



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
Dirección de Investigación e Innovación
Programa IPre de Investigación en Pregrado

Visualización geo-referenciada de afluentes en Chile

Francisco Paniagua 1^a, Álvaro Lorca 1^b

^a Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, sexto año, fpaniagua@uc.cl.

^b Departamento de ingeniería Eléctrica, Departamento de ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Profesor Asistente, alvarolorca@uc.cl.

Resumen

La correcta interpretación de los datos de afluentes, es una de las aplicaciones más importantes de la hidrología, especialmente para la gestión de las centrales con tecnología hidráulica. En esta investigación se propone el análisis de estos datos mediante la construcción de una herramienta de visualización de información, que permita combinar los datos de geo-localización de centrales con los datos de afluentes, puestos a disposición por el coordinador del Sistema Eléctrico Nacional. Luego de esta experiencia se logró mostrar que con el uso de diversas tecnologías web (librerías de JavaScript) se puede manejar de mejor manera la complejidad de esta gran cantidad de datos. Además el uso de distintos filtros mostro ser útil para entender el comportamiento de los datos. También se pudo inferir que el uso de esta tecnología podría llegar a ser útil con otros datos que se tiene a disposición el coordinador.

Palabras clave: *Energía, afluentes, georeferenciación, visualización de datos*

1. Introducción

En los últimos años ha habido considerable investigación en desarrollar modelos para entender propiedades hidrológicas de los afluentes. Estos modelos son fundamentales para planear y diseñar las políticas de gestión del recurso hídrico. En esta investigación se usó un enfoque alternativo, en el cual se trató de determinar si es posible entender y extraer patrones de los datos, Mediante la observación de la información con la ayuda de herramientas de visualización. Para esto se programó



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
Dirección de Investigación e Innovación
Programa IPre de Investigación en Pregrado

una herramienta que permite analizar y filtrar los datos de afluentes del sistema chileno según geo localización, central de origen, años, meses y semanas.

1.1. Sistema de interconexión eléctrica de Chile.

En Chile Existen 3 sistemas de interconexión de la energía eléctrica que conectan las centrales y empresas generadores de transmisión. Siendo el más importante el Sistema interconectado Central (SIC). Este sistema es administrado por el Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional y cuenta con un 98,5 por ciento de cobertura de la población nacional para el año 2020. Dentro de este sistema la tecnología hidráulica es la segunda más importante después de la térmica, y desde el 1 enero del año 2020 hasta el 1 de abril del mismo año, la tecnología hidráulica represento un 24,21 por ciento de la energía total generada.

2. Experimentación

El proceso que se llevó a cabo para lograr desarrollar la herramienta descrita en la introducción, puede clasificarse en tres etapas: Recopilación de la información, limpieza y unión de los datos y la implementación de un sistema de visualización de los datos obtenidos.

2.1. Recopilación de la información

En primer lugar, del Coordinador se obtuvieron los datos de caudales en un formato CSV (del inglés *comma-separated values*). Cada columna entrega información sobre un año en una Central en particular, en donde, se indica el caudal generado por semana (se toman cuatro semanas por mes). Luego de la página web energiamaps.cl de la CNE (Comisión Nacional de Energía) se descargó una base de datos en un formato DBF con la ubicación geográfica de Las centrales hidroeléctricas de Chile.

2.2. Limpieza y unión de los datos

Se programó un script en el lenguaje *python*, que primero pre procesa la información de la base de datos de la CNE. En primer lugar los nombres de las centrales son puestos en minúsculas (para poder hacer el *match* con los nombres de la otra base de datos), luego es necesario transforma la información geográfica, del sistema de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*) al sistema de coordenadas geográficas Longitud y latitud. Finalmente se lee el archivo con la información de los



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
Dirección de Investigación e Innovación
Programa IPre de Investigación en Pregrado

afluentes y se crea un archivo final en formato JSON (*JavaScript object notation*) con la información agrupada por central, geo localización, caudal, mes, semana y año.

2.3. Implementación del sistema de visualización

Para la programación de esta herramienta se tomó la decisión de usar el lenguaje JavaScript por dos principales razones. La facilidad de uso para el potencial usuario final. Debido a que al ser una tecnología web, cualquier usuario con acceso a un navegador puede hacer uso de la herramienta sin necesidad de instalar nada de manera invasiva. En segundo lugar la escalabilidad que otorga usar JavaScript. Si en el futuro se quiere extender este trabajo y usarlo con otros datos o dentro de otro *Framework* más grande, es posible hacerlo sin mayores complicaciones importando los *scripts* de JavaScript generados.

Para la implementación de los gráficos se utilizó la librería DC.js (*Dimensional Charting JavaScript Library*). Esto debido a su alta eficiencia en la exploración de grandes *datasets* multi-dimensionales. Esta librería crea gráficos compatibles con CSS (*Cascading Style Sheets*) en un formato SVG. Además nos proveen con la gran ventaja de ser reactivos y proveer retroalimentación instantánea en la interacción con el usuario.

