

DIRECTIVA

# DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO



VALORAMOS  
EL ESFUERZO



RECONOCEMOS  
TU COMPROMISO




IMPULSAMOS  
EL TALENTO





CONSTRUIMOS  
UN MEJOR FUTURO

## UNIDAD EJECUTORA 002: SERVICIOS DE SANEAMIENTO TUMBES




	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

		Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento	Unidad Ejecutora 002 "Servicios de Saneamiento Tumbes"	
---	---	--	--	--	---

Tipo de documento	Código de documento	Versión	Total, de páginas
normativo	normativo		
DIRECTIVA	DIR-009-2026-UE002SST-GG	01	11 pág.


**DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO**

Etapa / Responsable	Firma
<b>Elaborado por:</b> Nilthon Mendoza Huallamares  <b>Cargo:</b> Especialista en VMA	
<b>Revisado por:</b> Deifilia Contreras More  <b>Cargo:</b> Jefe de la Oficina de Producción y Almacenamiento (e)	
<b>Revisado por:</b> Karla Melissa Effio Albújar  <b>Cargo:</b> Gerente de Operaciones	
<b>Revisado por:</b> Esaú Alejos Liñán  <b>Cargo:</b> Gerente de Asesoría Jurídica	
<b>Aprobado por:</b> Nícida Gissela Paredes Hassen  <b>Cargo:</b> Gerente General	

	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

## ÍNDICE

1.	Alcance y campo de aplicación.....	4
2.	Fundamento teórico .....	4
3.	Referencias normativas .....	5
4.	Definiciones.....	5
5.	Materiales y reactivos .....	6
5.1.	Reactivos .....	6
5.2.	Materiales.....	6
6.	Soluciones .....	6
7.	Procedimiento.....	7
7.1.	En aguas con presencia de nitrógeno amoniacal .....	7
7.2.	En aguas con baja presencia de nitrógeno amoniacal .....	8
8.	Cálculos .....	10
8.1.	Determinación de la dosis óptima de cloro (con presencia de nitrógeno amoniacal) 10	
8.2.	Determinación del caudal de dosificación de cloro .....	10
9.	Reporte de resultados .....	10
10.	Referencias bibliográficas .....	10

	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

## 1. Alcance y campo de aplicación

Establecer el procedimiento para determinar la dosis óptima de cloro en agua mediante el ensayo del punto de quiebre, que consiste en adicionar dosis crecientes de cloro a una muestra y medir el cloro residual resultante, identificando la dosis que logra el punto de quiebre en la curva de demanda de cloro.

El presente procedimiento se aplica para la determinación de la dosis óptima de cloro en una fuente de agua superficial (agua cruda, agua filtrada) y subterránea (galería filtrante, pozos tubulares). Asimismo, el encargado de su realización será personal autorizado por la Oficina de Producción y Almacenamiento de la Gerencia de Operaciones de la Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes.

## 2. Fundamento teórico

El proceso de cloración comprende formación de compuestos que originan la curva de la demanda de cloro (ver figura 1).

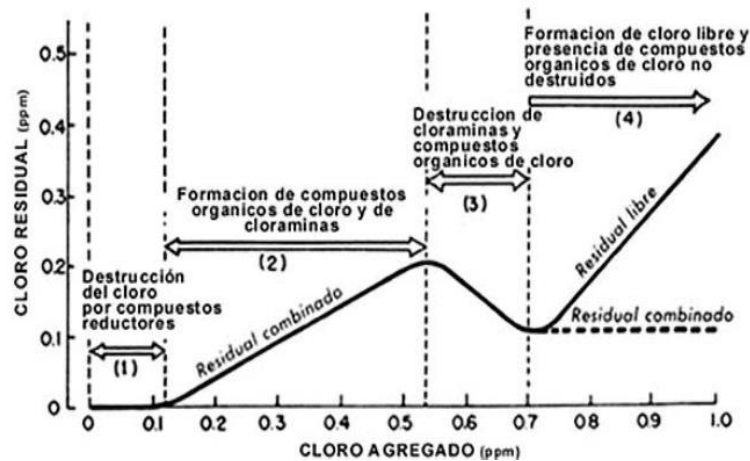



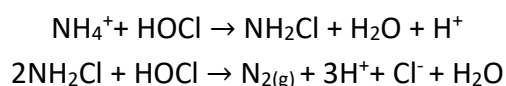
Figura 1. Curva teórica de la demanda de cloro

