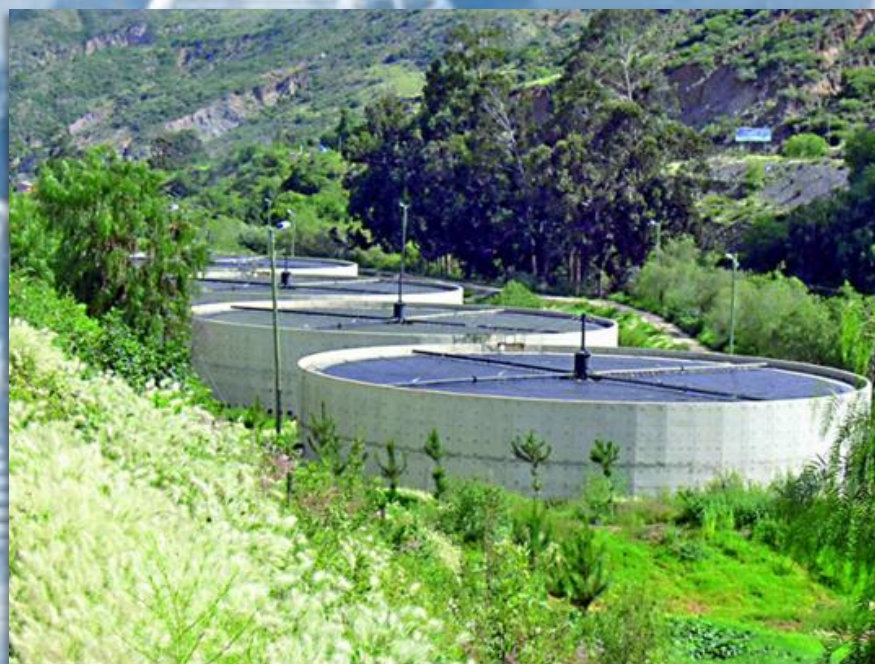




**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL DE
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**



**GUÍA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS
E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE LA OPERACIÓN
Y MANTENIMIENTO DE LAS PTAR EN
BOLIVIA**



**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

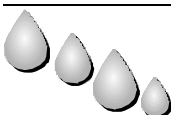


ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

CONTENIDO

1	LISTA DE ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES	2
2	INTRODUCCIÓN	6
3	ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA GUÍA.....	7
4	OBJETIVO	7
5	MARCO NORMATIVO	7
5.1	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (CPE).....	8
5.2	LEY 1333 DE MEDIO AMBIENTE.....	8
5.2.1	REGLAMENTO DE PREVENCIÓN Y CONTROL AMBIENTAL	8
5.2.2	REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA.....	9
5.3	LEY 2066 DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE	10
5.4	DECRETO SUPREMO Nº 071 DE 9 DE ABRIL DE 2009.....	10
5.5	OTRAS DISPOSICIONES LEGALES.....	10
6	CATEGORIZACION DE LAS PTAR.....	11
7	HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	12
7.1	INDICADOR “A”: CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR (CTUP).....	14
7.1.1	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO AL CAUDAL DEL AFLUENTE (CPTAR) 16	
7.1.2	ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA POBLACIÓN SERVIDA (CTP)	17
7.1.3	ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA CARGA ORGÁNICA (CCO).....	20
7.2	INDICADOR “B”: CONDICIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR (CBO).....	26
7.2.1	ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS (IYS)	27
7.2.2	ÍNDICE DE GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO (GPO)	30
7.2.3	ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA (DTE)	32
7.3	INDICADOR “C”: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR (GEM).....	34
7.3.1	ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (EMP).....	35
7.3.2	INDICE DE EFICACIA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO (EMC)	37
7.4	INDICADOR “D”: EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR (EfPTAR).....	38
7.5	INDICADOR “E”: TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR (TLG)	41
8	LÍNEAS DE ACCIÓN PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PTAR.....	43
9	APENDICES.....	49
10	BIBLIOGRAFÍA.....	90
11	ANEXOS.....	91





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

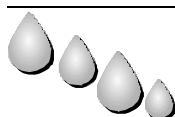


1 LISTA DE ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES

2

ACRONIMOS

AAPS	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico
AAC	Autoridad Ambiental Competente
CBO	Condiciones Básicas para Operación y Mantenimiento de la PTAR
CCO	Capacidad de Tratamiento actual respecto a la Carga Orgánica
CPE	Constitución Política del Estado
CPTAR	Capacidad de Tratamiento actual respecto al Caudal del Afluente
CTP	Capacidad de Tratamiento utilizada respecto a la población actual servida
CTUP	Capacidad de Tratamiento Utilizada de la PTAR
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DTE	Documentación Técnica Específica
EMC	Eficacia en Mantenimiento Correctivo
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EMP	Eficacia del Mantenimiento Preventivo
EPP	Equipo de Protección Personal
EPSA	Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
EfTPAR	Eficiencia de Tratamiento de la PTAR
ETRL	Empresa Transportadora y Recolectora de Lodos
GEM	Gestión del Mantenimiento de la PTAR
GPO	Gestión de Personal Operativo
IYS	Infraestructura y Servicios
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
O&M	Operación y Mantenimiento
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RAFA	Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente
RMCH	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica
SST	Sólidos Suspendedos Totales
TLG	Tratamiento de Lodos Generados





