



# PROTOCOLO DE USO COLORÍMETRO



## MEDICIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL

MONITOREO Y FISCALIZACIÓN  
NSCA QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ



ENERO 2026

**POAL** PROGRAMA DE OBSERVACIÓN  
DEL AMBIENTE LITORAL  
DIRECTEMAR



## PROTOCOLO DE MONITOREO Y FISCALIZACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL MEDIANTE COLORIMETRÍA DIGITAL DE RANGO ULTRA BAJO EN LA BAHÍA DE QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ

La Bahía de Quintero y Puchuncaví ha sido históricamente un territorio sometido a una intensa presión antrópica debido al desarrollo de uno de los complejos industriales más densos del país. La confluencia de actividades termoeléctricas, refinerías, terminales de hidrocarburos y de gas natural licuado ha generado un escenario de vulnerabilidad socioambiental que motivó la implementación de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) para la protección de las aguas marinas y sedimentos. En este contexto, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), actuando como organismo técnico auxiliar en la fiscalización ambiental, ha fortalecido sus capacidades mediante la adquisición de instrumentación avanzada de terreno, específicamente el colorímetro digital HANNA HI97762 de rango ultra bajo (ULR). Este protocolo técnico detalla los procedimientos operativos, criterios de aseguramiento de calidad y fundamentos normativos que deben regir la actividad de los técnicos de monitoreo en la zona, asegurando que la data generada posea la trazabilidad y exactitud necesarias para sustentar procesos de cumplimiento ante la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

### 1. MARCO INSTITUCIONAL Y FUNDAMENTO DE LA FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN QUINTERO

La implementación de las NSCA en la Bahía de Quintero-Puchuncaví responde a la necesidad de resguardar los servicios ecosistémicos y la biodiversidad marina en un área declarada como saturada y latente por diversos contaminantes. El Decreto Supremo que establece estas normas define límites máximos permisibles para 17 parámetros en seis áreas de vigilancia específicas: AMERB Norte, AMERB Sur, Bahía Centro (BC), Bahía Sur (BS), Bahía Norte (BN) y Submareal Profundo (SP). El cloro libre residual (CLR) es uno de los parámetros críticos debido a su amplia utilización como biocida en sistemas de enfriamiento industrial y en plantas de tratamiento de efluentes sanitarios, representando un riesgo potencial de toxicidad aguda para organismos como algas, equinodermos, moluscos y crustáceos.

La capacidad operativa de DIRECTEMAR para poder realizar mediciones *in situ* de cloro libre es fundamental, ya que este analito es extremadamente inestable y se degrada rápidamente por efectos de la luz, la temperatura y la materia orgánica presente en la matriz marina. Por ello, el uso de fotómetros portátiles de alta precisión permite obtener resultados objetivos que sirven de base para la toma de decisiones ambientales y la gestión del riesgo de desastres en la jurisdicción de la Capitanía de Puerto de Quintero.

## 2. ESTRUCTURA DE VIGILANCIA Y ÁREAS DE CONTROL

El monitoreo debe ejecutarse de acuerdo con la división espacial establecida en la norma, asegurando que las muestras sean representativas de las condiciones ambientales de cada sector.

Área de Vigilancia	Sigla	Descripción y Relevancia Operativa
AMERB Norte	AN	Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos, críticas por la productividad biológica.
AMERB Sur	AS	Zonas de protección para la extracción de recursos hidrobiológicos.
Bahía Centro	BC	Zona de alta dinámica de atraque y operaciones industriales.
Bahía Sur	BS	Área influenciada por descargas de terminales de combustibles y GNL.
Bahía Norte	BN	Sector con menor renovación de agua y mayor potencial de acumulación.
Submareal Profundo	SP	Estaciones de control para evaluar la dispersión de plumas de descarga.

## 3. FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DE LA COLORIMETRÍA DIGITAL DE RANGO ULTRA BAJO

La determinación de cloro libre residual mediante el equipo HANNA HI97762 se basa en la espectrofotometría de absorción molecular, específicamente utilizando la ley de Beer-Lambert, que establece una relación lineal entre la absorbancia de una solución y la concentración de la sustancia colorida presente. En el rango ultra bajo, pequeñas variaciones en la intensidad de la luz transmitida pueden representar cambios significativos en la concentración de cloro, lo que exige un sistema óptico de alta estabilidad.

