

### PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
CI7112	<b>Hidrología de Nieve</b>			
Nombre en Inglés				
Snow Hydrology				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
3	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
CI5101 – Hidrología			Electivo de Ingeniería Civil	
Resultados de Aprendizaje				
<p>La acumulación y derretimiento de nieve en zonas montañosas es un aspecto fundamental de la hidrología de una gran fracción de los ríos de la Tierra. En Chile, la acumulación de nieve en la cordillera de Los Andes representa la mayoría de la oferta hídrica para uso municipal, agrícola e industrial. Al término de este curso, se espera que los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Conozcan y comprendan los mecanismos de formación de nieve en la atmósfera, así como los procesos que determinan las propiedades físicas del manto nival.</li> <li>ii) Conozcan y comprendan las metodologías de observación –directa e indirecta- de la nieve sobre la superficie de la tierra.</li> <li>iii) Comprendan y apliquen el concepto de variabilidad espacial del equivalente en agua de nieve y sepan aplicar metodologías para estimar esta variable a escala de cuenca hidrográfica.</li> <li>iv) Apliquen y analicen modelos de derretimiento del manto nival para aplicaciones de estimación de escorrentía.</li> <li>v) Evalúen preliminarmente disponibilidad de recursos hídrico en manto nival</li> </ul>				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>El curso incluye clases expositivas, trabajo dirigido desarrollado en clases y tareas para ser desarrolladas en forma individual. Eventualmente se incluye un trabajo de investigación desarrollado en forma grupal. Se incluye una actividad en terreno, orientada a la práctica de metodologías de observación de propiedades físicas del manto nival.</p>	<p>2 Controles y un Examen. 6 Tareas. 1 actividad en terreno con informe.</p>

### Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
I	Formación y propiedades del manto nival	6
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Formación de hielo atmosférico y precipitación sólida.</li> <li>2. Condición del manto nival.</li> <li>3. Metodologías de observación de las propiedades de la nieve.</li> <li>4. Percepción remota de la nieve</li> </ol>	<p>Los estudiantes conocerán los procesos atmosféricos que dan origen a la precipitación sólida, y serán capaces de aplicar metodologías de estimación de la fase de la precipitación.</p> <p>Los alumnos comprenderán las propiedades fundamentales del manto nival, incluyendo su metamorfismo, densidad, temperatura y contenido de frío así como contenido y movimiento de agua líquida.</p> <p>Los alumnos aplicarán técnicas de medición directa de propiedades del manto nival, identificando ventajas y desventajas cuando existan métodos alternativos.</p> <p>Los estudiantes conocerán las formas de interacción entre la nieve y la radiación electromagnética, y comprenderán sus implicancias para la observación remota del manto nival.</p> <p>Los alumnos conocerán los distintos instrumentos y plataformas satelitales disponibles para la observación remota de la nieve.</p>	

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
II	Climatología de nieve y variabilidad espacial	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Factores determinantes de la variabilidad</li> </ol>	Los alumnos comprenderán los fenómenos	

<p>espacial de la nieve.</p> <p>2. Metodologías de estimación de la distribución espacial del equivalente en agua de nieve.</p>	<p>de gradientes orográficos de precipitación, redistribución gravitacional, avalanchas y transporte por viento.</p> <p>Los alumnos aplicarán diversos métodos para realizar interpolación espacial de observaciones de profundidad de nieve, incluyendo: Métodos geoestadísticos, Árboles de regresión.</p>	
---	--	--

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
III	Balance de energía del manto nival	4
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Teoría básica del intercambio energético del manto nival.</p> <p>2. Efectos de la topografía y vegetación.</p> <p>3. Modelación del derretimiento del manto nival.</p>	<p>Los alumnos comprenderán el concepto de balance de energía del manto nival, y sabrán estimar los diferentes flujos que lo componen.</p> <p>Los alumnos aplicarán métodos para incluir los efectos topográficos y de vegetación sobre el balance de energía.</p> <p>Los alumnos aplicarán diferentes metodologías para estimar el derretimiento de la nieve, incluyendo el método grado-día y sus variaciones así como el balance de energía. Curvas de decaimiento. Ejemplos de modelos de nieve (ebsm, snobal, snowpack).</p>	

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
IV	Procesos de generación de escorrentía nival	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tiempos de desfase</li> <li>2. Caminos de flujo de agua de derretimiento</li> <li>3. Hidrogramas de derretimiento</li> <li>4. Crecidas por lluvia sobre nieve</li> </ol>	<p>Síntesis de contenidos de capítulos previos para formular expresiones que caracterizan la escorrentía proveniente del derretimiento de nieve.</p>	
--	--	--