**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

DEFINICIONES

Afluente	Agua residual que ingresa a un proceso de tratamiento. ¹
Aguas residuales domésticas	Desechos líquidos provenientes de los hábitos higiénicos del hombre en actividades domésticas ² . Se denominan también “aguas servidas”.
Aguas residuales industriales	Desechos líquidos provenientes de las actividades industriales ³ .
Alcantarillado sanitario	Sistema compuesto por una red de tuberías destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales.
Alícuota	Parte proporcional de un todo.
Biodegradación	Resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de los compuestos orgánicos contenidos en aguas residuales, el cual es llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos.
Calidad del Agua	Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.
Capacidad de tratamiento	Conjunto de condiciones técnicas y operativas con las que cuenta una planta de tratamiento, que permiten minimizar o eliminar la presencia de contaminantes que se encuentran en el agua.
Capacidad hidráulica	Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica bajo condiciones normales de operación.
Caracterización de aguas residuales	Determinación de la cantidad y características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.
Carga contaminante	Es la masa contaminante por unidad de tiempo que es vertida por cualquier generador de aguas residuales.
Carga per cápita	Corresponde a la carga contaminante promedio de un determinado parámetro, generada por una persona en un día.
Caudal	Volumen de agua que fluye a través de una sección o ducto por unidad de tiempo.
Caudal de diseño o última ampliación	Caudal máximo horario doméstico de contribución de aguas residuales, además de los caudales adicionales por conexiones erradas, por infiltración y de descarga concentrada, se calcula para la etapa inicial y final del periodo de diseño. ⁴
Caudal medio diario	Contribución promedio de agua residual doméstica en un día.
Coliformes Termotolerantes	También denominados coliformes termorresistentes, son un indicador de contaminación fecal. Son bacterias del grupo coliforme que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C.
Cuerpo receptor	Cualquier curso de agua natural o masa de agua natural o de suelo que recibe el lanzamiento o descarga del efluente final. ⁵

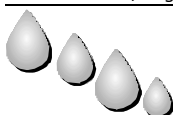
¹ NB-688 2007, Pág. 27.

² NB-688 2007, Pág. 27.

³ NB-688 2007, Pág. 27.

⁴ NB-688 2007, Pág. 29.

⁵ NB-688 2007, Pág. 31.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

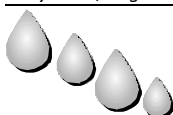


Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonácea expresada en mg/l. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20°C y en 5 días ⁶ .
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica expresada en mg/l. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 horas. ⁷
Disposición final	Destino final del efluente de aguas residuales depuradas mediante un sistema de tratamiento.
Eficiencia de tratamiento	Capacidad de la PTAR para remover o reducir el grado de contaminación del agua residual tratada. Por lo general se expresa en porcentaje.
Efluente	Agua residual que es descargada a un cuerpo receptor después de un proceso de tratamiento.
Herramientas de seguimiento	Conjunto de instrumentos y mecanismos necesarios para comprobar la correcta ejecución de actividades que se desarrollan para cumplir un objetivo.
Impacto ambiental	Todo efecto que se manifieste en el conjunto de "valores" naturales, sociales y culturales existentes en un espacio y tiempo determinados y que pueden ser de carácter positivo o negativo. ⁸
Indicador de gestión	Expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según sea el caso.
Índice	Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.
Lodo	Son residuos semilíquidos que cuentan con alta concentración de materia orgánica, provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales o que son recolectados por las ETRL.
Mantenimiento correctivo	Conjunto de acciones que se efectúan para reparar daños o reponer piezas deterioradas por el uso o el intemperismo.
Mantenimiento preventivo	Conjunto de acciones de conservación o preservación que se realiza con una frecuencia determinada con la finalidad de prevenir y evitar daños a un sistema.
Monitoreo	Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones constantes en un sitio y periodo determinados, con el objeto de identificar los impactos y riesgos potenciales hacia el medio ambiente y la salud pública o para evaluar la efectividad de un sistema de control.
Operación	Conjunto de acciones que se efectúan para poner en funcionamiento todos los componentes o partes de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

⁶ Ley 1333, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Pág. 175.

⁷ Ley 1333, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Pág. 175.

⁸ Ley 1333, Reglamento de Prevención y Control Ambiental, Pág. 3.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

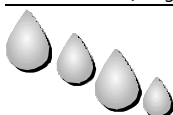
**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



Periodo de diseño	Es el tiempo para el cual se proyecta la PTAR, para proporcionar un servicio de calidad y eficiencia, sin incurrir en costos innecesarios y optimizando la economía de la misma.
Planta de tratamiento de aguas residuales	Unidad o conjunto de unidades destinadas a mejorar la calidad del agua residual de tal forma que produzcan en los cuerpos receptores, efectos compatibles con las exigencias legales y/o con la utilización aguas abajo de la población. ⁹
Población equivalente	Número de habitantes estimado que aportaría una cantidad determinada de un parámetro específico (generalmente DBO ₅ o Sólidos Suspendidos); suele utilizarse con referencia a descargas industriales.
Población servida	Número de habitantes que aportan al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales con descarga a una PTAR.
Pre tratamiento	Operaciones unitarias destinadas a remover material grueso, flotante, arenas y detritos, cuya presencia puede dificultar el tratamiento posterior del agua y el eficiente funcionamiento de máquinas, equipos e instalaciones de la PTAR.
Riesgo	Posibilidad de ocurrencia de un evento adverso en la infraestructura y/o funcionamiento de la PTAR debido a amenazas, como ser variaciones de carga orgánica e incremento de caudal.
Sólidos disueltos totales	Es la cantidad de sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en el agua en forma molecular, ionizada o en suspensión coloidal. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables a través de una membrana con poros de 2.0 µm (o más pequeños).
Sólidos Suspendidos Totales	Cantidad de sustancias que se encuentran en mezcla heterogénea y pueden ser removidas del agua por medios físicos o mecánicos. Constituyen residuos no filtrables retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.
Tratamiento	Proceso de transformación físico, químico y/o biológico de las aguas residuales con el fin de reducir o eliminar contaminantes que puedan provocar efectos negativos en el hombre y/o en el medio ambiente.
Valorización	Cualquier procedimiento que permita la recuperación y el aprovechamiento ecológico de los recursos contenidos en lodos y residuos provenientes de las PTAR, siempre y cuando dichos procedimientos no tengan repercusiones negativas sobre el medio ambiente y la salud pública.
Vida útil	Periodo durante el cual una infraestructura estará apta para cumplir su función de manera óptima, eficiente y continua.

