



## **Area de Ingeniería & proyectos**

INFORME TÉCNICO

# **“Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi”**

Marco: “Convenio interinstitucional entre la Municipalidad Distrital de Chuschi y  
HIDRAMOS SOLUTIONS S.A.C.”

Código: “BL2-PRJ-2025-004\_As-MuniChuschi”.

### **Elaborado por**

Ing. Sergio David CONDE HUAYCHA

Ingeniero Hidrólogo e Hidráulico CIP

LIMA – PERÚ

Abril de 2026



INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"

COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
REV :	0
FECHA :	20/04/2026

REVISIÓN (Correlativo)	DESCRIPCIÓN (REALIZADA POR) (Motivo de la revisión y entre paréntesis quien la realizó)	FECHA (de la revisión)		
01	Primera versión (Ing. Sergio Conde)	20	04	2026
02				
03				

## Tabla de contenido


	Pag.
1. RESUMEN .....	7
2. INTRODUCCIÓN .....	8
3. CONTEXTO .....	9
4. OBJETIVOS .....	9
4.1 Objetivo general .....	9
4.2 Objetivos específicos .....	9
5. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	10
5.1 Presentación de datos existentes de calidad del agua .....	10
5.1.1 Datos del año 2016.....	10
5.1.2 Datos de los años 2024 – 2025.....	11
5.2 Levantamiento de información en campo .....	12
5.2.1 Medición de parámetros en campo .....	13
5.2.2 Análisis de arsénico en campo.....	13
5.3 Interpretación de los datos de calidad del agua.....	14
5.3.1 Fuentes de agua existentes .....	14
5.3.2 Fuentes de agua nuevas.....	15
6. ALTERNATIVAS DE SOLUCION .....	16
6.1 Descripción de las alternativas de solución .....	16
6.1.1 Alternativas sin tratamiento .....	16
6.1.2 Alternativas con tratamiento.....	16
6.2 Recomendaciones de alternativas de solución.....	22
6.2.1 C.P. de Chuschi.....	22



INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"


COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
REV :	0
FECHA :	20/04/2026

6.2.2	C.P. de Quispillaccta .....	23
6.2.3	C. P. de Canchacancha .....	23
6.2.4	C. P. de Callcabamba .....	24
6.2.5	C. P. de Pucruwasi .....	24
7.	CONCLUSIONES .....	25
8.	REFERENCIAS.....	26
9.	ANEXOS .....	27

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026


### Lista de Tablas

Tabla 1	Resultados de la campaña de medición del 2016 .....	10
Tabla 2	Resultados de la campaña de medición del 2024 – 2025 (C.P. de Chuschi) 11	
Tabla 3	Resultados de la campaña de medición por el Centro de Salud de Chuschi – 2025. ....	11
Tabla 4	Coordenadas UTM de las nuevas fuentes de agua en Sulcaray .....	12
Tabla 5	Resultados de la medición de parámetros de campo en las nuevas fuentes de agua.....	13
Tabla 6	Resultados del análisis de arsénico en las nuevas fuentes – 2026 ...	13
Tabla 7	Resultados del análisis de arsénico en un domicilio afectado – 2026	14
Tabla 8	Ventajas y desventajas de la alternativa de PTAP - OCFd.....	19
Tabla 9	Ventajas y desventajas de la alternativa de PTAP mediante adsorción en HHG 20	
Tabla 10	Ventajas y desventajas de la alternativa de filtros domiciliarios para remoción de As .....	21

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

### Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Ubicación de las fuentes de agua identificadas en Sulcaray</i> .....	12
Figura 2 <i>Diagrama de bloques del sistema centralizado (PTAP) mediante procesos de OCFd</i> .....	18
Figura 3 <i>Diagrama de bloques del sistema centralizado (PTAP) mediante procesos de adsorción</i> .....	20
Figura 4 <i>Diagrama de bloques del sistema domiciliario mediante procesos de adsorción</i>	21

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

## 1. RESUMEN

El presente informe evalúa la calidad del agua potable en el distrito de Chuschi, identificando la presencia de arsénico como el principal problema sanitario en los centros poblados de Chuschi, Quispillaccta, Callcabamba, Pucruwasi y Canchacancha. A partir del análisis de información histórica (2016–2025) y del levantamiento de datos en campo realizado en 2026, se confirma que la mayoría de las fuentes actualmente en uso presentan concentraciones de arsénico superiores al límite permisible de 10 µg/L establecido por la normativa peruana, alcanzando en algunos casos niveles considerados altos (>50 µg/L).


En contraste, las nuevas fuentes evaluadas en la zona de Sulcaray presentan concentraciones de arsénico inferiores a 10 µg/L, lo que evidencia su potencial como alternativa segura de abastecimiento, sujeto a la confirmación de su calidad integral mediante una caracterización completa.

La evaluación técnica realizada permite establecer que las soluciones más adecuadas deben priorizar enfoques sin tratamiento, particularmente el cambio de fuente de agua y, de ser necesario, la mezcla de fuentes para cumplir con los estándares de calidad. Como alternativas complementarias o en escenarios donde estas soluciones no sean viables, se consideran sistemas de tratamiento, tanto centralizados (PTAP) como descentralizados (filtros domiciliarios e institucionales), siendo estos últimos especialmente relevantes como medidas de corto plazo, temporal o de carácter urgente.

En función de las condiciones específicas de cada centro poblado, se plantean recomendaciones diferenciadas que priorizan el cambio de fuente en aquellos casos donde existen alternativas identificadas, y la implementación a corto plazo de filtros domiciliarios en zonas con niveles elevados de arsénico, a fin de reducir la exposición de la población mientras se desarrollan soluciones definitivas.

En términos generales, el informe concluye que existen alternativas técnicas viables para mitigar la problemática del arsénico en el distrito de Chuschi, siendo fundamental priorizar intervenciones que reduzcan el riesgo sanitario en el corto plazo y asegurar la sostenibilidad de las soluciones en el mediano y largo plazo.



	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

## 2. INTRODUCCIÓN

El arsénico (As) es un metaloide que, en concentraciones elevadas en el agua de consumo humano, constituye una amenaza para la salud. La Organización Mundial de la Salud (2022) indica que " la exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y lesiones cutáneas. También se ha asociado a enfermedades cardiovasculares y diabetes. La exposición intrauterina y en la primera infancia se ha relacionado con efectos negativos en el desarrollo cognitivo y un aumento de la mortalidad en jóvenes adultos."

