

Metodología para determinar la calidad de agua del río Rímac para uso en amasado y curado de concreto

Rosa Victoria Altamirano Medina*
Universidad de Lima

Ricardo Terreros Lazo*
Universidad Nacional de Ingeniería

Recibido: 9 de abril del 2018 / Aprobado: 24 de mayo del 2018

doi: 10.26439/ing.ind2018.n036.2451

RESUMEN: En el estudio, se realizó el análisis químico de 15 muestras de agua del río Rímac para determinar el contenido de cloruros, sulfatos, alcalinidad, dureza y pH. Los resultados obtenidos se han comparado con los límites permisibles de las normas técnicas vigentes. Los valores encontrados, en su mayoría, se encuentran dentro del rango establecido, por lo que se concluye que el agua estudiada es apta para la elaboración de concreto.

Palabras clave: tratamiento del agua / concreto-normas / agua para concreto / cloruros

Methodology for determining Rímac river water quality for concrete mixing and curing

ABSTRACT: In this research, the chemical analysis of 15 Rímac river water samples was performed to determine the chloride and sulfate content, alkalinity, hardness and pH level. The results were compared with the permissible limits of current technical standards. Most found values were within the established range. Thus, it is concluded that the Rímac river water is suitable for concrete production.

Keywords: water treatment / concrete-standards / water for concrete / chlorides

* Correos electrónicos: raltamir@ulima.edu.pe; rterros@uni.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del ser humano, el agua ha sido un recurso indispensable tanto para la supervivencia como para su desarrollo económico. En el transcurso de los años, la demanda de agua ha aumentado tanto para el abastecimiento de la población mundial como para el desarrollo industrial, de tal manera que hoy en día se sabe con certeza que el agua se está agotando (Vásquez, Gonzales y Rocha, 2001).

A pesar de ello, hay otros problemas relativos al agua. Uno de los más graves es la contaminación de las aguas producto de las actividades domésticas, los residuos sólidos urbanos y las actividades mineras e industriales. Estas actividades vierten sus desechos tóxicos a los ríos que traerán consecuencias desfavorables para los seres vivos que habitan; producto de esto las aguas quedan contaminadas y no aptas para el consumo de los seres vivos, ya que poseen cantidades de materiales tóxicos como plomo, cadmio, arsénico, entre otros.

La contaminación de aguas del país es la acumulación de diversos elementos y sustancias aportados por vertimiento de aguas residuales crudas o insuficientemente tratadas que superan la capacidad de asimilación y/o autodepuración del cuerpo receptor, lo que genera concentraciones en el cuerpo de agua que exceden el estándar de calidad normado en la zona sometida a regulación (ANA, 2010, Barceló y López de Alda, 2010).

Debido a que la escasez de agua se hace cada vez un problema más grave, es urgente plantear propuestas para ahorrar este recurso hídrico y destinarlo prioritariamente al consumo de la creciente población (Manco, Guerrero, Ocampo, 2012).

Por ello, en este proyecto se realiza un estudio para encontrar fuentes alternas de agua para que puedan emplearse para la elaboración del concreto.

2. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

En el corto-mediano plazo, el agua potable será un recurso costoso y escaso; por esta razón, la tendencia actual es dar prioridades en el consumo de este recurso vital. Ya que el consumo humano es la prioridad principal, el uso del agua para otras actividades como la construcción requerirá de fuentes alternativas de agua. Entre las posibles alternativas de fuentes de agua para el amasado y curado de concreto pueden estar las

aguas servidas previamente tratadas, aguas de río o agua de mar (Aguirre y Mejía, 2013). El tema del presente estudio corresponde a describir una metodología para determinar la calidad de aguas de río para uso en amasado y curado de concreto; su aptitud como agua para concreto debe cumplir los requisitos físico-químicos contenidos en la Norma Técnica Peruana NTP 339.088 y comparativamente cumplir las normas internacionales, tales como la Norma Oficial Mexicana NOM C-122 (ASTM C-94), recomendadas para aguas que no son potables.

A partir de lo mencionado anteriormente, se deduce que el agua apta para la elaboración de concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad (ANA, 2010). Por ello, lo que este estudio plantea es realizar una metodología para determinar si el agua de un río, en este caso particular el río Rímac, puede ser usada para el amasado y el curado del concreto.

