



## CURSO de ACTUALIZACIÓN

# USOS DIRECTOS DE LA GEOTERMIA DE BAJA ENTALPÍA

4 de Octubre al 5 de Noviembre de 2010

ORGANIZAN:

**Departamento del Agua – Regional Norte**  
**Universidad de la República | Salto - Uruguay**

Con la colaboración del

**Instituto de Geociencias y Georecursos (CNR)**, Italia

### » Introducción

El Sistema Acuífero Guaraní, que se extiende en grandes sectores de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, se desarrolla en un medio sedimentario confinado, en parte, por coberturas basálticas que pueden alcanzar espesores superiores a 1000 metros. Esto le confiere la particularidad de permitir alumbramientos de agua con temperaturas hasta 60° C a boca de pozo, debido al gradiente geotérmico natural. La utilización regional del agua caliente se ha limitado mayormente a la instalación de centros recreativos termales o al abastecimiento a ciudades sin previo aprovechamiento de su energía, y en escasísimos casos, a la aplicación en procesos industriales.

La potencialidad de uso de la energía geotérmica de baja entalpía en aprovechamientos directos es muy variada: Calefacción ambiental y refrigeración mediante el uso de bombas de calor, invernaderos, secado de maderas, hojas y frutos, secado de lodos, procesos de destilación y fermentación, piscicultura y diversos usos industriales. La sede elegida para el desarrollo del Curso se ubica en el centro de la actual demanda en el país.

### » Objetivo y Orientación del Curso

El objetivo principal es la formación básica de los participantes en aspectos amplios de la geotermia y su utilización, con el propósito de propiciar un uso más amplio de los recursos geotermiales disponibles y la evaluación, a nivel de anteproyecto, de nuevas actividades y emprendimientos posibles.

## » De Interés para Maestrandos

Para maestrandos en ingeniería mecánica o civil, y en geología, este curso podrá aportar créditos mediante revalidación.

## » Organización del Curso

El curso es organizado por el Departamento del Agua, Regional Norte de la Universidad de la República, con apoyo docente del Instituto de Geociencias y Georecursos, de Pisa, Italia.

## » Matriculación

La inscripción al curso debe realizarse a través de la página WEB de la Regional Norte ([www.unorte.edu.uy](http://www.unorte.edu.uy)), completando el formulario allí dispuesto.

El mismo debe enviarse a [jedls@unorte.edu.uy](mailto:jedls@unorte.edu.uy)

En caso de inscripción parcial (a módulos), indicar cuál/es módulo/s fue/ron seleccionado/s.

El costo de matrícula por el curso completo es U\$S 800. El costo por módulo semanal es U\$S 200. En Pesos Uruguayos, el costo es \$16000 y \$4000, respectivamente.

## » Comisión Docente

José Cataldo  
Jorge de los Santos

## » Auspicio



## » Profesorado del Curso

Héctor de Santa Ana  
Jorge de los Santos  
Pedro Curto  
Adele Manzella  
José Cataldo  
Carlo Piemonte

## » Programa

### Semana 1 – Elementos de Geología. Hidrogeología y Prospección Geofísica

<b>Día 1</b>	<b>Conceptos de geología sedimentaria</b>
	Procesos geológicos
	Petrología sedimentaria
	Ambientes sedimentarios y propiedades de rocas siliciclásticas
<b>Día 2</b>	<b>Estratigrafía y análisis de cuencas</b>
	Conceptos leyes y principios en estratigrafía
	Exploración estratigráfica: Herramientas geológicas y geofísicas
	Facies y ciclos sedimentarios
	Discontinuidades estratigráficas
	Secuencias y sistemas depositacionales
	Análisis de cuencas
<b>Día 3</b>	<b>Cuenca Norte Uruguaya</b>
	Evolución tectónica y sedimentaria
	Secuencias depositacionales Paleozoicas y Mesozoicas
	Características litológicas, ambientes, paleogeología y paleogeografía de las Formaciones Buena Vista y Tacuarembó (Acuífero Guaraní)
<b>Día 4</b>	<b>Complementos geológicos, hidrogeológicos y geofísicos</b>
	Parámetros sedimentológicos, petrofísicos, geotermales e hidrogeológicos del Sistema Acuífero Guaraní (SAG).
	Proyectos y Obras: Estudios de casos
	Hidrogeología. Conceptos generales
	Geofísica. Métodos aplicables a la investigación de recursos geotermales
	Geofísica de superficie. Métodos electroresistivos
<b>Día 5</b>	<b>Geofísica e hidrogeología de acuíferos termales</b>
	Geoeléctrica. SEV. Trabajo de campo e interpretación de los datos
	Ejemplos y taller de interpretación de curvas de campo
	Hidrogeología. Acuíferos termales