⁹ NB-688 2007, Pag. 34.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



2 INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento poblacional urbano genera mayor demanda de servicios básicos, lo que implica el requerimiento de mayor asignación e inversión de recursos en proyectos de agua y saneamiento a fin de elevar la cobertura del servicio y por lo tanto la generación de una mayor cantidad de aguas residuales.

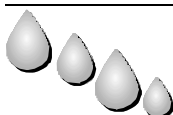
Por otro lado, la inadecuada gestión de las aguas residuales, constituye uno de los problemas ambientales de mayor preocupación en Bolivia, ya que en muchos casos se realiza un deficiente tratamiento de aguas residuales, lo cual deriva en vertidos de efluentes de las PTAR sin tratamiento o pobremente tratados que ocasionan la contaminación de ríos y otros cuerpos de agua, causando un impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública.

A partir de la información proporcionada por las EPSA reguladas por la AAPS que tienen a cargo la administración de una PTAR, se evidencian bajos niveles de eficiencia en cuanto al tratamiento de estas aguas; asimismo, son pocas las EPSA que realizan el monitoreo y control recurrente de sus efluentes tratados, mismos que en general, presentan parámetros de calidad que superan los límites permisibles establecidos en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.

Las deficiencias que se presentan en las PTAR, están principalmente relacionadas con la sostenibilidad técnica, específicamente en lo referido a su operación y mantenimiento, por la falta de recursos humanos y financieros de la EPSA que garanticen un correcto funcionamiento de las mismas.

En el contexto normativo vigente, las competencias de la AAPS establecidas en el Decreto Supremo N° 071 son: “fiscalizar, controlar, supervisar y regular las actividades de Agua Potable y Saneamiento Básico” de las EPSA, además de implementar el control y fiscalización del tratamiento y vertido de aguas residuales que afecten el uso para consumo humano en coordinación con la AAC.

Por su parte, la Ley N° 2066 establece que los prestadores de servicios de agua potable y de alcantarillado sanitario (EPSA) deben proteger el medio ambiente conforme a las disposiciones de la Ley 1333 y su reglamentación. En este contexto, se ha identificado la necesidad de fortalecer y mejorar los mecanismos e instrumentos de seguimiento y fiscalización referente a la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las EPSA bajo seguimiento regulatorio, por lo que la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico – AAPS, ha





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



7

desarrollado la presente “Guía para aplicación de herramientas e instrumentos de seguimiento, monitoreo y control de la operación y mantenimiento de las PTAR en Bolivia”, misma que se enfoca en proporcionar herramientas y elementos técnicos a los responsables de PTAR de las EPSA, para que éstos puedan generar información referida a la Operación y Mantenimiento (O&M) de las PTAR, a fin de identificar aspectos que requieran ser corregidos y/o mejorados, contribuyendo así a optimizar las condiciones operativas de las PTAR.

Por otra parte, la Guía se constituye en un instrumento técnico que le permitirá a la AAPS, contar con herramientas de evaluación de las condiciones actuales de funcionamiento y operación de las PTAR, para emitir criterios técnicos pertinentes, en el marco de sus competencias.

3 ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA GUÍA

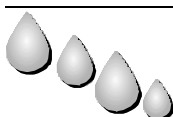
La presente “GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO, DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PTAR EN BOLIVIA” será aplicada por las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA), de todo el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia que tengan bajo su responsabilidad la administración de una o más PTAR.

4 OBJETIVO

Proporcionar directrices, lineamientos técnicos y procedimientos a los prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, para generar y reportar información técnica sobre las condiciones actuales de operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, que permitan a la AAPS procesarla y obtener indicadores de desempeño de las PTAR como herramientas de control y regulación sectorial a nivel nacional.

5 MARCO NORMATIVO

El marco normativo de la presente Guía, está constituido por un conjunto de normas y disposiciones legales relacionadas con el tratamiento de aguas residuales y la preservación de los recursos hídricos. Las leyes y reglamentos a nivel nacional relacionados al objeto de la Guía son los siguientes:





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



5.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (CPE)

La Constitución Política del Estado es la norma jurídica suprema que rige la organización del Estado Plurinacional de Bolivia y establece disposiciones generales en todos los ámbitos de desarrollo del país.

En relación a la preservación del recurso hídrico, establece la responsabilidad compartida entre el Estado y la Sociedad, de conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y de mantener el equilibrio del medio ambiente (Artículos 342, 345 y 347); establece políticas de control y evaluación de toda actividad que use y transforme los recursos naturales, además de promover la mitigación de sus efectos nocivos al medio ambiente.

5.2 LEY 1333 DE MEDIO AMBIENTE

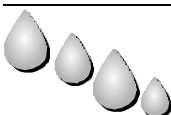
La Ley de Medio Ambiente N° 1333 promulgada el 27 de abril del año 1992, tiene como objetivo principal, la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible.

Dispone como deber del Estado y la Sociedad, preservar, conservar, restaurar y promover el aprovechamiento y uso racional de los recursos naturales como el agua. Asimismo, dispone la obligación del Estado de normar y controlar el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido y gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno natural (Artículos 32 y 39).

En el marco de esta Ley, el 8 de diciembre de 1995, mediante Decreto Supremo No 24176, se aprobaron 6 reglamentos, de los cuales los más relevantes a los fines de la presente Guía son el Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA) y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH). Asimismo en el marco del D.S. 3549 de fecha 02/05/18 corresponde tomar en cuenta las complementaciones e incorporaciones que se realizó al RPCA.