## 4. EL SISTEMA ÓPTICO Y LA TECNOLOGÍA LED

A diferencia de los colorímetros tradicionales que utilizan lámparas de tungsteno, el modelo HI97762 incorpora un diodo emisor de luz (LED) de bajo consumo y alta eficiencia, acoplado a un filtro de interferencia de banda estrecha de 8nm con una precisión de  $\pm 1\text{nm}$ . Este sistema se complementa con un detector de referencia que monitorea continuamente la salida de luz del LED, compensando cualquier deriva debida a fluctuaciones de voltaje o cambios en la temperatura ambiental. La utilización de una lente de enfoque cóncava reduce los errores derivados de imperfecciones o rayaduras en la superficie de la cubeta de vidrio, permitiendo que la luz pase de manera uniforme a través de la muestra.

## 5. QUÍMICA DEL REACTIVO DPD EN MEDIO MARINO

El método empleado es una adaptación del Standard Method 4500-Cl G, basado en la reacción de la N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD). Cuando se añade el reactivo a una muestra que contiene cloro libre, este actúa como un oxidante que transforma el DPD en un catión radical de color rosado conocido como "wurster". La intensidad de este color es directamente proporcional a la concentración de cloro. En la matriz marina de la Bahía de Quintero, la salinidad y la presencia de otros haluros pueden influir en la cinética de la reacción, por lo que el protocolo exige el cumplimiento estricto del tiempo de reacción de un minuto para asegurar que el desarrollo del color sea completo y estable antes de la lectura.

## 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL COLORÍMETRO HANNA HI97762

El equipo ha sido diseñado para resistir las condiciones extremas del trabajo en terreno marítimo, contando con una carcasa IP67 que es completamente impermeable y capaz de flotar en caso de caída accidental al agua.

Especificación	Detalle Técnico
Rango de medición	0.000 a 0.500 mg/L (ppm) de Cl <sub>2</sub>
Resolución	0.001 mg/L
Exactitud	+/- 0.020 mg/L +/- 3% de la lectura a 25°C
Método analítico	Adaptación de APHA Standard Methods, 23rd Ed., 4500-Cl G
Fuente de luz	LED con filtro de banda estrecha de 525nm
Detector de luz	Fotocelda de silicio
Registro de datos	Memoria automática para las últimas 50 lecturas
Alimentación	3 baterías AA de 1.5V , con vida útil para >800 mediciones

## 7. PROTOCOLO DE PREPARACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DEL EQUIPO

El éxito de la fiscalización ambiental depende de la confiabilidad de los datos obtenidos. El técnico encargado de la toma de muestras y medición es el responsable directo del estado y funcionamiento del equipo. Se establece la obligatoriedad de realizar una verificación diaria o cada vez que el equipo sea utilizado de forma esporádica.

## 8. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN CAL CHECK

La función CAL Check permite al usuario verificar la calibración del instrumento utilizando estándares trazables a NIST. Este proceso no debe ser omitido, ya que constituye la prueba documental de que el equipo mide correctamente al momento de la fiscalización.

- a) **Limpieza de estándares:** Se deben inspeccionar las cubetas CAL Check A (Zero) y B (Standard) buscando manchas o rayaduras. La limpieza debe realizarse con el paño de microfibra suministrado, evitando tocar el vidrio con los dedos.
- b) **Acceso al modo CAL Check:** Desde la pantalla principal de medición, se debe

presionar la tecla virtual correspondiente a CAL Check.

- c) **Inserción de la Cubeta A:** Colocar la cubeta ZERO CAL Check en el soporte, asegurando que la marca de alineación de la tapa coincida con la guía del instrumento. Presionar "Next".
- d) **Inserción de la Cubeta B:** Una vez que el equipo solicita el estándar, insertar la cubeta HI97762B. El valor certificado (usualmente 0.400 +-0.020 mg/L a 25°C) debe haber sido ingresado previamente en la configuración del equipo de acuerdo con el certificado de análisis del lote específico.
- e) **Interpretación del resultado:** Si el equipo muestra "PASSED", la exactitud está dentro de los límites y el equipo está listo para su uso. Si muestra "OUT OF SPECIFICATION", se debe intentar una limpieza profunda de las cubetas y repetir el proceso. Si la falla persiste, el equipo debe ser enviado al área de mantenimiento de la DIRINMAR para una revisión técnica y contrastación contra el método volumétrico de FAS (sulfato ferroso amónico).

## 9. MANTENIMIENTO Y CONTRASTACIÓN SEMESTRAL

Además de la verificación diaria, la DIRECTEMAR establece un programa de mantenimiento preventivo que incluye una contrastación semestral obligatoria contra el método volumétrico FAS. Este procedimiento es realizado por personal de laboratorio calificado y tiene como fin asegurar que la deriva del sistema óptico se mantenga dentro de los parámetros aceptables. Se debe mantener un registro de estas actividades en el formulario E000087 de verificación del colorímetro.