3. METODOLOGÍA

Primera etapa. Se eligieron diversos puntos de muestreo del cauce del río Rímac. La toma de muestras fue realizada por un grupo de apoyo conformado por ayudantes alumnos de los últimos ciclos de la especialidad de Ingeniería Civil, a los que se les instruyó en la forma de tomar muestras de agua según la Norma Técnica Peruana NTP 214.005. Las muestras tomadas fueron seis por cada punto de muestreo, dos al centro del cauce y las otras cuatro en las orillas correspondientes. Se repitió la toma de muestras dos veces más dejando un día, siendo al final un total de 18 muestras a analizar por cada punto de muestreo.

Se eligieron 15 puntos de muestreo y se desarrolló durante los meses de enero a marzo del 2013 en una primera etapa, considerando que eran meses de verano y había una crecida del río Rímac, y luego se repitió esta toma de muestras en octubre del 2014 para hacer comparaciones con la estación seca. Los criterios para seleccionar estos puntos fueron en general el hecho que en estos lugares existen puentes que permiten el acceso con relativa facilidad al centro del cauce; además, están en zonas urbanas a las que se puede llegar fácilmente con movilidad local y, finalmente, porque todos los puntos hacen una continuidad del cauce del río desde el punto de toma aguas arriba en Chaclacayo hasta la desembocadura del río Rímac. Las muestras se tomaron en las siguientes zonas: Base Naval del Callao, aeropuerto Jorge Chávez, Puente del Ejército, puente Santa Rosa, puente Acho, Puente Nuevo, Ramiro Prial-

lé, puente Huaycoloro, puente Huachipa, Santa Clara, puente Ñaña, Carapongo (lavaderos), puente Los Ángeles, Morón, Carapongo (Sedapal), agua del grifo de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Segunda etapa. Las muestras tomadas fueron llevadas a analizar al laboratorio de química de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI para determinar el contenido de sulfatos, cloruros, alcalinidad y pH. Los datos obtenidos se promediaron y se realizó una gráfica por cada parámetro analizado. Los resultados fueron analizados y discutidos sobre la base de la comparación con los requisitos especificados en las normas técnicas anteriormente mencionadas.

Los resultados obtenidos muestran que en todos los casos la concentración de las sales analizadas (cloruros Cl^- , sulfatos SO_4^{2-} y alcalinidad), en la mayoría de lugares están por debajo del máximo permitido; solo en la zona del río Huaycoloro y en Carapongo se obtuvieron resultados que sobrepasaban los límites que establecen las Normas Técnicas NTP 339.088 y NOM C-12.

Según la Norma Técnica Peruana de calidad del agua, el pH del agua debe estar entre 5,8 y 8,2, y todos los resultados obtenidos estaban en ese rango.

Cuando los sulfatos SO_4^{2-} se encuentran en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas. Agua con contenidos de sulfatos mayores a 3000 ppm perjudican la resistencia del hormigón (ASTM C-94).

4. RESULTADOS

Los resultados promedio se resumen en la tabla 1, y los siguientes gráficos resumen los resultados de cada prueba realizada en el laboratorio de química de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI.

Las pruebas de pH realizadas en enero muestran una cierta irregularidad en algunos puntos que difieren de la tendencia general, pero están aún dentro de los límites de la norma de 5,8 a 8,2, como se aprecia en la figura 1. Se debe recalcar que el día de muestreo el río estaba tranquilo, con agua de color celeste verdoso, sin presencia de precipitaciones en la zona alta de la cordillera y visibilidad clara, a pesar de tratarse de la estación lluviosa.