3. Resultados y discusión

3.1 Herramienta construida.

Finalmente se creó una página web interactiva con cinco gráficos interconectados entre sí, mediante su información (previamente procesada por el *script* de *python*). La interacción con cada uno de estos gráficos permite filtrar el resto de los esquemas, lo cual, permite a su vez, analizar los datos según cualquier dimensión o combinación de dimensiones que se estime conveniente.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
Dirección de Investigación e Innovación
Programa IPre de Investigación en Pregrado

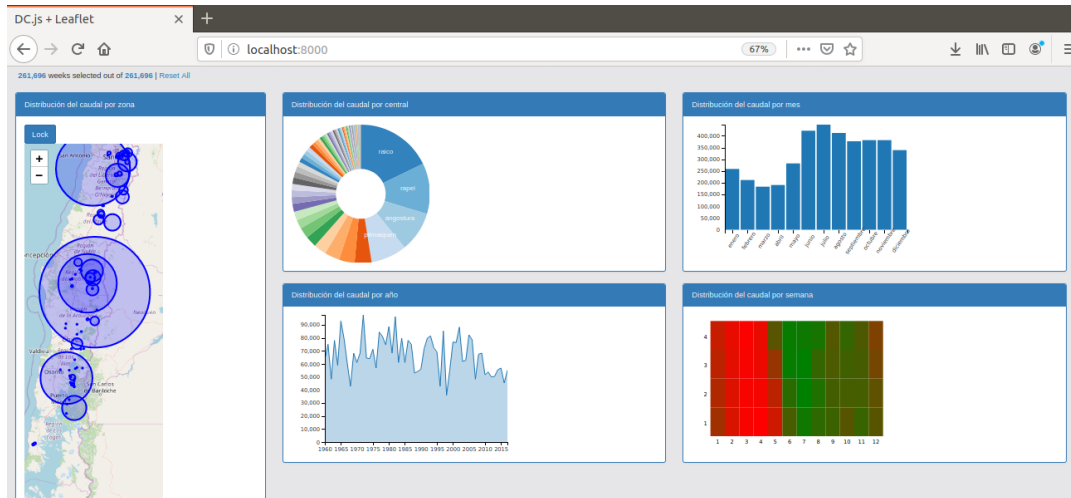


Figura 1

Como se puede apreciar en la figura 1 (la captura de pantalla tiene un nivel de zoom del 67% para poder apreciar todos los gráficos al mismo tiempo). Podemos encontrar cinco tableros principales:

1. Distribución del caudal por zona: Este esquema tiene un mapa interactivo en donde, cada central tiene un círculo asociado, en donde, el tamaño del radio representa la cantidad de caudal de cada central.
2. Distribución del caudal por Central: Este esquema es un gráfico circular (*pie chart*), en donde, se puede apreciar la distribución del caudal por central, además permite filtrar el resto de los gráficos seleccionando una o más centrales.
3. Distribución del caudal por mes: Este gráfico de barras permite analizar y filtrar los datos según el o los meses que se encuentren seleccionados.
4. Distribución del caudal por año: Este esquema permite seleccionar una ventana de tiempo del tamaño que se desee y moverla para analizar cualquier periodo que se estime conveniente.
5. Distribución del caudal por semana: Este es esquema es una mapa de calor, en donde, el eje de las abscisas representa los meses y el eje de las ordenadas las semanas, este grafico fue hecho con una interpolación en donde el color verde representa el mayor caudal y el color rojo representa el mínimo caudal



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
Dirección de Investigación e Innovación
Programa IPre de Investigación en Pregrado

3.2 Decisiones de implementación.

Un problema que surgió durante la creación del programa fue la elección de la escala para el radio de las circunferencias del grafico de distribución del caudal por zona. En un comienzo se escogió una escala estática lineal, en donde, el mayor radio equivale a el valor de la central con el mayor caudal acumulado. El problema de este enfoque es que al momento de seleccionar una ventana de tiempo, la escala ya no es útil debido a que los caudales por central son mucho menor que el máximo de la escala inicial y por tanto no se puede apreciar la diferencia entre los distintos radios.

Para solucionar esto se intentó crear una escala dinámica, en donde, el dominio cambia cada vez que se actualizan los filtros. Este enfoque soluciona el problema generado por la escala estática, sin embargo, genera un nuevo inconveniente, el cual es la incapacidad de comparar bajo una misma escala dos periodos de tiempo distintos, debido a que al cambiar la ventana de tiempo se vuelve a recalcular la escala.

Finalmente se optó por una solución “hibrida” que mezcla ambas implementaciones, la cual permite obtener la ventaja de los dos tipos de escalas (estática y dinámica), pero sin ninguno de los problemas mencionados. Esta solución consiste en un botón que permite activar y desactivar la escala dinámica.