5.2.1 REGLAMENTO DE PREVENCIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

El Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA) establece disposiciones referentes a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y Control de Calidad Ambiental (CCA), en el marco del Desarrollo Sostenible. De acuerdo a esta reglamentación, las EPSA que planifiquen la construcción de una nueva PTAR, deberán cumplir con los





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



procedimientos de control establecidos en la Ley 1333. Por su parte el D.S. 3549 establece un nuevo método de categorización de AOP (actividades, obras y proyectos); en el caso concreto de PTAR, el Anexo A de la lista de categorización de los sectores del Área Multisector, incluye dentro de la categoría 2 a los proyectos del sector saneamiento básico (Plantas de Tratamiento). Asimismo, la Autoridad Ambiental Competente, en coordinación con los organismos sectoriales competentes, debe llevar a cabo el seguimiento y control correspondiente al cumplimiento de estas disposiciones (Artículo 95 y 106 del RPCA y Arts. 6, 7 y 18 del D.S. 3549).

5.2.2 REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA.

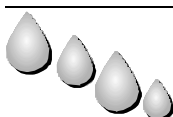
El Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), establece una serie de disposiciones relacionadas a la prevención y control de la contaminación hídrica y determina tipos de cuerpos de agua y los límites permisibles de descarga, que debe cumplir un efluente para su vertido en un cuerpo de agua de acuerdo a su clasificación.

El artículo 12, dispone que los organismos sectoriales competentes deban participar en la prevención y control de la calidad hídrica mediante normas técnicas y políticas ambientales.

Por otra parte, los artículos 16 y 23, establecen disposiciones relacionadas con la autorización para descargar efluentes en cuerpos de agua, así como las condiciones para las descargas de aguas residuales crudas o tratadas a los colectores de alcantarillado sanitario, considerando que las mismas no deben interferir en los procesos de tratamiento de las aguas residuales ni afectar el normal funcionamiento de los colectores sanitarios.

Los artículos 44 y 46, establecen la prohibición de descargas instantáneas de gran volumen de aguas residuales crudas o tratadas, a ríos y la obligación de que estas descargas, ya sean procedentes de usos domésticos, industriales, o cualquier otra actividad, sean tratadas previas a su descarga al cuerpo receptor considerando la clasificación de los mismos según su aptitud de uso.

Por último el artículo 68, se refiere al manejo de los fangos o lodos producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales, los cuales una vez que hayan sido secados mediante cualquier mecanismo, deben ser analizados y estabilizados antes de su uso o disposición final.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUÍA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



5.3 LEY 2066 DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE

Por su parte la Ley de Prestación de Servicios de Agua Potable N° 2066 del 11 de abril del año 2000, establece las normas que regulan la provisión de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario del Estado boliviano.

Los artículos 15 y 23, detallan las funciones y atribuciones de la ex Superintendencia de Saneamiento Básico, asumidas actualmente por la AAPS, en tanto no contradiga los preceptos establecidos en la actual Constitución Política del Estado Boliviano; y establece la obligación de las EPSA, de proteger el medio ambiente y realizar el adecuado tratamiento y disposición de las aguas residuales.

5.4 DECRETO SUPREMO N° 071 DE 9 DE ABRIL DE 2009

El 9 de abril del año 2009 se promulga el Decreto Supremo N° 071 mediante el cual, se crea la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico en reemplazo de la Superintendencia de Saneamiento Básico; se determina su estructura organizativa y se define sus competencias y atribuciones. Con relación al objeto de la presente Guía, el artículo 24 establece como una de las competencias de la Autoridad, regular el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos para el consumo humano y servicios de agua potable y saneamiento básico, y precautelar el cumplimiento de las obligaciones y derechos de las EPSA.

Por otra parte, el Artículo 26 establece como atribuciones del Director Ejecutivo entre otras, lo siguiente:

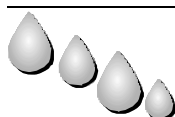
“...f) Implementar control y fiscalización del tratamiento y vertido de aguas residuales industriales, mineras, y otras que afecten fuentes de agua para consumo humano, en coordinación con la AAC.

l) Emitir manuales, guías, y otras normas internas”.

5.5 OTRAS DISPOSICIONES LEGALES

A efectos de la presente Guía, se mencionan las siguientes disposiciones, afines:

Ley de Derechos de la Madre Tierra N° 071 del 21 de diciembre del año 2010, que tiene por objeto reconocer los derechos de la Madre Tierra, así como establecer las





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUÍA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



obligaciones y deberes del Estado Plurinacional y de la sociedad para garantizar el respeto de estos derechos.

Ley de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien No. 300 del 15 de octubre del año 2012, tiene el objeto de establecer la visión y fundamentos del desarrollo integral del ser humano en armonía y equilibrio con la madre tierra.

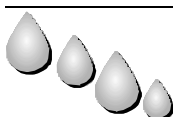
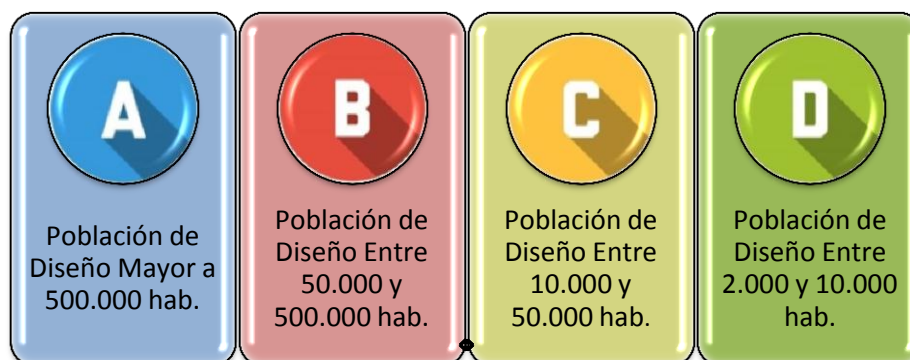
En el marco de los principios jurídicos que rigen la protección a la Madre Tierra, el Art. 4 Núm. 4 establece que tanto el Estado y cualquier persona *se obliga a prevenir y/o evitar de manera oportuna eficaz y eficiente los daños a los componentes de la Madre Tierra incluyendo el medio ambiente (...) sin que se pueda omitir o postergar el cumplimiento de esta obligación alegando la falta de certeza científica y/o falta de recursos.*

Esta Ley en su artículo 27, detalla las bases y orientaciones del Vivir Bien a través del desarrollo integral del agua, entre las que se pueden mencionar aquellas que señalan la obligación de que toda actividad industrial y extractiva, que implique el aprovechamiento del agua según corresponda, implemente, plantas y/o procesos de tratamiento que minimicen los efectos de la contaminación, y la obligación de regular, monitorear y fiscalizar los parámetros y niveles de la calidad de agua.