## 10. PROTOCOLO OPERATIVO DE MUESTREO EN LA BAHÍA DE QUINTERO

El muestreo de cloro libre residual requiere una ejecución rápida para evitar la pérdida del analito por volatilización o reacción con impurezas ambientales. En la jurisdicción de Quintero, las muestras pueden tomarse desde embarcaciones institucionales en puntos de vigilancia POAL o directamente en los puntos de descarga de los establecimientos industriales durante una fiscalización programada o ante denuncias.

## 11. PREPARACIÓN DE MATERIALES EN TERRENO

Para cada jornada de monitoreo, el profesional cuenta con un kit de muestreo completo que asegura la integridad de la muestra y la seguridad del operador.

Material	Función y Especificación
Colorímetro HI97762	Instrumento principal verificado con CAL Check.
Reactivos HI95762-0	Sobres de reactivo DPD para cloro libre ULR.
Cubetas de vidrio (2 min.)	Recipientes de reacción limpios y sin rayaduras.
Agua grado reactivo o destilada	Para el lavado final de cubetas entre estaciones.
Frasco de residuos	Recipiente para recolectar las muestras reaccionadas.
Paño de limpieza	Para secar el exterior de las cubetas antes de la lectura.
Guantes sin talco	Para evitar la contaminación cruzada y proteger al operador.

## 12. TÉCNICA DE TOMA DE MUESTRA Y PREVENCIÓN DE INTERFERENCIAS

La muestra de agua de mar debe ser representativa del estrato superficial (0 a 0.5 metros) o de la profundidad establecida en el programa de monitoreo específico. Se debe evitar el muestreo de la película superficial inmediata, ya que esta zona de interfase presenta una química distinta y mayor potencial de desgasificación de cloro.

- a) **Evitar turbulencia:** Al llenar la cubeta o el recipiente de transferencia, el agua debe fluir suavemente por las paredes para minimizar la aireación.
- b) **Enjuague (Encebado):** La cubeta de medición debe enjuagarse al menos tres veces con el agua de la estación antes de la toma definitiva de los 10 ml.
- c) **Manejo de la luz:** Las muestras nunca deben exponerse directamente a la luz solar intensa. Se debe trabajar bajo sombra o utilizar botellas de color ámbar si se requiere un breve periodo de espera, aunque lo ideal es la medición inmediata.

## 13. CONSIDERACIONES SOBRE INTERFERENTES EN LA MATRIZ MARINA DE QUINTERO

El agua de mar de la bahía presenta desafíos analíticos específicos. La presencia de bromuros naturales es el principal factor de interferencia en el método DPD. El cloro oxida los bromuros a bromo libre, el cual reacciona de manera idéntica al cloro con el reactivo DPD, generando una lectura que sobreestima la concentración de cloro libre real. Si bien este efecto es menos cuantificable en el rango de cloro libre que en el de cloro total, el profesional debe registrar si existen fuentes conocidas de otros oxidantes en el área de descarga, como yodo o dióxido de cloro, los cuales interfieren a todos los niveles de concentración.

La turbidez excesiva y el color natural del agua de mar (por ejemplo, durante floraciones algales) son compensados por el procedimiento de ajuste a cero con la muestra original del sitio. Sin embargo, si la muestra presenta sólidos en suspensión visibles, se debe permitir un breve periodo de decantación antes del blanco, sin llegar a filtrar la muestra, ya que el filtrado puede causar la pérdida del cloro gaseoso.

## 14. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN ANALÍTICA PASO A PASO

Una vez obtenida la muestra y verificado el equipo, se procede a la medición analítica siguiendo la secuencia técnica estandarizada para el modelo HI97762.

### Fase 1: Ajuste a cero (Blanking)

Este paso es crítico para restar la absorbancia propia de la matriz marina y asegurar que la lectura final se deba únicamente a la reacción del cloro con el DPD.

- a) Llenar la cubeta limpia con 10 ml de la muestra de agua de mar sin reaccionar (hasta la marca de enrase).
- b) Colocar el tapón plástico y la tapa. Asegurarse de que el exterior de la cubeta esté completamente seco y libre de huellas dactilares utilizando el paño de limpieza.
- c) Insertar la cubeta en el soporte del colorímetro, alineando la muesca de la tapa con la guía del instrumento.
- d) Cerrar la tapa del compartimento y presionar la tecla "Zero". La pantalla mostrará "-0.0-" cuando el ajuste sea exitoso.

