



EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA

NEGOCIO AGUA POTABLE E HIDRANTES

CONTROL OPERATIVO

**Plan de Contingencia ante descenso de caudales de extracción en
los sistemas de agua potable operados por la Empresa de
Servicios Públicos de Heredia –Año 2020/2021-**

Ing. Michael Jesús Sánchez Guerrero, M. Eng.

Heredia

Diciembre, 2020

Tabla de Contenidos

1	Introducción	3
2	Escenarios de discontinuidad del caudal de entrada a los sistemas (extracción).....	4
2.1	Estacionalidad (época seca/época lluviosa).....	4
2.1.1	Variabilidad temporal y espacial del clima.....	4
2.1.1.1	Condiciones climáticas durante el año 2020.....	7
2.1.1.2	Pronóstico climático para el año 2021.....	8
2.2	Fenómenos de variabilidad climática.....	9
2.2.1	Fenómeno Niño Oscilación del Sur (ENOS)	10
2.2.1.1	Condiciones del fenómeno ENOS durante el año 2020	11
2.2.1.2	Pronóstico del fenómeno ENOS para el año 2021	11
2.2.2	Oscilación de Maden-Julien (MJO).....	12
2.2.3	La Oscilación Ártica (AO)	13
2.2.4	La Oscilación del Atlántico Norte (NAO)	13
2.2.5	Ubicación de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)	13
2.2.6	La Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO).....	14
2.2.7	La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO)	15
2.3	Efectos de las variaciones climáticas en las fuentes de agua dulce.....	16
2.3.1	Fuentes superficiales (Ríos y quebradas).....	16
2.3.2	Manantiales.....	23
2.4	Falla de equipos electromecánicos en pozos de extracción de agua	25
2.5	Falta de redundancia en la red de distribución.....	26
2.6	Riesgo de ruptura en Pasos Aéreos.....	26
2.7	Riesgo de fracturamiento de tanques de almacenamiento.....	27
3	Obras y acciones por ejecutar para atender los escenarios planteados.....	28
3.1	Establecimiento de horarios de racionamiento (medida inmediata)	28
3.1.1	Comportamiento de los racionamientos durante el año 2020.....	29
3.1.2	Posibles horarios por aplicar para el año 2021 en caso de que alguno de los escenarios se materialice	32
3.2	Obras de inversión a corto y mediano plazo.....	34
3.2.1	Programa anual de mantenimiento	34
3.2.1.1	Cambio y mantenimiento de equipos de bombeo.....	34

3.2.1.2	Construcción de nuevas interconexiones	36
3.2.1.3	Mejoramiento de pasos aéreos de tubería y mejoras en captaciones	36
3.2.1.4	Impermeabilización de tanques	37
3.2.2	Programa de perforación de pozos nuevos	38
3.2.3	Planes Maestros	40
3.2.4	Volumen de almacenamiento	44
3.2.5	Plan de Inversiones 2021-2025	45
3.3	Obras de inversión a largo plazo	46
3.3.1	Programa de Gestión de Pérdidas de Agua (PGPA)	47
3.3.2	Programa de Investigación Aplicada para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en un Clima Cambiante (PRIAGIRH)	49

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de las fuentes de agua potable de la ESPH dentro de las regiones climáticas de Costa Rica	6
Figura 2. Temporada de lluvias enero-noviembre 2020	7
Figura 3. Precipitación mensual acumulada para la estación del Volcán Barva	8
Figura 4. Pronóstico climático de lluvias realizado con datos de noviembre 2020	9
Figura 5. Comportamiento del IOS desde 1950	10
Figura 6. Comportamiento del IOS durante los últimos 10 años	11
Figura 7. Pronóstico del Fenómeno ENOS realizado con datos de noviembre 2020.....	12
Figura 8. Valores del AMO durante el año 2020	14
Figura 9. Valores del PDO durante el año 2020	15
Figura 10. Captación de agua potable sobre un río o quebrada	16
Figura 11. Localización de las captaciones de agua potable de la ESPH según el tipo de fuente	17
Figura 12. Detalle operacional de las zonas abastecidas por tomas superficiales	18
Figura 13. Caudales de entrada al Tanque Victoria (Mata Caña y Mata Maíz).....	18
Figura 14. Caudales de entrada al Tanque Santa Cecilia (Lajas, Albinos y Carbonera).....	19
Figura 15. Caudales de entrada al Tanque Chilillal (Tranqueras y Yurro Hondo)	20
Figura 16. Caudales de entrada al Tanque Breña Mora (Breña Mora)	21
Figura 17. Caudales de entrada al Tanque Ciénega Norte (Tibasito).....	22
Figura 18. Caudales de entrada al Tanque Noventa (manantiales del norte)	23
Figura 19. Caudales de entrada al Tanque Chamaco (Manantial Fuente Flores)	24
Figura 20. Porcentaje del agua proveniente de pozos de extracción	25
Figura 21. Arreglo típico de un paso aéreo	27
Figura 22. Ubicación geográfica de zonas bajo racionamiento durante el año 2020.....	30
Figura 23. Porcentaje anual de abonados de la ESPH racionados por efecto de época seca.....	31
Figura 24. Ubicación geográfica de zonas con posibilidad de ser racionadas durante el año 2020.	33
Figura 26. Registro fotográfico del programa de impermeabilización de tanques.....	38

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Horarios de racionamiento implementados durante el año 2020	29
Cuadro 2. Zonas y Horarios de racionamiento aplicables para el año 2021	32
Cuadro 3. Mantenimiento y cambio de equipos de bombeo	35
Cuadro 4. Construcción de tuberías de interconexión entre sectores	36
Cuadro 5. Construcción de pasos aéreos de tuberías y mejoras en captaciones	37
Cuadro 6. Impermeabilización de tanques de almacenamiento de agua potable	37
Cuadro 7. Programa de perforación de pozos nuevos.....	38
Cuadro 8. Avances es diseño y construcción de planes maestros por acueducto.....	41
Cuadro 9. Volumen de tanques de almacenamiento de la ESPH.....	44
Cuadro 10. Obras incluidas en el Plan de Inversiones capaces de aumentar la oferta de agua durante la época seca	46
Cuadro 11. Avance de las tareas e investigaciones realizadas dentro del PGPA.....	48
Cuadro 12. Componentes y/o etapas principales del PRIAGIRH	49
Cuadro 13. Avance de las tareas e investigaciones realizadas dentro del PRIAGIRH	50

1 Introducción

El presente informe tiene como objetivo detallar las medidas de implementación a corto, mediano y largo plazo frente la ocurrencia de los eventos más probables (escenarios); donde se puede ver interrumpido o disminuido el caudal que se extrae de las fuentes de agua potable y/o el que entra a los tanques de almacenamiento, que abastecen cada uno de los sectores administrados y operados por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia.

El informe va dirigido y enfocado para tomadores de decisiones dentro del Negocio de Agua Potable (líderes de todos los departamentos), para los distintos entes contralores o reguladores de tipo administrativo y/o técnico (ARESEP, Junta Directiva – ESPH, Gerencia- ESPH) y para los municipios localizados dentro del área de cobertura del acueducto (Alcaldías y Concejos Municipales).

El concepto de contingencia hace referencia a las situaciones inciertas que pueden ocurrir o no en un futuro. Es la posibilidad o riesgo de que suceda una cosa, hecho o problema que se plantea de forma imprevista. Para nuestros efectos, son aquellos eventos que tienen una alta probabilidad de ocurrencia pero que **no se conoce el momento exacto de su ocurrencia ni la magnitud en la que vayan a ocurrir.**

Los escenarios de contingencia que se consideraron son los siguientes: descenso de los caudales y/o avenidas máximas (entrada de sedimentos al sistema) por condiciones de clima y/o fenómenos de Variabilidad Climática, fallas electromecánicas en los equipos de bombeo (pozos y estaciones de re-bombeo), falta de redundancias entre los distintos sistemas, ruptura de pasos aéreos de tuberías y fracturamiento de tanques de almacenamiento.

Se incluyen además una serie de evidencias de las obras llevadas a cabo este año 2020 para afrontar de formas más adecuadas y eficientes, la ocurrencia de los posibles eventos del próximo año 2021. Además, a solicitud expresa de la ARESEP se incluyen las obras que ya se muestran en el Plan de Inversiones tendientes a la disminución de los horarios y/o zonas de racionamientos.

2 Escenarios de discontinuidad del caudal de entrada a los sistemas (extracción)

Es importante aclarar que en este informe se detallan los posibles escenarios con el objetivo de que el lector de este informe reconozca qué es y en qué consiste cada uno y solo se trabaja con la posibilidad de que lleguen a ocurrir, es decir, que haría el NAPH a nivel operativo en caso de que una situación de estas se llegue a materializar.

El NAPH no cuenta con un sistema o método que pueda predecir la probabilidad de que ocurra o dónde vaya a ocurrir o la magnitud de su impacto en los caudales de extracción y por eso justamente es que este informe se conoce como Plan de Contingencia.

2.1 Estacionalidad (época seca/época lluviosa)

2.1.1 Variabilidad temporal y espacial del clima

Geográficamente, la franja planetaria comprendida entre los paralelos Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio, se define como Zona Tropical. La ubicación de nuestro país en esta región le confiere características tropicales a su entorno ecológico: bosques, red hidrográfica, suelos y clima.

El clima tropical de nuestro país, es modificado por diferentes factores como el relieve (la disposición de las montañas, llanuras y mesetas), la situación con respecto al continente (condición ístmica), la influencia oceánica (los vientos o las brisas marinas, la temperatura de las corrientes marinas) y la circulación general de la atmósfera (IGN 2005).

La interacción de factores geográficos locales, atmosféricos y oceánicos son los criterios principales para regionalizar climáticamente el país. La orientación noroeste-sureste del sistema montañoso divide a Costa Rica en dos vertientes: Pacífica y Caribe. Cada una de estas vertientes, presenta su propio régimen de precipitación y temperaturas con características particulares de distribución espacial y temporal (Manso et al 2005).

Seguido se resume el comportamiento climatológico de cada una de las vertientes, uno de los aspectos más relevantes de destacar es que en cada una de ellas se presenta una estacionalidad que marca dos épocas muy distintas: la época seca (mal llamado verano) y la época lluviosa (mal llamado invierno); pero el período en que ocurre cada una de ellas es distinta en cada una de las dos vertientes.

Régimen Pacífico: Se caracteriza por poseer una época seca y una lluviosa bien definidas. La seca se extiende normalmente de diciembre hasta marzo. Abril normalmente es un mes de transición. El mes más seco y cálido tiende a ser marzo.

La época lluviosa va de mayo hasta octubre, siendo noviembre un mes de transición. Presenta una disminución relativa de la cantidad de lluvia durante los meses de julio y agosto (veranillo o canícula) cuando se intensifica la fuerza del viento Alisio.

Los meses más lluviosos son setiembre y octubre debido principalmente a la influencia de los sistemas ciclónicos, los vientos Monzones provenientes del océano Pacífico ecuatorial y las brisas marinas, que son responsables de las lluvias intensas cuando unen su efecto a las barreras orográficas (Muñoz et al 2002). Las lluvias ocurren predominantemente durante la tarde y primeras horas de la noche.

Régimen Caribe (Atlántico): En términos promedio normales el régimen de esta vertiente no presenta una estación seca definida pues las lluvias se mantienen entre los 100 mm y 200 mm en los meses menos lluviosos, lo cual es una cantidad de lluvia considerable.

En las zonas costeras se presentan dos períodos relativamente secos. El primero entre febrero y marzo y el segundo entre setiembre y octubre. El primer período seco está en fase con el período seco de la vertiente pacífica, sin embargo, el segundo período coincide con los meses más lluviosos de dicha vertiente. Se presentan dos períodos lluviosos intercalados entre los secos. El primero va de noviembre a enero y es el período máximo de lluvias. El segundo se extiende de mayo a agosto y se caracteriza por un máximo en julio que coincide con el veranillo del Pacífico. El mes más lluvioso es diciembre, el cual se encuentra influenciado por los efectos de frentes fríos provenientes del Hemisferio Norte los cuales se presentan entre noviembre y mayo, pero con mayor posibilidad de afectación entre noviembre y marzo. Las lluvias ocurren con mayor probabilidad en horas de la noche y la mañana (Manso et al 2005).

Los dos regímenes de precipitación (Pacífico y Caribe), la altura y orientación de las montañas, junto con los vientos predominantes y la influencia de los océanos, permiten diferenciar siete grandes regiones climáticas: Pacífico Norte, Pacífico Central, Pacífico Sur, Región Central, Zona Norte, Región Caribe Norte y Región Caribe Sur.

En el siguiente mapa se muestra la ubicación de las fuentes de agua potable de la ESPH dentro de las regiones climáticas de Costa Rica definidas por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN). De dicho mapa se puede observar que la mayoría de las fuentes se localizan en la Región Central y colindan al norte con las proximidades de la Zona Norte y Caribe Norte, esto al ubicarse en las proximidades de la divisoria de las dos vertientes, lo que nos genera efectos climáticos de los dos regímenes y por ende es necesario estar preparado como operador para eventos que afecten ambas vertientes.

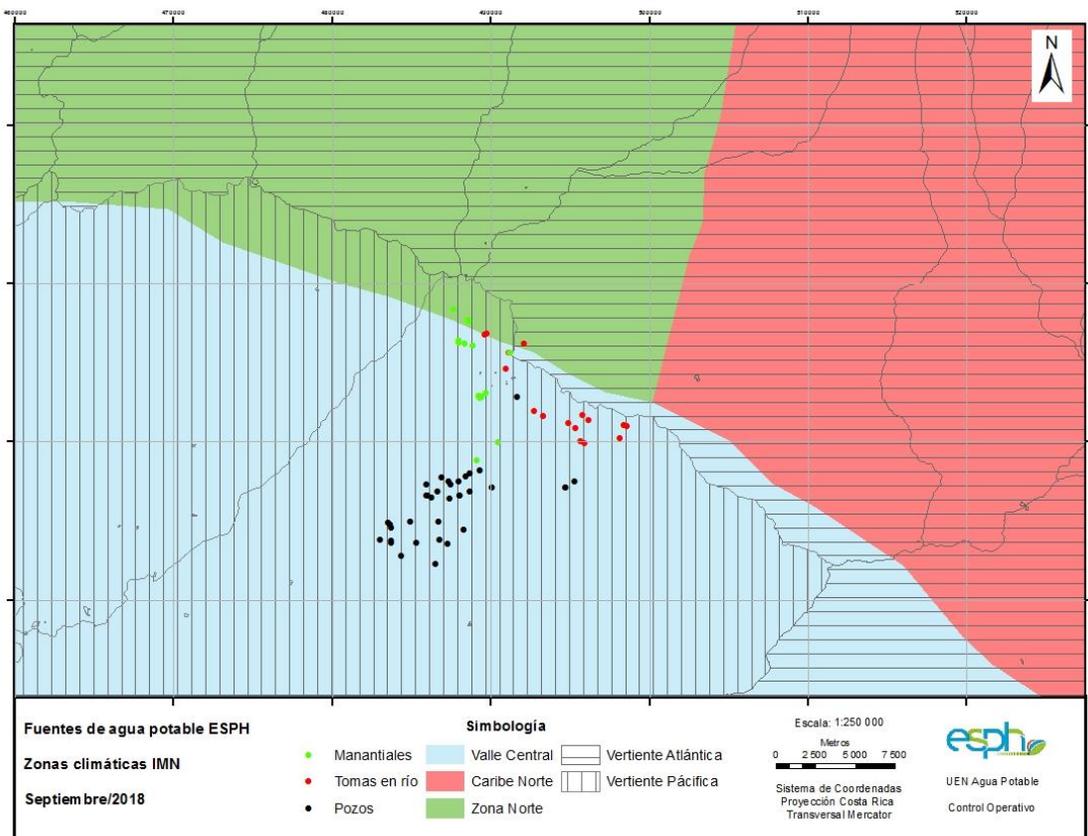


Figura 1. Localización de las fuentes de agua potable de la ESPH dentro de las regiones climáticas de Costa Rica

Al verse la zona de cobertura y captación de la ESPH dentro de una región donde se mezclan las condiciones climáticas y existe un riesgo de mala interpretación de los datos hidro-meteorológicos; es que la ESPH decidió formar su propia red de estaciones hidro-meteorológicas de la cual le es posible analizar y entender la variabilidad temporal y espacial de la lluvia, la temperatura, el caudal u otras variables que determinan el clima y la disponibilidad de agua en la zona.