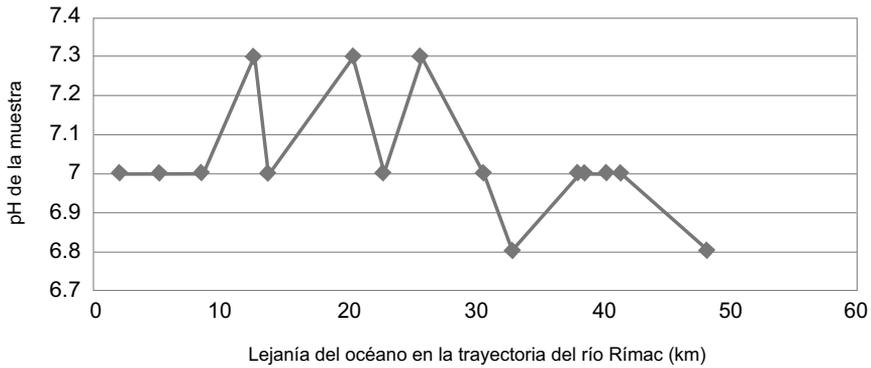


Figura 1. Variación del pH del agua del río Rímac
Elaboración propia

Se analizó también la dureza correspondiente. Como se observa en la figura 2, el resultado muestra una tendencia en aumento conforme el río se acercaba al mar, pero decrecía enormemente muy cerca a éste, debido a la que había un mayor volumen de agua y la concentración disminuía.

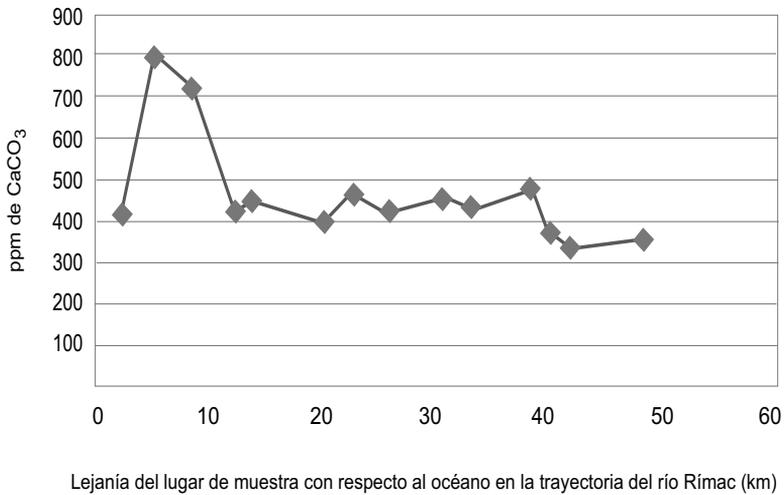


Figura 2. Dureza del agua del río Rímac
Elaboración propia

Luego, en el segundo muestreo del 21 de enero, se obtuvieron otras tendencias por el clima del día mismo, que era nublado con presencia de fuertes precipitaciones en la parte alta de la cordillera y color del agua chocolatada y muy turbia.

Los valores de pH mostrados en la figura 3, de la nueva muestra, se encuentran dentro del rango permitido y con mayor cercanía entre sí. Hay una tendencia a elevarse justo en la desembocadura del río. Este resultado confirma que el agua de la zona de muestreo tiene un pH dentro del rango especificado en la Norma Técnica Peruana 339.088.

El pico máximo se encuentra en puente Huaycoloro (muestra 8).