### Fase 2: Desarrollo del color y lectura

- a) Retirar la cubeta del instrumento y quitar la tapa.
- b) Agregar el contenido de un sobre de reactivo HI95762-0 (Cloro Libre ULR). Se recomienda utilizar tijeras para abrir el sobre por la línea punteada y formar un pequeño embudo que facilite la transferencia total del polvo sin pérdidas.
- c) Colocar el tapón y la tapa. Agitar la cubeta suavemente durante aproximadamente 20 segundos para disolver completamente el reactivo. No se debe agitar vigorosamente para evitar la formación de burbujas persistentes.
- d) Limpiar nuevamente el exterior de la cubeta con el paño de microfibra.
- e) Insertar la cubeta en el soporte manteniendo la alineación original y cerrar la tapa.
- f) Presionar la tecla "Read". El instrumento mostrará una cuenta regresiva de 1:00 minuto previo a la medición automática. Alternativamente, el usuario puede esperar el minuto y presionar "Read" dos veces.
- g) Al finalizar el tiempo, el equipo mostrará el resultado en mg/L de cloro libre ( $\text{Cl}_2$ ). El valor debe registrarse inmediatamente en la ficha de terreno.

## 15. REGISTRO Y GESTIÓN DE DATOS DE FISCALIZACIÓN

La validez legal de una inspección ambiental en la zona de Quintero-Puchuncaví depende de la integridad de los registros. El personal de DIRECTEMAR debe completar la documentación estandarizada que vincula la medición técnica con la ubicación geográfica y la identidad del fiscalizado.

## 16. DOCUMENTACIÓN OBLIGATORIA EN TERRENO

- a) **Ficha de Terreno:** Se deben registrar las coordenadas, la profundidad de muestreo, la temperatura del agua medida *in situ*, el resultado del cloro libre residual y cualquier observación sobre el color u olor de la muestra.
- b) **Cadena de Custodia:** Aunque la medición sea *in situ*, se debe mantener la trazabilidad de los reactivos y estándares utilizados, registrando los números de lote y fechas de vencimiento.

## 17. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO

La Superintendencia del Medio Ambiente, es quien tiene la potestad de comparar el resultado obtenido con los límites establecidos en la NSCA para el área de vigilancia respectiva y determinar si existe una superación de la norma.

Situación Detectada	Acción Requerida
Lectura $\leq$ Límite Normativo	Registrar dato, continuar con el plan de monitoreo.
Lectura $>$ Límite Normativo	Realizar una réplica inmediata de la medición. Registrar ambos valores. Notificar a la SMA.
Lectura de rango bajo ( $<0.020 \text{ mg/L}$ )	Considerar el error instrumental ( $+0.020 \text{ mg/L}$ ). Registrar el valor exacto mostrado por el equipo ULR.
Error del equipo ("Light High", "Zero High")	Limpiar cubetas, verificar que la luz ambiental no se filtre. Repetir ajuste a cero.

## 18. GESTIÓN DE RESIDUOS Y SEGURIDAD QUÍMICA

El personal de DIRECTEMAR debe actuar de acuerdo con las normativas nacionales sobre el manejo de residuos peligrosos (D.S. 148) y la prevención de riesgos laborales.

## 19. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS DE REACTIVOS DPD

Aunque el volumen de cada prueba es pequeño (10 ml), la suma de múltiples mediciones genera un residuo químico que contiene compuestos orgánicos y halógenos.

- a) **Prohibición de vertido:** Queda estrictamente prohibido verter las muestras reaccionadas (de color rosa) directamente al mar o a los sistemas de alcantarillado costero.
- b) **Recolección:** Se debe utilizar un frasco de polietileno de alta densidad etiquetado como "Residuos de Colorimetría DPD" para acumular el líquido generado durante la jornada.
- c) **Disposición final:** Estos residuos deben ser entregados al laboratorio contratado por

DIRECTEMAR para su gestión como residuo peligroso.

## 20. SEGURIDAD DEL OPERADOR

- a) **Uso de EPP:** Se debe utilizar guantes de nitrilo sin talco para evitar el contacto de los reactivos con la piel y prevenir la contaminación de las cubetas con grasas dérmicas.
- b) **Manipulación de sobres:** El polvo de los reactivos no debe ser inhalado. Se recomienda trabajar en áreas ventiladas (típicamente al aire libre en la cubierta de la embarcación o en el muelle).
- c) **Seguridad:** Durante el muestreo desde embarcaciones en la Bahía de Quintero, se debe asegurar el equipo mediante el uso de su maletín de transporte para evitar daños por el movimiento de la nave o salpicaduras de agua de mar.