2.1.1.1 Condiciones climáticas durante el año 2020

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) en las sesiones de la Comisión Técnica Consultiva Nacional del Fenómenos ENOS (COENOS) expuso el 03 de diciembre los resultados de las condiciones climáticas del año 2020. Seguido se muestran dichos resultados:

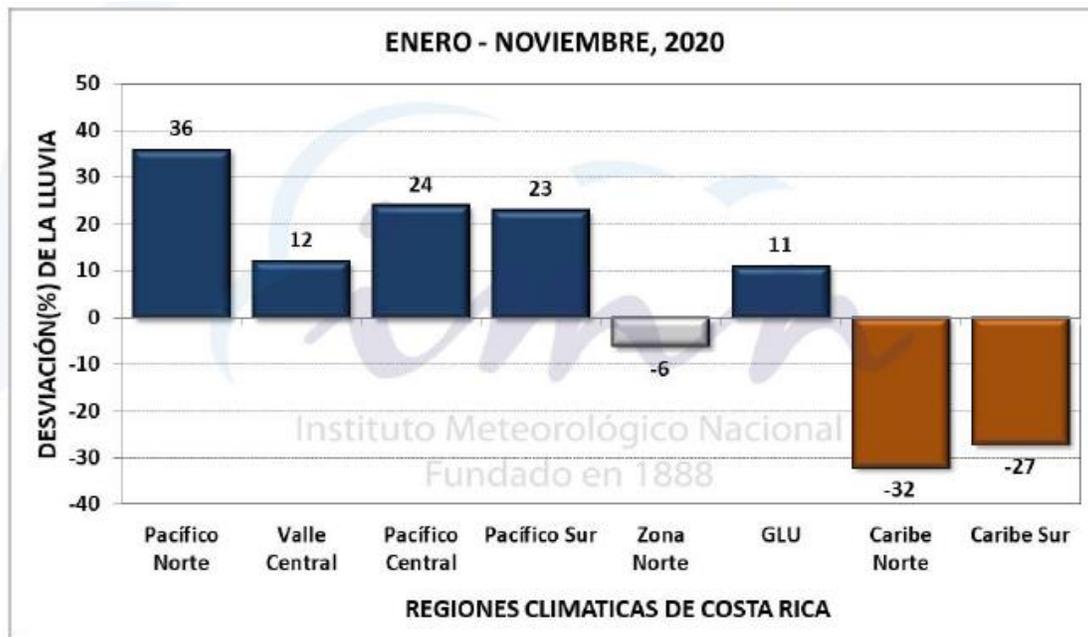


Figura 2. Temporada de lluvias enero-noviembre 2020

Fuente: Comisión Técnica Consultiva Nacional del Fenómenos ENOS, 2020

Es importante notar que durante el año 2020 se materializó una condición de déficit importante en la región Caribe Norte que es la zona donde se da la principal recarga de los ríos y manantiales utilizadas por parte de la ESPH, incluso fue catalogada con condiciones de sequía. En términos anuales el déficit en estas zonas fue del 32 % y del 27 %, pero se alcanzaron valores de hasta un 70 % en marzo de déficit en la región Caribe Norte y de un 88 % en la región del Valle Central.

Para poder reconocer mejor cuál fue el comportamiento de la lluvia a nivel local asociado a esas condiciones regionales, seguido se analizan los datos de lluvia de la estación de la UNA-ESPH del Volcán Barva la cual es una excelente representación del comportamiento de la zona de recarga de las fuentes operadas por parte de la ESPH:

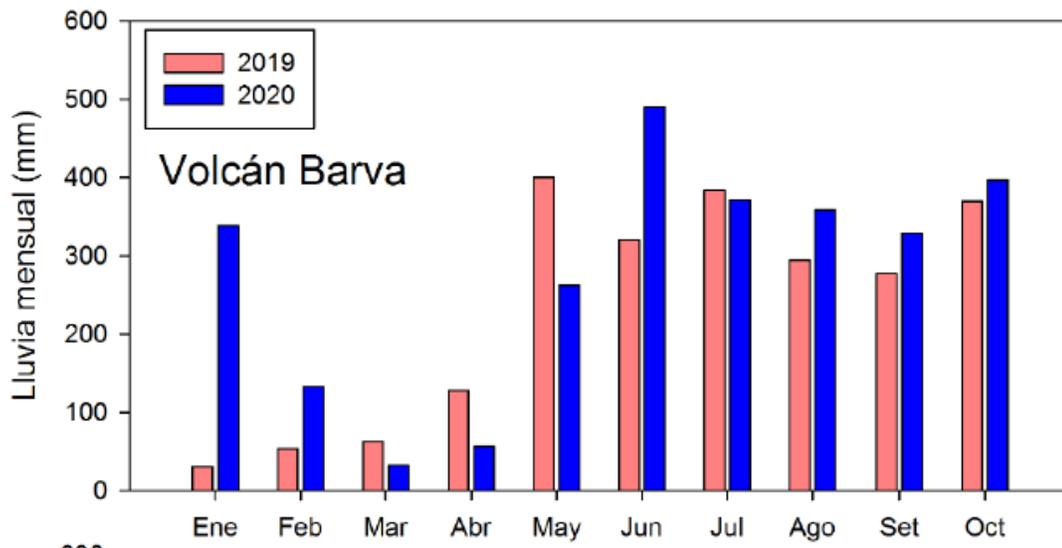


Figura 3. Precipitación mensual acumulada para la estación del Volcán Barva

Fuente: Sánchez (2020)

Se puede notar que para los meses más secos (marzo-abril), que son los que más interesan para efectos de racionamientos, se dieron condiciones lluviosas inferiores a las del año pasado; y el año pasado 2019 fue un año con condiciones extremas en términos de extracción. Una ventaja es que durante los meses lluviosos sí llovió más que el año pasado logrando una compensación y haciendo que, aunque las condiciones secas fueron más extremas en magnitud este año no lo fueron en duración con respecto al año pasado.

2.1.1.2 Pronóstico climático para el año 2021

El IMN en las sesiones de la COENOS, expuso el 03 de diciembre los resultados del pronóstico de lluvias para el trimestre diciembre-enero-febrero con base en los datos de noviembre 2020. En la siguiente figura se muestran dichos resultados.

Se puede notar que para las regiones de recarga se esperan valores por encima del promedio para el mes de enero y condiciones normales para el mes de febrero y que las condiciones de sequía en el Caribe desaparecieron; mientras que, para el Valle Central se espera una temporada seca más húmeda de lo normal, al menos hasta el mes de febrero.

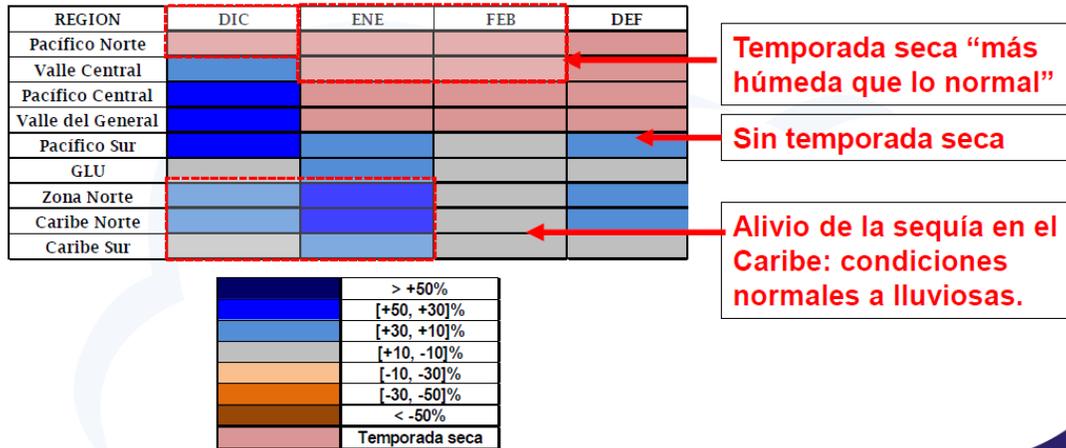


Figura 4. Pronóstico climático de lluvias realizado con datos de noviembre 2020

Fuente: Comisión Técnica Consultiva Nacional del Fenómenos ENOS, 2020

Aunque estos pronósticos son valiosos, nótese que no incluye los meses más secos del año que normalmente se ubican entre marzo y abril de cada año, estos son los meses donde se alcanzan los horarios de racionamiento más restrictivos y es donde el aporte de ríos y manantiales se ve muy reducido.

2.2 Fenómenos de variabilidad climática

Como se vio en la sección anterior existe una cierta normalidad en las condiciones de lluvia y temperatura (clima) de la región considerada que le permite al operador reconocer que existe un período seco y otro lluvioso, siendo de importancia el período seco el cual según el clima de la región ocurre más o menos con la misma duración y la misma periodicidad.

De la sección anterior se tiene claro entonces, que todos los años nos vamos a enfrentar a una época seca (poca lluvia, altas temperaturas, bajos caudales) y a una época lluviosa (mucha lluvia, bajas temperaturas, altos caudales) más o menos durante los mismos meses del año; y esto es lo que se conoce como clima. Pero estas dos estaciones (seca y lluviosa) se pueden ver afectadas considerablemente por distintos fenómenos de Variabilidad Climática que hacen que ocurran años o meses secos o muy secos (debajo del promedio) y años húmedos o muy lluviosos (sobre el promedio). Seguido se mencionan y analizan brevemente los fenómenos de mayor impacto en las condiciones climáticas de la región bajo estudio.

2.2.1 Fenómeno Niño Oscilación del Sur (ENOS)

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural que implica temperaturas oceánicas fluctuantes en el Pacífico ecuatorial. El fenómeno "El Niño" se refiere a la interacción climática océano-atmósfera a gran escala, asociada a un calentamiento periódico (que es recurrente y se repite) de las temperaturas de la superficie del mar (TSM).

El patrón generalmente fluctúa entre dos modos de variabilidad: más cálido de lo normal en las aguas ecuatoriales del océano Pacífico central y oriental (El Niño) y TSM más frías de lo normal en el océano Pacífico ecuatorial central y oriental (La Niña). Esta variación se mide por medio del estandarizado Índice de la Oscilación del Sur (IOS), el cual está basado en las diferencias de presión entre Tahití y una isla de Australia llamada Darwin. Si el índice es mayor a cero se cataloga el evento como Niña y si es menor a cero se cataloga como Niño, entre más altos sea el valor absoluto de este índice mayor es la magnitud de la fase del fenómeno. Seguido se muestran los valores registrados históricamente desde el año 1950 y una ampliación de los últimos 10 años.

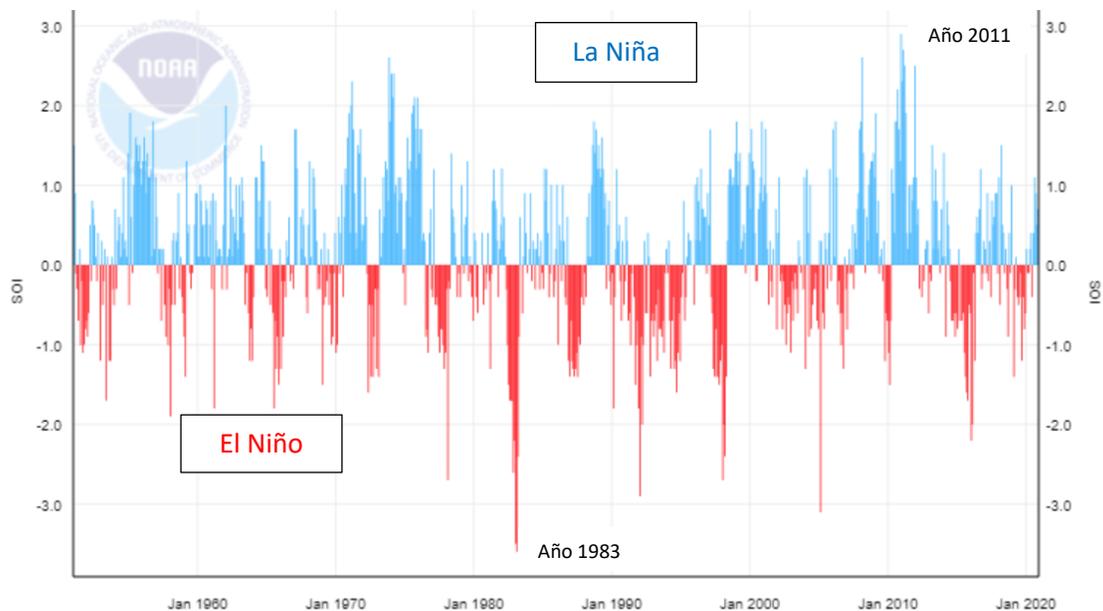


Figura 5. Comportamiento del IOS desde 1950

Fuente: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>

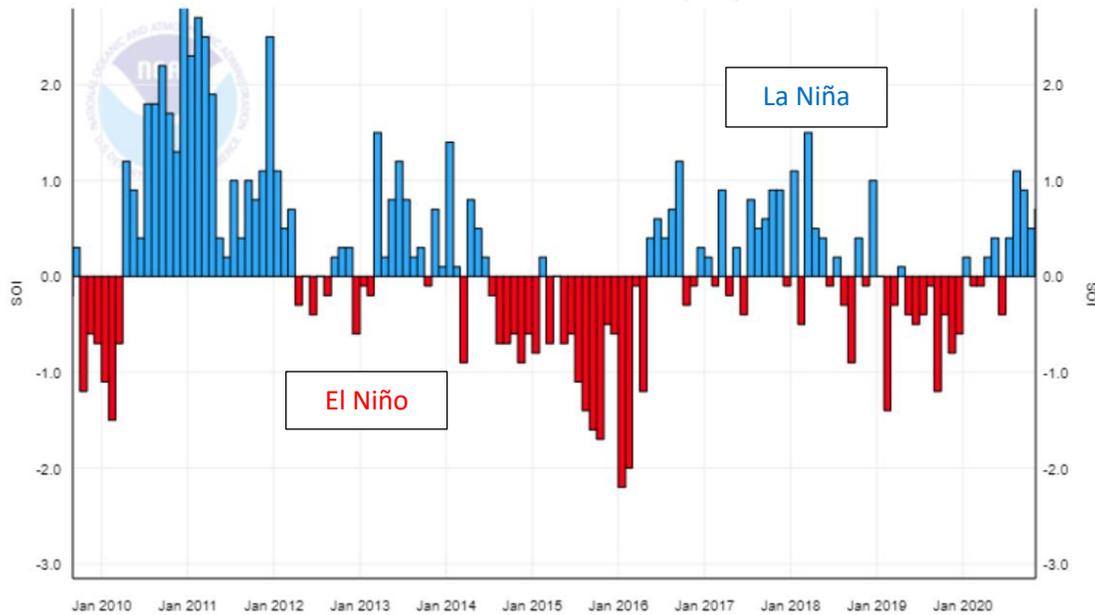


Figura 6. Comportamiento del IOS durante los últimos 10 años

Fuente. <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>

Este fenómeno periódico puede llegar a afectar considerablemente la cantidad y calidad de agua de las fuentes de agua potable de la ESPH, esto porque la época seca de un año en la fase del Niño puede llegar a ser extremadamente caliente y seca; mientras que, la época lluviosa de un año en la fase de la Niña podría llegar a generar intensidades de lluvia más altas y provocar avenidas (caudales máximos) en los ríos que dejen fuera de operación las tomas superficiales de agua potable por alta carga de sedimentos.

2.2.1.1 Condiciones del fenómeno ENOS durante el año 2020

2.2.1.2 Pronóstico del fenómeno ENOS para el año 2021

El último pronóstico realizado por el IMN fue expuesto en la sesión de la COENOS el día jueves 03 de diciembre. Dicho pronóstico alcanza hasta el mes de agosto y concluye que existe una probabilidad del 100 % de que el fenómeno de la Niña se mantenga durante el trimestre diciembre-enero-febrero, una probabilidad del 65 % de que sea Niña y un 35 % de que sea neutro para el trimestre siguiente (marzo-abril-mayo) y una probabilidad de casi el 60 % de que sea Neutro, de casi el 30 % de que sea Niña y un 15 % de que sea Niño durante el último trimestre del pronóstico (junio-julio-agosto).