La OMS recomienda mantener la concentración de arsénico por debajo de 10 µg/L. Asimismo, señala que en el rango de 10 a 50 µg/L existe un riesgo de efectos adversos en la salud, aunque con baja incidencia. Entre 50 y 100 µg/L se cuenta con cierta evidencia de dichos efectos. Cuando las concentraciones superan ampliamente el valor de referencia (100 µg/L o más), la principal prioridad en salud pública debe ser reducir la exposición de la población afectada.


La norma peruana adoptó la recomendación de la OMS de 10 µg/L para establecer los LMP (Reglamento de La Calidad Del Agua Para Consumo Humano - DS N° 031-2010-SA, 2010).

El Instituto Tecnológico de Buenos Aires (2025), elaboró un mapa de la presencia de arsénico en el territorio argentino, clasificando los niveles en tres rangos: < 10 µg/L, entre 10 y 50 µg/L, y > 50 µg/L, denominados como "recomendado", "precaución" y "alto", respectivamente. Para este último nivel indica "No consumir para ingesta directa y cocción de alimentos. Reemplazar por otra fuente de agua segura." En el presente informe se utiliza estos indicadores de colores para clasificar los niveles de arsénico.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2003) recomienda que la problemática del arsénico se aborde de diferentes formas; entre ellas, en orden de prioridad, se consideran soluciones sin tratamiento (hidráulicas) y soluciones con tratamiento (procesos fisicoquímicos).

En este informe se analizan los datos existentes sobre la calidad del agua en el distrito de Chuschi, se presentan alternativas de solución y se formulan recomendaciones en función de las especificidades de cada zona afectada.



	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

### 3. CONTEXTO

El distrito de Chuschi, ubicado en la provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, viene enfrentando la problemática del arsénico en cinco de sus centros poblados: Chuschi, Quisillaccta, Callcabamba, Pucruwasi y Canchacancha, con una población aproximada de 200 familias, 650 habitantes, 28 familias, 19 habitantes y 450 habitantes, respectivamente, según la información brindada por el ATM de la municipalidad distrital de Chuschi.

De acuerdo con los registros proporcionados por el ATM, el problema del arsénico se observó inicialmente en el año 2016. Sin embargo, hasta la fecha, no se ha podido dar solución a esta problemática de manera integral.

En ese sentido, y en el marco del convenio interinstitucional entre la Municipalidad Distrital de Chuschi y la empresa Hídramos Solutions S.A.C. (en adelante Hídramos), se presenta este informe con la finalidad de plantear alternativas técnicas de solución.

### 4. OBJETIVOS

#### 4.1 Objetivo general

Realizar el diagnóstico de la calidad del agua en el distrito de Chuschi, con base en información existente y datos levantados en campo, y evaluar alternativas de solución frente al arsénico para su aplicación en proyectos de intervención en curso o futuros.

#### 4.2 Objetivos específicos

- [1]. Analizar los datos existentes proporcionados por la Municipalidad Distrital de Chuschi y por el Centro de Salud de Chuschi.
- [2]. Presentar y comentar los resultados de los datos levantados en campo sobre la calidad del agua en fuentes nuevas.
- [3]. Plantear alternativas de solución frente al arsénico, con base en la información existente y en las especificidades de las zonas afectadas.



## 5. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA

### 5.1 Presentación de datos existentes de calidad del agua

A continuación, se presentan los datos de calidad del agua proporcionados por el ATM y el Centro de Salud de Chuschi. Cabe resaltar que los datos presentados son los que fueron facilitados a Hídramos; por lo tanto, cualquier información complementaria que pudiera existir y que no haya sido proporcionada no se considera en el presente informe.

#### 5.1.1 Datos del año 2016


En el año 2016 se realizó una campaña de medición de la calidad del agua en diferentes fuentes del distrito de Chuschi (Anexo 1 - INFORME N° 002 – 2016 – MDCH – SGDEMA – RESP.ATM/JCDG), observándose la presencia de arsénico mayor a 10 µg/L en todas las fuentes (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Resultados de la campaña de medición del 2016*

Centro poblado	Captación	Fecha de análisis	Parámetro	Valor	Unidad
Chuschi	Pucaccacca	2016	As total	11	µg/L
Chuschi	Belén 1	2016	As total	37	µg/L
Chuschi	Belén 2	2016	As total	37	µg/L
Chuschi	Belén 3	2016	As total	37	µg/L
Chuschi	Itanahuaycco	2016	As total	30	µg/L
Chuschi	Irapata 1	2016	As total	21	µg/L
Chuschi	Irapata 2	2016	As total	27	µg/L
Quispillaccta	Quispillaccta pata	2016	As total	1228*	µg/L
Quispillaccta	Quispillaccta pata	2016	Al total	3760*	µg/L
Canchacancha	Ccotopuquio	2016	As total	60	µg/L
Canchacancha	Chuñouchana	2016	As total	11	µg/L

*Nota:* Significado de los colores: verde (recomendado), naranja (precaución), rojo (alto). Símbolos químicos As: arsénico, Al : Aluminio. (\*) No se cuenta con las coordenadas de este punto por lo que se debe verificar si es una fuente vigente o abandonada

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

### 5.1.2 Datos de los años 2024 – 2025

Entre los años 2024 y 2025 se realizaron diversos análisis, gestionados por el ATM, en diferentes fechas (Anexo 2 – Recopilación de informes de laboratorio 2024 -2025), con resultados similares a los observados en 2016 (Tabla 2).

**Tabla 2**

#### Resultados de la campaña de medición del 2024 – 2025 (C.P. de Chuschi)

Captación	Fechas	Laboratorio- N° Informe	As total (µg/L)
Pucaccacca	15/08/2025	PACIFICCONTROL - 2025-0017387	<8
Belén nuevo	15/08/2024	SGS - MA2411599-A Rev.0	15
Belén nuevo	12/03/2025	SGS - MA2508907-0	23.26
Irapata	15/08/2025	PACIFICCONTROL - 2025-0017389	<8

*Nota:* Significado de los colores: verde (recomendado), naranja (precaución), rojo (alto).

Asimismo, el Centro de Salud de Chuschi realizó, en 2025, una campaña de monitoreo de la calidad del agua en diversas fuentes de agua (Anexo 3 - OFICIO N° 000155-2026-GRA/DIRESA-REDCTRO-DE), cuyos resultados confirman los observados en 2016 (Tabla 3).