## 21. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA FISCALIZACIÓN EFECTIVA

La implementación de este protocolo para el uso del colorímetro digital HANNA HI97762 dota a la DIRECTEMAR de una herramienta de fiscalización robusta y objetiva en un área de alta sensibilidad como es la Bahía de Quintero y Puchuncaví. La capacidad de medir niveles traza de cloro libre residual permite detectar desviaciones mínimas en el cumplimiento de las NSCA.

Se recomienda al personal mantener un entrenamiento continuo en el uso del equipo y en la interpretación de los mensajes de error del sistema tutorial integrado. Asimismo, la prolijidad en el llenado de las fichas de terreno y cartas de custodia ya que permiten que el trabajo técnico de la Armada de Chile se traduzca en una gestión ambiental exitosa y en la defensa del derecho constitucional a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. La trazabilidad de los datos, desde la validación CAL Check hasta la carga de información, constituye la garantía de transparencia y excelencia profesional que la ciudadanía demanda en la recuperación de la zona de Quintero y Puchuncaví.

## REFERENCIAS

1. AGIES – Actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Marina y Sedimentos de la Bahía Quintero Puchuncaví, Ministerio del Medio Ambiente, de mayo 2023 <https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2023/proyectos/ 27 AGIES 16-05-2023.pdf>
2. Decreto 43 (02-oct-2024) Ministerio del Medio Ambiente - BCN, fecha de acceso: enero 29, 2026, <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1207112>
3. DIRECTEMAR fortalece capacidades de monitoreo ambiental para Quintero-Puchuncaví, del 18 de diciembre de 2025, <https://www.directemar.cl/directemar-fortalece-capacidades-de-monitoreo-ambiental-para>
4. Free Chlorine Ultra Low Range Photometer - HI97762 - Hanna Instruments, <https://hannainst.com/free-chlorine-ultra-low-range-photometer-hi97762.html>
5. Free Chlorine, Ultra Low Range Portable Photometer - hannavietnam.com, <https://www.hannavietnam.com/assets/uploads/files/files/HI97762 CATALOG.pdf>
6. Free Chlorine Ultra Low Range CAL Check™ Standards - HI97762-11,

- <https://hannacan.com/product/free-chlorine-ultra-low-range-cal-check-standards-hi97762-11/>
7. Gestión de Residuos Peligrosos / Soluciones Certificadas y Sustentables - Plataforma Ambiental Respel, fecha de acceso: enero 29, 2026, <https://www.respel.cl/ResiduosPeligrosos/economia-circular-para-residuos/>
  8. HANNA HI97762 Free Chlorine Ultra Low Range Photometer (0~0.500 mg/L), <http://hanna.com.mm/hannahi97762-hanna-hi97762-free-chlorine-ultra-low-range-photometer-0-0-500-mg-l-125155/pr.html>
  9. HANNA HI 97762 Free Chlorine Ultra Low-Range Photometer, 0 to 0.5 mg/L (ppm), <https://www.itm.com/product/hanna-hi-97762-free-chlorine-ultra-low-range-photometer>
  10. HI 93701-01 Reactivo en polvo para Cloro Libre, método DPD 100 tests - Hanna Colombia, <https://www.hannacolombia.com/agro/productos/reactivo-en-polvo-para-cloro-libre-metodo-dpd-100-tests>
  11. HI97762 Free Chlorine Ultra Low Range Portable Photometer with CAL Check, <https://www.hannamalaysia.com/showproducts/productid/3856420/hi97762-free-chlorine-ultra-low-range-portable-photometer-with-cal-check/>
  12. HI 97762 - Fotómetro portátil para Cloro Libre Rango Ultra Bajo - HANNA Instruments Bolivia, <https://www.hannabolivia.com/products/product/1682/pdf>
  13. ILM000043 Rev00 Instructivo Colorímetro HANNA\_HI97762.pdf
  14. Informe de Diagnóstico Ambiental, Análisis data POAL Bahía de Quintero (2005-2018) y Unidades fiscalizables controladas por la Autoridad Marítima- DIRECTEMAR, de febrero 2019, [https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20190729/20190729155241/informe\\_diagnostico\\_quintero.pdf](https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20190729/20190729155241/informe_diagnostico_quintero.pdf)
  15. Informe Final Programa de Recuperación Ambiental y Social (PRAS) - DIPRES, 2023, [https://www.dipres.gob.cl/597/articles-316276\\_informe\\_final.pdf](https://www.dipres.gob.cl/597/articles-316276_informe_final.pdf)
  16. Manual de campo interinstitucional para la recolección de datos sobre la calidad del agua - USGS.gov, fecha de acceso: enero 29, 2026, [https://pubs.usgs.gov/of/2000/ofr00-213/manual\\_sp/prepare.html](https://pubs.usgs.gov/of/2000/ofr00-213/manual_sp/prepare.html)
  17. Monitoreo del Medio Ambiente Marino Costero Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL), DIRECTEMAR, de 2007 [https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20251117/20251117122704/libro\\_poal.pdf](https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20251117/20251117122704/libro_poal.pdf)
  18. Proceso de medida de cloro total con reactivo líquido en fotómetros Serie 97 de HANNA instruments, <https://www.youtube.com/watch?v=uYjEacLgsXY>
  19. Proceso de medida de cloro libre con reactivo líquido en fotómetros Serie 97 de HANNA instruments, [https://www.youtube.com/watch?v=WZNMMmLZxm\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=WZNMMmLZxm_o)
  20. Proceso de medida de cloro libre con reactivo en polvo en fotómetros Serie 97 de HANNA instruments, [https://www.youtube.com/watch?v=DIpDE0\\_9TCc](https://www.youtube.com/watch?v=DIpDE0_9TCc)
  21. Procedimiento para la Medición de Cloro Libre - Universidad Tecnológica de Panamá, de 2026, <https://utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-LSA-213-2006.pdf>
  22. Protocolo de colaboración entre la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y la Superintendencia el Medio Ambiente, de 2017 [https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20240722/20240722142628/protocolo\\_colaboracion\\_directemar\\_sma\\_2018.pdf](https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20240722/20240722142628/protocolo_colaboracion_directemar_sma_2018.pdf)
  23. Protocolo de Muestreo – Aseguramiento y control de calidad para la toma de muestras en terreno del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) - DIRECTEMAR, de junio 2021, <https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/>