6 CATEGORIZACION DE LAS PTAR

La categorización de las PTAR, consiste en una clasificación de las mismas en base al criterio de Población de Diseño de las plantas. Para efectos de la presente Guía se aplicará la categorización de las EPSA que es utilizada actualmente en la AAPS, la cual está establecida de acuerdo a criterios de población principalmente. Por tanto, la categorización de las PTAR se define bajo el siguiente esquema:

Figura 1. Categorización de PTAR





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUÍA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



12

Esta categorización permite diferenciar el nivel de detalle y alcance de la información a ser reportada por las EPSA y el nivel de exigencia requerido por la AAPS respecto a las condiciones de operación y mantenimiento de las PTAR para el respectivo cálculo de los indicadores.

Bajo este criterio, las PTAR a cargo de una EPSA tendría la misma categorización de la EPSA. Así también, si una EPSA administra más de una planta, independientemente de las capacidades de diseño de cada una de ellas, todas éstas corresponderán a la categoría de la EPSA, ya que éstas se consideran como sistemas descentralizados de la misma. Por otra parte, también se considerará que la categoría de PTAR, en ningún caso podrá ser superior a la categoría de la EPSA establecida por la AAPS.

7 HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Las herramientas de seguimiento y evaluación, son un conjunto de variables, índices e indicadores, que permitirán conocer y evaluar las condiciones técnicas particulares de la operación y mantenimiento de las PTAR.

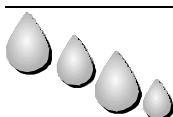
Un indicador es una herramienta cuantitativa que permite mostrar indicios o señales de un estado de situación, cumplimiento de actividades y/o resultados. Su utilización permite determinar tendencias en el comportamiento de la PTAR, detectar situaciones problemáticas o susceptibles de ser mejoradas y realizar análisis comparativos históricos.

Con el fin de contar con herramientas de seguimiento, monitoreo y control de las PTAR, se plantea el uso de cinco (5) indicadores de desempeño, los cuales fueron diseñados para conocer el estado de situación actual y el desempeño de las mismas.

Estos indicadores serán calculados en base a información que deberá ser generada por las EPSA y que será reportada a la AAPS de manera **semestral**, a fin de realizar su evaluación y respectivo seguimiento.

En los Apéndice 1 y 2 de la presente guía, se adjuntan planillas e instrucciones detalladas para que las EPSA registren la información técnica de la PTAR, misma que es requerida para el cálculo de dichos indicadores.

Bajo estas consideraciones se plantea el uso de los siguientes indicadores:





**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

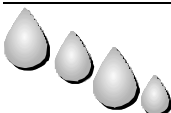
GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

Tabla 1. Indicadores y Variables para la Guía PTAR

No	INDICADOR		ÍNDICE		VARIABLES (DATOS A REPORTAR POR LAS EPSA)	UNIDAD
	DESCRIPCION	SIGLA	DESCRIPCION	SIGLA		
-	-	-	Capacidad de Tratamiento actual respecto al Caudal del afluente	CPTAR	Caudal medio actual del afluente ¹⁰	m³/h
					Caudal de diseño o de la última ampliación ¹¹	m³/h
A	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR	CTUP	Capacidad de Tratamiento Actual respecto a la Población Servida	CTP	Población actual servida	Hab.
					Población de diseño o de la última ampliación	Hab.
			Capacidad de Tratamiento Actual respecto a la Carga Orgánica	CCO	Caudal de diseño o de la última ampliación	m³/h
					Concentración DBO ₅ de diseño	mg/l
					Caudal medio actual del afluente	m³/h
					Concentración media de DBO ₅ en afluente	mg/l
					Volumen medio de lodos de ETRL	m³/día
					Concentración media de DBO ₅ de ETRL	mg/l
B	CONDICIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR	CBO	Infraestructura Adicional y Servicios	IYS	Datos cualitativos respecto a infraestructura adicional y servicios	Adimensional
			Gestión de Personal Operativo	GPO	Datos cualitativos respecto a personal operativo	Adimensional
			Documentación Técnica Específica	DTE	Datos cualitativos respecto a documentación técnica específica	Adimensional
C	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR	GEM	Eficacia del Mantenimiento Preventivo	EMP	Número de actividades ejecutadas	Adimensional
					Número de actividades programadas	Adimensional
			Eficacia del Mantenimiento Correctivo	EMC	Número de situaciones imprevistas atendidas o solucionadas	Adimensional
					Número de situaciones imprevistas presentadas	Adimensional
D	EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR	EfPTAR	Eficiencia de tratamiento respecto a la DBO ₅	EfDBO ₅	Concentración media de DBO ₅ en afluente	mg/l
					Concentración media de DBO ₅ en efluente	mg/l
					Eficiencia de diseño para remoción de DBO ₅	%
			Eficiencia de tratamiento respecto a la DQO	EfDQO	Concentración media de DQO en afluente	mg/l
					Concentración media de DQO en efluente	mg/l
					Eficiencia de diseño para remoción de DQO	%
			Eficiencia de tratamiento respecto a los SST	EfSST	Concentración media de SST en afluente	mg/l
					Concentración media de SST en efluente	mg/l
					Eficiencia de diseño para remoción de SST	%
E	TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR	TLG	Tratamiento de Lodos generados en la PTAR	TLG	Volumen de lodos generados	m³
					Volumen de lodos Tratados	m³

¹⁰ Se refiere al "Volumen Tratado de Agua Residual", reportado a la AAPS para el cálculo del indicador CPTAR.