**Tabla 3**

#### Resultados de la campaña de medición por el Centro de Salud de Chuschi – 2025.

Centro poblado	Captación	Coordenadas	Fecha de análisis	As total (µg/L)
<b>Chuschi</b>	Irapata	E: 570824.00	02/10/2025	15.20
		N: 8498053.00	28/10/2025	14.68
<b>Chuschi</b>	Belén	E: 570260.00	02/10/2025	29.26
		N: 8498559.00	28/10/2025	28.51
<b>Chuschi</b>	Itanahuaycco	E: 570321.00	02/10/2025	37.11
		N: 8498430.00	28/10/2025	36.97
<b>Quispillaccta</b>	Quispillaccta	E: 5692165.00	02/10/2025	173.86
		N: 8449162.00	28/10/2025	196.52
<b>Callcabamba</b>	Callcabamba	E: 572687.00	02/10/2025	22.82
		N: 8497992.00 (*)	28/10/2025	22.56
<b>Pucruwasi</b>	Pucruwasi	E: 533607.00	02/10/2025	170.42
		N: 8511271.00		
<b>Canchacancha</b>	Sallcaypo	E: 574310.00 N: 8495893.00	02/10/2025	53.33

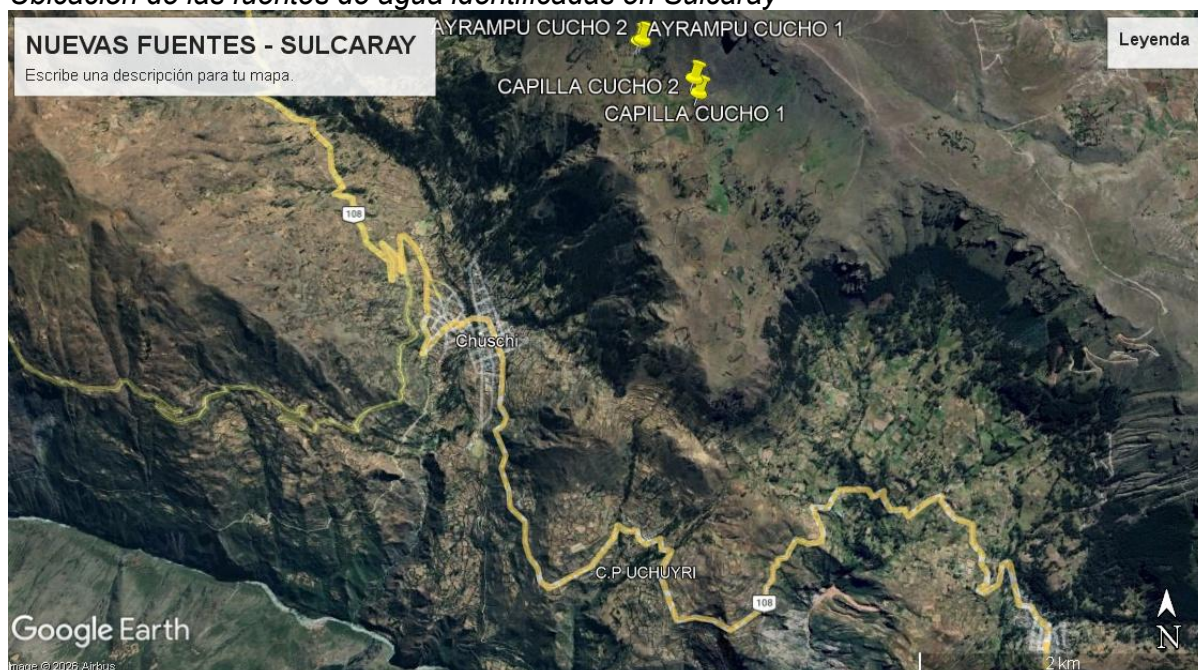
*Nota:* Significado de los colores: verde (recomendado), naranja (precaución), rojo (alto). Las coordenadas son aproximadas y han sido proporcionadas por el centro de salud de Chuschi. (\*) Coordenadas por confirmar.

## 5.2 Levantamiento de información en campo

En coordinación con el ATM y conforme a las indicaciones del área de Obras de la municipalidad de Chuschi, se realizó el muestreo de cuatro nuevas fuentes de agua, las cuales, a la fecha de publicación de este informe, se encuentran en proceso de estudio a cargo de un consultor.

**Figura 1**

*Ubicación de las fuentes de agua identificadas en Sulcaray*



**Tabla 4**

*Coordenadas UTM de las nuevas fuentes de agua en Sulcaray*

Fuente	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD (msnm)
CAPILLA CUCHO 1	571677	8499755	3804
CAPILLA CUCHO 2	571650	8499858	3816
AYRAMPU CUCHO 1	571233	8500149	3822
AYRAMPU CUCHO 2	571267	8500157	3828

*Nota:* Valores tomados de AVISO OFICIAL N° 0015-2026-ANA-AAA.PA-ALA.PA

### 5.2.1 Medición de parámetros en campo

Las mediciones de campo, cuyo registro fotográfico se presenta en el Anexo 4, se realizaron con equipos portátiles de la marca VIVOSUN. Se evaluaron los siguientes parámetros: temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos totales (SDT). Asimismo, se realizó el aforo de cada fuente. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

**Tabla 5**

*Resultados de la medición de parámetros de campo en las nuevas fuentes de agua*

Fuente	pH	Temp. (C°)	Cond. (µS/cm)	STD (ppm)	Caudal (L/s)
CAPILLA CUCHO 1	8.0	16	44	22	3.8
CAPILLA CUCHO 2	7.6	20	30	15	2.1
AYRAMPU CUCHO 1	7.6	16	37	18.5	1.7
AYRAMPU CUCHO 2	7.5	17	31	15.5	1.9

*Nota:* La campaña de medición se realizó el 12/03/2026

### 5.2.2 Análisis de arsénico en campo

Los análisis se realizaron utilizando el kit de medición de arsénico QUICK™ ARSENIC II TEST KIT, método certificado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), cuyo registro fotográfico se presenta en anexo 5, obteniéndose los resultados presentados en la Tabla 6:


**Tabla 6**

*Resultados del análisis de arsénico en las nuevas fuentes – 2026*

Centro poblado	Fuente	Fecha de análisis	Parámetro	Valor	Unidad
Chuschi	CAPILLA CUCHO 1	12/03/2026	As total	<5	µg/L
Chuschi	CAPILLA CUCHO 2	12/03/2026	As total	<5	µg/L
Chuschi	AYRAMPU CUCHO 1	12/03/2026	As total	<5	µg/L
Chuschi	AYRAMPU CUCHO 2	12/03/2026	As total	<5	µg/L

*Nota:* Significado de los colores: verde (recomendado), naranja (precaución), rojo (alto).