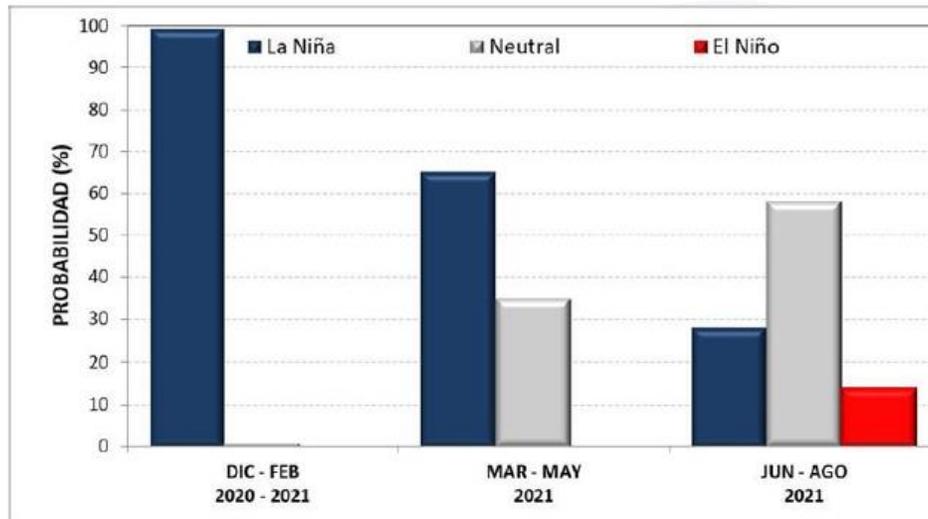


Figura 7. Pronóstico del Fenómeno ENOS realizado con datos de noviembre 2020

Fuente: Comisión Técnica Consultiva Nacional del Fenómenos ENOS, 2020

Del pronóstico anterior, en términos generales, se espera que los meses más secos del próximo año 2020 presenten condiciones de Niña débil o fase neutra con una probabilidad moderada del Niño. Esto permite concluir que si ese pronóstico se cumple se podría materializar una época seca normal y el establecimiento de horarios de racionamiento transcurra con normalidad y se dé un uso bajo o moderado de camiones cisterna.

2.2.2 Oscilación de Maden-Julien (MJO)

La MJO se define como una fluctuación intraestacional u oscilación que ocurre en los trópicos y es responsable de la mayoría de la variabilidad climática en estas regiones, así como de los resultados de las variaciones en importantes parámetros atmosféricos y oceánicos que incluyen tanto la velocidad como la dirección del viento en niveles altos y bajos de la atmósfera, nubosidad, lluvia, temperatura superficial del mar (TSM) y la evaporación de la superficie del océano.

La MJO ocurre de forma natural debido al acoplamiento del sistema océano-atmósfera, la típica longitud del ciclo de ocurrencia de la MJO es aproximadamente de entre 30 y 60 días (Madden and Julian, 1971, 1972; Madden and Julian, 1994; Zhang 2005). Poleo, Solano y Stolz (2014) concluyeron, para el caso de Costa Rica, que las fases 1, 2 y 8 con amplitudes mayores a uno favorecen la actividad convectiva en las regiones del Pacífico y el Valle Central, mientras que en las fases 4, 5 y 6 las regiones más favorecidas con un reforzamiento

en la actividad lluviosa son las localizadas en la vertiente del Caribe. Las fases y amplitudes recién mencionadas están referidas al diagrama de Wheeler-Hendon.

2.2.3 La Oscilación Ártica (AO)

La AO es una oscilación de la presión atmosférica entre latitudes polares y latitudes medias, fluctuando entre fases negativa y positiva. La fase negativa produce una presión más alta de lo normal sobre la región polar y una presión más baja de lo normal a unos 45 grados de latitud norte, permitiendo que los empujes fríos bajen hasta latitudes tropicales; por el contrario, en la fase positiva los empujes se permanecen en el norte del continente.

2.2.4 La Oscilación del Atlántico Norte (NAO)

La NAO es una oscilación de diferencia de la presión atmosférica entre el sistema de alta presión subtropical de las Azores en el océano Atlántico y el sistema de baja presión subpolar en Islandia. La fase positiva ocasiona que los empujes que llegan al golfo de México no ingresen al mar Caribe; por el contrario, la fase negativa está relacionada con el ingreso de los empujes fríos hasta el sur de la cuenca, sin lograr bajar a la región central o sur centroamericana y mar Caribe.

2.2.5 Ubicación de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)

Los patrones de precipitación en América Central, se encuentran altamente relacionados con el desplazamiento latitudinal de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que una franja de bajas presiones, nubosidad y lluvias que se sitúa en el norte de su migración latitudinal, ubicándose sobre la región centroamericana en los meses de época lluviosa de la vertiente del Pacífico (abril a noviembre), y por el contrario se desplaza hacia el sur en los meses de época seca de la región (diciembre a marzo).

Esta coexistencia, ha dado paso a que la posición de la ZCIT sea catalogada como uno de los principales factores que dan paso a las épocas seca y lluviosa, nombres con los que se definen los periodos de ausencia o presencia de lluvias, respectivamente, en América Central (Magaña, Amador & Medina, 1999; Small, De Szoeker & Xie, 2009).

Según la información expuesta en la última sesión de la COENOS, la ZCIT está cerca de Costa Rica y eso explicó los valores de lluvia del mes de octubre y noviembre. El año 2020 fue el año más caliente desde 1982 en el Mar Caribe y eso está asociado a una fase de la Niña y a la cercanía de la ZCIT, debido a esta cercanía de la ZCIT no se espera época seca en el Pacífico Sur del país.

2.2.6 La Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO)

La Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO, por sus siglas en inglés) es un índice basado en la diferencia de las temperaturas entre la zona ecuatorial del Atlántico y la región Polar cercana a los 80° norte. Este índice presenta un ciclo de oscilación de 60 – 80 años.

Se ha descubierto que existe una correlación positiva entre sus fases y la cantidad de huracanes intensos (superiores a 3 en la escala Saffir Simpson). Cuando esta oscilación se encuentra en su fase positiva los huracanes intensos son más frecuentes en el Atlántico, y lo contrario sucede en su fase negativa.

El índice AMO durante el 2020 ha permanecido positivo en los últimos 12 meses con tendencia positiva hacia los primeros meses del año 2021. Esto se encuentra en relación con lo ocurrido en la temporada de huracanes 2020 donde se presentaron seis huracanes de categoría superior a 3. Esto es importante para asegurar una adecuada y suficiente recarga de los acuíferos de los cuales se extrae agua por medio de manantiales y pozos.

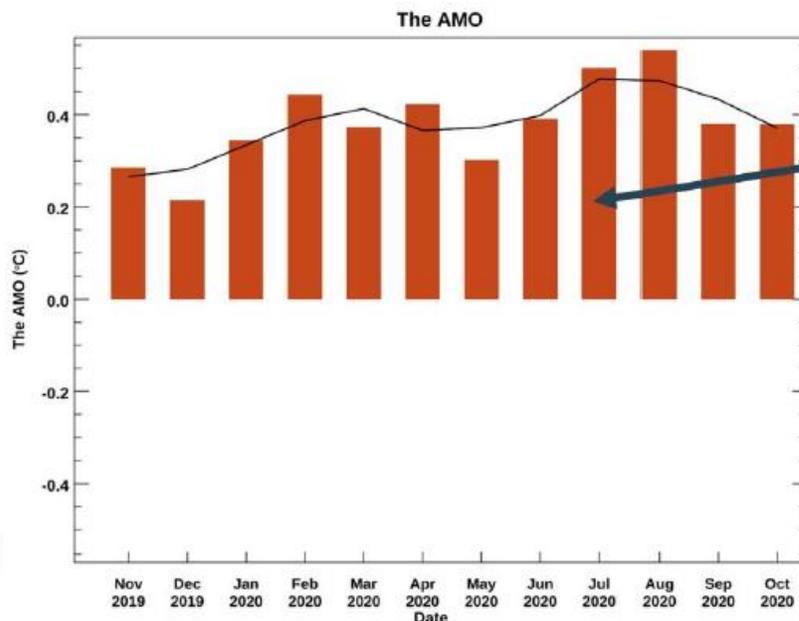


Figura 8. Valores del AMO durante el año 2020

2.2.7 La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO)

La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés) es un fenómeno de circulación en la tropósfera media que se presenta fundamentalmente en el Pacífico Norte entre Alaska y la península de Kanchatka (figura 2), se mantiene aproximadamente 20-30 años en fase fría (circulación anti horaria) o en fase cálida (circulación en el sentido del reloj). Estas dos fases entre las que suele alternar, normalmente permanece en una fase durante un periodo de tiempo significativo, tan corto como 10 y tan largo como 40 años. Sin embargo, no es inusual que estos periodos largos se rompan con intervalos en los que cambia de fases durante periodos entre 1 y 5 años.

Las investigaciones muestran que cuando se presenta un evento El Niño en fase positiva de la PDO éste Niño suele ser más intenso. Los súper niños históricos se han producido en fase positiva de la PDO como los Niños más recientes del 72-73, 82-83, 97-98, y el último 2014-2016. Igual sucede con eventos La Niña, si ésta aparece en fase negativa, se vuelven más intensas.

Desde enero del 2020 la PDO ha estado consistentemente en la fase negativa. Desde el 2013 no se registraba una magnitud tan baja como la del mes de febrero del año 2020.

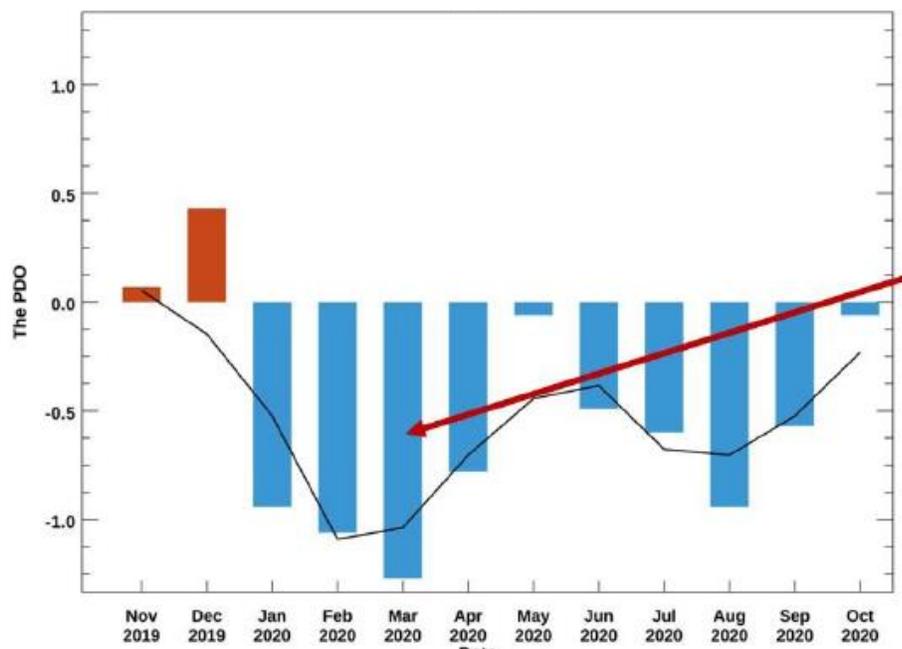


Figura 9. Valores del PDO durante el año 2020

2.3 Efectos de las variaciones climáticas en las fuentes de agua dulce

En esta sección se muestra la respuesta de las fuentes de extracción de agua dulce utilizadas por parte de la ESPH antes las condiciones climáticas recién explicadas. Esta respuesta hidrológica se mide como una salida del sistema por medio del aforo de los caudales de extracción que son los que alimentan el sistema hidráulico y son los responsables de mantener condiciones de superávit o de materializar condiciones de déficit, aunque este sea temporal y muchas veces muy localizado.

2.3.1 Fuentes superficiales (Ríos y quebradas)

Las fuentes superficiales son aquellas que se construyen sobre un río o quebrada por medio de un sistema de presa y una captación. En comparación con otro tipo de fuentes (manantiales y pozos), el caudal de las tomas superficiales es afectado directamente (casi de forma inmediata) por las condiciones climáticas de precipitación y temperatura; reflejando disminuciones drásticas de caudal durante la época seca y crecientes con un alto arrastre de sedimentos durante la época lluviosa que saca las tomas de operación por condiciones de calidad.



Figura 10. Captación de agua potable sobre un río o quebrada

Por condiciones hidrogeológicas naturales, la zona nor-este del acueducto administrado por la ESPH tiene una predominancia de fuentes superficiales y nula o muy baja presencia de manantiales y de zonas aptas para la perforación de pozos. Esta situación se puede observar fácilmente en el mapa de la Figura 5.

Como se verá más adelante, en esta zona nor-este del acueducto, durante la época seca, los caudales de las fuentes (oferta) descienden a valores muy por debajo de los caudales demandados para consumo de las poblaciones abastecidas.

Los principales poblados localizados en estas zonas de abastecimiento de agua potable son los siguientes: Concepción de San Rafael, Calle Ciénega, Calle Aguacate, Calle Tiquicia, Calle el Resbalón, Concepción de San Isidro, Calle Charquillo, Calle Anonos, Breña Mora, Calle Chávez, Calle Chilillal, Calle Granito, Calle Lajas, Calle Caricias, San Josecito, Calle Zurquí, Calle Bombacho y Calle Yerbabuena.

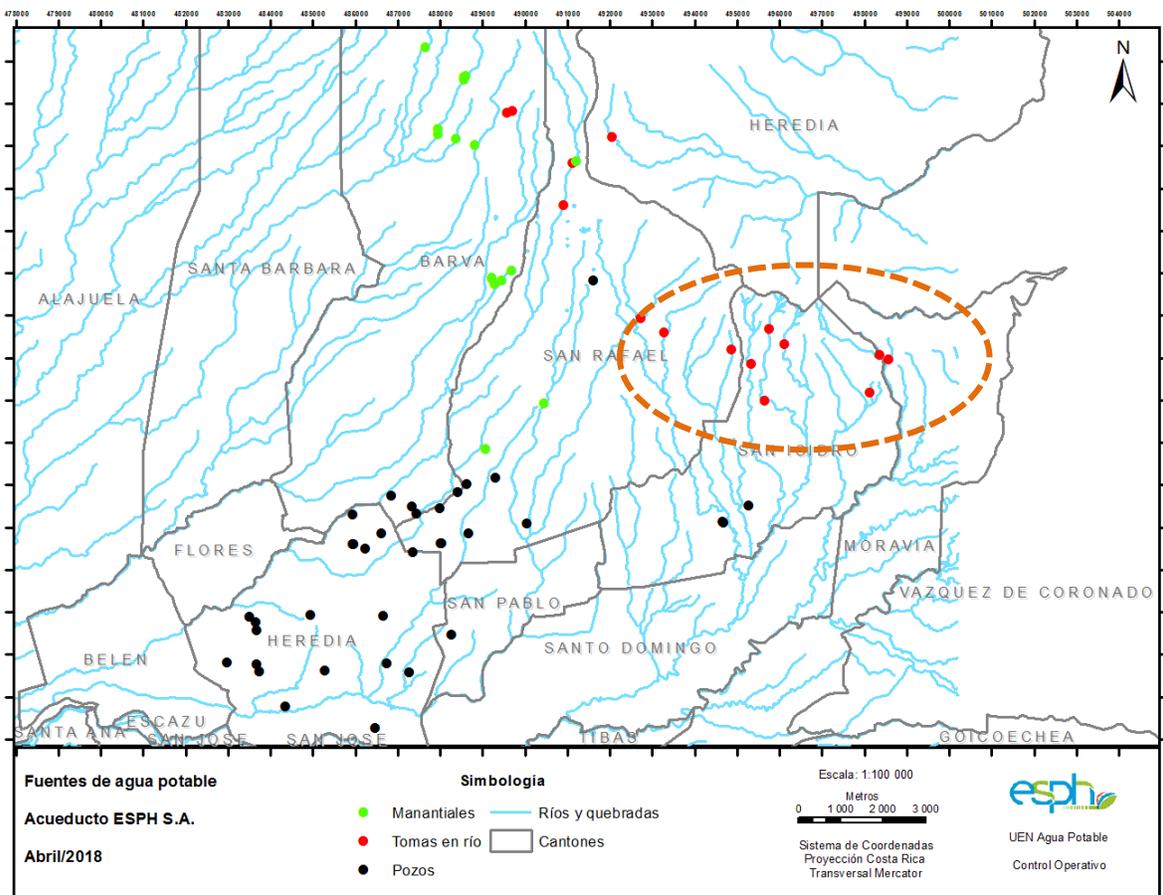


Figura 11. Localización de las captaciones de agua potable de la ESPH según el tipo de fuente

Es importante mencionar que esta misma zona se encuentra dentro de las zonas bajo restricciones de servicios nuevos de la ESPH; lo anterior con el objetivo de no aumentar la problemática de la zona y sostener de forma adecuada los horarios de racionamiento durante la época seca para los abonados actuales.

Las fuentes superficiales con problemas de descenso de caudales, localizadas en esta zona abastecen los siguientes tanques de almacenamiento: Tanque Victoria, Tanque Santa Cecilia, Tanque Chilillal, Tanque Breña Mora y Tanque Ciénega Norte. El detalle de las fuentes (tomadas de agua) que alimentan cada uno de los tanques y sus respectivos poblados abastecidos, se muestran en el diagrama de la Figura 6.