¹¹ Se refiere a la "Capacidad Instalada de la PTAR", reportado a la AAPS para el cálculo en el indicador CPTAR.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



14

A continuación, se desarrolla las definiciones y metodología para el cálculo de los indicadores señalados en la **Tabla 1** y sus respectivos índices. Asimismo, se describen y detallan las variables que son requeridas y deben ser proporcionadas por las EPSA, a fin de utilizarlas y calcular con ellas los respectivos indicadores de desempeño de las PTAR.

7.1 INDICADOR “A”: CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR (CTUP)

El indicador refleja en porcentaje, cuánto de la capacidad de tratamiento de diseño de la PTAR se está utilizando en el momento del cálculo del indicador, considerando condiciones y parámetros de diseño de la planta. Toma en cuenta la capacidad hidráulica de la PTAR (CPTAR), la población servida (CTP) y la carga orgánica (CCO).

Para el cálculo de éste indicador, se deben promediar los valores de CPTAR, CTP y CCO, como se indica en la siguiente expresión:

$$CTUP = \frac{CPTAR + CTP + CCO}{3}$$

Donde:

CTUP [%]: Capacidad de Tratamiento utilizada en la PTAR.

CPTAR [%]: Capacidad de Tratamiento actual respecto al Caudal del afluente.¹²

CTP [%]: Capacidad de Tratamiento actual respecto a la Población Servida.¹³

CCO [%]: Capacidad de Tratamiento actual respecto a la Carga Orgánica.

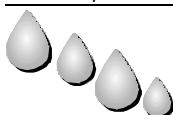
El término de capacidad de tratamiento utilizada se refiere a los valores del uso actual de la PTAR.

En caso que las PTAR de **Categoría C y D** no cuenten con datos para el cálculo del CCO, el indicador CTUP se calculará con el promedio de los valores CPTAR y CTP.

$$CTUP = \frac{CPTAR + CTP}{2}$$

¹² La CPTAR es parte de los indicadores de desempeño calculados por la AAPS en base a reportes periódicos de las EPSA, la cual considera la capacidad hidráulica en uso de la PTAR.

¹³ Para las EPSA que pertenecen a la **categoría A y B**, se recomienda considerar el criterio de **Población equivalente** en lugar del criterio de la población servida, debido a que las PTAR pueden recibir descargas de origen industrial lo cual incrementa la carga.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



15

Bajo estas consideraciones, se establecen rangos para el indicador, los cuales muestran de manera anticipada la necesidad de incrementar la capacidad de tratamiento de la PTAR o rediseñar la misma, brindando de esta manera la posibilidad a la EPSA de realizar las gestiones necesarias para desarrollar una mejora o ampliación en la infraestructura de la PTAR con la suficiente antelación, previniendo que la capacidad de la planta sea alcanzada o sobrepasada.

Los rangos establecidos para el indicador, así como para sus correspondientes índices, son los siguientes:

RIESGO: $\geq 70\%$; Advierte que la PTAR se encuentra próxima a alcanzar o sobrepasar su capacidad de tratamiento de diseño, ya sea por la capacidad hidráulica, la población servida y/o la carga orgánica, por tanto, se requiere que la EPSA asuma acciones inmediatas para la gestión y ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias en la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad de diseño.

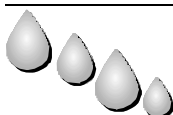
ACEPTABLE: $< 70\%$; Indica que la PTAR no está próxima a alcanzar su capacidad de diseño.

En la práctica, durante el funcionamiento de una PTAR, la capacidad actual de tratamiento siempre es distinta a la capacidad de diseño, debido esencialmente a fluctuaciones en el caudal tratado (estacional o por ampliación de la cobertura de alcantarillado sanitario), incremento o decremento en la población servida y/o cambios en la carga contaminante (descargas industriales).

Si como producto del cálculo de algunos de los índices del indicador, se tiene un valor superior al 100%, significa que la PTAR ha superado su capacidad de tratamiento de diseño respecto a la capacidad hidráulica, la población servida o la carga orgánica admisible, por lo que corresponderá un análisis particular de cada uno de los índices que componen el indicador CTUP, a fin de identificar aquel que tenga una mayor incidencia en la situación actual de la PTAR.

Una vez determinado el valor del indicador, en la **Tabla 14**, se detallan algunas recomendaciones y acciones que la EPSA debería tomar en cuenta, para que la capacidad actual de la PTAR no llegue a su límite o sea sobrepasada.

A continuación, se describe el cálculo de los índices y variables utilizados para determinar el indicador CTUP.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



7.1.1 CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO AL CAUDAL DEL AFLUENTE (CPTAR)

La CPTAR muestra la relación porcentual entre el caudal medio actual del afluente y el caudal de diseño o de la última ampliación de la planta y representa la capacidad hidráulica actual de la PTAR.

La expresión empleada para su cálculo es la siguiente:

$$CPTAR = \frac{\text{Caudal medio actual del afluente}}{\text{Caudal de diseño o de la última ampliación}} * 100$$

Donde:

CPTAR [%]: Capacidad de tratamiento utilizada actual respecto al caudal del afluente.

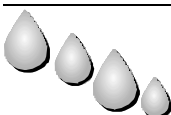
Caudal medio actual del afluente $\left[\frac{m^3}{h}\right]$: Capacidad hidráulica de operación actual de la planta.