**DOCENTES:** Dr. Héctor de Santa Ana (ANCAP y FCIEN)  
Ing. Jorge de los Santos, M. Sc. (FING - Regional Norte)

### Semana 2 – Elementos de Termodinámica

<b>Día 1</b>	<b>VARIABLES TERMODINÁMICAS</b>
	Introducción sobre termodinámica

	Parámetros de estado
<b>Día 2</b>	<b>Leyes de estado, trabajo, calor</b>
	Gas ideal y ley de gases ideales
	Mezcla de gases
	Capacidad calorífica.
	Equivalencia entre trabajo y calor
<b>Día 3</b>	<b>Principios de la termodinámica</b>
	Ley de conservación y transformación de la energía.
	Energía interna y trabajo exterior.
	Ecuación del primer principio para sistemas cerrados
	Entalpía
	Ecuación del primer principio para sistemas abiertos
	<b>Máquina térmica</b>
	Concepto de rendimiento térmico
	Fuentes de calor
	Transformaciones reversibles e irreversibles
<b>Día 4</b>	<b>Ciclos termodinámicos</b>
	Ciclo de Carnot
	Ciclo de Rankine
	Ciclo de Stirling
	Ciclo de Kalina (opcional)
<b>Día 5</b>	<b>Aire húmedo</b>
	Aire seco y aire atmosférico
	Humedad específica y relativa del aire
	Temperatura de rocío
	Temperatura de saturación adiabática (bulbo húmedo)
	Carta psicrométrica

**DOCENTE:** Dr. Ing. Pedro Curto (IET, FING)

### **Semana 3 - Cuadro Geológico General. Estructura de los Campos Geotérmicos y Prospección Geofísica mediante MT y AMT**

<b>Día 1</b>	<b>Del calor de la tierra</b>
	Los signos visibles (volcanes, aguas termales, etc)
	Su origen (calor, calor radiogénico, etc)
	Equilibrio de calor en la tierra

	Gradiente geotérmico y flujo de calor terrestre
	Técnicas de medición
	Fenómenos planetarios que se derivan del calor de la tierra (la tectónica de placas)
	Relación entre las placas tectónicas, el vulcanismo y los campos geotérmicos
	Fluidos geotermales
	Los sistemas geotérmicos (cómo se desarrollan y qué tipos existen)
<b>Día 2</b>	<b>La energía geotérmica</b>
	Evaluación de los recursos
	Sostenibilidad de los Recursos
	Breve historia de la utilización de los recursos geotérmicos
	Potencial geotérmico global
	La electricidad de energía geotérmica (plantas de ciclo binario)
<b>Día 3</b>	<b>Exploración geotérmica: Una visión general (1)</b>
	Introducción general a la exploración y los objetivos de exploración.
	Ejemplos de flujo de trabajo en diferentes entornos geográficos: rocas volcánicas, cristalinas y sedimentarias
	Estado de la técnica hacia el futuro: Objetivos
<b>Día 4</b>	<b>Exploración geofísica: Una visión general (2)</b>
	Parámetros geofísicos
	Breve descripción de los métodos geofísicos: la temperatura subsuperficial y el gradiente térmico
	Estudios de gravedad
	Estudios magnéticos
	Métodos sísmicos (activos y pasivos)
	Geofísica y métodos de perforación
Teledetección	
<b>Día 5</b>	<b>MT y AMT</b>
	Resistividad y su papel en los sistemas hidrotérmicos
	Concepto básico para la aplicación de la metodología magnetotelúrica y audio magnetotelúrica
	Estudio de casos

**DOCENTE:** Dra. Adele Manzella (IGG, CNR, Pisa, Italia)

## **Semana 4 – Dispositivos mecánicos y termodinámicos. Tecnología y utilización de la energía geotermal**

<b>Día 1</b>	<b>Recurso geotermal</b>
	Energía disponible en reservorios geotermales