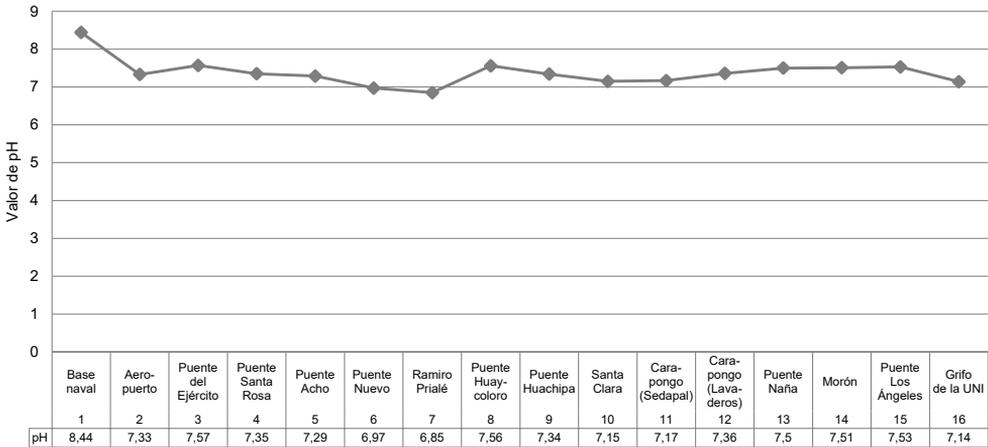


Figura 3. Variación del pH del agua del río Rímac
Elaboración propia

La figura 4 indica que la dureza de las muestras está en un nivel aceptable. Según la OMS debe estar por debajo de las 500 ppm de CaCO₃ (consideraciones para el agua potable, Sunass). Esto no significa que es potable, porque el agua presenta altos niveles de bacterias (estudio de agua de Sedapal). Los picos máximos se encuentran en puente Huaycoloro (muestra 8), Carapongo Planta de tratamiento de Sedapal (muestra 11) y en el agua potable de la UNI (muestra 16).

En la muestra 8 se debe a que fue extraída totalmente del caudal del río Huaycoloro. Al poseer un caudal menor al del río Rímac, las concentraciones de las sales disueltas son mayores.

Entre las muestras del 11 al 15 se observa una tendencia creciente, para luego reducirse y nuevamente aumentar. Esto se podría deber a las contribuciones posiblemente por vertederos de fábricas donde utilizan agua para limpiar o por purgas de agua de enfriamiento de maquinaria, por lo que diluyen las sales de calcio y magnesio.

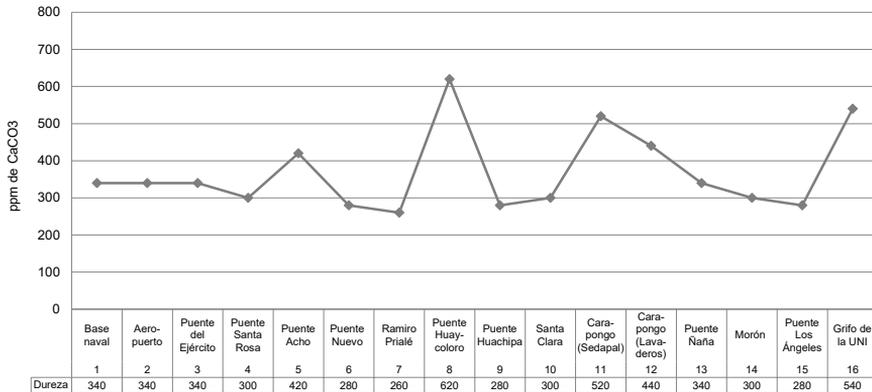


Figura 4. Dureza del agua del río Rímac
Elaboración propia

La determinación de sulfatos en aguas para uso en amasado y curado de concreto es de gran importancia, ya que son corrosivos atacando a estructuras metálicas y de concreto (ASTM C-94).

La figura 5 muestra un patrón irregular, posiblemente debido a la repentina erosión del fondo del río, lo que causó la disolución de mayor cantidad de sales. Esta erosión del fondo del río ocurre en periodos donde su caudal crece, como fue el caso del día de muestreo.

Los lugares de mayor concentración de sulfatos son en río Huaycoloro (muestra 8), Carapongo Planta de tratamiento Sedapal (muestra 11), puente de Ñaña (muestra 13), Morón Chico (muestra 14) y puente Los Ángeles (muestra 15).

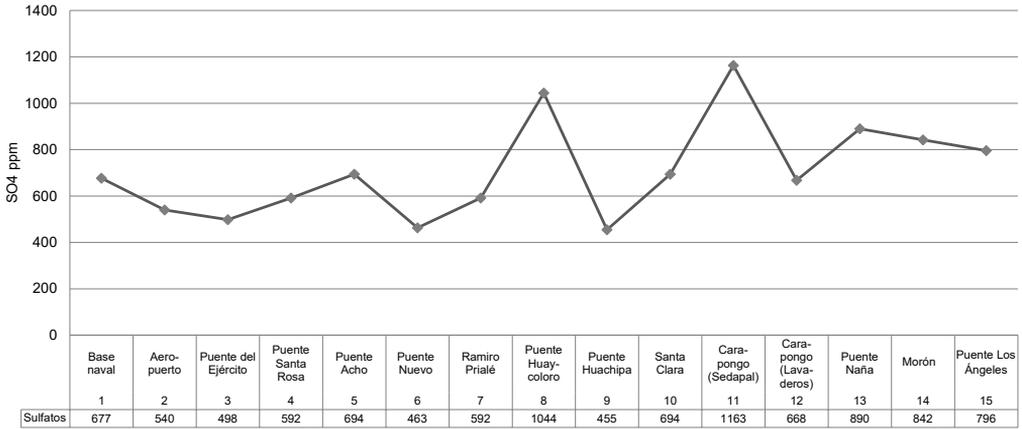


Figura 5. Valores de la concentración de sulfatos en los puntos de muestreo
Elaboración propia