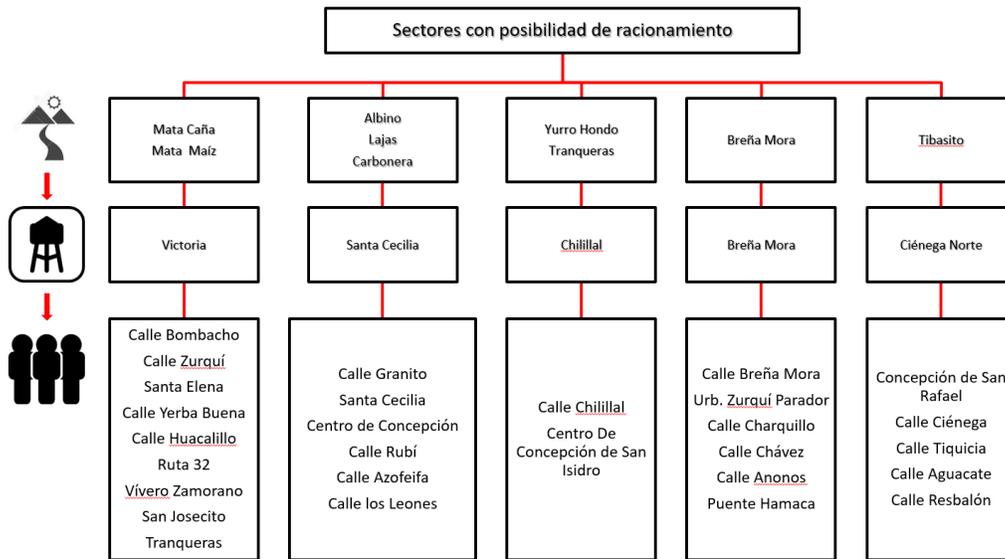


Figura 12. Detalle operacional de las zonas abastecidas por tomas superficiales

En los siguientes gráficos se muestra el comportamiento de los caudales de captaciones de las fuentes que alimentan a cada uno de los tanques recién mencionados.

Tanque Victoria



Figura 13. Caudales de entrada al Tanque Victoria (Mata Caña y Mata Maíz)

La oferta normal de las fuentes Mata Caña y Mata Maíz es de los 16 l/s a los 18 l/s, pero durante la época seca llega a alcanzar valores de menos de los 4 l/s; es decir, menos de la cuarta parte de su valor durante la época lluviosa.

Se observa que la época seca del año 2017 llegó a valores de los 8 l/s, y no fue tan intensa como años anteriores (2015-2016) donde llegaron a menos de los 4 l/s; la diferencia entre estos dos años es que la época seca del año 2016 fue más extensa que las del año 2015.

El año 2019 muestra una de las estaciones secas más extensas, el descenso de los caudales por efecto de la época seca se empezó a sentir a inicios del mes de noviembre del año 2018 y se recuperaron apenas hasta finales del mes de julio. Haciendo de esta época seca 2019 la más extensa de todo el registro donde se sostuvieron valores de menos de 4 l/s hasta por casi 4 meses.

Para este año 2020 se presentó un período seco de duración media muy similar a la del 2018 en extensión, pero tan intensa en disminución de caudales como la del año 2019 o 2016, siendo excedida únicamente por el año 2014. Otro fenómeno interesante es que no se recuperaron los valores normales de extracción. Alcanzando apenas a superar los 14 l/s y 12 l/s para el mes de diciembre.

Tanque Santa Cecilia

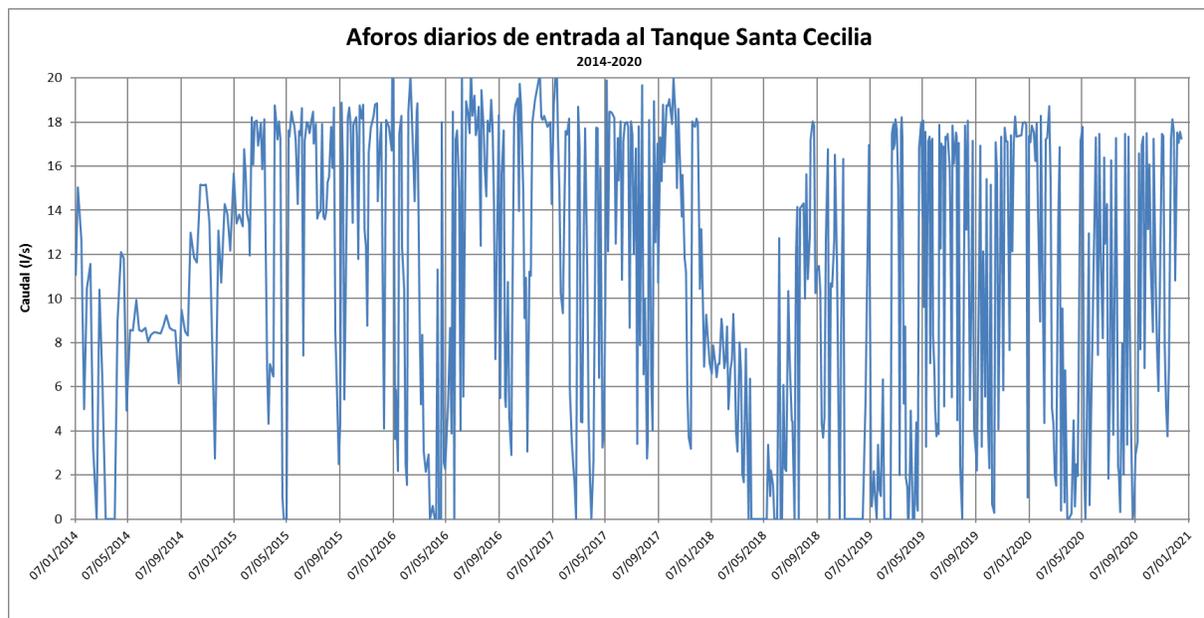


Figura 14. Caudales de entrada al Tanque Santa Cecilia (Lajas, Albinos y Carbonera)

La oferta sumada de las fuentes Albinos, Lajas y Carbonera es muy variable y errática, llegan a alcanzar y sostener valores de hasta 18 l/s en su extracción máxima, pero durante la época seca llegan a alcanzar valores por debajo de los 2 l/s durante varias semanas e incluso a secarse por completo (0 l/s) durante varios días continuos.

Durante el año 2019 fueron varios los momentos donde las fuentes que abastecen este tanque llegaron a estar por debajo de cero completamente pero también se dio la ocurrencia de ciertos frentes fríos y tormentas que lograban recuperar los caudales por uno o dos días.

Este año 2020 se caracterizó por mostrar un período seco más marcado entre febrero y junio y una segunda caída de caudales más corta durante agosto. Se materializaron varios momentos donde el caudal de estas fuentes llegó a ser nulo (0 l/s).

Tanque Chililla

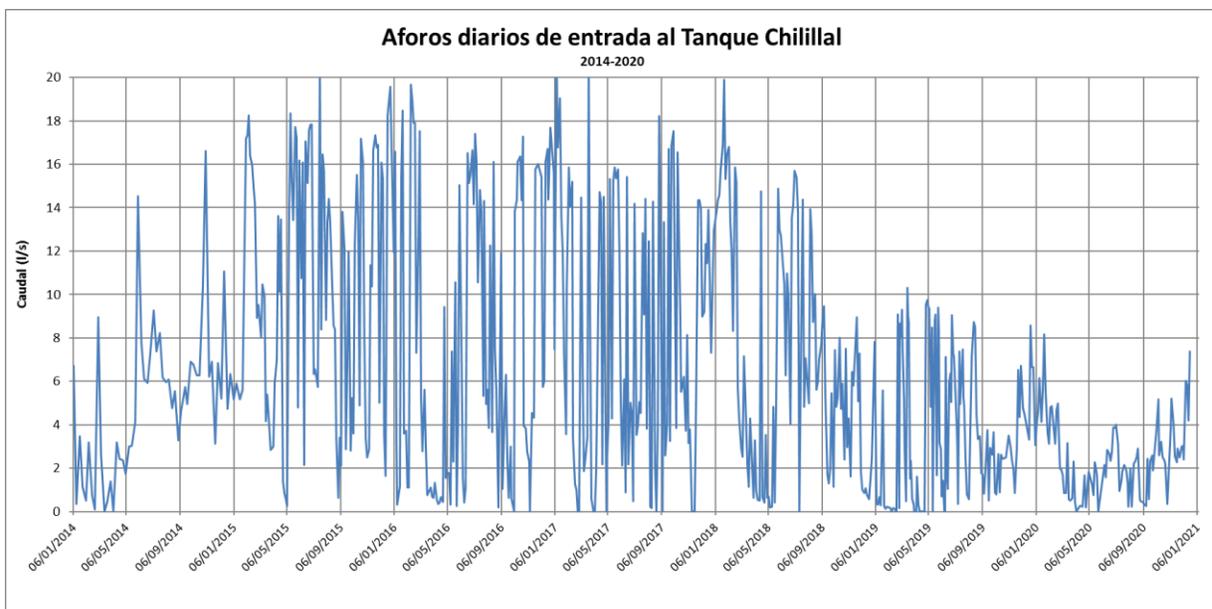


Figura 15. Caudales de entrada al Tanque Chililla (Tranqueras y Yurro Hondo)

La oferta sumada de las fuentes Tranqueras y Yurro Hondo es muy variable y errática, han llegado a alcanzar y sostener valores de hasta 20 l/s, pero durante la época seca llegan a alcanzar valores por debajo de los 2 l/s durante varias semanas e incluso a secarse por completo (0 l/s).

El año 2015 ha sido uno de los mejores años de los últimos años, ya que, la oferta fue de las más estables gracias a aumentos repentinos del caudal de las fuentes. Hubo un evento particular a finales de abril donde el caudal fue de los 0 l/s durante varios días.

La época seca de este año 2020 ha sido una de las más críticas en déficit como en duración ya que no se reportan caudales por encima de los 8 l/s desde diciembre del año 2019. Se puede observar que aún después de la finalización de la época seca existen valores de caudal que llegaron a los 0 l/s o apenas a los 2 l/s; por lo que el descenso de los caudales no es una condición exclusiva de la época seca como tal para estas fuentes (Tranqueras y Yurro Hondo).

Se debe poner atención a los caudales de extracción máximos, ya que, desde julio del año 2018 no se han registrado caudales por encima de los 14 l/s como solía ser usual en años anteriores.

Tanque Breña Mora

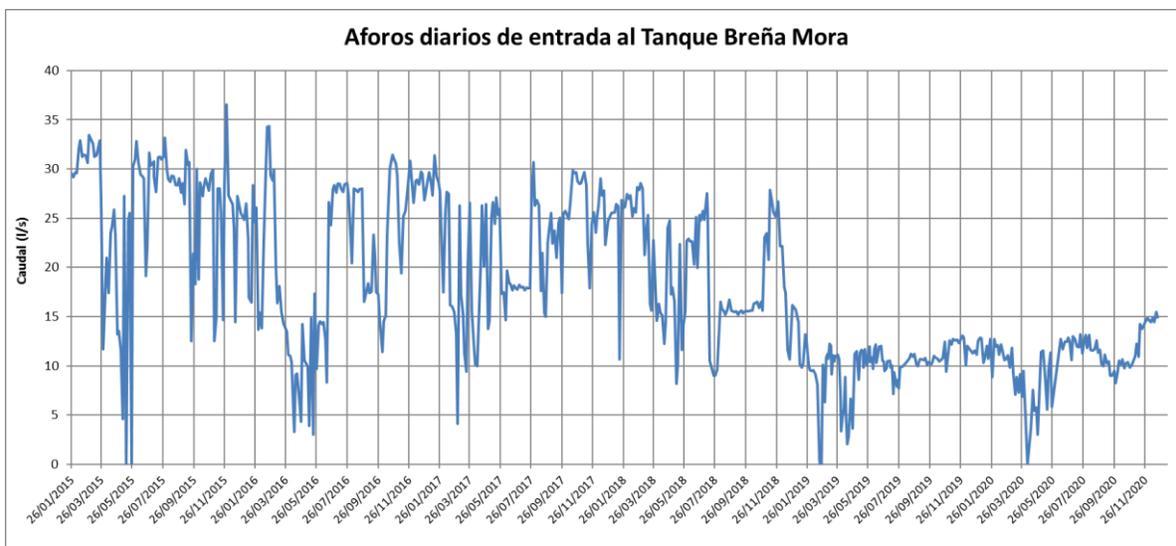


Figura 16. Caudales de entrada al Tanque Breña Mora (Breña Mora)

La toma Breña Mora presenta una oferta normal de los 25 l/s a los 30 l/s, pero durante la época seca llegan a alcanzar valores por debajo de los 5 l/s; es decir, es decir, menos de la cuarta parte de su valor durante la época lluviosa.

Durante el año 2019 se observó un descenso de los caudales a un valor medio de los 10 l/s pero fue producto de la entrada en operación de la Planta de Tratamiento Breña Mora, lo que permitió eliminar varias tuberías que se ubicaban dentro de propiedades privadas y con alta presencia de

fugas e ilícitos. Existe una solicitud de aumento de diámetro de tubería para esta conducción para recuperar los valores de extracción máximo originales.

La época seca de este año 2020 ha sido una de las más críticas junto con la del año 2019, se observan valores por debajo de los 5 l/s que ocurrieron en los meses de abril y mayo, pero recuperaron sus valores máximos de los 10 l/s a finales de junio y desde ese momento se ha mantenido con una oferta estable alcanzando valores de hasta 15 l/s.

Tanque Ciénega Norte

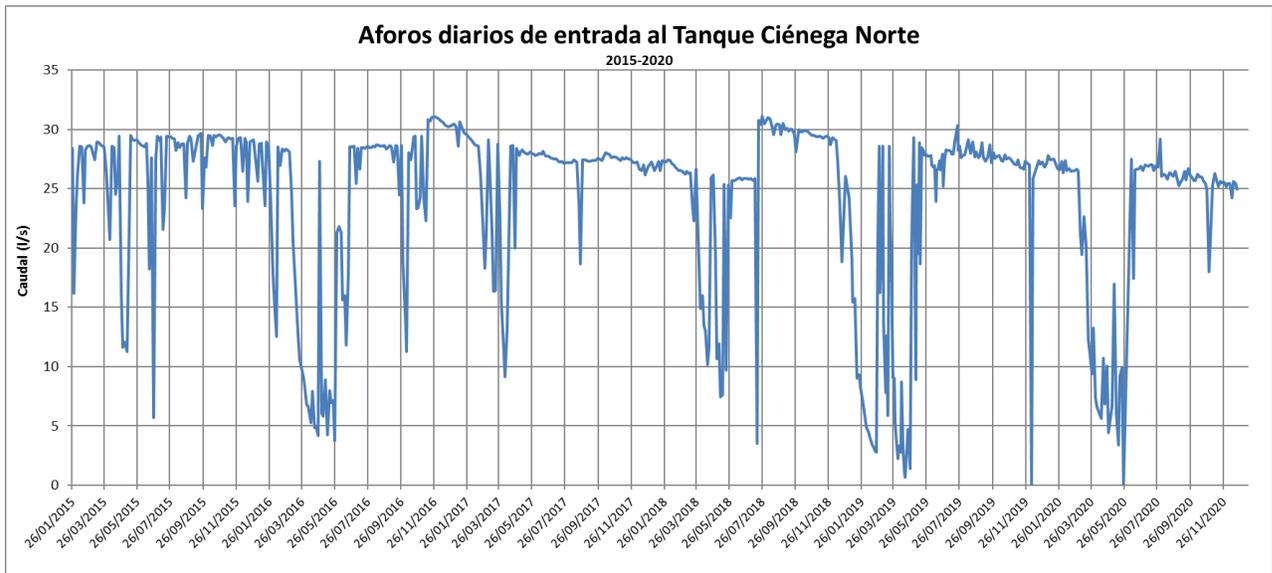


Figura 17. Caudales de entrada al Tanque Ciénega Norte (Tibasito)

La toma Tibasito presenta una producción normal de entre los 25 l/s a 30 l/s, pero durante la época seca se han llegado a registrar valores por debajo de los 5 l/s; es decir, menos de la sexta parte de lo que podría ser captado durante la época lluviosa.

Llama la atención las condiciones del año 2017 donde no se realizaron racionamientos en la zona de Concepción de San Rafael, esto debido a que la época de bajos caudales fue muy corta y se dio en los primeros meses del año y estaban oscilando alrededor de los 20 l/s donde se registró un único valor menor a los 10 l/s.