En la gráfica anterior, según la primera sección (1), está referido a la etapa de adición de cloro al agua. Este reacciona inicialmente con las sustancias reductoras presentes (hierro, manganeso, materia orgánica, nitritos, etc.), sin dejar cloro residual libre detectable.

La segunda sección (2), se muestra el resultado al incrementar la concentración de cloro añadido. Esto ocasiona que el cloro reaccione con el amonio o aminas orgánicas presentes en el agua para formar cloraminas.

	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

La tercera sección (3) aborda la destrucción de cloraminas mediante la acción del cloro libre residual, lo que induce a la disminución en su concentración. Esta caída en el cloro residual se explica a través de las siguientes ecuaciones:




Finalmente, en la sección (4), una vez completada la oxidación de todos los compuestos oxidables por acción del cloro, se observa un nuevo aumento en la concentración del cloro libre residual.

### 3. Referencias normativas

- Resolución de Consejo Directivo N°058-2023-SUNASS-CD, Texto Único Ordenado del Reglamento de la Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento.
- Resolución de Consejo Directivo N°038-2025-SUNASS-CD, que modifica el Reglamento de la Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento, el Reglamento General de Fiscalización y Sanción y el Sistema de Indicadores e índices de la Gestión de los Prestadores de los Servicios de Saneamiento.
- Resolución de Presidencia Ejecutiva N° 00063-2025-OTASS-PE se aprueba el Manual de Gestión Operativa de la UE002SST.

### 4. Definiciones

- **Cloro total residual:** Suma de cloro libre y combinado (Ver figura 2).
- **Cloro libre residual:** Cloro disponible como ácido hipocloroso (HOCl) y ion hipoclorito (OCl<sup>-</sup>). (Ver figura 2)
- **Cloro combinado disponible:** Es la suma de monocloraminas, dicloraminas y tricloraminas, expresados como mg Cl<sub>2</sub>/L. (Ver figura 2)
- **Punto de quiebre:** Concentración de cloro añadida en la que se oxidan todos los productos del amonio y aparece cloro residual libre.
- **Demanda de cloro:** Cloro que reacciona y se consume en contacto con compuestos como materia orgánica, hierro (Fe), manganeso (Mn), entre otros, antes de mantener un cloro residual para la desinfección.

	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

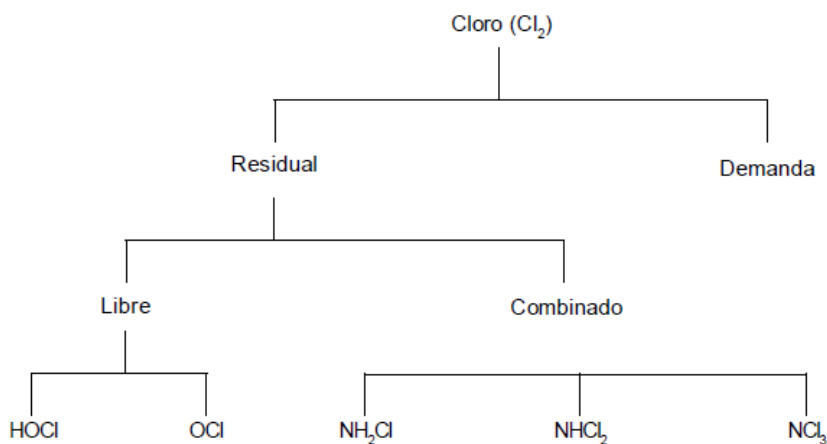


Figura 2. Formas del cloro en la cloración del agua

## 5. Materiales y reactivos

### 5.1. Reactivos

- Hipoclorito de calcio (HTH) al 65%
- Agua destilada

### 5.2. Materiales

- Probeta de 500 mL
- Micropipeta
- Frascos de vidrio color ámbar de 500 mL
- Papel Tisú.
- Cronómetro
- Fiola de 500 mL
- Fiola de 100 mL
- Recipiente para tomar muestras (balde)
- Equipo medidor de cloro Pocket Colorimeter II Hach con sus celdas