	Tipos de reservorios
	Evaluación del potencial geotermal
	Tipos de utilizaciones
<b>Día 2</b>	<b>Tecnologías: Intercambiadores de calor, bombas de calor</b>
	Descripción de las tecnologías para aprovechar el recurso geotermal
	Descripción de operación de intercambiadores de calor
	Metodología de selección de intercambiadores de calor
<b>Día 3</b>	<b>Tecnologías: Intercambiadores de calor, bombas de calor</b>
	Descripción de la operación de bombas de calor
	Usos de la bomba de calor
	Criterio de selección
<b>Día 4</b>	<b>Viabilidad, Factibilidad, Usos, combinación con otras fuentes de energía</b>
	Tipos de usos de la energía geotermal
	Diagrama exegético
	Aplicaciones agro-industriales
	Aplicaciones residenciales
	Dimensionamiento del sistema
	Análisis de viabilidad
	Análisis de factibilidad
<b>Día 5</b>	<b>Caso de ejemplo</b>
	Planteo del caso
	Información de base
	Estimación de cargas térmicas
	Dimensionado, alternativas
	Evaluación económica

**DOCENTE:** Dr. Ing. José Cataldo (IMFIA, FING)

### **Semana 5 – Aprovechamientos geotérmicos de baja entalpia**

<b>Día 1</b>	<b>Usos de la energía geotérmica. Redes de distribución</b>
	Técnica de medición del uso: Estadística, inductiva, directa
	Curva de duración
	Redes de calefacción de distrito; el modo de realización, los criterios para el dimensionado y optimización
	Redes de enfriamiento

<b>Día 2</b>	<b>Sistemas de utilización de los recursos geotérmicos para usos directos</b>
	Sistemas sin extracción de agua subterránea
	Sistemas de extracción de líquido del subsuelo, con y sin reinyección
	Esquemas conceptuales de ingeniería
	Soluciones con intercambiadores directos
	Soluciones con bomba de calor
	Tipos de bombas de calor
	Bombas de calor de alta temperatura
	Bombas de calor de absorción
	Fluidos de trabajo del ciclo de la bomba de calor
	Beneficios de las bombas de calor
Las bombas de calor reversibles para calefacción en invierno y refrigeración en verano	
<b>Día 3</b>	<b>Diagrama de flujo instrumentado (P &amp; I)</b>
	P & I: conceptos generales
	Ajuste de la planta de P & I para el uso directo de los recursos geotérmicos con y sin bomba de calor
<b>Día 4</b>	<b>La cogeneración en relación con energía geotérmica</b>
	Conceptos generales sobre la cogeneración
	Tipo de motor primario
	Rendimiento y balance energético
	Lay-out de las instalaciones típicas
Los sistemas de almacenamiento térmico de la energía	
<b>Día 5</b>	<b>Evaluación económica</b>
	La simulación del manejo de la gestión de las instalaciones
	Técnicas de análisis económico de viabilidad
	Los costes de inversión
	Los ingresos y gastos de funcionamiento

**DOCENTE:** Dr. Carlo Piemonte (Università degli Studi di Brescia, Italia)



## » CV - Docentes

**Héctor de Santa Ana:** Dr. en Geología. Gerente de exploración y producción de ANCAP (Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland). Docente libre de la Facultad de Ciencias. Una docena de publicaciones en revistas arbitradas. Capítulos de libros. Extensa actuación profesional, en diversos países.

**Jorge de los Santos:** Ingeniero, Máster en Hidrología Subterránea. Profesor Agregado de la Facultad de Ingeniería y coordinador del Departamento del Agua en la Regional Norte de la UdelaR. Dos decenas de publicaciones en congresos y eventos regionales, capítulos de libros. Extensa actuación profesional, en diversos países.

**Pedro Curto:** Dr. en Ingeniería Industrial. Docente de la Facultad de Ingeniería. Publicaciones en revistas arbitradas y eventos.

**Adele Manzella:** Especialista en Geofísica y Geotermia. Investigadora del Instituto de Geociencias y Georecursos de Pisa, Italia. Una docena de publicaciones en revistas arbitradas. Capítulos de libros. Extensa actuación profesional, en diversos países.

**José Cataldo:** Doctor en Ingeniería. Profesor Titular de la Facultad de Ingeniería. Investigador de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación. Dos decenas de publicaciones en congresos y eventos regionales, capítulo de libro, publicación en revista científica. Extensa actuación profesional, en diversos países.

**Carlo Piemonte:** Especialista en Geotermia e Ingeniería Mecánica. Profesor de la Universidad de los Estudios de Brescia, Milano, Italia. Ingeniero Senior del Estudio Asociado de Ingeniería, de Milano. Decenas de proyectos y publicaciones internacionales en la temática de especialización.