Los cloruros se mantienen a valores normales en la mayor parte del río Rímac, pero de nuevo en la parte del río Huaycoloro y en Carapongo (Sedapal), muestras 8 y 11, respectivamente, se observaron niveles elevados de cloruros. En el caso 8 posiblemente se deba al menor caudal del río Huaycoloro, y en el caso 11 su causa podría ser el efecto del tratamiento mediante cloración.

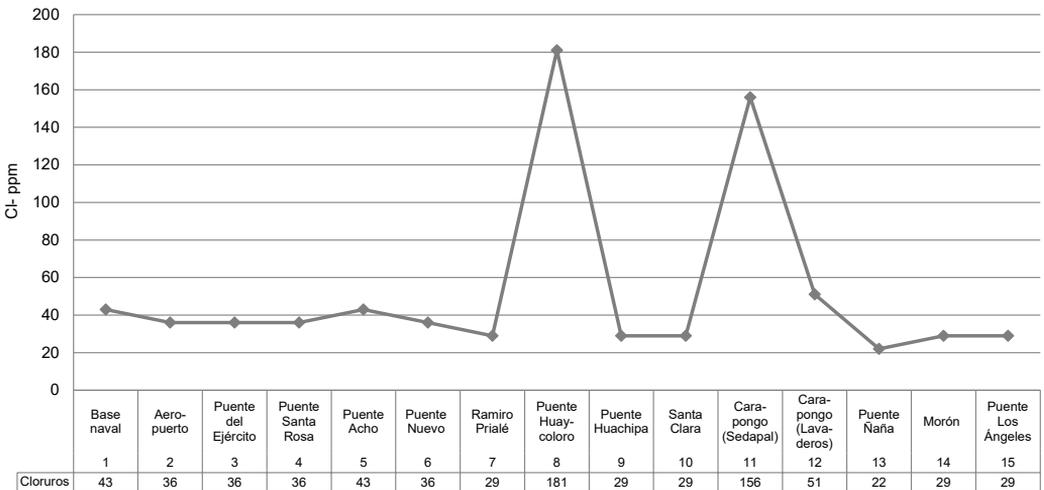


Figura 6. Concentración de cloruros en el agua del río Rímac
Elaboración propia

En las figuras mostradas, se puede observar claramente que las muestras 8 y 11 son las más críticas. Aclarando, la muestra 8 (río Huaycoloro) tiene altas concentraciones de sales y por qué no es apto para la construcción, y la muestra 11 fue extraída desde la misma tubería que desemboca en el río Rímac, proveniente de la planta de Sedapal, por lo que su altas concentraciones probablemente provienen del uso de reactivos empleados para el tratamiento de aguas.

Los resultados muestran que en todos los casos la concentración de las sales analizadas (Cl^- , SO_4^{2-} y alcalinidad) están dentro del límite permisible según las normas técnicas peruana y mexicana.

Tabla 1
Resultados del análisis de aguas del río Rímac

	Lugar	pH	Cl ppm	Sulfatos ppm	Alcalinidad ppm
1	Los Ángeles	7,30	41	1370	147
2	Pte. Ñaña	7,63	49	1730	177
3	Carapongo	7,61	38	1273	149
4	Huachipa	7,75	53	1683	147
5	Huaycoloro	7,63	101	982	325
6	R. Prialé	7,60	39	1526	128
7	Pte. Nuevo	7,10	46	2111	134
8	Acho	7,13	52	2023	140
9	Sta. Rosa	7,08	88	2019	165
10	Pte. Ejército	7,34	49	1967	140
11	Aeropuerto	7,14	55	1740	188
12	Base Naval	7,02	56	1484	180

Elaboración propia

Los resultados mostrados a continuación en las figuras del 7 al 10 resumen los valores hallados en la segunda toma de muestras realizadas en octubre del 2014.

