



Aprobado Sesión de Directorio 9 de noviembre de 2022

Procedimiento: Programación de Mediano Plazo (P002 PROGMP)

Versiones:

Fecha	Autores	Motivo
28/10/2022	Procedimiento: <ul style="list-style-type: none">• Cristina Álvarez• Pablo Soubes• Felipe Palacio Anexo I: <ul style="list-style-type: none">• Guillermo Flieller Anexo II: <ul style="list-style-type: none">• Eliana Cornalino Anexo III: <ul style="list-style-type: none">• Pablo Soubes• Felipe Palacio	Creación del procedimiento.

Información de clasificación.

Objetivo:	El objetivo del presente procedimiento es describir el proceso relacionado a la programación de mediano plazo. En la programación de mediano plazo se definen las hipótesis y se genera la programación de la operación del sistema durante el Trimestre de Estudio.
Alcance:	<ul style="list-style-type: none">• Todas las Centrales de Generación.• Despacho Nacional de Cargas.
Recursos necesarios:	<ul style="list-style-type: none">• Información de operación enviada por DCU.• Pronósticos de demanda, generación de fuentes renovables, aportes (Ver anexos).• Recursos informáticos: SimSEE, SII, web de ADME, repositorio VATESMP• Aplicación vates_mp.• Aplicación rbt_pronos_imfia_mp.
Glosario y definiciones:	<ul style="list-style-type: none">• CTM-SG: Comisión Técnico Mixta de Salto Grande.• DCU: Despacho de Cargas de UTE.• IN3.4: Anomalía de la temperatura del océano Pacífico en la región 3.4.• Trimestre de Estudio: Son los siguientes 3 meses a partir de la Reunión MP.• PES: Programación Estacional.• Reunión Semanal CP: Es la reunión dónde se definen las hipótesis iniciales para realizar la programación de la operación de los primeros días de la Semana de Estudio.• Reunión Semanal MP: Es la reunión dónde se definen las hipótesis iniciales para realizar la programación del Mediano Plazo.• Sala Vates MP: Es el modelo SimSEE vigente de la programación de



	<p>mediano plazo.</p> <ul style="list-style-type: none">• Sala_VATES_MP_aaaammdd: Es el modelo SimSEE vigente al día indicado en el nombre, donde aaaa es el año, mm es el mes y dd el día. (ej: Sala_VATES_MP_20220511.zip corresponde a la sala vigente al 11 de mayo del 2022) .• Sala Vates CP: Es el modelo SimSEE vigente de la programación de corto plazo.• SII: Sistema Integral de Información.• SimSEE: Plataforma de Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica.• SIN: Sistema Interconectado Nacional.
Procedimientos relacionados:	<ul style="list-style-type: none">• Programación de Corto Plazo.• Programación Estacional.• Calibración de penalidades de la cota inferior de Bonete, Palmar y SG• Calibración de control de crecida Bonete, Palmar y SG• Aseguramiento de un caudal erogado mínimo en Central Hidroeléctrica Dr. Gabriel Terra (Bonete)
Registros:	<ul style="list-style-type: none">• Informe de Hipótesis• Informe de Resultados (contiene resultados relevantes de la/s Sala/s de los escenarios acordados en la reunión de hipótesis MP).• Publicaciones en la página web de ADME.• Repositorio de ADME.

1. Pronósticos e hipótesis

A la sala MP vigente al momento de la programación se le incorpora la información de:

- estado inicial del sistema: cotas de los embalses y stocks de combustibles.
- penalidades de las centrales hidroeléctricas, asociadas a los controles de cotas y a las restricciones de erogado.
- pronósticos de los caudales de aportes a los embalses de las centrales hidroeléctricas y de la anomalía de temperatura iN3.4. Ver Anexo I.
- agenda de arribos de combustibles.
- estimación de la demanda de energía. Ver Anexo II.
- condiciones de intercambio internacional de energía.
- costos variables de las unidades térmicas y valores de falla.
- mantenimientos y disponibilidades de las unidades de generación e instalaciones de transmisión.



2. Modelo SimSEE

Utilizando las hipótesis definidas en la Reunión Semanal MP se actualizan los modelos de la Sala Vates MP y se optimiza para calcular la política de operación. A partir de la política de operación obtenida se realizan un conjunto de simulaciones de la operación del sistema. Asimismo, la política de operación se utiliza como enganche en el décimo día de la optimización de la Sala Vates CP.