Bibliografía General	
<b>Requerida</b>	<p>DeWalle, D. and Rango, A.: Principles of snow hydrology, Cambridge University Press, New York. 2008.</p> <p>Seidel, K. and Martinec, J.: Remote Sensing in Snow Hydrology: Runoff Modelling, Effect of Climate Change, Springer. 2004.</p>
<b>Sugerida</b>	<p>Bales, R. C. and Dozier, J.: Estimating the spatial distribution of snow in mountain basins using remote sensing and energy balance modeling, <i>Water Resources Research</i>, 34(5), 1275–1285, 1998.</p> <p>Church, J. E.: Snow surveying: its principles and possibilities, <i>Geographical Review</i>, 529–563, 1933.</p> <p>Cline, D. W.: Snow surface energy exchanges and snowmelt at a continental, midlatitude Alpine site, <i>Water Resour. Res.</i>, 33(4), 689–701, doi:10.1029/97WR00026, 1997.</p> <p>Corripio, J. G.: Snow surface albedo estimation using terrestrial photography, <i>International Journal of Remote Sensing</i>, 25(24), 5705–5729, doi:10.1080/01431160410001709002, 2004.</p> <p>Deems, J. S., Fassnacht, S. R. and Elder, K. J.: Fractal distribution of snow depth from LiDAR data, <i>Journal of Hydrometeorology</i>, 7(2), 285–297, 2006.</p> <p>Deems, J. S., Painter, T. H. and Finnegan, D. C.: Lidar measurement of snow depth: a review, <i>Journal of Glaciology</i>, 59(215), 467–479, 2013.</p> <p>Elder, K., Dozier, J. and Michaelsen, J.: Snow accumulation and distribution in an alpine watershed, <i>Water Resources Research</i>, 27(7), 1541–1552, 1991.</p> <p>Erxleben, J., Elder, K. and Davis, R.: Comparison of spatial interpolation methods for estimating snow distribution in the Colorado Rocky Mountains, <i>Hydrological Processes</i>, 16(18), 3627–3649, 2002.</p> <p>Fassnacht, S. R. and Deems, J. S.: Measurement sampling and scaling for deep montane snow depth data, <i>Hydrological processes</i>, 20(4), 829–838, 2006.</p> <p>Hall, D. K., Riggs, G. A., Salomonson, V. V., DiGirolamo, N. E. and Bayr, K. J.: MODIS snow-</p>

cover products, *Remote sensing of Environment*, 83(1), 181–194, 2002.

Harshburger, B. J., Humes, K. S., Walden, V. P., Blandford, T. R., Moore, B. C. and Dezzani, R. J.: Spatial interpolation of snow water equivalency using surface observations and remotely sensed images of snow-covered area, *Hydrological processes*, 24(10), 1285–1295, 2010.

Kerr, T., Clark, M., Hendriks, J. and Anderson, B.: Snow distribution in a steep mid-latitude alpine catchment, *Advances in Water Resources*, 55, 17–24, doi:10.1016/j.advwatres.2012.12.010, 2013.

Marks, D., Domingo, J., Susong, D., Link, T. and Garen, D.: A spatially distributed energy balance snowmelt model for application in mountain basins, *Hydrol. Process.*, 13(12-13), 1935–1959, doi:10.1002/(SICI)1099-1085(199909)13:12/13<1935::AID-HYP868>3.0.CO;2-C, 1999.

Molotch, N. P. and Bales, R. C.: Scaling snow observations from the point to the grid element: Implications for observation network design, *Water Resources Research*, 41(11) [online] Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2005WR004229/full> (Accessed 11 June 2015), 2005.

Molotch, N. P. and Meromy, L.: Physiographic and climatic controls on snow cover persistence in the Sierra Nevada Mountains, *Hydrological Processes*, 28(16), 4573–4586, 2014.

Moreno, J. I. L., Latron, J. and Lehmann, A.: Effects of sample and grid size on the accuracy and stability of regression-based snow interpolation methods, *Hydrol. Process.*, 24(14), 1914–1928, doi:10.1002/hyp.7564, 2010.

Ohmura, A.: Physical Basis for the Temperature-Based Melt-Index Method, *J. Appl. Meteor.*, 40(4), 753–761, doi:10.1175/1520-0450(2001)040<0753:PBFTTB>2.0.CO;2, 2001.

Painter, T. H., Rittger, K., McKenzie, C., Slaughter, P., Davis, R. E. and Dozier, J.: Retrieval of subpixel snow covered area, grain size, and albedo from MODIS, *Remote Sensing of Environment*, 113(4), 868–879, 2009.

Rittger, K., Painter, T. H. and Dozier, J.: Assessment of methods for mapping snow cover from MODIS, *Advances in Water Resources*, 51, 367–380, 2013.

Sicart, J.-E., Pomeroy, J. W., Essery, R. L. H. and Bewley, D.: Incoming longwave radiation to melting snow: observations, sensitivity and estimation in northern environments, *Hydrological processes*, 20(17), 3697–3708, 2006.

Sturm, M.: White water: Fifty years of snow research in WRR and the outlook for the future, *Water Resources Research* [online] Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015WR017242/full> (Accessed 15 August 2015), 2015.

Sturm, M., Holmgren, J. and Liston, G. E.: A seasonal snow cover classification system for local to global applications, *Journal of Climate*, 8(5), 1261–1283, 1995.

Winstral, A. and Marks, D.: Simulating wind fields and snow redistribution using terrain-based parameters to model snow accumulation and melt over a semi-arid mountain catchment, *Hydrological Processes*, 16(18), 3585–3603, 2002.

Winstral, A., Elder, K. and Davis, R. E.: Spatial snow modeling of wind-redistributed snow using terrain-based parameters, *Journal of Hydrometeorology*, 3(5), 524–538, 2002.

Wiscombe, W. and Warren, S.: A model for the spectral albedo of snow. I: Pure snow., , 37, 1980.

Vigencia desde:	Otoño 2016
Elaborado por:	James McPhee
Revisado por:	Alberto de la Fuente