Asimismo, se realizaron mediciones en domicilio utilizando el kit QUICK™ ARSENIC II TEST KIT, cuyo registro fotográfico se presenta en el Anexo 6. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

**Tabla 7**

*Resultados del análisis de arsénico en un domicilio afectado – 2026*

Centro poblado	Captación/ Fuente	Fecha de análisis	Parámetro	Valor	Unidad
Chuschi	Domicilio abastecido por el reservorio Belén	12/03/2026	As total	30	µg/L
	Domicilio abastecido por el reservorio Belén	16/03/2026	As total	30	µg/L


*Nota:* Significado de los colores: verde (recomendado), naranja (precaución), rojo (alto).

Estos resultados permiten confirmar la adaptabilidad del método de medición de arsénico mediante el kit QUICK™ ARSENIC II TEST KIT a las condiciones del lugar, ya que los valores obtenidos son coherentes con los reportados en análisis de laboratorio acreditados realizados en la misma fuente que abastece el domicilio evaluado.

### 5.3 Interpretación de los datos de calidad del agua

#### 5.3.1 Fuentes de agua existentes

- [1]. Los datos disponibles indican que la mayoría de las fuentes presentan concentraciones de As superiores a 10 µg/L; por tanto, no cumplen con la normativa peruana de calidad del agua para consumo humano.
- [2]. Las fuentes de Canchacancha, en especial la fuente Ccotopuquio y Sallccaypo, presentan valores superiores a 50 µg/L, lo que corresponde a un nivel alto según el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (2025), cuya recomendación es no consumir esta agua para ingesta directa ni para la cocción de alimentos, debiendo reemplazarse por otra fuente de agua segura.
- [3]. Las fuentes de Pucruwasi y Quisillaccta presentan valores superiores a 170 µg/L, lo que corresponde a un nivel alto según el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (2025), cuya recomendación es no consumir esta agua para ingesta directa ni para la cocción de alimentos, debiendo reemplazarse por otra fuente de agua segura. Además, la OMS recomienda que la principal prioridad en salud pública debe ser reducir la exposición de esta población afectada.
- [4]. Las fuentes Pucaccacca e Irapata presentan valores fluctuantes que, en algunos análisis, cumplen con la normativa peruana y, en otros, no; sin

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026


embargo, mantienen concentraciones relativamente inferiores a las de las demás fuentes existentes. Estas fuentes pueden aprovecharse para soluciones de mezcla de fuentes si se opta por este tipo de alternativa.

- [5]. Los valores medidos en domicilio, abastecido por el reservorio Belén y analizados mediante el kit QUICK™ ARSENIC II TEST KIT, registran concentraciones de 30 µg/L, coherentes con los resultados de análisis previos de la misma fuente.

### 5.3.2 Fuentes de agua nuevas

- [1]. Las fuentes de agua presentaron valores de pH entre 7.5 y 8, y de SDT entre 15 y 22 ppm, ambos dentro de los límites establecidos por la norma.
- [2]. El aforo de las cuatro nuevas fuentes registró un caudal total de 9.4 L/s, correspondiente a un periodo de lluvias.
- [3]. Las cuatro nuevas fuentes ubicadas en la zona de Sulcaray cumplen con la norma en cuanto a arsénico, según los valores obtenidos mediante el kit QUICK™ ARSENIC II TEST KIT. Estos resultados serán confirmados mediante la caracterización completa.



	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

## 6. ALTERNATIVAS DE SOLUCION

### 6.1 Descripción de las alternativas de solución

Entre las alternativas de solución recomendadas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2003), para zonas rurales se incluyen tanto opciones sin tratamiento como con tratamiento. Las alternativas que no requieren tratamiento deben privilegiarse sobre aquellas que sí lo requieren. Estas últimas deben considerarse cuando las primeras resulten inviables o como una alternativa temporal mientras se concretan proyectos de mayor envergadura.

#### 6.1.1 Alternativas sin tratamiento

##### 6.1.1.1 Cambio de fuente de agua

Consiste en abandonar las fuentes de agua existentes que presentan arsénico en niveles no conformes con la normativa y buscar otra fuente que cumpla de manera permanente con la calidad y cantidad requeridas.

Esta sería la alternativa a privilegiar para el centro poblado de Chuschi, considerando que ya se cuenta con nuevas fuentes potencialmente conformes con la normativa.

##### 6.1.1.2 Mezcla de fuentes de agua

Consiste en realizar mezclas entre fuentes con bajo contenido de arsénico y fuentes con contenido medio, de manera que la concentración final cumpla con la normativa.


Esta alternativa resulta interesante cuando la oferta de la nueva fuente es insuficiente para atender la demanda futura.

En el caso de la comunidad de Chuschi, se podrían realizar mezclas entre fuentes con concentraciones relativamente bajas de arsénico, como la fuente de Pucaccacca, y nuevas fuentes con niveles bajos y conformes con la normativa.

#### 6.1.2 Alternativas con tratamiento

Es la alternativa a considerar cuando las opciones sin tratamiento resultan inviables o como solución temporal mientras se implementan las soluciones sin tratamiento.



	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

Según el proceso de tratamiento, existen diversas alternativas. Sin embargo, las que mejor se adaptan a un contexto rural como es el caso de Chuschi son las siguientes:

- [1]. Procesos de oxidación, coagulación y filtración directa.
- [2]. Procesos de adsorción en medios filtrantes específicos.

La eficiencia de la primera alternativa debe demostrarse en campo mediante pruebas de tratabilidad y/o pilotos. En cambio, la eficiencia de la segunda alternativa puede estimarse mediante algoritmos del proveedor de medios filtrantes específicos, para que, con base en los resultados, se realicen las pruebas complementarias cuando sean necesarias.

Por otro lado, según el nivel de aplicación, se distinguen sistemas centralizados, sistemas domiciliarios y sistemas institucionales. Los sistemas centralizados hacen referencia a plantas de tratamiento de agua potable (PTAP).

A continuación, se presentan las alternativas de tratamiento según el nivel de aplicación y el proceso que mejor se adapta, como resultado de una evaluación previa realizada por Hídramos para una población de 500 habitantes:

1. Sistema centralizado con procesos de oxidación, coagulación y filtración directa.
2. Sistema centralizado con procesos de adsorción en medios filtrantes específicos.
3. Sistema domiciliario con procesos de adsorción en medios filtrantes específicos.
4. Sistema institucional con procesos de adsorción en medios filtrantes específicos.

Cabe señalar que existe la alternativa de mezclar el agua producida por una PTAP con agua proveniente de fuentes de menor calidad, asegurando que la mezcla final cumpla con la normativa.