Como se observa en la figura 7, los valores de pH están en el rango de 7,10 hasta 7,70. Los que están dentro de lo requerido para el agua de uso para el concreto.

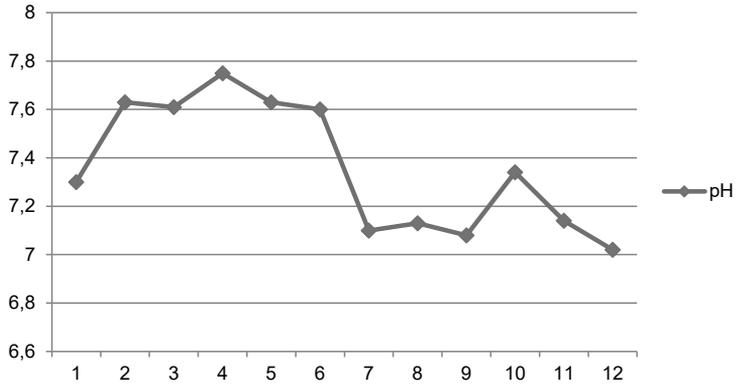


Figura 7. Valores de pH del agua del río Rímac
Elaboración propia

Respecto del contenido de cloruros, también se pueden observar valores bajos que cumplen con los límites permisibles. Siendo el río Huaycoloro el de mayor concentración de esta sal, seguido del puente Santa Rosa. Este resultado está en concordancia con el obtenido en la fase previa.

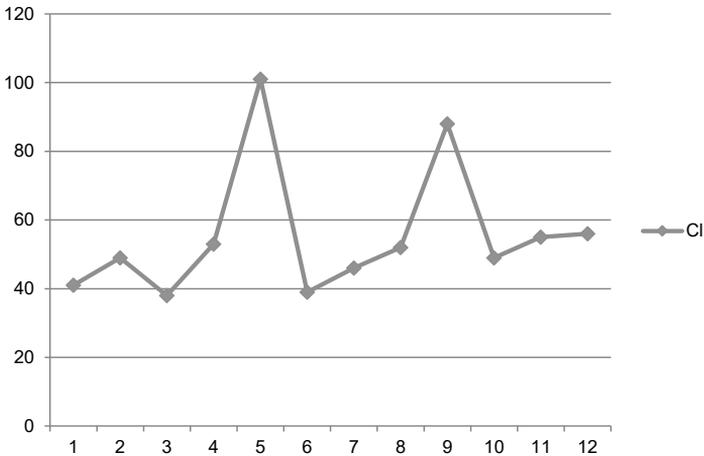


Figura 8. Valores de cloruros
Elaboración propia

Sobre el contenido de sulfatos, se tienen máximos en los puntos de Puente Nuevo y Puente del Ejército, pero en todos los casos aún se cumple con la norma de calidad (NTP 339.088).

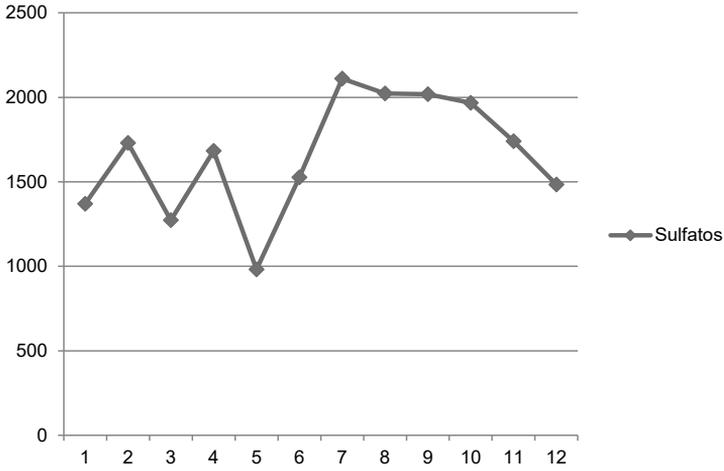


Figura 9. Valores de sulfatos
Elaboración propia

Finalmente, para la alcalinidad, es en el punto del río Huaycoloro donde se obtiene el máximo valor, siendo aun así inferior a los máximos exigidos en las normas técnicas.