La previsión de la operación del sistema incluye como variables de salida más relevantes el despacho por fuente, valores del agua, operación y cotas de las centrales hidroeléctricas, consumo y stocks de combustibles, encendido/apagado de grandes centrales térmicas, riesgo de falla e intercambios internacionales de energía.

A partir de la previsión de operación se obtiene toda la información necesaria para determinar la planificación de MP, no existiendo la necesidad de utilizar ninguna otra fuente de información externa a la publicada.

La Sala Vates MP es el modelo SimSEE vigente de la programación de mediano plazo y se actualiza 2 veces por día con la mejor información disponible. Ver tabla 1.

3. Actualización de la Información

3.1. Reunión Semanal MP y seguimiento

Los martes se lleva a cabo una reunión entre DNC y DCU. En ella se analiza toda la información propuesta por DCU correspondiente a la sección 1 Las hipótesis que se adopten para el modelo de la sección 2 deben contar con aprobación de DNC.

Ante eventos que puedan modificar la información del punto 1 podría ser necesario modificar las hipótesis aprobadas. En tal situación DCU debe informar a DNC la nueva propuesta de hipótesis, los fundamentos y las simulaciones con el modelo actualizado. Con las nuevas hipótesis aprobadas por DNC se elabora una nueva programación de MP.

3.2. Actualización automática

Dos veces al día se ejecuta en forma automática el programa *vates_mp* que actualiza las fechas, cotas de centrales hidroeléctricas, stocks de combustibles, caudales de aportes e iN3.4.

4. Entregables

Como resultado de las secciones 1 a 3 DCU entrega los productos detallados en esta sección que constituyen la propuesta para la elaboración de la programación.

4.1. Informe de hipótesis

El informe de hipótesis debe contener:

- Política de operación de largo plazo.
- Información hidro-meteorológica.
- Despachos por calidad y seguridad de abastecimiento.
- Previsión de demanda semanal.
- Previsión de indisponibilidades de centrales generadoras y factores de disponibilidad en el mediano plazo.
- Representación de los intercambios internacionales de energía.
- Costos variables de unidades térmicas, costos de generadores distribuidos de despacho centralizado y costos de falla.
- Cálculo de penalidades y parámetros sujetos a indexación, según lo establecido en 7.3.

4.2. Actualización de la Sala Vates MP

Con las hipótesis definidas en la Reunión Semanal MP, DCU actualiza la Sala Vates MP (ver sección 1). Los resultados más relevantes de la Sala Vates MP deben estar disponibles previamente a la Reunión Semanal CP, ver Tabla 1.

4.3. Informe de Resultados

Contiene los resultados mas relevantes de la Sala MP.

5. Verificación de los procesos automáticos

Todos los procesos automáticos envían correos de confirmación de su ejecución. Adicionalmente, se verifica manualmente la coherencia de los resultados.

6. Publicación y registros de la información oficial de ADME

Se muestra en la Tabla 1 los productos publicados.

Item	Publicación	Registro	Frecuencia de publicación	Tipo de actualización
Costos variables de centrales térmicas	Web ADME	SII	Al menos 1 vez al mes por cambio de costos combustibles o en caso de declaración de cv de generadores (hasta el martes de la semana en curso).	Automático
Sala Vates MP	Web ADME http://latorrex.adme.com.uy/vates/salas_h0/	Servidor ADME (unicamente Sala_aaaammdd)	2 veces por día y en caso de actualización de hipótesis	Automático
Resultados Modelo Sala MP	http://latorrex.adme.com.uy/vatesmp/aaaammdd/	Servidor ADME (última sala vigente para el día)	2 veces por día y en caso de actualización de hipótesis	Automático
Informe de Hipótesis	Restringido a DNC (https://sii.adme.com.uy/carpetaPersonal/adm_fichas.php?dat_exp=3487&opcion=1&a=0)	SII	Día posterior Reunión Semanal MP	Manual DCU
Informe de Resultados	Restringido a DNC (https://sii.adme.com.uy/carpetaPersonal/adm_fichas.php?dat_exp=3487&opcion=1&a=0)	SII	Día anterior Reunión Semanal CP	Manual DCU

Tabla 1: Productos publicados por ADME.