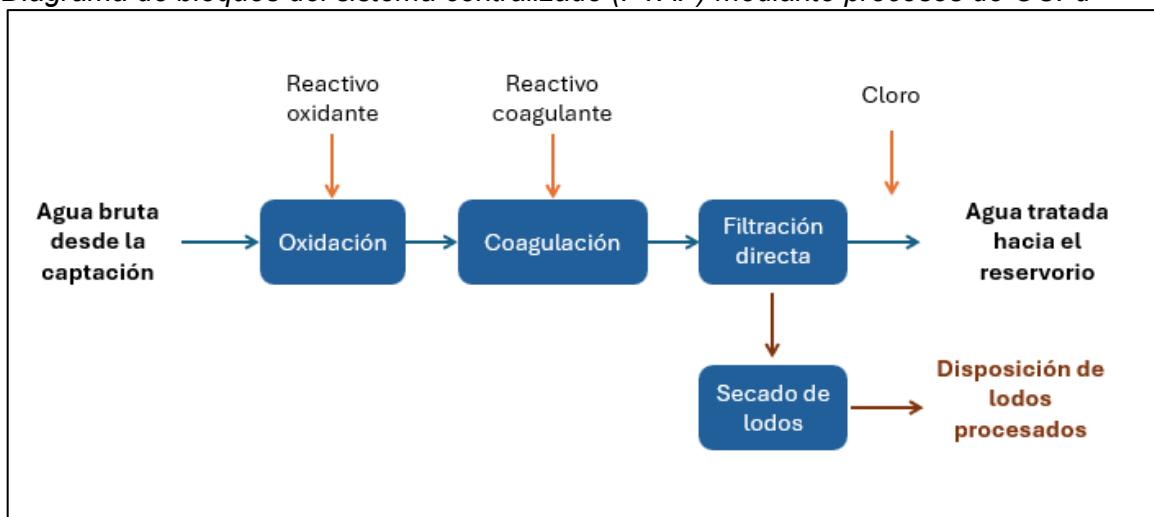
**6.1.2.1 Sistema centralizado con procesos de oxidación, coagulación y filtración directa (OCFd).**

Consiste en implementar una PTAP específica para la remoción de arsénico mediante procesos de oxidación, coagulación y filtración directa.

Desde el punto de vista de procesos, se trata de oxidar el arsénico ( $As^{3+}$  y  $As^{5+}$ ) para favorecer la presencia de  $As^{5+}$ , que luego puede ser removido mediante coagulación y filtración directa.

**Figura 2**


*Diagrama de bloques del sistema centralizado (PTAP) mediante procesos de OCFd*



*Nota: Los parámetros de procesos e hidráulicos de la PTAP se determinan en las pruebas de tratabilidad.*

Desde un punto de vista hidráulico, con esta solución el agua se trata en la PTAP específica antes de su ingreso al reservorio que abastece a todo el centro poblado.

Esta alternativa es más económica en términos de inversión y de operación y mantenimiento en comparación con la alternativa de tratamiento centralizado con procesos de adsorción. Sin embargo, requiere pruebas de tratabilidad para confirmar que el agua puede ser tratada mediante este método. Además, presenta ventajas y desventajas que se describen en la tabla siguiente:

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

**Tabla 8**

*Ventajas y desventajas de la alternativa de PTAP - OCFd*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capex relativamente bajo</li> <li>• Opex relativamente bajo</li> <li>• Al ser centralizado, permite concentrar el control en un solo punto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere personal capacitado para la operación de la PTAP.</li> <li>• El manejo de lodos peligrosos, coproducto del tratamiento, puede complicar la operación y aumentar los costos.</li> <li>• Requiere suministro eléctrico para equipos electromecánicos.</li> <li>• Requiere el manejo de químicos, a parte del cloro, como coagulantes y oxidantes.</li> <li>• Al ser un sistema centralizado, el agua tratada se destina a todos los usos (cocina, bebida, baño, ducha e incluso riego, si no se cuenta con un adecuado control o micromedición), lo que puede generar desperdicio de agua tratada en usos donde la presencia de As no representa un riesgo.</li> </ul>

*Nota:* Las ventajas y desventajas son respecto a otras alternativas de tratamiento centralizadas.

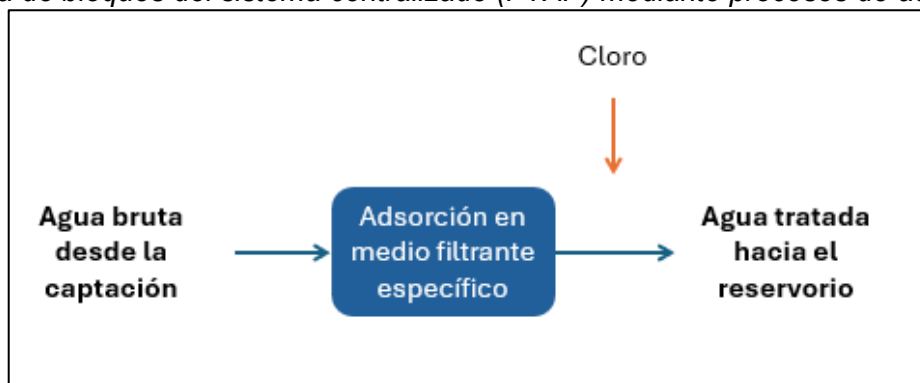
**6.1.2.2 Sistema centralizado con procesos de adsorción en medios filtrantes específicos.**

Consiste en implementar una PTAP específica para remoción de arsénico mediante procesos de adsorción.

Desde un punto de vista de procesos se trata de adsorber el arsénico ( $As^{3+}$  y  $As^{5+}$ ) en medios filtrantes específicos, como el hidróxido de hierro granular (HHG) u otros medios de mayor eficiencia. Los proveedores más conocidos de hidróxido de hierro granular son GEH® y PVRA®, siendo el primero de origen alemán y el segundo italiano.

**Figura 3**

*Diagrama de bloques del sistema centralizado (PTAP) mediante procesos de adsorción*



*Nota: En ciertos casos, una etapa de oxidación puede ser requerida antes de la adsorción en HHG y/o un ajuste de pH para una mayor eficiencia de remoción.*

Desde el punto de vista hidráulico, con esta solución el agua se trata antes de su ingreso al reservorio que abastece a todo el centro poblado.

Esta alternativa requiere una mayor inversión en CAPEX y OPEX. Su principal ventaja es que se trata de una solución ampliamente implementada a nivel mundial, cuya eficiencia es conocida.