Caudal de diseño o de la última ampliación $\left[\frac{m^3}{h}\right]$: Representa el caudal de agua residual que puede ser tratado de manera eficiente, calculado para el periodo de diseño de la planta.

Para la CPTAR, se adoptan los rangos preestablecidos del indicador CTUP.

Si el valor de la CPTAR resulta mayor al 100%, implica que el volumen de agua residual que ingresa a la planta, supera la capacidad hidráulica de diseño de la PTAR. Ante esta situación se deben analizar los siguientes aspectos:

- Si el incremento del Caudal medio del afluente tratado es producto de aportes por precipitaciones pluviales, donde la medida a implementar es proteger los procesos de tratamiento en la planta mediante la derivación de los excedentes del afluente utilizando el by-pass de la PTAR siempre y cuando se verifique tal incremento.
- Las conexiones cruzadas provocan el incremento del caudal del afluente, en tal sentido, la EPSA debe incluir un monitoreo y control de dichas conexiones a objeto de reducir el ingreso a la planta de caudales incrementales por lluvia.
- Si el incremento de caudal se registra en época de estiaje, implicaría que la PTAR ha superado su capacidad hidráulica de diseño. Este valor, indica que la planta no realizará un adecuado tratamiento del agua residual hasta implementar mejoras o ampliaciones en su infraestructura, o en su defecto construir una nueva PTAR.





Ejemplo. Una PTAR de categoría B, reporta un caudal de diseño de 178,00 $\left[\frac{L}{s}\right]$ equivalente a 640,80 $\left[\frac{m^3}{h}\right]$ y un caudal actual tratado en la planta de 123,90 $\left[\frac{L}{s}\right]$ equivalente a 446,04 $\left[\frac{m^3}{h}\right]$, calcular el valor de la Capacidad de Tratamiento actual respecto al Caudal del afluente.

Entonces se tiene:

$$CPTAR = \frac{\text{Caudal medio actual del afluente}}{\text{Caudal de diseño o de última ampliación}} * 100$$

$$CPTAR = \frac{446,04}{640,80} * 100$$

$$CPTAR = 69.61\%$$

El valor obtenido para **CPTAR es de 69.61%**, si bien el mismo es menor a 70%, está muy próximo a alcanzar este valor, según los rangos establecidos para este indicador, indica que la PTAR está aún dentro del calificativo de **ACEPTABLE**, la capacidad de tratamiento utilizada de la PTAR, permite realizar el tratamiento de aguas residuales de manera adecuada sin comprometer aún su capacidad hidráulica de diseño. Sin embargo, por la cercanía del valor al 70%, es recomendable que la EPSA, inicie la gestión o ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias a la infraestructura de la PTAR de manera inmediata, a fin de incrementar su capacidad en uso antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.

7.1.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA POBLACIÓN SERVIDA (CTP)

La capacidad de tratamiento actual respecto a la población servida, se expresa en porcentaje y se calcula a partir de la relación entre la población servida actual de la PTAR y la población de diseño o de la última ampliación de la planta.

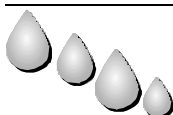
Por tanto, para el cálculo de este índice se utiliza la siguiente expresión:

$$CTP = \frac{\text{Población actual servida}}{\text{Población de diseño o de la última ampliación}} * 100$$

Donde:

CTP [%]: Capacidad de Tratamiento actual respecto a la Población Servida.

Población actual servida [hab]: Número de habitantes conectados a un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales con descarga a una PTAR.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



Población de Diseño o de la última ampliación [hab]: Número de habitantes a ser servidos por la PTAR para el período de diseño el cual se establece con base en la población inicial del proyecto.

18

Para la CTP, se adoptan los rangos preestablecidos del indicador CTUP.

Si el valor del CTP resulta mayor al 100%, implica que la población servida por la PTAR, supera a la población de diseño. Este hecho se atribuye a un crecimiento demográfico acelerado incrementando así la población atendida con sistema de recolección y tratamiento de sus aguas residuales. En caso de alcanzar este valor, el índice muestra que la planta no realizará un adecuado tratamiento del agua residual hasta implementar mejoras o ampliaciones en su infraestructura o inclusive la construcción de una nueva PTAR.

Ejemplo. Una PTAR de categoría D, reporta que tiene 14.713 habitantes servidos con el sistema de recolección y evacuación de aguas residuales con descarga a la PTAR y la población de diseño reportada es de 16.800 habitantes. Calcular la Capacidad de Tratamiento Actual respecto a la Población Servida

Se tiene entonces:

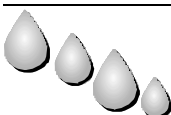
$$CTP = \frac{\text{Población actual servida}}{\text{Población de diseño o de ultima ampliacion}} * 100$$

$$CTP = \frac{14.713}{16.800} * 100$$

$$CTP = 87,58\%$$

El valor obtenido para la **CTP es de 87,58%**, siendo mayor al 70%, según los rangos establecidos para este índice, lo cual implica una situación de **RIESGO** en la PTAR, ya que estaría próxima a alcanzar su población de diseño. Por tanto, la EPSA debe asumir acciones inmediatas para la gestión y sobre todo la ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias a la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad de tratamiento en uso antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.

Así también, si el periodo de diseño de la PTAR es de 20 años, con el valor del índice calculado, se deduce que ya transcurrieron dieciocho (18) años de operación de la planta, por lo cual posiblemente dentro de dos (2) años la PTAR alcanzará su máxima capacidad de diseño, tiempo en el que la EPSA deberá implementar o ejecutar las mejoras y/o ampliaciones pertinentes.