## » CALENDARIO

### Octubre

L	M	M	J	V
4	5	6	7	8
11	12	13	14	15
18	19	20	21	22
24	25	26	27	28

### Noviembre

L	M	M	J	V
1	2	3	4	5

Los días 12 de octubre y 2 de noviembre, feriados en Uruguay, se desarrollará actividad normal en el curso.

Las clases de los dos profesores extranjeros serán desarrolladas en italiano. Las preguntas podrán realizarse en español y las respuestas serán dadas en italiano o inglés.

## » Formación

Poseer título terciario o universitario (técnico o científico), para la examinación y acreditación del curso. Título secundario técnico para el cursado y certificado de concurrencia.

## » Horario

El programa se desarrollará de lunes a viernes, de 8:30 a 16:30 horas, Las clases totalizarán 6 horas diarias.

## » Lugar

Sede de la Regional Norte de la Universidad de la República, Rivera 1350, Ciudad de Salto.  
<http://www.unorte.edu.uy>

## » Número de plazas

Máximo, 25 participantes.

## » Inscripción

Las solicitudes de inscripción se recibirán hasta el viernes 3/09/2010, debiendo estar acompañadas de un currículum vitae reducido del postulante. Además, deberá presentarse la ficha de inscripción que se encuentra disponible en la página web.

**Pagos de Matrícula:** La suma correspondiente deberá ser depositada o girada desde el Exterior al Banco de la República Oriental del Uruguay, Agencia: Salto, Código Switch: BROUUYMM ABA: 026003324, Calle: Uruguay 509, Salto, en la cuenta corriente en dólares a nombre de **Fundación Regional Norte**, que se indicará al pie del formulario de inscripción, próximamente. En las observaciones se deberá determinar el **nombre de quién realizó el giro**. Esto es importante para que el giro se efectúe de manera segura. El participante deberá enviar el comprobante de transferencia, a la dirección electrónica receptora. En caso de que el pago se realice en Uruguay, y en pesos uruguayos, deberá depositarse en la cuenta de la Universidad de la República número 044-0004861, sede Salto, del BROU. El pago con tarjeta de crédito no se podrá realizar desde el exterior, pero desde Uruguay podrá hacerse con tarjeta Visa. Las consultas y/o solicitudes de admisión y becas deben dirigirse únicamente a los organizadores (Departamento del Agua-Regional Norte, al correo ya especificado).

## » Becas

- 2 becas parciales, consistentes en exoneración de la matrícula para extranjeros extraregionales.
- 3 becas parciales, consistentes en exoneración del 50% de la matrícula y hospedaje, para asistentes del Mercosur.
- 7 becas parciales, consistentes en exoneración de la matrícula para estudiantes de la Maestría en Ingeniería de la Energía, de la Maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada y de la Maestría en Ingeniería Ambiental.

**Las becas son ofrecidas exclusivamente para la actividad completa.**

## » Control de aprovechamiento y certificado de aptitud

El aprovechamiento del curso será controlado mediante un trabajo práctico propuesto a cada participante y evaluaciones continuas diarias y/o finales por tema. El Curso tendrá nivel suficiente para habilitar su reconocimiento y conformar créditos en programas de Maestría.

## » Información y secretaría

### Departamento del Agua - Regional Norte

Rivera 1350, C.P. 50000, Salto, Uruguay

Tel. (+598 73) 21111 - 34816 - Fax: (+598 73) 22154

Email: [jedls@unorte.edu.uy](mailto:jedls@unorte.edu.uy)

## » Estadía en Salto

Salto es uno de los 19 departamentos en que se divide políticamente la República Oriental del Uruguay. Tiene 14.163 km<sup>2</sup> y aproximadamente 123.000 habitantes. Su capital, homónima, se encuentra ubicada 495 km. al noroeste de la Ciudad de Montevideo, sobre el Río Uruguay y próxima a la Represa Binacional de Salto Grande.

El departamento de Salto se destaca por poseer centros recreativos termales (perforaciones en el Sistema Acuífero Guaraní) que lo han convertido en una de las zonas turísticas más importantes del territorio nacional. A Salto se accede por vía terrestre desde Montevideo, Brasil o Argentina.