## 6. Soluciones

### 6.1. Solución stock de cloro de 1000 mg/L

- 6.1.1.** En una fiola de 500 mL, agregar 50 mL de agua destilada, pesar 0.7692 g de Hipoclorito de calcio (HTH) al 65% y disolver en el agua contenida en la fiola. Enrasar y homogenizar.

### 6.2. Solución patrón de cloro de 250 mg/L:

- 6.2.1.** En una fiola de 500 mL, agregar 125 mL de la solución detallada en el numeral 6.1. del presente instructivo. Enrasar y homogenizar.

	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

## 7. Procedimiento

### 7.1. En aguas con presencia de nitrógeno amoniacal

**7.1.1.** Con una probeta graduada, se miden 250 mL de muestra en cada uno de los 9 frascos de vidrio color ámbar.

**7.1.2.** Añadir en orden creciente a cada frasco ámbar, los volúmenes de la solución descrita en el numeral 6.2 (solución patrón), según se muestra en tabla N°1. Tapar el frasco y homogenizar suavemente. Las concentraciones de cloro añadido podrán ajustarse en función del tipo de fuente, según criterio del analista.

Frasco	Volumen añadido de solución patrón (mL)	Concentración de cloro añadido (mg/L)
1	1.00	1.00
2	1.25	1.25
3	1.5	1.5
4	1.75	1.75
5	2.00	2.00
6	2.25	2.25
7	2.5	2.5
8	2.75	2.75
9	3.00	3.00

*Tabla 1. Puntos de la curva de demanda de cloro*

El cálculo para encontrar los volúmenes de cloro de acuerdo con la concentración deseada en cada frasco es la siguiente:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Donde:

$C_1$ : Concentración de la solución patrón de cloro preparada.


$C_2$ : Concentración de cloro a dosificar a la muestra.

$V_1$ : Volumen de cloro de la solución patrón a aplicar a la muestra.

$V_2$ : Volumen final de la muestra.

**7.1.3.** La aplicación de cloro se hará cada 5 minutos a cada frasco midiendo el tiempo con un cronómetro y agregando el volumen correspondiente de cloro de acuerdo con la concentración deseada.

**7.1.4.** Para la primera muestra darle un tiempo de contacto de 30 minutos. Después del tiempo de contacto leer el cloro residual en el primer frasco y así sucesivamente hasta el último frasco.

	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

**7.1.5.** Registrar la cantidad dosificada de cloro, el cloro libre residual que se cuantificó posterior al periodo de contacto. Los resultados deberán mostrar el punto de quiebre (D) de manera similar a la obtenida en la figura N°3.

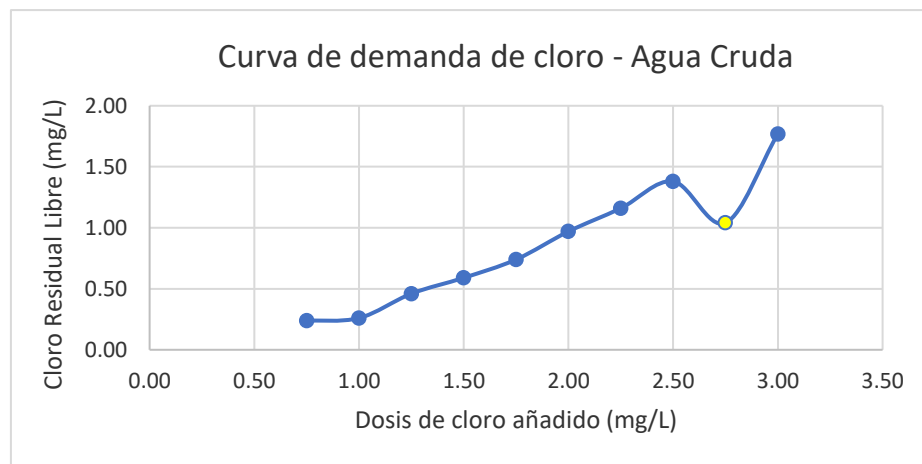


Figura 3. Prueba de demanda de cloro en agua cruda de la PTAP EL MILAGRO. Para este caso práctico el punto de quiebre se muestra en 2.75 mg/L.