7. Anexos

7.1. Anexo I: Pronósticos de caudal de aportes a centrales hidroeléctricas

Objetivo:	Generar pronósticos de caudal de aportes a centrales hidroeléctricas.
Alcance:	DNC
Recursos necesarios:	<ul style="list-style-type: none">• SimSEE• Rstudio o Rscript• Octave o Matlab• Aplicación rbt_pronos_imfia_MP
Glosario:	<ul style="list-style-type: none">• NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration.• GEFS: Global Ensemble Forecast System.• GR4J: Génie Rural à 4 paramètres Journalier.• IN34: Anomalía de temperatura en el sector 3.4 del océano pacífico.• CEGH: Modelo de regresión lineal utilizado para modelar fenómenos estocásticos en SimSEE.• Kriging: Método de interpolación geoestadístico.• Ensembles: Conjunto de realizaciones de una variable meteorológica resultante de perturbar las condiciones iniciales del estado de la atmósfera.• CTMSG: Comisión Técnica Mixta Salto Grande.• PEG DCU: Unidad de Planificación y Estudios de Generación del Despacho de Cargas UTE.
Procedimientos relacionados:	<ul style="list-style-type: none">• Programación de Mediano Plazo
Registros:	<ul style="list-style-type: none">• Sala de programación de mediano plazo• http://latorrex.adme.com.uy/vatesmp/

7.1.a) Modelos

Se utilizan modelos hidrológicos para estimar y pronosticar caudales de aportes a las centrales hidroeléctricas. Para las centrales del Rio Negro se utilizan modelos desarrollados a partir de una consultoría externa realizada en 2019^{[1][2]}. PEG DCU analiza en forma comparada los pronósticos de vates con los de UTE e informa los apartamientos y sugiere ajustes si lo considera pertinente.



Como primer paso los modelos estiman lluvias ocurridas sobre las cuencas y subcuencas de influencia sobre los embalses de las centrales en base a imágenes satelitales y registros pluviométricos.

Luego se estima *ensembles* de pronósticos de lluvias acumuladas en las subcuencas aplicando Kriging a *ensembles* de precipitaciones pronosticadas de la fuente GEFS de la NOAA sobre una grilla de puntos equiespaciados sobre el territorio. Sobre estos datos se aplica el modelo de escurrimientos GR4J y el modelo de tránsito Muskingum para obtener *ensembles* de pronósticos de caudales de aportes a las centrales.

Adicionalmente para el caudal de aportes al embalse de Salto Grande se utiliza el pronóstico en base a *ensembles* GEFS elaborado por la CTMSG.

7.1.b) Operación de los modelos

Los programas involucrados en estas tareas se ejecutan en el usuario robot en los servidores de ADME.

1. run_precip_rionegro: Estima las precipitaciones acumuladas diarias sobre las subcuencas.
2. rbt_pronos_IMFIA_MP:
 - Descarga los *ensembles* de pronósticos.
 - Ejecuta los modelos hidrológicos para las centrales del Rio Negro.
 - Descarga el *ensemble* de pronósticos suministrados por la CTMSG.
 - Descarga pronósticos de IN34.
 - Calibración del modelo para utilizarlo dentro de la fuente CEGH.



7.2. Anexo II: Pronósticos de demanda de energía eléctrica

Objetivo:	Generar un pronóstico de demanda horaria de energía eléctrica con horizonte de 4 semanas.
Alcance:	<ul style="list-style-type: none">• DNC
Recursos necesarios:	<ul style="list-style-type: none">• SimSEE• Octave o Matlab: selectcurva_vates_pvl112_vatesX3.m• Hoja de cálculo: Calibracion_factores_prorrateo_DemCEGH.xlsx• Pronóstico de las siguientes cuatro semanas suministrado por UTE
Glosario:	
Procedimientos relacionados:	<ul style="list-style-type: none">• Programación de Mediano Plazo
Registros:	<ul style="list-style-type: none">• Sala de programación de mediano plazo• http://latorrex.adme.com.uy/vatesmp/