En la tabla se tiene las diferentes compañías que van a Salto y los horarios:

SERVICIOS DE ÓMNIBUS					
EMPRESA	FRECUENCIA	ORIGEN	PASA POR	DESTINO	
AGENCIA CENTRAL		<b>SALTO</b>		<b>MONTEVIDEO</b>	
	L,M,M,J,V,S,D	00:30		06:15	
	L,M,M,J,V,S,D	13:00		19:00	
	L,M,M,J,V,S,D	17:30		23:50	
	L,M,M,J,V,S,D	23:59		06:00	
			<b>MONTEVIDEO</b>		<b>SALTO</b>
	L,M,M,J,V,S,D	00:30		06:30	
	L,M,M,J,V,S	00:30		07:30	
	L,M,M,J,V,S,D	13:00		18:50	
	L,M,M,J,V,S,D	13:00		19:30	
	L,M,M,J,V,S,D	17:40		23:30	
	L,M,M,J,V,S,D	23:59		06:15	
		L,M,M,J,V,S,D	14:00		

	L,M,M,J,V,S,D	23:59		
EL NORTEÑO		MONTEVIDEO	SALTO	BELLA UNIÓN
	L,M,M,J,V,S,D	23:00	04:45	
		BELLA UNIÓN	SALTO	MONTEVIDEO
	L,M,M,J,V,S,D		23:45	05:45
NUÑEZ		SALTO		MONTEVIDEO
	L,M,M,J,V,S,D	06:30		12:45
	L,M,M,J,V,S,D	12:30		19:00
	L,M,M,J,V,D	23:30		05:05
	D	23:30		05:45
		MONTEVIDEO		SALTO
	L,M,M,J,V,S,D	23:30		05:05
	V	23:30		05:45
	L,M,M,J,V,S,D	06:30		13:00
	L,M,M,J,V,S,D	12:30		19:00

## BUENOS AIRES

EMPRESA	FRECUENCIA	ORIGEN	DESTINO
FLECHA BUS		BUENOS AIRES	SALTO
	J, D	23:00	08:00
		SALTO	BUENOS AIRES
	L, V	23:00	05:30
COIT		BUENOS AIRES	SALTO
	L, Ma, Mi, V, S	23:00	
		SALTO	BUENOS AIRES
	Ma, Mi, J, S, D	23:00	

## CONCORDIA

EMPRESA	FRECUENCIA	ORIGEN	DESTINO
CHADRE		SALTO	CONCORDIA
	L,M,M,J,V,S,	08:00	9:10
	L,M,M,J,V,S	14:00	15:10
		CONCORDIA	SALTO
	L,M,M,J,V,S	12:00	13:00

	L,M,M,J,V,S	18:00	19:00
		<b>SALTO</b>	<b>CONCORDIA</b>
<b>FLECHA BUS</b>	L,M,M,J,V,S	10:30	
	L,M,M,J,V,S	20:30	
		<b>CONCORDIA</b>	<b>SALTO</b>
	L,M,M,J,V,S	07:00	08:00
	L,M,M,J,V,S	18:30	19:30

Verifique la información llamando, o comunicándose por internet, al Salto Shopping [saltoshopping@adinet.com.uy](mailto:saltoshopping@adinet.com.uy), Av. Batlle 2265, Teléfono (0059873) 36200.

## » Alojamiento en la Ciudad de Salto

Cada participante podrá realizar su reserva vía Internet. En la página web [www.salto.gub.uy](http://www.salto.gub.uy) encontrará información hotelera y turística en general. El promedio diario de alojamiento se ubica en torno a los 20 dólares. La Regional Norte ofrece servicio de comedor, de lunes a viernes, al mediodía y a la noche. El costo diario es aproximadamente 6 dólares.

A 10 km de la ciudad de Salto se encuentran las Termas del Daymán, donde se dispone de una amplia y diversa infraestructura hotelera y alquiler de casas y cabañas. Un servicio de ómnibus municipal cubre el trayecto con Salto cada hora (desde Salto, 6:30 a 22:30; desde Termas del Daymán, 7:00 a 23:00).

Un convenio del Curso con el Gran Hotel Concordia [www.granhotelconcordia.com.uy](http://www.granhotelconcordia.com.uy), ubicado en pleno centro de la ciudad de Salto, beneficiará a cada participante con una bonificación en el precio de la estadía completa.

## » Transporte público

El servicio de ómnibus urbano tiene un costo por boleto de U\$S 0.70.

Foto: [www.salto.gub.uy](http://www.salto.gub.uy)