- [20170216/20170216111923/protocolo\\_poal.pdf](20170216/20170216111923/protocolo_poal.pdf)
24. Quintero Puchuncaví, Programa para la Recuperación Ambiental y Social (PRAS) Ministerio del Medio Ambiente, de 2017, <https://pras.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/11/PRAS-Quintero-Puchuncavi.pdf>
25. Reglamento de Manejo De Residuos Peligrosos - Universidad de Concepción, <http://www2.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html>
26. Reporte de Datos P.O.A.L. - DIRECTEMAR, periodo 2013 al 2017, [https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20251222/20251222121741/reporte\\_de\\_datos.pdf](https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20251222/20251222121741/reporte_de_datos.pdf)
27. Plan Nacional de Respuesta ante Derrames de Hidrocarburos u otras Sustancias Nocivas en el Medio Ambiente Acuático- DIRECTEMAR, 2025 [https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20170216/20170216105546/manual\\_plan\\_nacional\\_v\\_07\\_2025\\_fotos.pdf](https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20170216/20170216105546/manual_plan_nacional_v_07_2025_fotos.pdf)
28. Programa Nacional de Residuos Sólidos, Marco Normativo e Institucional Aplicado al Sector de Residuos Sólidos en CHILE - SUBDERE, 2018 [https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/2\\_marco\\_legal\\_agosto\\_2018.pdf](https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/2_marco_legal_agosto_2018.pdf)

**VALPARAÍSO, 02 FEBRERO 2026**

*UNIDAD POAL  
DEPARTAMENTO. PROTECCIÓN DEL MEDIO  
AMBIENTE ACUÁTICO, RESPUESTA A LA  
CONTAMINACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO  
DIRECCIÓN DE INTERESES MARÍTIMOS Y MEDIO  
AMBIENTE ACUÁTICO*

## ANEXO “A”

### USO DE COLORÍMETRO DIGITAL DE TERRENO HANNA\_HI97762 PARA LA DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL

#### 1 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este instructivo especifica el método para la determinación de cloro libre residual en muestras de aguas, usando el método de DPD (N,N'-dietil-p-fenilendiamina) y realizando las lecturas en colorímetro digital de terreno HANNA\_HI97762.

#### 2 REFERENCIAS

- 2.1 Manual del Instrumento HANNA\_HI97762 Manual 97762\_07\_23.
- 2.2 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24 Ed. 2023. Cap 4500-Cl-F
- 2.3 Registro E000087 verificacion colorimetro HANNA\_HI97762

#### 3 DEFINICIONES

- 3.1 Cloro libre residual (CLR): Remanente de cloro presente en el agua, producto de la desinfección de esta y que no se encuentra asociado a la materia orgánicas.
- 3.2 Cloro Total (CLT): sumatoria del CLR y del cloro asociado a la materia orgánica presente en el agua.
- 3.3 Muestra puntual: Muestra discreta tomada al azar.
- 3.4 Colorimetría: Método por el cual se determina la concentración de una sustancia en función de la intensidad de color formado al reaccionar esta con un agente químico.