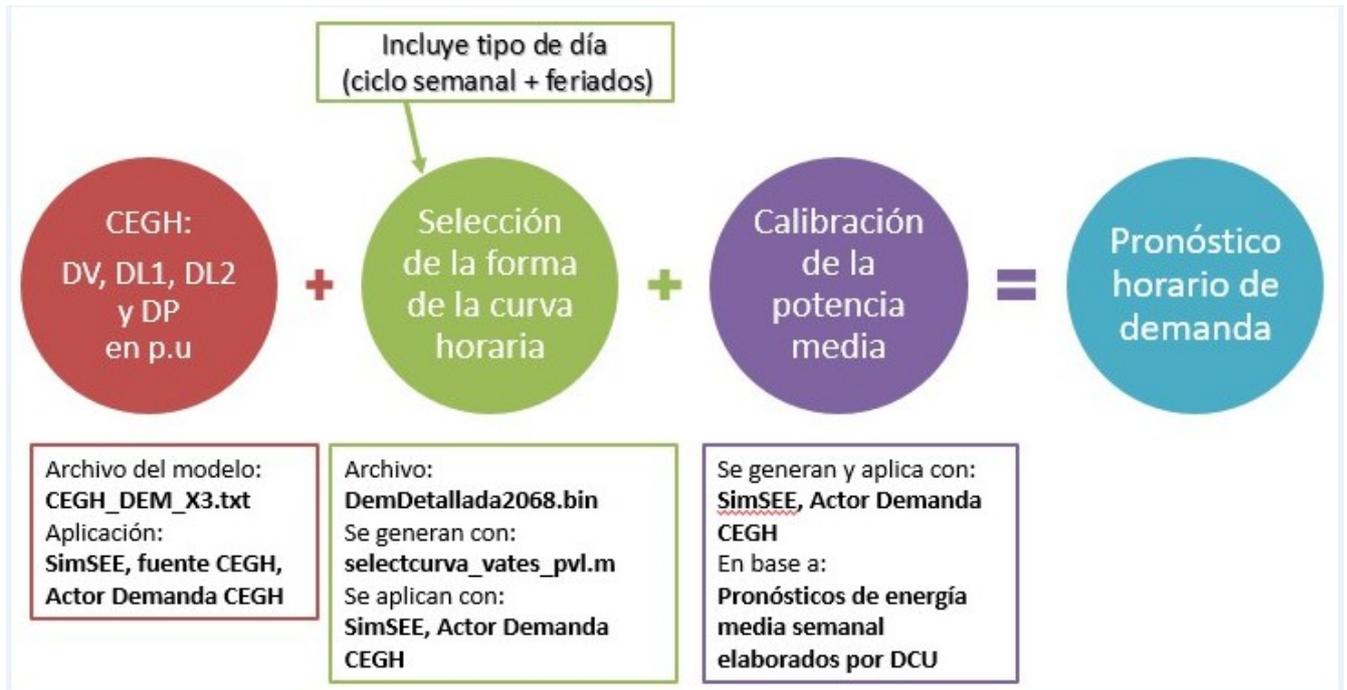
7.2.a) Modelos

El modelo utilizado para la representación de la demanda horaria es un modelo CEGH de paso diario (archivo: CEGH_DEM_X3.txt), combinado con una selección de curvas horarias (archivo: DemDetallada2068.bin) que dan la forma horaria y la cadencia del ciclo semanal a la energía resultante del modelo CEGH.

La variabilidad de la demanda está dada por el modelo CEGH de paso diario, antes mencionado, que genera series de potencias medias correspondientes a los 4 tramos horarios: Valle de 00:00 a 06:00; Llano 1 de 06:00 a 12:00; Llano 2 de 12:00 a 18:00; Pico de 18:00 a 24:00. Las variables de entrada del modelo son las temperaturas máxima y mínima del día y las demandas del día anterior.

El ciclo semanal y la forma horaria de la demanda son determinados en el archivo de “demanda detallada” el cual se construye a partir la identificación y clusterización de formas horarias históricas.

En el siguiente esquema se representan todas las etapas del proceso, las aplicaciones utilizadas y archivos generados.e



Para la aplicación del modelo en la Sala Vates MP se utiliza un actor del tipo TDemandaCEGH en el cual se unifica toda la información necesaria para la representación de la demanda pronosticada.

Los pronósticos que se utilizan son generados por UTE y corresponden a pronósticos de energía semanal para las siguientes 4 semanas. El actor “Demanda CEGH” permite la descomposición de esta energía en valores medios por tramo para cada día de cada semana pronosticada.¹

¹Parte de este proceso aún se realiza manualmente pero será automatizado en la próxima versión.