**Tabla 9**

*Ventajas y desventajas de la alternativa de PTAP mediante adsorción en HHG*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Al ser centralizado, permite el control en un solo punto.</li> <li>El proceso no genera lodos peligrosos, y los medios filtrantes agotados son generalmente dispuestos como residuos comunes.</li> <li>Generalmente no requiere uso de productos químicos, aparte del cloro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capex relativamente elevado</li> <li>Opex relativamente elevado, debido a la necesidad de renovar periódicamente el medio filtrante.</li> <li>Requiere personal capacitado para la operación.</li> <li>Requiere suministro eléctrico para los equipos electromecánicos.</li> <li>Al ser un sistema centralizado, el agua tratada se destina a todos los usos (cocina, bebida, baño, ducha e incluso riego, si no se cuenta con un adecuado control o micromedición), lo que genera desperdicio de agua tratada en usos donde la presencia de As no representa un riesgo.</li> </ul>

*Nota: Las ventajas y desventajas son respecto a otras alternativas de tratamiento centralizadas.*

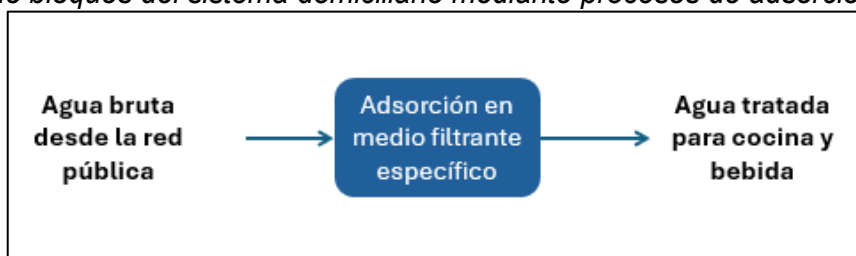
### 6.1.2.3 Sistema domiciliario con procesos de adsorción en medios filtrantes específicos.

Consiste en implementar filtros domiciliarios para la remoción de arsénico mediante procesos de adsorción.

Desde el punto de vista de procesos se trata de adsorber el arsénico en medios filtrantes específicos, como el hidróxido de hierro granular u otros medios de mayor eficiencia.

#### Figura 4

Diagrama de bloques del sistema domiciliario mediante procesos de adsorción



*Nota: El agua de la red ya está clorada y el arsénico está principalmente en su forma As (V), por tanto no se requiere de ningún aditivo químico.*

Desde un punto de vista hidráulico, con esta solución se trata el agua en el mismo domicilio afectado y se destina únicamente a usos de cocina y bebida.


Esta alternativa requiere una menor inversión que las alternativas centralizadas. Se trata de una solución implementada en diversas partes del mundo, cuya eficiencia es conocida.

#### Tabla 10

*Ventajas y desventajas de la alternativa de filtros domiciliarios para remoción de As*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capex relativamente bajo</li> <li>• Opex relativamente bajo</li> <li>• Tiempo de implementación rápido</li> <li>• El manejo de lodos es más simple, ya que los medios agotados suelen tratarse como residuos comunes.</li> <li>• No requiere el uso de productos químicos.</li> <li>• No requiere suministro eléctrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere monitoreo periódico de filtros en cada domicilio.</li> </ul>

*Nota: Las ventajas y desventajas son respecto a las alternativas centralizadas de tratamiento.*

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

Esta alternativa puede ser también usada como solución temporal, mientras los proyectos de mayor envergadura se ejecutan.

#### **6.1.2.4 Sistemas institucionales**

Consiste en instalar filtros de tipo domiciliario en instituciones de mayor riesgo, como establecimientos educativos y de salud.

Desde el punto de vista de procesos e hidráulica, la configuración es la misma que la del sistema domiciliario.


### **6.2 Recomendaciones de alternativas de solución**

Las recomendaciones plantean como alternativa de solución prioritaria el reemplazo de fuentes de agua con concentraciones en arsénico no conformes con fuentes nuevas que cumplan con la normativa de agua potable.

Considerando el diagnóstico de la calidad del agua y las alternativas adecuadas para un contexto rural, se presentan las siguientes recomendaciones por centro poblado, las cuales se sintetizan también en el cuadro del Anexo 7.

#### **6.2.1 C.P. de Chuschi**

- [1]. Se recomienda reemplazar las fuentes de agua existentes por las fuentes identificadas en Sulcaray, previa confirmación de la calidad del agua mediante una caracterización completa.
- [2]. En un escenario desfavorable en el que las fuentes de Sulcaray no cumplan con la normativa y no exista otra alternativa, se puede evaluar la implementación de una PTAP para tratar parte del volumen de agua requerido por la población, complementándolo con agua proveniente de una fuente con baja concentración de arsénico, de modo que, mediante una mezcla controlada, se cumplan los requerimientos de cantidad y calidad.
- [3]. Como solución a corto plazo, se recomienda evaluar la instalación de filtros domiciliarios e institucionales como alternativa temporal, mientras se implementa el cambio de fuente o la PTAP, asegurando el mantenimiento sostenible de los filtros en el tiempo.

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

[4]. En caso de que el cambio de fuente y la PTAP resulten inviables, los filtros temporales podrían convertirse en una solución permanente como última alternativa.


### **6.2.2 C.P. de Quispillaccta**

- [1]. Se recomienda buscar nuevas fuentes de agua y reemplazar las existentes.
- [2]. En caso de que no exista otra alternativa de fuente que cumpla con la norma, se puede evaluar la implementación de una PTAP.
- [3]. Como solución a corto plazo, se recomienda evaluar la instalación de filtros domiciliarios e institucionales como alternativa temporal y urgente, debido al nivel muy elevado de As, mientras avanza y ejecuta el proyecto de cambio de fuente o implementación de una PTAP, asegurando siempre el mantenimiento sostenible de los filtros en el tiempo.
- [4]. En caso de que el cambio de fuente y la PTAP resulten inviables, los filtros temporales podrían convertirse en una solución permanente, como última alternativa.

### **6.2.3 C. P. de Canchacancha**

- [1]. Se recomienda buscar nuevas fuentes de agua y reemplazar aquellas fuentes existentes que presentan niveles altos de arsénico.
- [2]. En caso de que no exista otra alternativa de fuente que cumpla con la norma, se puede evaluar la implementación de una PTAP. La PTAP trataría parte del volumen de agua requerido por la población, complementándolo con agua proveniente de una fuente con baja concentración de arsénico, de modo que, mediante una mezcla controlada, se cumplan los requerimientos de cantidad y calidad.
- [3]. Como solución a corto plazo, se recomienda evaluar la instalación de filtros domiciliarios e institucionales como alternativa temporal y urgente debido al nivel elevado de As, mientras se ejecuta el proyecto de cambio de fuente o implementación de una PTAP, asegurando siempre el mantenimiento sostenible de los filtros en el tiempo.
- [4]. En caso de que el cambio de fuente y la PTAP se tornen inviables, los filtros temporales pueden convertirse en permanentes, como última alternativa.



