2.2	Valle Nevado	25
3.2.3	Valle Hermoso	26
3.3	Clasificación de Sturm	27
3.4	Contenido de frío	29
4	Resultados y análisis	30
4.1	Validación del modelo	30
4.1.1	Altura observada vs altura simulada	31
4.1.2	Calicatas Disponibles	34
4.2	Simulaciones	37
4.2.1	Estación Tascadero	37
4.2.2	Valle Nevado	43
4.2.3	Chillán - Valle Hermoso	46
4.3	Clasificación de la nieve	48

4.3.1	Estación Tascadero	48
4.3.2	Valle Nevado	50
4.3.3	Chillán - Valle Hermoso	50
4.4	Contenido de frío	52
4.4.1	Estación Tascadero	52
4.4.2	Valle Nevado	56
4.4.3	Valle Hermoso	57
5	Comentarios y conclusiones	60
5.1	Conclusiones	60
5.2	Trabajo futuro	61
	Bibliografía	61
	Anexo	64
A	Uso del modelo SNOWPACK	65
B	Series de tiempo completadas	71
B.1	Tascadero	71
B.2	Valle Nevado	82
B.3	Valle Hermoso	85
C	Flujos Energéticos	88
D	Análisis de sensibilidad	94
E	Albedo observado	97
F	Tipo de granos	98

Índice de Tablas

2.1	Descripción de las clases de nieve. Fuente: Sturm et al. (1995).	15
3.1	Intervalos de intensidad de precipitación con su rango de duración respectivo - Estación Tascadero.	24
3.2	Intervalos de intensidad de precipitación con su rango de duración respectivo - Valle Hermoso.	27
4.1	Parámetros del modelo utilizados en las distintas localidades.	31
4.2	Resumen de la clasificación de la nieve - Estación Tascadero	50
C.1	Aporte porcentual de los flujos en el balance energético para los sitios de estudio.	93
D.1	Cambios realizados en el análisis de sensibilidad.	94
D.2	Análisis de sensibilidad - Tascadero	95
D.3	Análisis de sensibilidad - Valle Nevado	95
D.4	Análisis de sensibilidad - Valle Hermoso	95

Índice de Figuras

2.1	Representación de la microestructura de la nieve, las uniones se destacan con color gris. Fuente: Lehning and Bartelt (2002).	6
2.2	Caracterización geométrica de las uniones entre granos. Fuente: Lehning and Bartelt (2002).	7
2.3	Esquema de los procesos físicos involucrados en la modelación de la cobertura nival. Fuente: Lehning and Bartelt (2002)	8
2.4	Tipos de conducción de calor considerados en SNOWPACK. Fuente: Lehning and Bartelt (2002)	10
2.5	Clasificación de la cubierta nival representada como diagrama de flujo.	16
3.1	Ubicación estación Tascadero	19
3.2	Estación Tascadero. Fuente: CEAZA	19
3.3	Correlación de temperaturas Tascadero - Vega Negra.	20
3.4	Ubicación estación Valle Nevado	21
3.5	Estación Valle Nevado	22
3.6	Ubicación estación Valle Hermoso	23
3.7	Estación Valle Hermoso - Nodo 1	23
3.8	Snow water equivalent utilizado para estimar H_s	26
4.1	Altura observada vs simulada - Tascadero 2013.	31
4.2	Altura observada vs simulada - Tascadero 2014.	32
4.3	Altura observada vs simulada - Tascadero 2015.	32
4.4	Altura observada vs simulada - Valle Nevado 2015.	33
4.5	Altura observada vs simulada - Valle Hermoso 2015.	33
4.6	Comparación entre calicata y valores simulados - Valle Nevado.	34
4.7	Comparación entre calicata y valores simulados - Valle Nevado.	35
4.8	Comparación entre calicata y valores simulados - Valle Hermoso.	35
4.9	Comparación entre calicata y valores simulados - Valle Hermoso.	36
4.10	Tipos de grano del manto para el año 2013 - Tascadero.	37
4.11	Distribución de temperatura en el manto para el año 2013 - Tascadero.	37
4.12	Evolución de la densidad del manto para el año 2013 - Tascadero.	38
4.13	SWE calculado para el año 2013 - Tascadero.	38
4.14	Tipos de grano del manto para año 2014 - Tascadero.	39
4.15	Distribución de temperatura en el manto para el año 2014 - Tascadero.	39
4.16	Evolución de la densidad del manto para el año 2014 - Tascadero.	40
4.17	SWE calculado para el año 2014 - Tascadero.	40
4.18	Tipos de grano del manto para el año 2015 - Tascadero.	41
4.19	Distribución de temperatura en el manto para el año 2015 - Tascadero.	41