7.2.b) Operación

La generación del pronóstico se realiza utilizando el actor Demanda CEGH. Este permite obtener simulaciones de demanda horaria en base a proyecciones o pronósticos de energía de mayor paso temporal (proyecciones de energía anual o trimestral y/o pronósticos de energía semanal). Para ello utiliza unos “factores de prorratio” que reparten la energía por tramo horario y estación del año. Estos factores se calibran periódicamente a partir del análisis de su evolución histórica. Para la actualización de estos se debe activar el checkbox “Editar Prorratio” y allí se despliega una tabla para verificación o modificación de dichos valores. Actualmente se están utilizando factores obtenidos por proyección lineal de las tendencias presentadas en el período 2013-2019².

- 1) **Selección de la forma de la curva horaria.** Para definir el ciclo semanal y la forma horaria de la demanda se utiliza el archivo de demanda detallada dem_2012-2068.bin. Éste ha sido construido utilizando la aplicación selectcurva_vates_pvl112_vatesX3.m a partir de datos de temperaturas medias históricas.
- 2) **Calibración de la potencia media.** Se requiere determinar los valores de ajuste VE_DX(MW) para cada uno de los 4 tramos horarios de demanda, los cuales serán utilizados con dos fines:
 - a) como multiplicadores que convierten en MW las salidas en p.u. del modelo CEGH
 - b) como divisores para convertir los pronósticos de potencia demandada de MW a p.u para ser ingresados al cono del CEGH.
- 3) **Configuración del cono.** Los valores para la configuración de la guía del cono de pronósticos son elaborados por UTE³ e ingresados a la Sala Vates MP de la siguiente manera:
 - a) los pronósticos de energía semanal son transformados a potencia media diaria por tramo horario, en base a los prorratio por estación del año y por tramo horario que ya

2 Para el análisis y actualización de los prorratio se utiliza la planilla Calibracion_factores_prorratio_DemCEGH.xlsx

3 Al momento de escribir este procedimiento, UTE, para elaborar el pronóstico de energía semanal para las siguientes 4 semanas que se ingresan al cono de la CEGH se corren tres modelos cada semana: el modelo basado en Random Forest del paquete Enercast, el modelo de Espacio de Estados de Enercast y el modelo SARIMA que se ejecuta en Eviews. Los resultados de energía semanal de estos modelos se comparan con el mismo valor obtenido de la previsión de demanda horaria que elabora la empresa Meteorológica los días Martes a las 11am. Hasta el momento el procedimiento para repartir el pronóstico de energía semanal entre las horas de la semana consiste en respetar el reparto que realiza el modelo de Espacio de Estados (modelo 4 del paquete Enercast) pues es el modelo que, al día de la fecha, arroja los mejores resultados.



se encuentran ingresados en el actor⁴. Estos pronósticos se ingresan desde el editor del actor de Demanda CEGH y son exportados automáticamente al cono de pronósticos de la fuente CEGH correspondiente.

- b) los pronósticos de temperatura, Tmax, Tmin e Itmax, son ingresados directamente en el cono de pronósticos⁵.
- c) Las 7 variables se configuran con NPCC = 34 y todos los parámetros de dispersión igual a cero. Es decir, se condiciona el valor esperado de las variables pero no se limita la dispersión en torno a éste sino que se mantiene la dispersión máxima del CEGH.

4 Parte de este proceso aún se realiza manualmente pero será automatizado en la próxima versión.
5 A la fecha DCU utiliza un promedio de 8 puntos de la zona metropolitana del modelo GFS.



7.3. Anexo III: Modelo SimSEE

Objetivo:	Descripción de la parametría a utilizar en la Sala VATES MP.
Alcance:	<ul style="list-style-type: none">• DNC
Recursos necesarios:	<ul style="list-style-type: none">• SimSEE
Glosario:	
Procedimientos relacionados:	<ul style="list-style-type: none">• Programación de Corto Plazo• Programación Estacional• Calibración de penalidades de la cota inferior de Bonete, Palmar y SG• Calibración de control de crecida Bonete, Palmar y SG• Aseguramiento de un caudal erogado mínimo en Central Hidroeléctrica Dr. Gabriel Terra (Bonete)
Registros:	<ul style="list-style-type: none">• Sala de programación de mediano plazo• http://latorrex.adme.com.uy/vatesmp/

7.3.a) Parámetros generales

Paso de tiempo diario.