	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026


#### **6.2.4 C. P. de Callcabamba**

- [1]. Se recomienda buscar nuevas fuentes de agua y reemplazar la existente.
- [2]. Como solución a corto plazo, se recomienda instalar filtros domiciliarios e institucionales como alternativa temporal, mientras se ejecuta el proyecto de cambio de fuente, asegurando siempre el mantenimiento sostenible de los filtros en el tiempo.
- [3]. En caso de que el cambio de fuente se torne inviable, los filtros temporales pueden convertirse en permanentes.

#### **6.2.5 C. P. de Pucruwasi**

- [1]. Se recomienda buscar nuevas fuentes de agua y reemplazar aquellas fuentes que presentan niveles altos de arsénico.
- [2]. Como solución a corto plazo, se recomienda instalar filtros domiciliarios como alternativa temporal y urgente debido al nivel elevado de arsénico, mientras se ejecuta el proyecto de cambio de fuente, asegurando siempre el mantenimiento sostenible de los filtros en el tiempo. Además, considerando el reducido número de pobladores en este C.P. y su dispersión espacial, la solución de filtros domiciliarios presenta ventajas importantes en costos y rapidez de implementación.
- [3]. En caso de que el cambio de fuente se torne inviable, los filtros temporales pueden convertirse en permanentes.


Adicionalmente, se recomienda evaluar la posibilidad de que las nuevas fuentes de Sulcaray, si se confirma su aptitud para agua potable, puedan abastecer a varios centros poblados afectados por arsénico, es decir, a los C.P. de Chuschi, Quispillaccta, Callcabamba y Canchacancha.

	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

## 7. CONCLUSIONES

- [1]. Según los datos analizados, la calidad del agua potable en el distrito de Chuschi no cumple con la normativa vigente respecto al arsénico. Los centros poblados de Chuschi y Callcabamba presentan niveles de arsénico entre 10 y 50 µg/L, los cuales requieren medidas de prevención y adecuación progresiva a la normativa. Los centros poblados de Canchacancha (As > 50 µg/L), Quispillaccta y Pucruwasi (As > 170 µg/L) están siendo abastecidos con agua con niveles elevados de arsénico; por ello, debe ser una prioridad reducir la exposición de la población a estos niveles de contaminación.
- [2]. La calidad del agua en las cuatro nuevas fuentes localizadas en la zona de Sulcaray presenta aptitud para el consumo humano respecto al arsénico, que constituye el principal parámetro problemático de la zona, según el método de análisis en campo QUICK™ ARSENIC II TEST KIT. Se espera que la aptitud integral de estas nuevas fuentes sea confirmada mediante la caracterización completa.
- [3]. Existen alternativas de solución técnica, entre ellas las soluciones sin tratamiento y las soluciones con tratamiento. Las soluciones sin tratamiento incluyen el cambio de fuentes y la mezcla con fuentes existentes, en caso sea necesario, mientras que las soluciones con tratamiento comprenden los sistemas centralizados (PTAP) y los filtros domiciliarios e institucionales. Las recomendaciones priorizan las soluciones sin tratamiento, en especial en el caso del centro poblado de Chuschi, que ya cuenta con fuentes identificadas. Las soluciones centralizadas con tratamiento deben considerarse en caso de que las soluciones sin tratamiento no sean posibles de implementar. Finalmente, como alternativa a corto plazo o de urgencia, se recomienda la implementación de filtros domiciliarios e institucionales específicos para remoción de arsénico.



	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026

## 8. REFERENCIAS


EPA. (2003). *Arsenic Treatment Technology Evaluation Handbook for Small Systems*.  
[www.epa.gov/safewater](http://www.epa.gov/safewater)

Instituto Tecnológico de Buenos Aires. (2025, November 11). *El Mapa de Arsénico generado por investigadores del ITBA*. <https://www.itba.edu.ar/itba-relanza-mapa-arsenico-y-llama-a-comunidad-a-contribuir/>

Organización Mundial de la Salud. (2022, December 7). *Arsenic - web*.  
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

Reglamento de La Calidad Del Agua Para Consumo Humano - DS N° 031-2010-SA. (2010).



	INFORME : "Diagnóstico de la calidad del agua potable y evaluación de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi"	COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
		REV :	0
		FECHA :	20/04/2026





## 9. ANEXOS

Anexo 1: INFORME N° 002 – 2016 – MDCH – SGDEMA – RESP.ATM/JCDG (adjunto)....	__
Anexo 2: Recopilación de informes de laboratorio 2024 -2025 (adjunto) .....	__
Anexo 3: OFICIO N° 000155-2026-GRA/DIRESA-REDCTRO-DE (adjunto) .....	__
Anexo 4: Registro de toma de muestras y mediciones en las nuevas fuentes de agua en Sulcaray.....	28
Anexo 5: Registro de análisis de arsénico en las nuevas fuentes de agua en Sulcaray...	29
Anexo 6: Registro de análisis de arsénico en domicilio abastecido por el reservorio Belén C.P. de Chuschi.....	30
Anexo 7: Recomendaciones de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi.....	31



### ANEXO 4


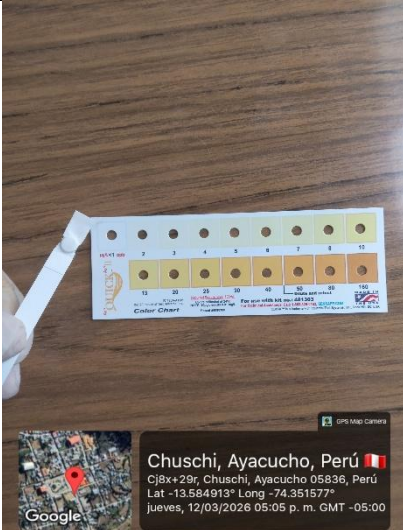
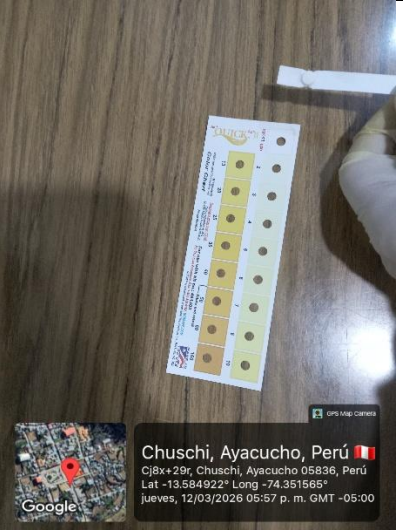