4.20	Evolución de la densidad del manto para el año 2015 - Tascadero.	42
4.21	SWE calculado para el año 2015 - Tascadero.	42
4.22	Tipos de grano del manto en para el año 2015 - Valle Nevado.	43
4.23	Distribución de temperatura en el manto en para el año 2015 - Valle Nevado.	44
4.24	Evolución de la densidad del manto para el año 2015 - Valle Nevado.	44
4.25	SWE calculado para el año 2015 - Valle Nevado.	45
4.26	Tipos de grano del manto para el año 2015 - Valle Hermoso.	46
4.27	Distribución de temperatura en el manto para el año 2015 - Valle Hermoso.	46
4.28	Evolución de la densidad del manto para el año 2015 - Valle Hermoso.	47
4.29	SWE calculado para el año 2015 - Valle Hermoso.	47
4.30	Contenido de frío temporada 2013 - Estación Tascadero.	52
4.31	Flujos acumulados de calor - Tascadero 2013.	53
4.32	Contenido de frío temporada 2014 - Estación Tascadero.	53
4.33	Flujos acumulados de calor - Tascadero 2014.	54
4.34	Contenido de frío temporada 2015 - Estación Tascadero.	54
4.35	Flujos acumulados de calor - Tascadero 2015.	55
4.36	Contenido de frío temporada 2015 - Valle Nevado.	56
4.37	Flujos acumulados de calor - Valle Nevado 2015.	56
4.38	Contenido de frío temporada 2015 - Valle Hermoso.	57
4.39	Flujos acumulados de calor - Valle Hermoso 2015.	58
A.1	Archivo <i>SMET</i> incluido en los ejemplos del modelo.	66
A.2	Interfaz de INIshell.	67
A.3	Interfaz de SNgui.	70
B.1	Temperatura atmosférica - Tascadero 2013.	71
B.2	Humedad relativa - Tascadero 2013.	72
B.3	Velocidad del viento - Tascadero 2013.	72
B.4	Dirección del viento - Tascadero 2013.	73
B.5	Radiación de onda corta incidente - Tascadero 2013.	73
B.6	Intensidad de precipitación - Tascadero 2013.	74
B.7	Altura de nieve observada - Tascadero 2013.	74
B.8	Temperatura atmosférica - Tascadero 2014.	75
B.9	Humedad relativa - Tascadero 2014.	75
B.10	Velocidad del viento - Tascadero 2014.	76
B.11	Dirección del viento - Tascadero 2014.	76
B.12	Radiación de onda corta incidente - Tascadero 2014.	77
B.13	Intensidad de precipitación - Tascadero 2014.	77
B.14	Altura de nieve observada - Tascadero 2014.	78
B.15	Temperatura atmosférica - Tascadero 2015.	78
B.16	Humedad relativa - Tascadero 2015.	79
B.17	Velocidad del viento - Tascadero 2015.	79
B.18	Dirección del viento - Tascadero 2015.	80

B.19 Radiación de onda corta incidente - Tascadero 2015.	80
B.20 Intensidad de precipitación - Tascadero 2015.	81
B.21 Altura de nieve observada - Tascadero 2015.	81
B.22 Temperatura atmosférica - Valle Nevado 2015.	82
B.23 Humedad relativa - Valle Nevado 2015.	82
B.24 Velocidad del viento - Valle Nevado 2015.	83
B.25 Radiación de onda corta incidente - Valle Nevado 2015.	83
B.26 Intensidad de precipitación - Valle Nevado 2015.	84
B.27 Altura de nieve observada - Valle Nevado 2015.	84
B.28 Temperatura atmosférica - Valle Hermoso 2015.	85
B.29 Humedad relativa - Valle Hermoso 2015.	85
B.30 Velocidad del viento - Valle Hermoso 2015.	86
B.31 Radiación de onda corta incidente - Valle Hermoso 2015.	86
B.32 Intensidad de precipitación - Valle Hermoso 2015.	87
B.33 Altura de nieve observada - Valle Hermoso 2015.	87
C.1 Flujos turbulentos de calor - Tascadero 2013.	88
C.2 Flujos radiativos - Tascadero 2013.	89
C.3 Flujos turbulentos de calor - Tascadero 2014.	89
C.4 Flujos radiativos - Tascadero 2014.	90
C.5 Flujos turbulentos de calor - Tascadero 2015.	90
C.6 Flujos radiativos - Tascadero 2015.	91
C.7 Flujos turbulentos de calor - Valle Nevado 2015.	91
C.8 Flujos radiativos - Valle Nevado 2015.	92
C.9 Flujos turbulentos de calor - Valle Hermoso 2015.	92
C.10 Flujos radiativos - Valle Hermoso 2015.	93
E.1 Albedo observado y modelado - Valle Nevado.	97
F.1 Simbología utilizada para diferenciar los tipos de grano. Fuente: Instituto SLF	98