De todos los años registrados, las épocas secas más críticas de esta fuente han sido el año 2019 y este año 2020, en el cual los caudales estuvieron por debajo de los 10 l/s durante más de 3 meses.

2.3.2 Manantiales

La ESPH cuenta con varios tanques de almacenamiento que son abastecidos por medio del campo de manantiales de la zona nor-oeste del acueducto (partes altas de Barva). Aunque este tipo de fuentes no muestran una reacción inmediata ante los eventos de lluvia, sí lo tienen en períodos de semanas o meses donde los valores de recarga se ven afectados y por ende los niveles y caudales de extracción.

El control de la respuesta de estos manantiales ante los eventos climáticos se registra a la entrada de dos muy importantes tanques de almacenamiento: el Tanque 90 (que abastece gran parte de Heredia y San Rafael) y el Tanque Chamaco (que abastece todo el cuadrante urbano de San Rafael).

Tanque Noventa



Figura 18. Caudales de entrada al Tanque Noventa (manantiales del norte)

El registro de aforos del agua que entra al Tanque 90 es el más extenso de todos, debido a su importancia dentro de los acueductos operados por la ESPH, este tanque es el de mayor volumen de todo el sistema y además abastece un área considerable de la zona urbana del cantón central de Heredia y de San Rafael.

De este registro es de suma relevancia notar como una oferta aparentemente estable de los 300 l/s puede llegar a convertirse en apenas unos 50 l/s la mayoría de las épocas secas; o incluso llegar a secarse por completo (0 l/s) tal y como ocurrió durante el año 2014 donde se tuvieron que realizar racionamientos incluso en el centro urbano de Heredia y durante el año 2019 donde se experimentaron fluctuaciones y racionamientos en el casco central de Heredia y San Francisco. La época seca del año 2019 fue una época seca crítica similar a la del año 2014 pero de mayor duración debido a que los caudales empezaron a descender desde noviembre del 2018.

Por otro lado, para este año 2020 las condiciones fueron muy favorables presentándose una época seca normal donde los caudales no bajaron de los 50 l/s y además a finales de noviembre se registró un valor de los 340 l/s que no se registraban desde hace 10 años atrás; este valor máximo fue producto de las lluvias ocasionadas por el Huracán Eta. Esto explica cómo se verá más adelante por que no fue necesario establecer horarios de racionamiento ni horario de fluctuaciones para el sector de Heredia ni San Francisco durante el año 2020.

Tanque Chamaco

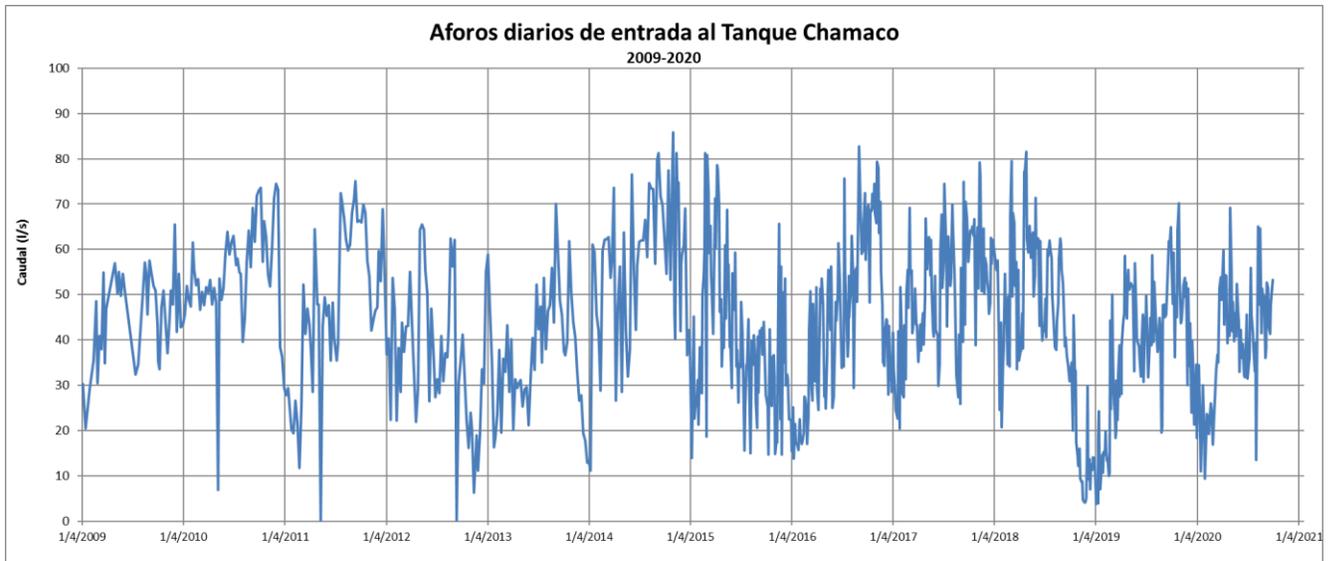


Figura 19. Caudales de entrada al Tanque Chamaco (Manantial Fuente Flores)

Fuente Flores, al tratarse de un manantial es un recurso subterráneo-freático; por lo tanto, no ha llegado a mostrar valores de 0 l/s desde el inicio del período de medición como sí lo hacen las fuentes superficiales. Aunque el año 2019 se observó cómo los caudales estuvieron por debajo de los 10 l/s por un período sostenido de 3 meses llegando a alcanzar valores de apenas los 4 l/s.

Se han llegado a registrar valores máximos de hasta los 80 l/s y valores mínimos de apenas los 4 l/s pero en muy pocas ocasiones como lo fue el año 2019; lo normal es que estén por encima de los 20 l/s. Este año 2020 los caudales durante la época seca fueron muy bajos de magnitud similar a los ocurridos en el año 2013, siendo este año 2020 la segunda peor época seca registrada y además considerando que este tanque abastece un sector urbano muy denso como lo es el centro de San Rafael donde por motivos de las restricciones sanitarias por motivo del CoVID-19 se dio un aumento significativo en el consumo de agua potable debido al teletrabajo y aumento de las medidas de higiene como lavado constante de manos y ropa.

2.4 Falla de equipos electromecánicos en pozos de extracción de agua

Aunque existan descensos en los valores de caudal de las fuentes como ríos y manantiales, muchas veces incluso en las peores épocas secas no se ha tenido que recurrir a racionamiento en ciertas zonas gracias al campo de pozos profundos con el que cuenta la ESPH.

Del 100 % del agua que se extrae mensualmente de todas las fuentes de la ESPH, el agua proveniente de los pozos representa en promedio un 50 % del total extraído, este valor ha alcanzado valores de hasta el 82 % durante la época seca del 2019 y nunca ha estado por debajo del 27 %, esto implica que existen zonas del acueducto que requieren de esta agua todo el año para ser abastecidos y no ver afectada la continuidad del servicio que reciben.

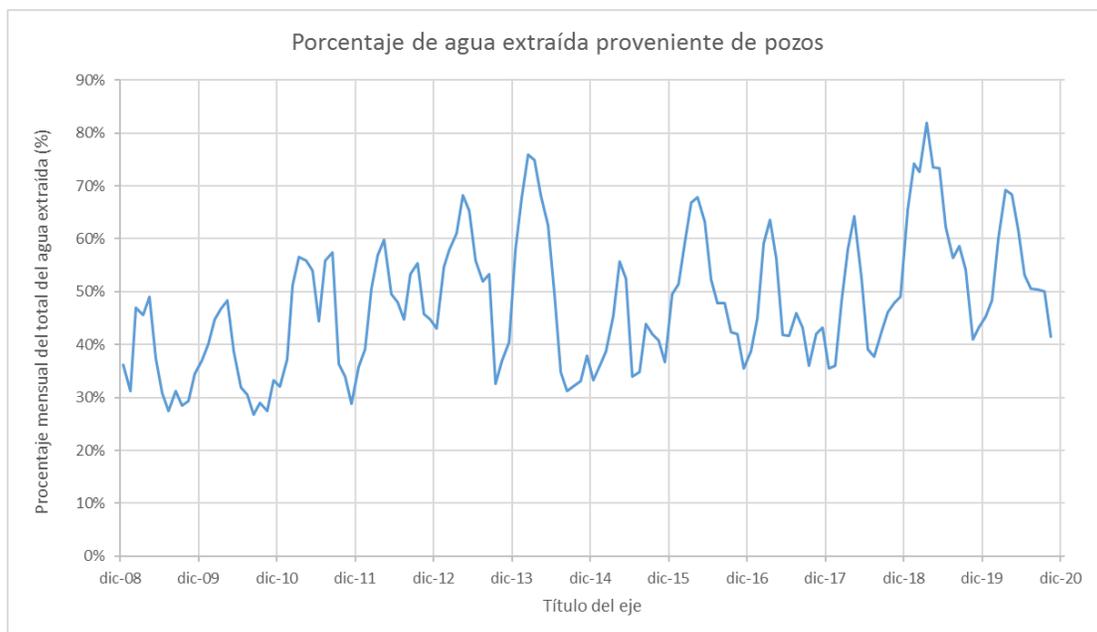


Figura 20. Porcentaje del agua proveniente de pozos de extracción

Los pozos ofrecen valores de oferta de agua casi constantes en el tiempo y su producción no se ha visto afectada por fenómenos climatológicos ni se ha dado una sobreexplotación del acuífero que afecte su producción u operación. De esta forma son los pozos los encargados de completar la oferta de agua cuando hay escasez de agua o estrés hídrico en alguna zona específica del acueducto.

El riesgo que tienen los pozos, es que los equipos de bombeo que permiten la extracción del agua, salgan de operación por fallos electromecánicos o por falta de mantenimiento. Lo anterior puede ocurrir debido al desgaste de las partes, caída de rayos, eventos climáticos, alcance de la vida útil del equipo, etc.

2.5 Falta de redundancia en la red de distribución

Muchas de las zonas altas de San Isidro y San Rafael eran operadas en el pasado por medio de ASADAS o Acueductos Municipales muy deficientes. Esto provocó que los sistemas se desarrollaran de forma independiente unos de otros a lo largo de calles sin salida que van de sur a norte sin interconexiones viales (calles y caminos) ni hidráulicas entre ellas.

Debido a la vulnerabilidad de varias de estas líneas se han hecho interconexiones entre ellas para que, en caso de daño de una de las líneas, las zonas afectadas puedan ser abastecidas por las otras zonas minimizando la afectación. Esto siempre que la topografía y las condiciones hidráulicas de las zonas así lo permitan.

Además, se ha trabajado durante varios años sustituyendo varias de las tuberías más vulnerables. Las mismas se están instalando en Polietileno de Alta Densidad, este material es más dúctil que el PVC y reduce la aparición de fugas debido a que ahora pasan por procesos de diseño hidráulico y la adecuada selección de diámetro y espesor en función de las presiones de trabajo.

2.6 Riesgo de ruptura en Pasos Aéreos

Un paso aéreo es el tramo de una tubería que debe salvar una luz o longitud por encima de una depresión topográfica, generalmente el cauce de un río o quebrada. Estos pasos se encuentran apoyados mediante estructuras que los sostienen de ambos márgenes del cauce.

Estos son puntos de alta vulnerabilidad debido a que, si están mal construidos o no tienen buen mantenimiento, se pueden romper o fallar por caída de árboles, crecidas del río o por el transporte de ramas y troncos muy cerca de la tubería.

Estos pasos aéreos son de gran importancia para la continuidad del servicio ya que normalmente se encuentran en tuberías de conducción principales que vienen directamente desde las captaciones y además localizados en sitios de difícil acceso y en puntos muy complicados para la realización de tareas de reparación y mantenimiento.

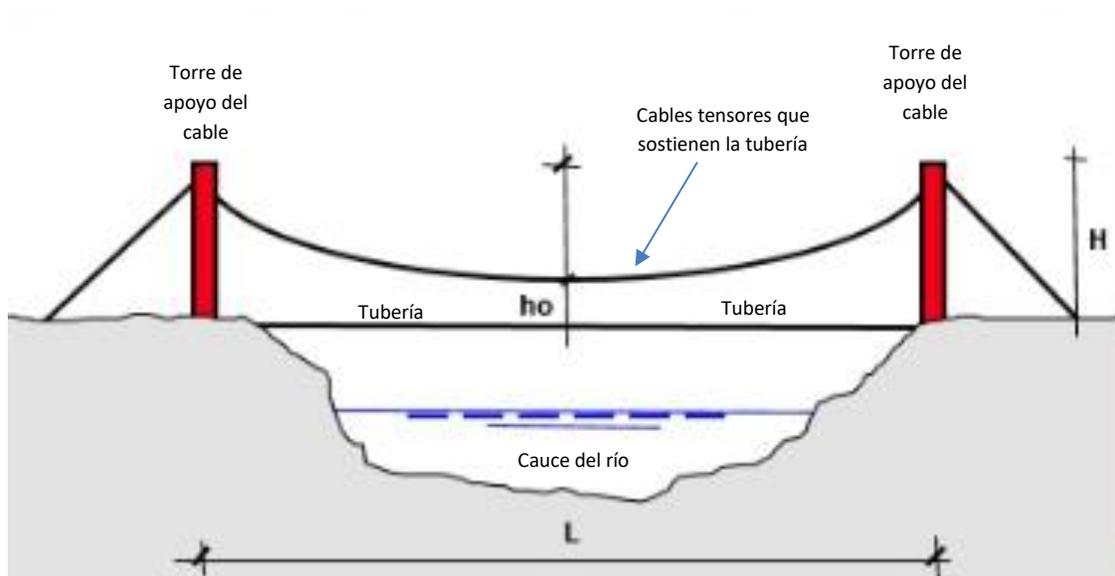


Figura 21. Arreglo típico de un paso aéreo

2.7 Riesgo de fracturamiento de tanques de almacenamiento

Con el paso de los años y la ocurrencia de eventos sísmicos, las paredes y el fondo de los tanques de almacenamiento de agua llegan a presentar pequeñas fracturas sin riesgo estructural alguno pero que producen fugas y pérdida de agua.

Por otro lado, ante un evento sísmico extremo se podría llegar a presentar el colapso estructural de un tanque y perder por completo toda el agua que estaba contenida dentro de sus paredes; ante este tipo de eventos lograr conservar ese volumen de agua para su posterior uso durante la atención de la emergencia es importante de considerar.

3 Obras y acciones por ejecutar para atender los escenarios planteados

3.1 Establecimiento de horarios de racionamiento (medida inmediata)

De la sección anterior queda claro que dentro de un acueducto puede presentarse escasez del suministro de agua por las siguientes razones:

- Descenso de caudales por época seca y/o algún evento de variabilidad climática particular
- Salida de las tomas superficiales por altos niveles de turbidez durante avenidas
- Trabajos de mantenimiento en captaciones
- Fallos en los equipos de bombeo
- Averías importantes en la red de conducción y/o distribución
- Salida de operación de tomas por eventos extremos

El Reglamento para la Prestación de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes de la ARESEP en su artículo 57 establece que:

“En condiciones de escasez de agua, el prestador podrá restringir su uso, para ello deberá notificar a sus abonados mediante los medios de comunicación colectiva y dar aviso por escrito a la Autoridad Reguladora y al Benemérito Cuerpo de Bomberos, al menos veinticuatro horas naturales antes de que tal restricción se haga efectiva.

Durante el periodo de escasez, el prestador deberá racionar con criterios de equidad el suministro del agua disponible, con la debida atención hacia la salud. Para asegurar la equidad en el suministro podrá establecer restricciones de uso.”

Además, en el Artículo 58 indica que: “Los servicios alternativos de suministro del servicio de acueducto podrán ser camiones cisternas, tuberías temporales u otro medio, siempre que éstos garanticen que el agua distribuida reúna la característica de calidad potable y asegure una dotación mínima de subsistencia a la población afectada por la interrupción.”

Después de analizar las condiciones del efecto de la época seca sobre las zonas en cuestión, es que se procedió a definir distintas zonas para la implementación de horarios de racionamiento. Un horario de racionamiento es la definición arbitraria de un lapso donde los usuarios tienen agua (tanque abierto) en sus casas y otro lapso donde no la tienen (tanque cerrado).

Los cierres de los tanques se realizan con el objetivo de que el poco caudal que está entrando a los tanques logre alcanzar un volumen de agua dentro del tanque para ser distribuido durante las horas con agua al abrir el tanque.

Cuando el caudal de las fuentes es muy bajo se hace uso de camiones cisterna (propio y contratado) para completar la oferta de agua y lograr llenar el tanque antes de la hora de apertura del tanque. Los camiones cisterna se abastecen de otras áreas del acueducto donde no se presenta el problema de déficit hídrico debido a descenso de los caudales por efecto de la época seca.