#### 4 REACTIVOS

- 4.1 N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) para determinación de cloro total, en 10 ml de muestra.
- 4.2 N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) para determinación de cloro libre residual, en 10ml de muestra.
- 4.3 Agua grado reactivo 1 ó 2.

#### 5 SOLUCIONES

No aplica

## 6 APARATOS Y MATERIALES

- 6.1 Colorímetro Digital para la determinación de Cloro Libre Residual HANNA\_HI 97762
- 6.2 Celdas para colorímetro, con tapa
- 6.3 Estándar A ZERO CAL Check Cuvette A
- 6.4 Estándar HI97762B CAL Check Cuvette B

## 7 PROCEDIMIENTO

### 7.1 Responsabilidades del Personal Encargado de la Toma de Muestras y medición

- a) Será responsabilidad de cada Técnico en terreno, el estado y correcto funcionamiento de los colorímetros digitales de terreno, utilizados durante el monitoreo.
- b) Frente a cualquier anomalía detectada en la utilización del equipo, el responsable a cargo, deberá abstenerse de su utilización e informar, para que este gestione la revisión con el área de mantenimiento. Esta última determinará el destino del equipo al servicio técnico autorizado, si corresponde.
- c) Será de responsabilidad del personal de toma de muestras la verificación del colorímetro digital de forma diaria, en caso de que su utilización sea esporádica se verificará cuando se utilice, deberá ser registrada en formulario de verificación.

### 7.2 Verificación

- a) Verificación por contrastación contra método Volumétrico (FAS): Esta se realiza en forma semestral por personal de laboratorio, de acuerdo al programa establecido por el Área de Mantenimiento.
- b) Verificación con estándar secundario Estándar HI97762B CAL Check Cuvette B: Esta se realiza en forma diaria si su uso es frecuente, en el caso que la frecuencia sea esporádica, cada vez que sea utilizado por personal técnico de muestreo, para lo cual proceder como se indica a continuación:
  - Desde el modo de medición, presione CAL Check.
  - En pantalla se mostrará el mensaje “Not Available” o la fecha, hora y estado del último CAL Check™ realizado.
  - Presione Check para iniciar un nuevo CAL Check™.
  - Presione la tecla en cualquier momento para cancelar el proceso de validación.
  - Utilice las teclas funcionales para ingresar el valor certificado del estándar de calibración indicado en el Certificado CAL Check™.
  - Presione Next para continuar.

- Nota: Este valor quedará guardado en el instrumento para futuras validaciones.
- Si se obtiene un nuevo juego de estándares de calibración, actualice este valor.
- Inserte la cubeta A ZERO CAL Check™ (Cubeta A) y presione Next.
- Durante la medición se mostrará el mensaje “Please wait...”.
- Inserte la cubeta B CAL Check™ HI97762B y presione Next.
- Durante la medición se mostrará el mensaje “Please wait...”.
- Al finalizar el CAL Check™, la pantalla mostrará uno de los siguientes mensajes junto con el valor medido:

“PASSED”:

- ✓ El valor medido se encuentra dentro de la especificación de exactitud. No se requiere calibración por el usuario.
- ✓ “OUT OF SPECIFICATION” y opción Calibrate disponible: El valor medido está cercano al valor esperado.
- ✓ Para actualizar la calibración del usuario, presione Calibrate.
- ✓ Presione Accept para confirmar o Cancel para volver a la pantalla anterior

“OUT OF SPECIFICATION”:

- ✓ No se permite la calibración por el usuario.
- ✓ El valor medido está fuera de la ventana de tolerancia.
- ✓ Verifique el valor certificado, la fecha de vencimiento y limpie el exterior de las cubetas.
- ✓ Repita el procedimiento CAL Check™.
- ✓ Si el error persiste, contacte al área de mantenimiento.

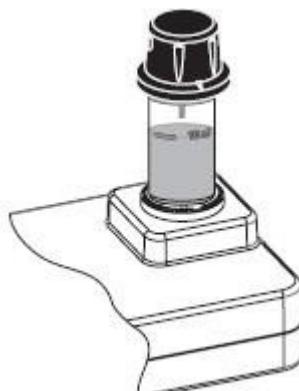
### 7.3 Medición de las Muestras

Si el modo tutorial está deshabilitado, siga el procedimiento de medición que se indica a continuación. Si el modo tutorial está habilitado, presione Measure y siga los mensajes que aparecen en la pantalla.