**7.1.6.** Ante la sospecha de que el punto de quiebre se ubica en una región intermedia, se deberá efectuar un reensayo con incrementos menores de concentración, lo que permitirá identificarlo con mayor precisión.

**7.1.7.** Por otro lado, si las concentraciones de cloro residual libre se encuentran cercanas al cero y no se aprecia el punto de quiebre, se debe evaluar la realización de un reensayo que contemple concentraciones más altas de cloro añadido.

## 7.2. En aguas con baja presencia de nitrógeno amoniacal

**7.2.1.** Seguir el procedimiento indicado en el punto 7.1.1 del presente instructivo y añadir concentraciones de cloro según se indica en la tabla N° 2. Las concentraciones de cloro añadido podrán ajustarse en función del tipo de fuente, según criterio del analista.

Frasco	Volumen añadido de solución patrón (mL)	Concentración de cloro añadido (mg/L)
1	1.25	1.25
2	1.50	1.50
3	1.75	1.75
4	2.00	2.00
5	2.25	2.25
6	2.50	2.50

	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

Frasco	Volumen añadido de solución patrón (mL)	Concentración de cloro añadido (mg/L)
7	2.75	2.75
8	3.00	3.00
9	3.25	3.25

Tabla 2. Puntos de la curva de demanda de cloro

**7.2.2.** Si la muestra contiene poca o nula cantidad de compuestos de nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ), se limitará la formación de cloraminas y a su vez atenuará la aparición de un punto de quiebre. (Ver figura 4).

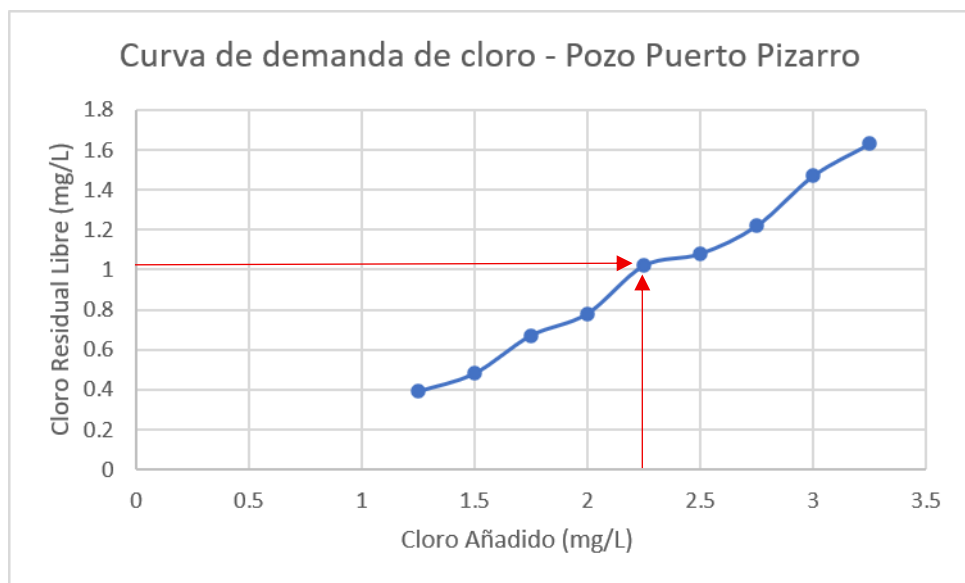



Figura 4. Curva de demanda de cloro en agua del Pozo Puerto Pizarro. Para este caso práctico, no se observa un punto de quiebre. Se observa que con 2.25 mg/L de cloro añadido se obtiene 1.02 mg/L de cloro residual libre.