3.1.1 Comportamiento de los racionamientos durante el año 2020

En el Cuadro 1 se muestran los horarios implementados para cada una de las zonas en el momento más crítico de los racionamientos durante el año 2020; por otro lado, en el mapa de la Figura 22 se muestra un mapa con las zonas bajo racionamiento durante este año 2020, además dentro de este mismo mapa se muestra un recuadro donde se observa el tamaño de la zona de racionamiento en comparación con toda el área servida de la ESPH.

Cuadro 1. Horarios de racionamiento implementados durante el año 2020

Acueducto	Sector	Horas con tanque abierto	Cantidad de abonados (servicios)
San Rafael	Tanque Chamaco	05:00 a.m. – 09:00 a.m. 05:00 p.m. – 09:00 p.m.	9 803
San Rafael	Ciénega Norte	09:00 a.m. – 05:00 p.m.	106
San Rafael	Ciénega Sur	05:00 a.m. – 09:00 a.m. 05:00 p.m. – 09:00 p.m.	815
San Rafael	Tanque HighLand Ranch-Castillo	05:00 a.m. – 09:00 p.m.	324
San Isidro	Tanque Victoria / Santa Elena	05:00 a.m. – 09:00 a.m. 05:00 p.m. – 09:00 p.m.	985
San Isidro	Tanque Breña Mora	05:00 a.m. – 09:00 a.m. 05:00 p.m. – 09:00 p.m.	480
San Isidro	Tanque Santa Cecilia	05:00 a.m. – 09:00 p.m.	719
San Isidro	Tanque Chilillal	04:30 a.m. – 08:30 a.m. 04:30 p.m. – 08:30 p.m.	66
San Isidro	Tanque Granito	04:15 a.m. – 08:15 a.m. 04:15 p.m. – 08:15 p.m.	26
San Isidro	Norte del Tanque Santa Cecilia	Se reparte “casa por casa” según necesidad	8
		Total abonados racionamiento	13 332

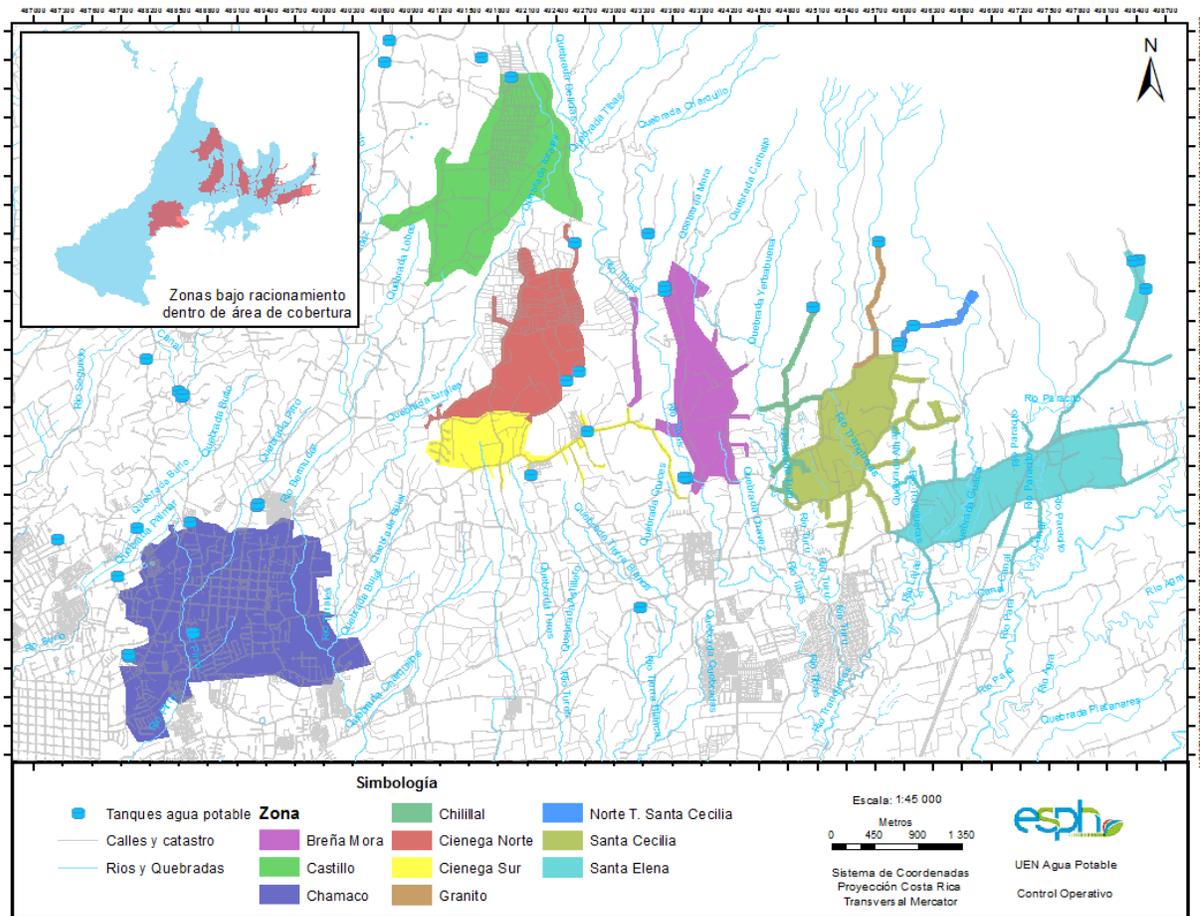


Figura 22. Ubicación geográfica de zonas bajo racionamiento durante el año 2020

Nótese que las zonas que se racionaron fueron aquellas abastecidas por tomas superficiales de ríos y quebradas, y las zonas abastecidas por el manantial Fuente Flores (sectores Chamaco y Castillo), el cual como se vio en secciones anteriores presentó un valor de déficit histórico.

A la fecha de elaboración de este informe, el total de abonados (servicios) incluidos dentro de las zonas de racionamiento fue de los 13 332 y representa un total de 18 % del total de los abonados de la ESPH. Esta cantidad de abonados ha sido la más alta de los últimos seis años siendo excedida únicamente por el año 2014 donde se racionó a un 41 % del total de los abonados de la ESPH.

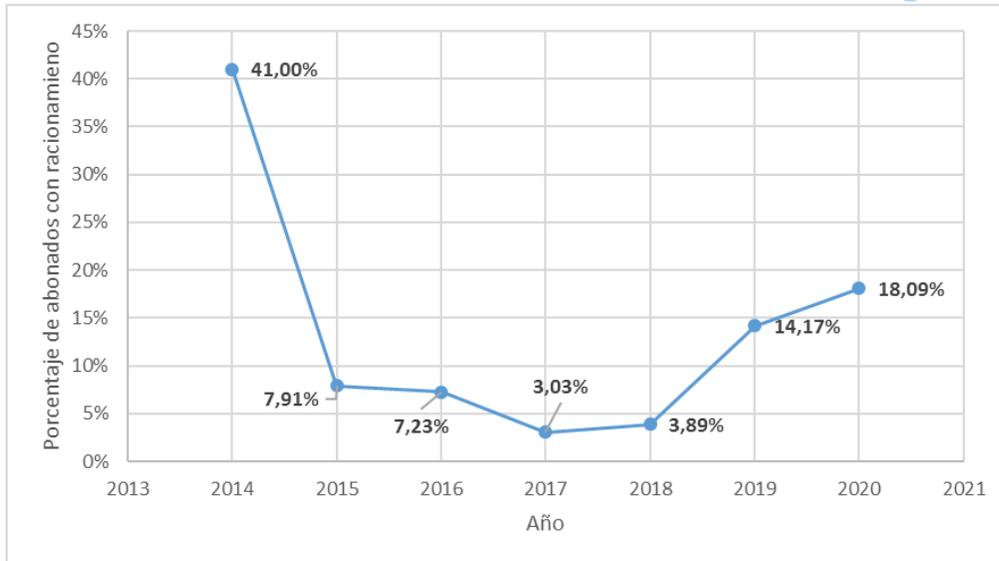


Figura 23. Porcentaje anual de abonados de la ESPH racionados por efecto de época seca

Zona de fluctuaciones

Aunque este año 2020 no fue necesaria la implementación de horario de fluctuaciones, a solicitud expresa de la ARESEP se realiza la definición de zona de fluctuaciones:

Se definen fluctuaciones en aquellas zonas donde la afectación de los caudales no es tal como para realizar los cierres de los tanques y además al ser zonas de presión tan amplias no se cuenta con las condiciones para realizar los cierres de un racionamiento, haciendo que hacer cierres de racionamiento provoque mayores afectaciones en el sector como presencia de aire, altas presiones y roturas de tuberías ocasionadas por un cierre del 100 %.

En estos casos, aunque no se den interrupciones completas del servicio sí se reportan eventos de muy bajas presiones, interrupciones de unos cuantos minutos o pocas horas durante los eventos o momentos de máximo consumo. La idea es que estas fluctuaciones sean avisadas a los abonados para que tengan conociendo que son debidas a los efectos de la época seca y el momento de máximo consumo de la zona.

3.1.2 Posibles horarios por aplicar para el año 2021 en caso de que alguno de los escenarios se materialice

Después de analizar los datos del último balance hídrico, las posibles condiciones climáticas, las experiencias generadas de épocas anteriores, el crecimiento de los servicios nuevos y el desarrollo de nuevas obras en los últimos años; se proyectan los siguientes horarios de racionamiento de ser necesarios para el próximo año 2020:

Cuadro 2. Zonas y Horarios de racionamiento aplicables para el año 2021

Sistema	Provincia	Cantón	Distrito(s)	Poblados	Hidrometros (conexiones)	Horario con tanque abierto	Probabilidad de implementación
Heredia y San Francisco	Heredia	Heredia	Heredia	Centro de Heredia, Fátima, Guayabal, Corazón de Jesús, Los Ángeles y el Carmen. San Francisco, Cujubuquí, La Suiza y Santa Cecilia	17667	08:00 a.m. - 11:00 p.m.	Media
San Rafael Centro	Heredia	San Rafael	San Rafael	San Rafael	4041	05:00 a.m. - 09:00 a.m. 05:00 p.m. - 09:00 p.m.	Media
San Rafael Sur	Heredia	San Rafael	Santiago	San Josecito, La Suiza y Santiago	2654	05:00 a.m. - 09:30 p.m.	Media
Ciénega Nor-este	Heredia	San Rafael	Concepción	Calle Ciénega y Calle Tiqúicia	407	05:00 a.m. - 09:00 a.m. 01:00 p.m. - 05:00 p.m.	Alta
Ciénega Nor-oeste	Heredia	San Rafael	Concepción	Calle Aguacate, Calle la Pizza y Calle el Resbalón	202	09:00 a.m. - 01:00 p.m. 05:00 p.m. - 05:00 a.m.	Alta
Ciénega Sur	Heredia	San Rafael	Concepción	Concepción de San Rafael, Calle el Palenque y Kitimat	411	05:15 a.m. - 09:15 a.m. 05:15 p.m. - 09:15 p.m.	Alta
Castillo	Heredia	San Rafael	Los Ángeles	Los ángeles, el Castillo	296	04:00 a.m. - 08:00 p.m.	Media
Breña Mora	Heredia	San Rafael	Concepción	Calle Breña Mora, Calle Anonos, Calle Chávez y Calle Charquillo	470	04:30 a.m. - 08:30 p.m.	Alta
San Isidro Centro	Heredia	San Isidro	San Isidro, San José y San Francisco	San Isidro, Santa Cruz, San Francisco, Lourdes, Viento Fresco y Quebradas	4476	04:00 a.m. - 08:00 p.m.	Media
Santa Elena	Heredia	San Isidro	San José	Calle Bombacho, Calle Zurquí, Santa Elena, Calle Yerbabuena, Calle Gemelo, Calle Trapiche, Calle Chavarría y Calle Chizos.	985	04:00 a.m. - 08:00 p.m.	Alta
Santa Cecilia	Heredia	San Isidro	Concepción	Santa Cecilia, Calle Lajas, Calle Granito, Calle los Leones y Calle Azofeifa	682	04:00 a.m. - 08:00 p.m.	Alta
Chilillal	Heredia	San Isidro	Concepción	Concepción y Calle Chilillal	61	04:30 a.m. - 08:30 a.m. 04:30 p.m. - 08:30 p.m.	Alta

Además, en la última columna del cuadro anterior se muestra la probabilidad de que los racionamientos lleguen a ser necesarios durante la época seca del próximo año. Es importante anotar que los límites de las zonas y los horarios son propuestos y podrían llegar a ser modificados durante el momento de su implementación por razones específicas del tipo de evento que llegue a ocurrir.

La probabilidad indicada es de carácter subjetivo debido a los varios escenarios considerados e incluso a la combinación de alguno de ellos. Esa probabilidad de ocurrencia está basada en los siguientes factores:

- Zonas con alta dependencia de pozos y ausencia de redundancias de ríos y pozos poseen un riesgo de ser racionados por fallos electromecánicos en los pozos que las abastecen.
- Todas las zonas abastecidas al 100 % por ríos se sabe que por efectos de clima serán racionadas durante todas las épocas secas.
- Zonas abastecidas en su mayoría por manantiales tienen alta probabilidad de ser racionadas si el caudal de los manantiales llega a valores muy bajos por valores bajos de recarga (lluvia). Esto puede ocurrir por alguno o algunos de los fenómenos climáticos ya explicados.
- Se toma en cuenta las condiciones presentadas durante años anteriores y eventos que ya se han materializado como los años secos del 2014 y el 2019, o como la salida del pozo Santa Cruz II que es el único que abastece el centro de San Isidro durante la época seca.

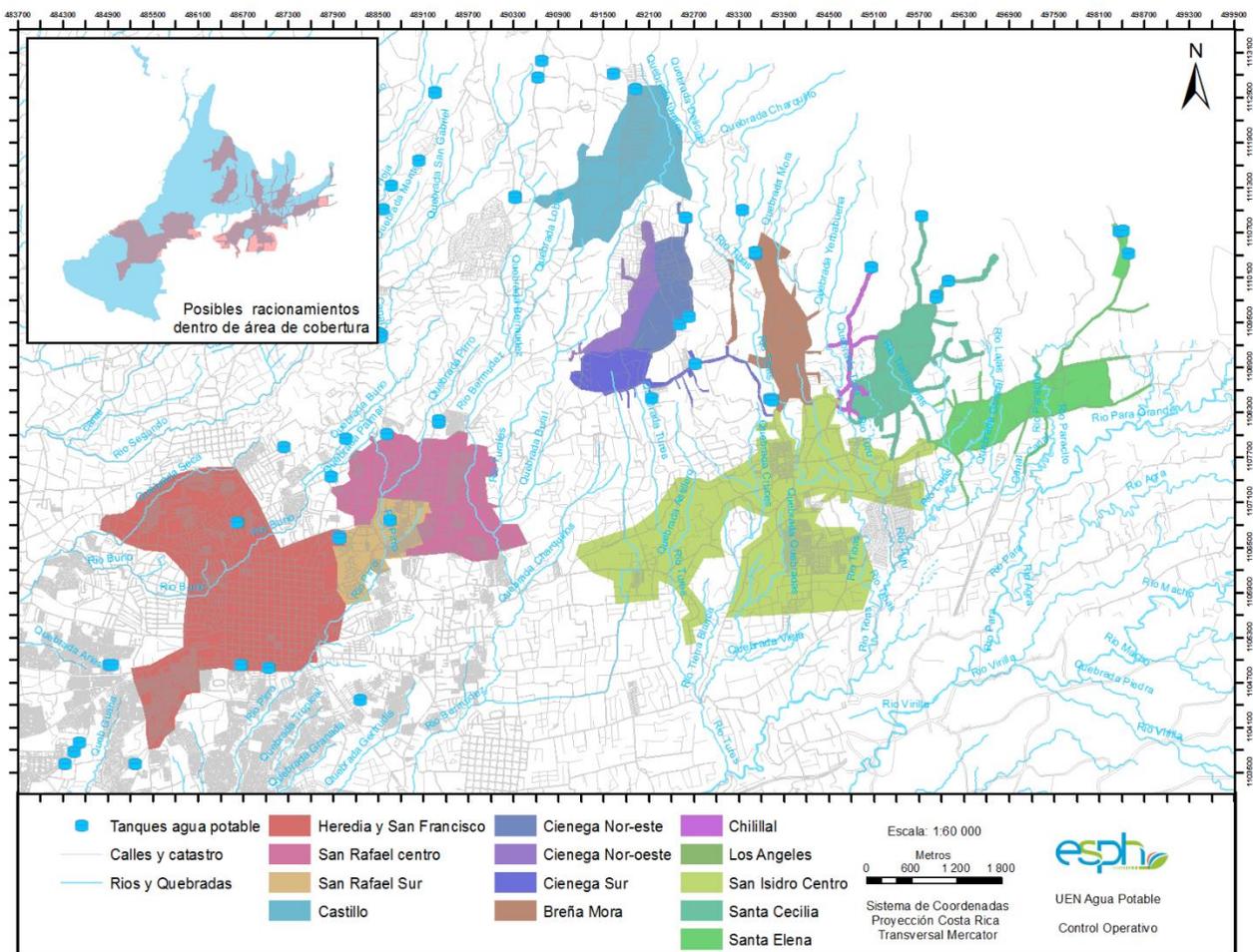


Figura 24. Ubicación geográfica de zonas con posibilidad de ser racionadas durante el año 2020

3.2 Obras de inversión a corto y mediano plazo

El Negocio de Agua Potable cuenta con varios Planes de Mantenimiento directamente asociados a responder ante la ocurrencia de los escenarios planteados en el capítulo 2 y además con Planes de Inversión que permiten aumentar la oferta de agua potable y también conducir el agua a los distintos sectores que más lo requieren.