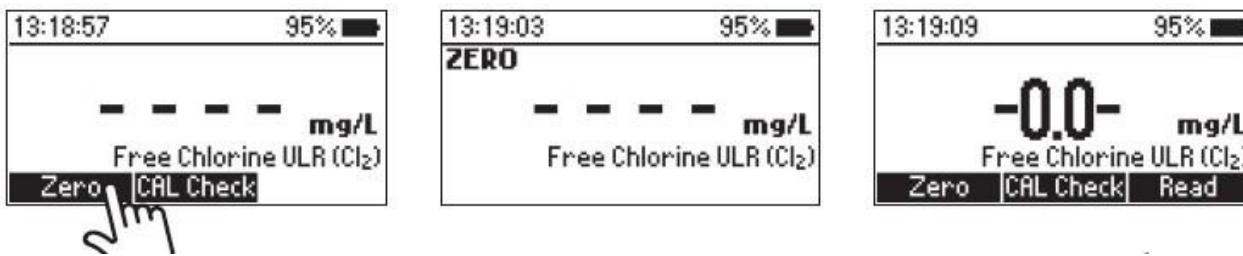
- a) Llene la cubeta con 10 ml de muestra sin reaccionar (hasta la marca). Coloque el tapón plástico y la tapa.



- b) Inserte la cubeta en el soporte y asegúrese de que la ranura de la tapa esté correctamente posicionada en la guía.



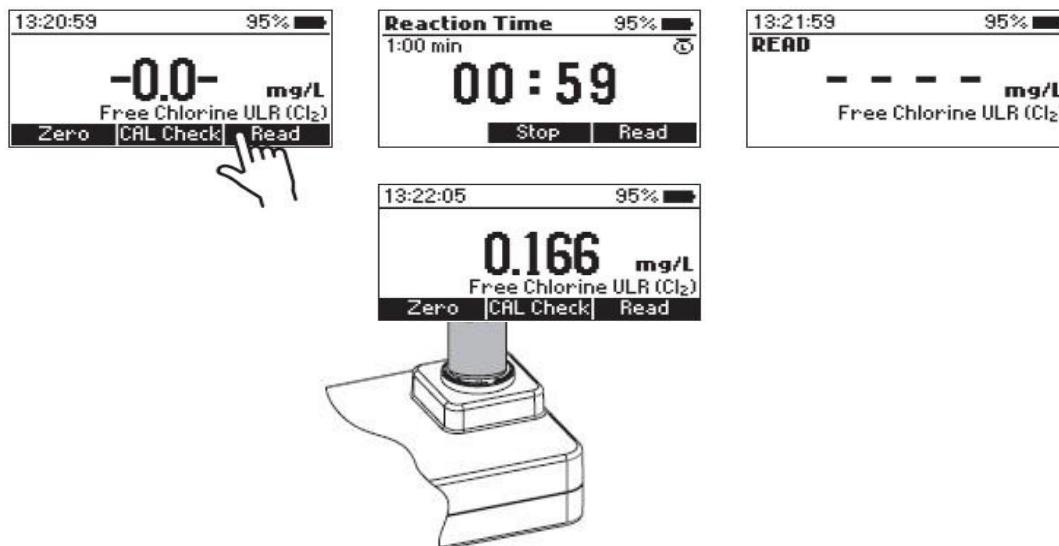
- c) Presione Zero. La pantalla mostrará “-0.0-” cuando el equipo esté ajustado a cero y listo para la medición.



- d) Retire la cubeta.  
e) Agregue el contenido de un sobre del reactivo HI95762-0 (Cloro Libre ULR).  
f) Coloque el tapón plástico y la tapa. Agite suavemente durante aproximadamente 20 segundos.



- g) Inserte nuevamente la cubeta en el soporte, asegurándose de que la ranura de la tapa esté correctamente posicionada en la guía.
- h) Presione Read. La pantalla mostrará una cuenta regresiva de 1 minuto previa a la medición. Alternativamente, espere 1 minuto y luego presione Read dos veces.
- i) El instrumento mostrará los resultados en mg/L de cloro ( $\text{Cl}_2$ ).



## 7.4 Expresión de Resultados

Cloro libre Residual en mg/L con un decimal, considerando el factor de dilución si corresponde.

## 8 CONFIABILIDAD DEL MÉTODO

### 8.1 Procedimiento de Mantención y Limpieza

- Lavar las celdas entre cada medición con abundante agua clase 1 o 2.
- Utilizar un paño o papel suave para secar.
- Cambiar las celdas cada una vez que se observen manchas o marcas sobre la superficie.

#### Anexo A:

Instructivo: ILM000043 - Uso de colorímetro digital de terreno hanna\_hi97762 para la determinación de cloro libre residual

Elaborado por: Javiera Canales. - Analista de Calidad

Aprobado por: Marcela Díaz O - Jefa de Calidad

08-01-2025