**7.2.3.** En estos casos de baja carga amoniacal, la dosis óptima de cloro ( $D_x$ ) se determinará como aquella que permita obtener la concentración de cloro residual libre entre 0.9 y 1.2 mg/L al término del tiempo de contacto, adicionando una concentración de cloro libre residual para garantizar en el punto más alejado de la red de distribución.

**NOTA:** El valor para cloro residual deseado recomendado por la Sunass, según el documento de la referencia bibliográfica N°4, es de 0.5 ppm. Sin embargo, este valor puede aumentar o disminuir, según los resultados obtenidos en el punto más lejano de la red de distribución.

**7.2.4.** Si las concentraciones de cloro residual libre se encuentran cercanas al cero, se debe evaluar la realización de un reensayo que contemple concentraciones más altas de cloro añadido.

	<b>CÓDIGO</b>	<b>Código:</b> DIR-009-2026-UE002SST-GG
	DIRECTIVA QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO	<b>Versión:</b> 01

## 8. Cálculos

### 8.1. Determinación de la dosis óptima de cloro (con presencia de nitrógeno amoniacal)

$$\text{Dosis óptima de Cloro} = \text{Dosis Pto. Quiebre} + \text{Cloro residual deseado}$$

**NOTA:** El valor para cloro residual deseado recomendado por la Sunass, según el documento de la referencia bibliográfica N°4, es de 0.5 ppm. Sin embargo, este valor puede aumentar o disminuir, según los resultados obtenidos en el punto más lejano de la red de distribución.

### 8.2. Determinación del caudal de dosificación de cloro

$$C = Q \times D \times 190.48$$

Donde:

- C: Caudal de dosificación de cloro a dosificar (lb/día)
- Q: Caudal del agua que se quiere dosificar (m<sup>3</sup>/s)
- D: Dosis óptima de cloro (mg/L) o D<sub>x</sub>



## 9. Reporte de resultados

Los resultados deberán ser reportados en el formato "Determinación de la dosis óptima de cloro" (Ver anexo 1).

## 10. Referencias bibliográficas

1. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Tratamiento de agua para consumo humano – Plantas de filtración rápida- Manual I: Teoría Tomo II. Lima: CEPIS/OPS; 2023. 283 p.
2. Manahan S. Introducción a la Química Ambiental. México: Editorial Reverté; 2007. 725 p.
3. Barzola C. Modelos matemáticos de demanda de cloro en aguas de río: Una revisión sistemática. TECNIA. 2024;34(1):46-60.
4. Torres P. Calidad en la prestación de los servicios de saneamiento. Proceso de tratamiento del agua, mantenimiento y confiabilidad operativa del servicio [Presentación de Power Point]. Lima: Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento; 2025.

Anexo 1: Formato de "Determinación de la dosis óptima de cloro"

	<b>UNIDAD EJECUTORA 002: SERVICIOS DE SANEAMIENTO TUMBES</b>	Código: OPA-F01-DOC			
	<b>OFICINA DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO</b>	Versión: 01			
	<b>DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO</b>	Página 1 de 1			
		Fecha: _____			
FECHA: _____	HORA INICIO: _____	HORA FINAL: _____			
LOCALIDAD: _____ MATRIZ: _____ TURBIEDAD (NTU): _____ pH: _____ CONDUCTIVIDAD (µs/cm): _____					
<b>DATOS DEL INSUMO Y/O DESINFECTANTE</b>					
<b>CONTENIDO DE CLORO ACTIVO</b>					
<b>CONCENTRACION DE LA SOLUCIÓN PATRÓN (mg/L)</b>					
<b>MEDICIÓN DE PARÁMETROS</b>					
N° BOTELLA	VOLUMEN DE MUESTRA DE AGUA (mL)	TIEMPO DE CONTACTO DE CLORO (Min)	ALICUOTA (mL)	CLORO AÑADIDO (mg/L)	CLORO RESIDUAL LIBRE (mg/L)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
					
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Realizado por _____ Firma _____			Revisado por _____ Firma _____		