Optimización:

- 5 crónicas.
- Semilla inicial: 40031.
- Máximo número de iteraciones: 5.
- Horizonte: 3 meses.

Simulación:

- 1000 crónicas.
- Semilla inicial: 10031.
- Máximo número de iteraciones: 5.
- Horizonte: 3 meses.

Variables de Estado: 6

- Volumen embalsado en los embalses de Bonete (10 discretizaciones), Palmar (5 discretizaciones), y Salto Grande (5 discretizaciones).
- Estado hidrológico del Río Negro y Salto Grande (5 discretizaciones cada una).

- Índice de la anomalía de la temperatura superficial del océano Pacífico en la región 3.4. (5 discretizaciones).

7.3.b) Enganche CF

La Política de Operación de la Sala VATES MP se engancha la calculada en la Programación Estacional con un mapeo uno a uno de las variables de estado.

7.3.c) Unidades de Falla

En la Tabla 2 se muestran los valores de falla a considerar.

Escalones de Falla (% de demanda)	Costo de Falla (USD/MWh)
Entre 0 y 2	600
Entre 2 y 7	600
Entre 7 y 14.5	2400
Entre 14.5 y 100	4000

Tabla 2: Representación de la Falla.

7.3.d) Controles de Cota con penalidad

Según la resolución de Directorio DIR-RE-2022-006 se deben considerar penalizaciones económicas por operar por debajo o por encima de ciertas cotas de control en las centrales hidroeléctricas, en todas las etapas de los modelos de optimización/simulación.

Los valores de las cotas y penalidades son definidos según el procedimiento “Calibración de penalidades de la cota inferior de Bonete, Palmar y SG”.

7.3.e) Erogados mínimos sin penalización

Se modelan en las centrales hidroeléctricas erogados mínimos por paso de tiempo sin penalización de 450 m³/s en Salto Grande durante todo el año; y de 120 m³/s en Palmar para el período diciembre a marzo de cada año.

7.3.f) Erogados mínimos con penalización

En la central hidroeléctrica de Bonete se modela un erogado mínimo de 80 m³/s con penalización por incumplimiento comenzando a partir de la incorporación de UPM2 al sistema. Los valores de las penalidades anuales para los siguientes 2 años se calculan de manera que la



probabilidad de incumplimiento semanal sea inferior a 0.57/1000 según el procedimiento “Aseguramiento de un caudal erogado mínimo en Central Hidroeléctrica Dr. Gabriel Terra (Bonete)”. Los valores a considerar para las programaciones se publican en el expediente SII “VATES_MP” y son calculados previo a cada Programación Estacional.

7.3.g) Modelado de Aportes a las Centrales Hidroeléctricas

Ver Anexo I: Pronósticos de caudal de aportes a centrales hidroeléctricas.

7.3.h) Modelado de la generación eólica y solar FV

Para la generación solar F.V. existente se modela el índice de claridad kt a partir del CEGH “CEGH_kt_solar_8ptos_050714.txt” que correlaciona el kt de 8 puntos del país y se asocia cada parque con el punto mas cercano. En el caso de la generación eólica se utiliza de forma análoga el CEGH “CEGH_eol_8sitios_sin_ve_8760.txt” que correlaciona la velocidad del viento en 5 puntos del país. La generación solar F.V. y eólica prevista por plan de expansión se modela a partir de los CEGH “CEGH_PSol1MW_8pfc17_20140722mgrch.txt” y “CEGH_PEOl1MW_5pfc45_20140722ecrch.txt” respectivamente.

7.3.i) Modelado del Ciclo Combinado

Para el modelado del ciclo combinado se utiliza el actor “Generador Térmico Combinado” con ON/OFF por paso de tiempo.

7.3.j) Modelado de la Demanda

Ver Anexo II: Pronósticos de demanda de energía eléctrica.

8. Bibliografía

[1] de Vera A., Terra R., Flieller G., Chaer R.. Integración de ensembles de pronósticos hidrológicos a las herramientas de operación del sistema eléctrico en Uruguay.

[2] de Vera A., Alfaro P., Terra R.. Operational Implementation of Satellite-Rain Gauge Data Merging for Hydrological Modeling.