3.2.1 Programa anual de mantenimiento

Seguido se detallan las principales obras realizadas en los últimos años y que estarán en operación durante la época seca 2020, estos se encuentran divididos en los siguientes programas: cambio y mantenimiento de equipos de bombeo, construcción de nuevas interconexiones, mejoramiento de pasos aéreos de tubería e impermeabilización de tanques.

3.2.1.1 Cambio y mantenimiento de equipos de bombeo

Se cuenta con un plan de mantenimiento de la red de pozos de extracción y además, como política establecida en el Negocio de Agua Potable, se debe mantener al menos 3 equipos por grupo de potencia y una vez que se utiliza alguno se debe realizar la compra de uno nuevo. Estas acciones son imprescindibles de efectuar debido a que debemos mantener un servicio continuo hacia nuestros clientes, pues la salida de operación de un pozo, sobre todo en época seca causa un efecto negativo directo en la continuidad del servicio, lo que nos obliga a dar una respuesta ágil y oportuna, manteniendo en stock equipos que sustituyan los dañados.

En el siguiente cuadro se incluye un detalle de los principales trabajos realizados (mantenimiento y cambio total de los equipos) dentro de este plan en los últimos años.

Cuadro 3. Mantenimiento y cambio de equipos de bombeo

Año	2017	2018	2019	2020
Equipos de bombeo sustituidos	Pozo HighLand Ranch	Bombeo #1 Cementerio	Pozo Miraflores	Pozo Montealegre
	Pozo Esperanza I	Pozo Santiago	Pozo Aurora 3	Bombeo San Josecito- Tanque Victoria
	Pozo Granada	Pozo Esperanza IA	Pozo Joya III	Pozo Trébol
	Pozo Boruca	Pozo Burial	Pozo Santa Cruz 2	Pozo Boruca
		Pozo Boruca	Pozo Trébol	R. Chizos/Santa Cecilia
		Pozo Joya II	Pozo Malinche Real	R. #2 Malinches
		Pozo Trébol	Pozo Burial	Pozo Aurora 2
		Pozo Joya III	Pozo Real Santamaría	Bombeo San Josecito- Tanque S.Cecilia
		Pozo Matasanos	Pozo Santiago	R. #2 Cementerio
			Pozo Joya I	Limpieza Altos 1
			Bombeo Malnches 1 y 2	Limpieza Matasanos
			Bombeo San Josecito- Tanque Victoria	Malinches 1
			Highland Ranch	
			Malinche Real	
			Montealegre	
			Boruca	
			R. Chizos	



Figura 25. Registro fotográfico de cambio de equipos de bombeo y mantenimiento de pozos

3.2.1.2 Construcción de nuevas interconexiones

Con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad de los sistemas hidráulicos independientes, se ha realizado la instalación de tuberías de conducción nuevas que permiten interconectar los distintos tanques de almacenamiento de los sectores vecinos. Esto permite evitar el uso de racionamientos o disminuir su posible afectación si solo uno de los sectores se ve afectado por el descenso de caudales.

Cuadro 4. Construcción de tuberías de interconexión entre sectores

2016	2018	2019	2020
De Tanque Castillo hasta parte alta de Calle Ciénega	De Tanque Tirol hasta Tanque Castillo	Del Pozo Matasanos al Tanque Santa Lucía	Del Tanque Chilillal al Tanque Concepción
	De la parte alta de Calle Ciénega hasta Tanque Ciénega Norte	Del Pozo Altos 1 al Tanque Santa Lucía	Del Tanque Santa Cecilia hacia el norte
		Del Pozo Altos 2 al Tanque Santa Lucía	Del Tanque Carbonera hacia la red de distribución
		Del Tanque 90 al Tanque Santa Lucía	Del Tanque San Isidro al Tanque San Francisco
		Del Tanque 90 al Tanque Chamaco	Del Tanque San Isidro al Tanque hacia red de distribución

3.2.1.3 Mejoramiento de pasos aéreos de tubería y mejoras en captaciones

Como se mencionó en secciones anteriores es importante contar con pasos aéreos adecuados que puedan resistir y sostenerse ante la caída de árboles y el paso de avenidas en los ríos que atraviesan. Además, las estructuras de toma deben contar con el adecuado mantenimiento que asegure su estabilidad hidráulica y estructural y no se vean comprometidos los caudales de extracción de estas fuentes.

Por esto, se cuenta con un programa anual de construcción y restauración de pasos aéreos de tuberías y estructuras de captación. Seguido se incluye el detalle de las obras realizadas en los últimos años.

Cuadro 5. Construcción de pasos aéreos de tuberías y mejoras en captaciones

2016	2017	2018	2019
Toma Mata de Plátano	Paso aéreo Calle Charquillo	Paso aéreo Salida Fuente Sacramento	Paso Aéreo Quebrada Montaña Sacramento
Toma Río Segundo	Paso aéreo Sacramento	Paso aéreo Quebrada Honda	
Toma Tibasito			

3.2.1.4 Impermeabilización de tanques

Con el objetivo de eliminar las pérdidas de agua producto de las fisuras provocadas por lo eventos sísmicos y el paso de los años, y además para conservar cierto volumen de agua para su posterior uso durante la atención de alguna emergencia de tipo sísmica; se cuenta con el Programa de Impermeabilización de tanques de almacenamiento a los cuales se les recubre por dentro con una membrana geotextil de polietileno impermeable de alta resistencia.

Cuadro 6. Impermeabilización de tanques de almacenamiento de agua potable

2016	2017	2018
Tanque Célimo Sánchez	Tanque Chamaco	Tanque Tirol
Tanque Tirol	Tanque Cementerio	Quebragradiente San Rafael
Tanque Cilíndrico 90	Tanque San Vicente	Tanque Chilillal
Tanque Leván	Tanque San Isidro	Desarenador Breña Mora



Figura 26. Registro fotográfico del programa de impermeabilización de tanques

3.2.2 Programa de perforación de pozos nuevos

Respecto al aumento de la oferta de agua por medio de la perforación de nuevos pozos profundos seguido se resumen los pozos considerados por parte del Negocio de Agua Potable de la ESPH.

El año que se muestra entre paréntesis corresponde al año donde el Negocio planeó la perforación de cada pozo, pero se presentaron atrasos con los permisos de perforación y además debido a modificaciones en el modo de pago al proveedor al cual no le es posible ejecutar la perforación de dos pozos de forma simultanea; y, por ende, no se pudieron o no se han podido perforar en ese año específico.

Cuadro 7. Programa de perforación de pozos nuevos

Nombre del pozo	Acueducto	2015	2018	2019	2020	2021	2024
Malinches II	Heredia		X (2015)				
Esperanza II	Heredia						X (2015)
Los Altos II	San Rafael			X (2015)			
Burial II	San Rafael					X (2015)	
Ciénega Sur (Tirol)	San Rafael					X (2015)	
Santa Cruz II	San Isidro	X					
Vilaseca I (Viento Fresco)	San Isidro				X (2018)		
Vilaseca II (Viento Fresco)	San Isidro						X (2018)



La ESPH planifica, formula y ejecuta los proyectos de inversión de pozos mediante la elaboración del plan táctico del NAPH el cual se asocia con el plan estratégico institucional 2021-2025 con la meta estratégica “Incremento en el caudal del agua disponible en 30 l/s al año, mediante la perforación de pozos, que contribuya en la oferta del servicio, para los próximos cinco años.”

Debido a que los formularios de solicitud de perforación que se deben presentar ante la Dirección de Agua del MINAE requieren la firma del representante legal de la empresa perforadora, para la ESPH no es posible hacer esta gestión de solicitar el permiso hasta tanto se tenga adjudicado el proyecto a dicha empresa perforadora, lo cual significa que, aunque iniciemos un año antes con la elaboración del cartel, invitación de proveedores y revisión de ofertas, será hasta el mismo año aprobado tarifariamente en donde se haga la presentación del permiso.

Para este tipo de proyectos se requiere considerar los plazos de respuesta por parte de la Comisión Tripartita conformada por la Dirección de Agua, el AyA y el SENARA antes de obtener el permiso de perforación, que, aunque a nivel reglamentario tienen un plazo definido para responder las audiencias, la realidad es que dichos permisos son emitidos en plazos mayores a 1 año, y por esta condición es que la ESPH ha tenido la necesidad de trasladar año a año los proyectos de pozos, enviando de esta forma los recursos a reserva de inversión y atrasando la construcción de otras obras de inversión requeridas para disminuir o evitar los racionamientos durante la época seca.

3.2.3 Planes Maestros

Con el objetivo de elaborar planes de trabajo y una adecuada priorización en la construcción de obras hidráulicas (tuberías, tanques de almacenamiento, sistemas de tratamiento, automatización y similares) dentro de un acueducto, en años anteriores la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) contrató consultores externos para que realizara dicha tarea por medio de una herramienta que se conoce como Plan Maestro.

El último Plan Maestro contratado por la ESPH se finalizó durante el año 2008. Durante este período las condiciones físicas, sociales y económicas del acueducto han cambiado significativamente; además de, existir nuevas herramientas de diseño y nuevas tecnologías que se han desarrollado a lo largo de estos últimos años. Por lo anterior, es necesaria la elaboración de un nuevo Plan Maestro que se adecue a las necesidades y realidades actuales del acueducto.

Con el objetivo de hacerle frente a la anterior necesidad, la Unidad de Control Operativo del Negocio de Agua Potable e Hidrantes (NAPH), inició desde mediados del año 2015 un proceso interno de contratación de especialistas en las áreas de la ingeniería hidráulica, la hidrología superficial y la hidrogeología, con el objetivo de elaborar dentro del mismo negocio los nuevos Planes Maestros, que permitan incorporar la realidad técnica, financiera y administrativa de nuestras unidades de trabajo y que además permita el contacto directo con los problemas que se presentan en el acueducto diariamente.

El proceso de diseño y planificación, inició con el análisis de ciertos sectores y el diseño de sus obras asociadas, se priorizaron las obras en estos sitios porque ya contaban con cierto porcentaje de avance por parte del NAPH como la compra de terrenos y ciertos trámites administrativos. Dichas obras son las siguientes: Tanque Victoria, Tanque Ciénega Sur, Tanque Chaverri y Tanque Tirol.

Una vez finalizados dichos diseños de obras específicas, la elaboración de los nuevos planes maestros se priorizó de la siguiente forma: 1) Acueducto de San Isidro, 2) Acueducto de San Rafael y 3) Acueducto de Heredia. Esta priorización obedeció al balance entre oferta y demanda que se confeccionó en el año 2015, el cual arrojó que el Acueducto de San Isidro presentaba un déficit hídrico muy alto, el de San Rafael un déficit medio y el Acueducto de Heredia no presentaba déficit hídrico.

Para solucionar el problema de faltante de agua durante la época seca en el Acueducto de San Isidro, es necesario completar la oferta de agua con agua proveniente de pozos o sistemas de bombeo y además con la construcción de plantas de tratamiento. Lo anterior se consigue con la implementación de las cuatro etapas del Plan Maestro del Acueducto de San Isidro de la ESPH y la respetiva entrada en operación de las distintas obras contenidas en dicho plan.

Con respecto al plan maestro de San Rafael, la I etapa del mismo se espera que inicie en el año 2022, ya dicha etapa se encuentra debidamente incluida en la solicitud de tarifa 2021-2025, y contemplará la optimización del acueducto en las zonas de Getsemaní, Concepción, San José de la Montaña y Sacramento.

Con respecto al plan maestro de Heredia, se realizó durante el año 2020, la planificación de obras asociadas a este sector y se empezaron a incluir para el siguiente estudio tarifario.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de las principales obras y tareas realizadas con respecto a estos planes maestros en los últimos años y que se irán viendo reflejadas durante la ocurrencia de los eventos considerados en los escenarios de vulnerabilidad.

Cuadro 8. Avances es diseño y construcción de planes maestros por acueducto

Año	Sector		
	San Isidro	San Rafael	Heredia
2017	Ejecución Etapa I		
	Extensión línea de impulsión Pozo Santa Cruz - Calle Chizos		
	Instalación de equipos de rebombeo Calle Chizos - Tanque Victoria		
	Instalación de equipos de rebombeo Calle Chizos - Tanque Santa Cecilia		
	Instalación tubería de impulsión Calle Chizos - Tanque Victoria		
	Instalación de equipos de rebombeo Tanque San Isidro - Tanque Breña Mora		
	Instalación tubería de impulsión Tanque San Isidro - Tanque Breña Mora		
	Instalación de equipos de rebombeo Tanque Breña Mora hacia el Norte		
	Desarrollo del Plan Maestro		

Año	Sector		
	San Isidro	San Rafael	Heredia
2018	Instalación tubería de distribución Tanque Breña Mora hacia el Norte Construcción de tanque Victoria Construcción de tanque de succión Victoria Instalación de equipos de rebombeo Tanque de succión - Tanque Victoria Instalación línea de distribución tanque Victoria Instalación de equipos de rebombeo Tanque Victoria al Norte Automatización de tanques, bombes Instalación de válvulas reguladoras de presión - Calle Zurquí Instalación de macromedidores	Perforación Pozo Los Altos II	

2019	Inicio de ejecución de Etapa II	Instalación línea de impulsión Pozo Los Altos 2 - Tanque Santa Lucía	Instalación de tubería de impulsión Pozo Trébol - Tanque Cementerio
	Solicitud de permiso de perforación Pozo Vilaseca	Instalación línea de impulsión Pozo Matasanos - Tanque Santa Lucía	Readecuación tubería de impulsión Pozo Malinches 2 - Tanque Cementerio
	Instalación de rebombeo Tanque Santa Cecilia - Calle Leones	Instalación línea de impulsión Pozo Los Altos 1 - Tanque Santa Lucía	Automatización de sistemas de impulsión y válvulas asociadas
	Instalación de rebombeo Calle Leones - Tanque Chilillal	Instalación línea de conducción Tanque 90 - Tanque Santa Lucía	
	Planta de tratamiento Breña Mora	Instalación línea de conducción Tanque 90 - Tanque Chamaco	

Planta de tratamiento Victoria Instalación de rebombeo Tanque Santa Cecilia al Norte Instalación de impulsión Tanque Santa Cecilia - Calle Leones Instalación de impulsión Calle Leones - Tanque Chilillal Instalación de impulsión Tanque Santa Cecilia al Norte Automatización de sistemas	Armado pozo Los Altos II Puesta en operación tanque Santa Lucía.
--	--

Año	Sector		
	San Isidro	San Rafael	Heredia
2020	Instalación de rebombeo Tanque Santa Cecilia - Calle Leones		Desarrollo del Plan Maestro
	Instalación de rebombeo Calle Leones - Tanque Chilillal		
	Planta de tratamiento Victoria		
	Instalación de rebombeo Tanque Santa Cecilia al Norte		
	Instalación de impulsión Tanque Santa Cecilia - Calle Leones		
	Instalación de impulsión Calle Leones - Tanque Chilillal		
	Instalación de impulsión Tanque Santa Cecilia al Norte		
	Construcción tanque T4		
	Automatización de sistemas		

3.2.4 Volumen de almacenamiento

A solicitud de la ARESEP se incluye esta sección la información asociada a los volúmenes del sistema de almacenamiento de los acueductos operados por parte del NAPH de la ESPH.

Es importante considerar que, aunque un acueducto posea un volumen adecuado de almacenamiento que permite atender incendios, emergencias, averías de unas cuantas horas; no es una condición suficiente para atender de forma oportuna las disminuciones de caudal de las fuentes superficiales y manantiales. Lo anterior porque se debe recordar que los tanques de almacenamiento de un acueducto se diseñan bajo un concepto de regulación horaria.