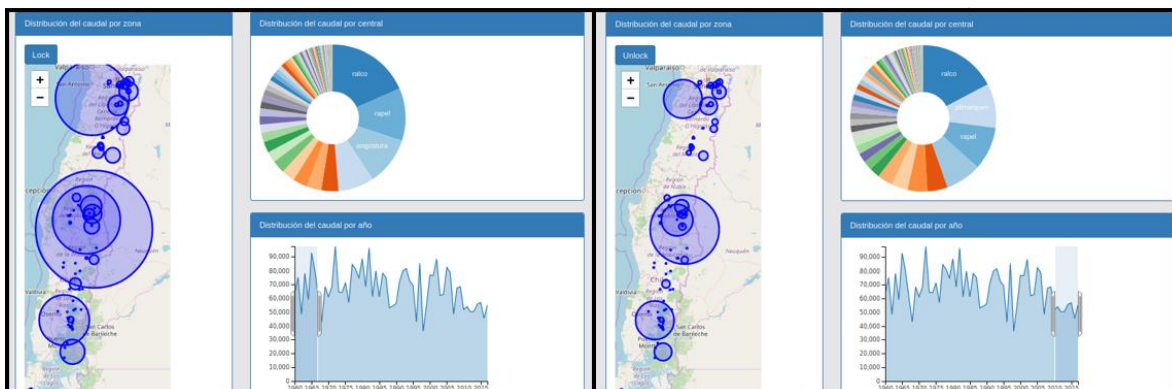


Figura 2



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
Dirección de Investigación e Innovación
Programa IPre de Investigación en Pregrado

Como se puede apreciar en la figura 2, esta solución permite seleccionar un periodo que se desee y actualizar automáticamente la escala, para luego cambiar a una escala estática mediante el botón “lock” y de esta forma comparar esta ventana de tiempo en otro periodo.

En el caso de la figura 2 se comparó la distribución del caudal entre los años 1960 a 1965 con el caudal entre los años 2010 a 2015, se puede notar claramente una disminución del recurso hídrico, pero además se pueden apreciar otras cosas como por ejemplo, el hecho de que no todas las centrales han disminuido su caudal en la misma proporción.

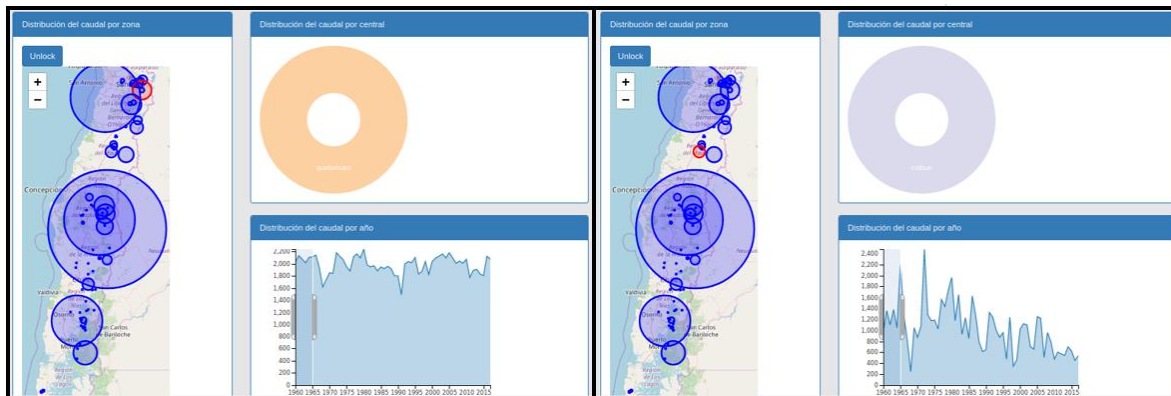


Figura 3

Por ejemplo si tomamos la distribución a través del tiempo de la central “Queltehues” es posible notar que se mantiene mucho más estable que otras centrales, como es el caso de “Colbun”. En el caso de esta última central podemos apreciar que no solo ha disminuido su caudal sino que su distribución se comporta de una forma muy inestable.

4. Conclusiones

Al finalizar esta experiencia se pudo implementar la herramienta que se propuso en primera instancia. Esta herramienta permitió poner en práctica diversas tecnologías computacionales (python, JavaScript, DC.js, D3.js, crossfilter.js) y se pudo demostrar que son capaces de manejar la gran cantidad de datos de afluentes, que tiene a disposición el coordinador. Gracias a esto podemos



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
Dirección de Investigación e Innovación
Programa IPre de Investigación en Pregrado

inferir que esta tecnología el futuro podría usarse no solo para analizar datos de caudales, si no que para otros datos de energía que se pueden obtener del coordinador.

Esta experiencia permitió explorar los datos mediante el uso de distintos filtros en las diversas dimensiones del problema (tiempo, localización geográfica y central) y probó ser útil para encontrar *insights* dentro del *dataset*, Sin embargo, en un trabajo futuro sería de gran utilidad testear la herramienta con usuarios con conocimiento experto del área para poder recibir retroalimentación sobre qué información es realmente relevante dentro de esta disciplina.