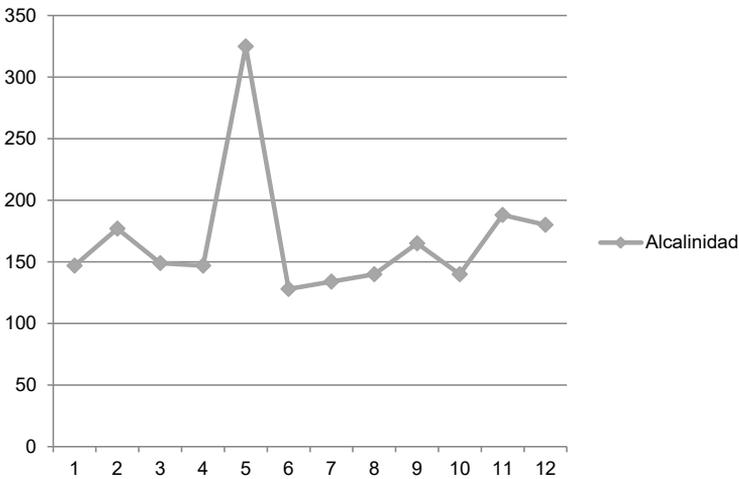


Figura 10. Alcalinidad del agua del río Rímac
Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el análisis referido a sulfatos y cloruros demuestran, que en todos los casos, el nivel de calidad del agua del río Rímac está dentro de los límites establecidos para uso en amasado y curado de concreto.
- Los valores de pH obtenidos (de 7,0 a 7,75) en todos los casos están dentro del rango considerado aceptable (de 5,8 a 8,2) y no muestran una tendencia definida.
- De los resultados del análisis previo, se observa que todos los parámetros del agua alcanzaron su punto máximo en la zona de Huaycoloro. Las altas concentraciones de sales indican que no es apto para amasado y curado de concreto.

REFERENCIAS

- Aguirre A. y Mejía R. (2013). *Durability of reinforced concrete exposed to aggressive conditions*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/375202647/1270-1666-1-PB-pdf>
- ASTM C-94. (2010). Norma Técnica Mejicana NOM C-122. Calidad de agua para el concreto.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2010). *Protección del agua-Vigilancia y control de vertimientos*. Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/media/353227/4-protecci%C3%B3n%20del%20agua%20vigilancia%20y%20control%20de%20vertimientos%20paver.%20%20lic.%20juan%20ocola.pdf>
- Barceló, D., y López de Alda, M. (2010). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. Barcelona: Fundación Nueva Cultura del Agua. Recuperado de https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf
- Civil Geeks. (2011). *Agua para amasado y curado de concreto*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/12/08/agua-de-amasado-y-curado-para-concreto/>
- Instituto Nacional de Calidad (Inacal). (2014). Norma Técnica Nacional NTP 339.088. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.

- Instituto Nacional de Calidad (Inacal). (2016). Norma Técnica Peruana NTP 214.005. Toma de muestra de agua para uso y consumo humano.
- Manco, D. G.; Guerrero, J.; y Ocampo, A. M. (2012). Eficiencia en el Consumo de Agua de Uso Residencial. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(21), 23-38. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/750/75025842003.pdf>
- Strandberg, L. (2010). *La escasez de agua y la RSC*. Navarra: Universidad de Navarra. Recuperado de https://www.iese.edu/es/files/Cuaderno%20No%208%20Agua_tcm5-53740.pdf
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass). (s. f.). *Parámetros de calidad y límites máximo permisibles*. Recuperado de [http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/legisla%20web\(cambio\)/normas/calidad%20de%20agua/Oficio%20677.pdf](http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/legisla%20web(cambio)/normas/calidad%20de%20agua/Oficio%20677.pdf)
- Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. (2014). *El agua para construcción*. Recuperado de <http://www.academia.edu/8929938/el-agua-para-construccion>.
- Vásquez, A., González, F., y Rocha, L. (2001). *Elaboración de concretos con aguas tratadas*. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revista/2001/abril2001/concretos.htm>.