Cuadro 9. Volumen de tanques de almacenamiento de la ESPH

Nombre del Tanque	Volumen (m3)	Nombre del Tanque	Volumen (m3)
Tanque Noventa	5700,0	Tanque Cilíndrico 90	126,8
Tanque La Joya Cerrado	2400,0	Tanque Brasilia Mediano	119,7
Tanque Carbonal	2000,0	Tanque Quiebragradiante / 90	93,0
Tanque El Chamaco Nuevo	2000,0	Tanque Chaverri	90,0
Tanque El Trébol	2000,0	Tanque Tirol Pequeño	90,0
Tanque Joya Abierto	2000,0	Tanque Ciénega Norte Grande	84,0
Tanque Malinches Cilíndrico (Nuevo)	2000,0	Tanque de Succión Victoria	64,4
Tanque San Vicente	2000,0	Tanque Otoniel	62,0
Tanque Santa Lucía	2000,0	Desarenador T Concepción (StaCecilia)	32,0
Tanque Malinches Rectangular (Viejo)	916,9	Tanque Chorreras Grande	24,3
Tanque San Isidro Nuevo(Concreto)	900,0	Tanque Brasilia Pequeño	19,3
Tanque El Cementerio	865,2	Tanque Chilillal	14,0
Tanque Breña Mora	500,0	Tanque Azul	10,5
Tanque El Castillo Nuevo	500,0	Tanque Vargas	10,5
Tanque Ciénega Sur	500,0	Tanque Albino 10m3	10,0
Tanque Planta de Tratamiento Río Segundo	500,0	Tanque Marin Canas	9,6
Tanque Victoria	500,0	Tanque Sacramento	9,4
Tanque San Francisco	500,0	Tanque Quiebragradiante San Rafael	9,0
Tanque Brasilia Grande	297,0	Tanque Ciénega Norte pequeño	8,9
Tanque Tirol Grande	194,0	Tanque Chorreras pequeño	8,0
Tanque El Castillo	165,8	Tanque Quiebragradiante Juan León	7,5
Tanque Tirol Desarenador	156,0	Tanque Elmer Sánchez 2	4,7
Desarenador Río Segundo	150,0	Tanque Elmer Sánchez 3	4,7
Tanque Célimo Sanchez	149,0	Tanque Elmer Sánchez	3,6
Tanque Concepción (Sta Cecilia)	138,0	Tanque Steinvorth	3,5
Tanque Getsemaní	129,0	Tanque La Carbonera	2,0
		Total	30082,3

Tanque San Francisco – T4 (Año 2020)

Durante el año 2020, se llevó a cabo la construcción del tanque de almacenamiento San Francisco (denominado en los planes maestros como T4), el cual se encuentra ubicado en San Francisco de San Isidro de Heredia, 350 m hacia el sur de la Cruz Roja.

Material: Acero Vitrificado

Volumen: 500 m3

3.2.5 Plan de Inversiones 2021-2025

La ESPH desde el año 2015 solo incluye dentro del Plan de Contingencia aquellas obras que ya fueron ejecutadas y puestas en operación que logren funcionar como medidas de contingencia ante la materialización de alguno de los escenarios aquí planteados, esto debido a que existe seguridad de que esas obras llegarían a beneficiar las maniobras y operación del acueducto durante el año siguiente.

No se acostumbraba incluir las obras propuestas o formuladas para años próximos porque eso se define en los Planes de Inversión, la idea de las obras contenidas dentro del Plan de Inversión sí es la de lograr reducir o eliminar los racionamientos, mientras que, el objetivo del Plan de Contingencia es definir cuáles serán las medidas que se tomarán a nivel operativo el año próximo en caso de que alguno de los escenarios se llegue a materializar.

Aun así, la Intendencia de Agua de la ARESEP mediante el Oficio OF-0270-IA-2020 del 02 de abril del 2020 solicita literalmente lo siguiente en su recomendación #2:

En sus planes de contingencia, detallar en concreto:

- *Los proyectos que se plantean para paliar los efectos del verano.*
- *El aporte esperado, medido en caudal y en población abastecida, de la implementación de estas obras.*

Con el objetivo de cumplir con lo solicitado por la ARESEP lo que se hace es tomar el último Plan de Inversiones del NAPH de la ESPH, el cual es el 2021-2025, se revisan todas las obras propuestas y se extrae de ahí aquellas capaces de aumentar la oferta de agua potable durante la época seca, se determina el caudal esperado y se estima la población beneficiada. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 10. Obras incluidas en el Plan de Inversiones capaces de aumentar la oferta de agua durante la época seca

Año que entraría en operación	Identificador del proyecto	Nombre del proyecto	Caudal esperado (l/s)	Población beneficiada (servicios)
2024	MA-NAP-2015-53.3	Pozo Esperanza II	30	2592
2023	MA-NAP-2018-1.3	Pozo Viento Fresco 2	30	2592
2024	MA-NAP-2019-1.2	I Etapa Plan Maestro San Rafael	No se encuentra estimado este valor de caudal pero existen incluidas en este plan una serie de actividades tendientes a la sustitución o independización de tuberías especialmte aquellas que van desde los manantiales y hasta los tanques de almacenamiento: Optimización Fuentes del Norte, Conduccion 29-Steinvorth, Conduccion Marin Cañas chorreras, Instalación de Check – Fuente Iris Hernández,	
2021-2025	MI-NAP-2019-1.2.	Renovación de Líneas de Tubería	No se encuentra estimado el valor de caudal pero si se incluye en esta micro-inversión el cambio de tuberías de conducción de ríos y manantiales es posible obtener un aumento en los caudales condicido hasta los tanques durante le época seca, especialmente por la eliminación de fugas visibles y no visibles en las actuales tuberías	

*Para el cálculo de la población beneficiada se utilizó una dotación de los 250 l/p/día y un factor de hacinamiento de 4 personas por vivienda.

3.3 Obras de inversión a largo plazo

Existe una serie se opciones para aumentar la oferta de agua potable y para mejorar las redundancias del sistema y disminuir la vulnerabilidad ante los escenarios planteados; adicionales a la perforación de nuevos pozos de extracción y la instalación de nuevas estaciones de bombeo.

Pero estas otras opciones requieren de un extenso trabajo de campo y de oficina; las cuales son tareas que no se realizan en un par de años, ya que no son solo construcción de obras, sino que poseen un componente de gestión específico que requieren de su implementación en lapsos de hasta 10 o 15 años.

Por otro lado, algunos de estos, requieren de investigaciones muy específicas donde se ocupa contar con series de datos hidrológicos extensos; además de diseños y estudios de factibilidad técnica, ambiental, legal y financiera que justifiquen su implementación.

Las dos razones anteriores hacen que estas obras de inversión (y gasto) sean a largo plazo y que además sean consideradas como programas (y no como proyectos) debido a su extensión en el tiempo y a la gestión que deben tener dentro de todos los departamentos del Negocio y de la empresa misma. En los siguientes párrafos se resumirán los rubros más importantes de estos programas.

3.3.1 Programa de Gestión de Pérdidas de Agua (PGPA)

Una situación que le ocurre a todos los operadores de agua potable del mundo, es la pérdida de agua entre el punto de captación (ríos, manantiales, pozos, etc.) y el punto de entrega final en cada una de las casas. A esa cantidad se le denomina “Pérdidas de Agua”. Esto genera una menor cantidad de agua disponible (pérdidas físicas) para ser entregada a los abonados conectados a los distintos sistemas y una menor recaudación debida a la sub-medición de los hidrómetros (pérdidas aparentes).

El Programa de Gestión de Pérdidas de Agua (PGPA) está propuesto para un periodo de 10 años. Cuenta con once componentes, agrupados para su ejecución en diez paquetes de trabajo. Siete para la gestión de pérdidas técnicas y tres para la gestión de pérdidas comerciales, posterior al décimo año, los Negocios deberán contemplar la inclusión del personal dentro de sus actividades operativas.

El programa tiene cinco ejes (estrategias) de aplicación: fortalecimiento de la estructura logística, mantenimiento preventivo y predictivo, gestión de usuarios, sectorización y disminución de incertidumbres en las mediciones (macro y micromedición). Seguido se detallan los paquetes de trabajo, donde PT corresponde a pérdida técnica y PC a pérdida comercial.

- P01 PT- C01 & C02: Gestión del sistema de macromedición & Control de rebaleses en tanques.
- P02 PT - C04: Gestión de presiones en la red- Mantenimiento de Válvulas hidráulicas
- P03 PT - C03&C04: Gestión de presiones en la red-Sectorización Piloto San Isidro
- P04 PT - C05: Control activo de fugas- Plan de atención de fugas visibles en predios de la ESPH S.A.
- P05 PT - C05&C06: Control activo de fugas & Gestión de reparación de daños en la red.
- P06 PT - C05: Control activo de fugas-Sectores Críticos (Equipos fijos)
- P07 PT - C06&C07: Gestión de reparación de daños en la red& Gestión de activos del sistema
- P01 PC - C08: Gestión de usuarios de acueducto.
- P02 PC - C09&C10.Optimización de la medición de consumos en grandes usuarios & Gestión avanzada del parque de medidores.
- P03 PC - C11.Identificación y regularización de usuarios clandestinos y fraudulentos.

En el siguiente cuadro se muestran las principales actividades realizadas hasta la fecha.

Cuadro 11. Avance de las tareas e investigaciones realizadas dentro del PGPA

Tipo	Año	Paquete	Componente	Actividad	Costo
Pérdidas físicas o técnicas	2017	P1-C01 & C02	C01 Gestión del sistema de macromedición	Evaluación de la infraestructura actual (equipo y obra civil para macromedición)	₺ 22 700 000
	2018	P5-C05AM_1A2, AM_2A1, AM_3 & C06AM_1-AM_2	C05 Control Activo de Fugas	Propuesta de localización de fugas visibles y no visibles	₺ 14 000 000
	2018	P3-C04AM_1A2, AM_3 & C03AM_3	C04 Sectorización Piloto San Isidro	Propuesta de Piloto de Sectorización para San Isidro	₺ 63 000 000
	2019	P1-C01 & C02C01	C02C01 Gestión del sistema de macromedición	Control de pérdidas de producción	₺ 32 187 201
	2019	P02- C04 AM_2	C04 Gestión de presiones en la red	Evaluación y optimización de estaciones de medición de presión.	₺ 113 995 851
	2019	P07- C06 y C07 AM_2	C06&C07: Gestión de reparación de daños en la red & Gestión de activos del sistema (Tuberías).	Eliminación tuberías pequeño diámetro	₺ 22 848 443
	2019	P07- C06 y C07 AM_2	C06&C07: Gestión de reparación de daños en la red & Gestión de activos del sistema (Tuberías).	Sustitución de tuberías en red	₺ 194 990 897
Total pérdidas técnicas					₺ 463 722 392
Pérdidas Comerciales o aparentes	2016 y 2017	P2-C09 y C10 AM_1, AM_2 & AM_3	C10 Optimización del parque de medidores	Estudio y propuesta de optimización para el control de los usuarios con grandes consumos	₺ 252 879 493
	2018	P1-C08AM_1, AM_2 & AM_3	C08 Gestión de usuarios	Actualización de las bases de datos de usuarios de acueductos-Piloto	₺ 8 900 000
	2018-2020	P2-C09 y C10 AM_1, AM_2 & AM_3	C09 Gestión de usuarios con altos consumos	Gestión de mantenimiento y control de medición de usuarios con altos consumos	₺ 16 621 398
	2018-2020	P2-C09 y C10 AM_1, AM_2 & AM_3	C10 Optimización del parque de medidores	Estudio y optimización de micromedición	₺ 306 909 687
	2018	P2-C09 y C10 AM_1, AM_2 & AM_3	C10 Optimización del parque de medidores	Fortalecimiento del plan de mantenimiento del parque de medición	₺ 534 880 324
	2020	P3-C11 AM_1, AM_2 & AM_3	C10 Clientes fraudulentos y/o clandestinos	Estudio y propuesta para la identificación de usuarios clandestinos y fraudulentos	₺ 334 136 755
Total pérdidas comerciales					₺ 1 454 327 657
Total invertido en pérdidas totales					₺ 1 918 050 049

3.3.2 Programa de Investigación Aplicada para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en un Clima Cambiante (PRIAGIRH)

Este programa nace producto de la conformación de una comisión interdisciplinaria entre distintas unidades de la ESPH (Apoyo al Desarrollo Empresarial, Control Operativo NAPH, Recurso Hídrico NAPH y Gestión Ambiental) y la Universidad Nacional (UNA) que tiene como objetivo el desarrollo de estudios e investigaciones rigurosas de tipo hidráulicas, topográficas, geotécnicas, hidrológicas, hidrogeológicas e isotópicas con el objetivo de monitorear y medir el agua disponible en sus distintas formas en toda la zona de influencia de la ESPH, así como desarrollar proyectos de diseño y financiación de obras de aumento de la oferta de agua a largo plazo como Embalses de Regulación Estacional, Extracción de agua de fuentes de la Vertiente Atlántica y la restauración y rehabilitación de presas existentes por medio de nuevos diseños y métodos constructivos.

En el Cuadro 12 se muestran los seis componentes que conforman el PRIAGIRH y en el Cuadro 13 se incluye el avance de las actividades de estos componentes.

Cuadro 12. Componentes y/o etapas principales del PRIAGIRH

Comp.	Red de Monitoreo Hidro-Meteorológica (RMHM).	Investigación hidrológica, geológica e hidrogeológica.	Investigación hidrogeoquímica e isotópica.	Modelo numérico de los sistemas acuíferos Barva y Colima.	Proyectos asociados a la oferta hídrica (mediano y largo plazo).	Instituto del Agua.
Menú de Opciones	Instalar y dar mantenimiento de los equipos de RMHM.	Realizar un inventario de pozos y nacientes.	Monitoreo isotópico de precipitaciones del AE.	Desarrollar un modelo estacionario, iMOD.	Adquisición de pozos privados existentes de bajo caudal	Perfil de curso técnico para capacitaciones externas
	Implementar un equipo radar para pronóstico de lluvia.	Estudio de propiedades hidráulicas de los acuíferos Barva y Colima Superior e Inferior.	Monitoreo isotópico de cuerpos superficiales del AE.	Desarrollar un modelo transitorio, iMOD.	Proyecto de restauración y rehabilitación de presas existentes	Finca experimental
	Realizar campañas de recolección de datos de RMHM.	Estudio hidrológico y evaluación hidráulica del sistema de drenaje del AE.	Monitoreo isotópico de pozos del AE.	Evaluar la variabilidad y cambio climático.	Investigar de fuentes de abastecimiento de agua potable en la VC.	
	Implementar una plataforma de visualización de datos.	Investigación geotectónica.	Análisis del transporte de materia orgánica disuelta (DOM).	Evaluar escenarios de crecimiento de extracción.	Elaborar un proyecto de embalse de regulación estacional para abastecimiento de agua potable a mediano/largo plazo	
		Estudio de suelos y geofísica del AE.	Análisis de tritio, SF ₆ y gases nobles.		Investigar recarga artificial de acuíferos	
		Implementar una red de monitoreo-pozos de observación.				

Cuadro 13. Avance de las tareas e investigaciones realizadas dentro del PRIAGIRH

Año	Componente	Actividad	Costo Totales
2018	Red de Monitoreo Hidro-Meteorológica (RMHM)	Recolección, adquisición, instalación y mantenimiento de RMHM	₺ 16 823 322
2018	Investigación Hidrogeoquímica e Isotópica	Monitoreo isotópico y análisis de materia orgánica disuelta (DOM), tritio, SF6 y gases nobles)	₺ 19 200 000
2018	Investigación hidrológica, geológica e hidrogeológica.	Inventario pozos & nacientes	₺ 16 665 663
2018	Investigación hidrológica, geológica e hidrogeológica.	Actualización catastral y uso del suelo.	₺ 15 000 000
2018	Proyectos asociados a la oferta hídrica (mediano y largo plazo)	Embalses Estacionales	₺ 16 863 574
2019	Red de Monitoreo Hidro-Meteorológica (RMHM)	Recolección, adquisición, instalación y mantenimiento de RMHM	₺ 20 323 322
2019	Investigación Hidrogeoquímica e Isotópica	Monitoreo isotópico y análisis de materia orgánica disuelta (DOM), tritio, SF6 y gases nobles)	₺ 19 200 000
2019	Proyectos asociados a la oferta hídrica (mediano y largo plazo)	Embalses Estacionales	₺ 40 956 220
Costo total			₺ 165 032 100