#### Registro de toma de muestras y mediciones en las nuevas fuentes de agua en Sulcaray

FUENTE CAPILLA CUCHO 1	FUENTE CAPILLA CUCHO 2	FUENTE AYRAMPU CUCHO 1	FUENTE AYRAMPU CUCHO 2
 <p>12 mar. 2026, 10:42:55 a.m. 18L 571238 8500425 Cangallo Avacucho Altitud: 3857 msnm Velocidad: 0.0 m/h SULLCARAY AYRAMPU CUCHO FUENTE</p>	 <p>12 mar. 2026, 11:43:36 a.m. 18L 571649 8479359 Cangallo Avacucho Altitud: 3857 msnm Velocidad: 0.0 m/h SULLCARAY AYRAMPU CUCHO FUENTE</p>	 <p>12 mar. 2026, 11:04:01 p.m. 18L 571238 8500425 Avacucho 108 Cangallo Avacucho Altitud: 3857 msnm Velocidad: 0.0 m/h SULLCARAY AYRAMPU CUCHO FUENTE</p>	 <p>12 mar. 2026, 10:45:27 p.m. 18L 571261 8500196 Cangallo Avacucho Altitud: 3857 msnm Velocidad: 0.0 m/h SULLCARAY AYRAMPU CUCHO FUENTE</p>
<p><b>Parámetros medidos en campo:</b>                      Temperatura (C°): 16                      pH : 8.0                      Conductividad (µS/cm) : 44                      TDS (ppm): 22                      Caudal (L/s): 3.8</p>	<p><b>Parámetros medidos en campo:</b>                      Temperatura (C°): 20                      pH : 7.6                      Conductividad (µS/cm) : 30                      TDS (ppm): 15                      Caudal (L/s): 2.1</p>	<p><b>Parámetros medidos en campo:</b>                      Temperatura (C°): 16                      pH : 7.6                      Conductividad (µS/cm) : 37                      TDS (ppm): 18.5                      Caudal (L/s): 1.7</p> <p><b>Observación:</b>                      Terreno cultivado aguas arriba inmediato del manantial</p>	<p><b>Parámetros medidos en campo:</b>                      Temperatura (C°): 17                      pH : 7.5                      Conductividad (µS/cm) : 31                      TDS (ppm): 15.5                      Caudal (L/s): 1.9</p> <p><b>Observación:</b>                      Los dos manantiales se consideraron como una sola fuente</p>

COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
REV :	0
FECHA :	20/04/2026

**ANEXO 5**

**Registro fotográfico de análisis de arsénico en las nuevas fuentes de agua en Sulcaray**

FUENTE CAPILLA CUCHO 1	FUENTE CAPILLA CUCHO 2	FUENTE AYRAMPU CUCHO 1	FUENTE AYRAMPU CUCHO 2
			
<p><b>Resultados:</b> As total &lt; 5 µg/l</p>	<p><b>Resultados:</b> As total &lt; 5 µg/l</p>	<p><b>Resultados:</b> As total &lt; 5 µg/l</p>	<p><b>Resultados:</b> As total &lt; 5 µg/l</p>

COD :	BL2-PRJ-2025-004-INF
REV :	0
FECHA :	20/04/2026

### ANEXO 6

#### Registro fotográfico de análisis de arsénico en domicilio alimentado por el reservorio Belén, C.P. de Chuschi.

ANÁLISIS 1 – 13/03/2026	ANÁLISIS 2 – 16/03/2026
<p><b>Resultados:</b> As total 30 µg/l</p>	<p><b>Resultados:</b> As total 30 µg/l</p>

## ANEXO 7 : Recomendaciones de alternativas de solución frente al arsénico en el distrito de Chuschi

Centro poblado	Niveles de arsénico observados	Información situacional proporcionada por el ATM de Chuschi	Alternativas de solución por evaluar a diferentes horizontes	
			Corto plazo	Mediano a Largo plazo (por prioridad)
Chuschi	8µg a 37µg Vigilancia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Población: 200 familias</li> <li>Fuentes de agua nuevas: identificadas en Sulcaray</li> </ul>	Implementación de filtros domiciliarios y filtros institucionales específicos para remoción de arsénico	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cambio de fuentes de agua, y mezcla con fuente existente de Pucaccacca en caso sea necesario</li> <li>Implementación de PTAP específica para remoción de arsénico y mezcla con fuente de Pucaccacca en caso sea necesario</li> <li>Filtros domiciliarios e institucionales permanentes como última alternativa</li> </ol>
Quispillaccta	173.86µg a 1228µg Alto a "muy alto"	<ul style="list-style-type: none"> <li>Población: 650 habitantes</li> <li>Fuentes de agua nuevas: por explorar y posibles fuentes nuevas identificadas</li> </ul>	Implementación de filtros domiciliarios y filtros institucionales específicos para remoción de arsénico	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cambio de fuentes de agua</li> <li>Implementación de una PTAP específica para remoción de arsénico</li> <li>Filtros domiciliarios e institucionales permanentes como última alternativa</li> </ol>
Canchacancha	11µg a 60µg Vigilancia a Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Población: 450 habitantes</li> <li>Fuentes de agua nuevas: por explorar</li> <li>Proyecto nuevo en curso con fuente nueva para una zona del C.P.</li> </ul>	Implementación de filtros domiciliarios y filtros institucionales específicos para remoción de arsénico	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cambio de fuentes de agua y mezcla con fuentes existentes en caso sea necesario</li> <li>Implementación de una PTAP específica y mezcla con fuentes existentes en caso sea necesario</li> <li>Filtros domiciliarios e institucionales permanentes como última alternativa</li> </ol>
Callcabamba	22.56µg a 22.82µg Vigilancia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Población: 28 familias</li> <li>Fuentes de agua nuevas: por explorar</li> </ul>	Implementación de filtros domiciliarios y filtros institucionales específicos para remoción de arsénico	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cambio de fuentes de agua</li> <li>Filtros domiciliarios e institucionales permanentes como última alternativa</li> </ol>
Pucruwasi	170.42µg Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Población: 19 habitantes</li> <li>Fuentes de agua nuevas: por explorar</li> </ul>	Implementación de filtros domiciliarios específicos para remoción de arsénico	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cambio de fuentes de agua</li> <li>Filtros domiciliarios permanentes</li> </ol>