**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

19

Para las PTAR que pertenecen a la categoría A y B, debido al desarrollo económico de la región donde se presta el servicio, en muchos casos reciben descargas de origen industrial lo cual incrementa la carga contaminante. En tal caso se recomienda considerar el criterio de Población Equivalente¹⁴ en lugar del criterio de la población servida. Para ello, se debe considerar el valor de la Carga Per Cápita que corresponde a la carga orgánica contaminante en términos de DBO₅ generada por una persona promedio. Para Bolivia¹⁵, se puede utilizar de manera referencial el valor de $54 \left[\frac{g \text{ DBO}_5}{hab * día} \right]^4$.

Ejemplo: El segundo informe semestral gestión 2017 de una EPSA, reporta para su PTAR de categoría A, los siguientes valores:

DATOS	UNIDAD	VALOR
Caudal medio actual del afluente	$\left[\frac{m^3}{hr} \right]$	1.507,50
Concentración media DBO ₅ en afluente	$\left[\frac{mg}{l} \right]$	703,65
Población de Diseño o de última ampliación	[hab]	420.000
Población actual servida	[hab]	375.789

Calcular el índice de capacidad de tratamiento respecto a la población servida (CTP), y con fines comparativos realizar el análisis utilizando el criterio de población equivalente.

a) En primera instancia calculamos el valor de CTP utilizando el dato la población servida actual, para ello se tiene:

$$CTP = \frac{\text{Población actual servida}}{\text{Población de diseño o de ultima ampliación}} * 100$$

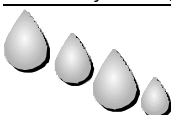
$$CTP = \frac{375.789}{420.000} * 100; \quad CTP = 89,47\%$$

El valor obtenido para **CTP es de 89,47%**, el cual es mayor a 70%. Según los rangos establecidos para este índice, implica una situación de **RIESGO** en la PTAR, ya que estaría próxima a alcanzar su capacidad de tratamiento respecto a la población servida, por tanto, la EPSA debe asumir acciones inmediatas para la gestión y ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias a la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad en uso antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.

Si la PTAR tiene un periodo de diseño de 25 años, el valor de la CTP de 89,47%, representa que ya han transcurrido veintidós (22) años de operación de la planta, por tanto, dentro de tres (3) años, posiblemente la PTAR alcanzará su máxima capacidad de diseño, tiempo en el que la EPSA deberá implementar o ejecutar las mejoras y/o ampliaciones pertinentes.

¹⁴ Población equivalente: Número de habitantes estimado que aportaría una cantidad determinada de un parámetro específico (generalmente DBO₅ o Sólidos Suspendedos) o caudal; suele utilizarse con referencia a descargas industriales, se mide en unidades de habitante equivalente.

¹⁵ Según Titirico, 2008 y el PNUMA 2011. Al no disponer de un valor definido de Carga Per Cápita, el mismo que deberá ser aplicado de manera referencial, en tanto se establezca o se defina algún valor con sustento científico.





b) Utilizando el criterio de la población equivalente, se tiene:

La población equivalente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Población Equivalente} = \frac{24 * \text{Caudal medio actual del Afluyente} * \text{Concentración Media de DBO}_5 \text{ en afluyente}}{\text{Carga Per cápita para Bolivia}}$$

Sustituyendo los datos en la expresión anterior se tiene:

$$\text{Población Equivalente} = \frac{24 * 1.507,50 * 703,65}{54}$$

$$\text{Población Equivalente} = 471.446 [\text{hab}_{eq}]$$

La carga orgánica presente en el afluyente de la PTAR, expresada en términos de población equivalente, representa 471.446 [hab_{eq}], aplicando la fórmula del CTP se tiene:

$$\text{CTP} = \frac{\text{Población equivalente}}{\text{Población de diseño o de última ampliación}} * 100$$

$$\text{CTP} = \frac{471.446}{420.000} * 100; \quad \text{CTP} = 112,25\%$$

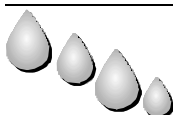
Del cálculo anterior, se tiene un valor de la **CTP de 112,25%**, mayor al 100%, el cual se encuentra fuera de los rangos establecidos para este indicador, y muestra que la PTAR ya sobrepasó su capacidad de tratamiento en uso respecto a la población equivalente. Por tanto, al obtener este tipo de valor, el índice nos indica que la planta no realizará un adecuado tratamiento del agua residual hasta que se implementen mejoras o ampliaciones en su infraestructura.

Como se observa en los resultados anteriores, existe una diferencia sustancial al considerar el criterio de población servida y el de población equivalente. En el primer ejemplo, la PTAR se encuentra en situación de riesgo de alcanzar la capacidad de diseño, sin embargo considerando la población equivalente, la PTAR ya sobrepasó su capacidad de tratamiento, en consecuencia corresponde tomar este último valor tal de asumir las acciones que correspondan.

7.1.3 ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA CARGA ORGÁNICA (CCO)

Se calcula sumando la carga orgánica media actual del afluyente y la carga orgánica de los lodos descargados por las ETRL en la PTAR, con relación a la carga orgánica de diseño. Las descargas de las ETRL solo se consideran si estas se presentan.

El CCO se expresa en porcentaje y se calcula a través de la siguiente expresión:





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



$$CCO = \left(\frac{CO_{Afluente} + CO_{Lodos ETRL}}{CO_{Diseño}} \right) * 100$$

Donde:

CCO [%]: Capacidad de tratamiento actual respecto a la Carga Orgánica.

$CO_{Afluente} \left[\frac{kg DBO_5}{día} \right]$: (**Carga Orgánica media actual en Afluente**) Es la carga contaminante en términos de DBO_5 , el cual se obtiene a partir de las cargas diarias evaluadas durante el proceso de control de afluentes de la PTAR. Se calcula multiplicando el valor medio de la concentración de $DBO_5 \left[\frac{mg}{l} \right]$ y el caudal medio del afluente $\left[\frac{m^3}{h} \right]$, utilizando la siguiente expresión:

$$CO_{Afluente} = \text{Caudal medio del afluente} * \text{Concentración media de } DBO_5 \text{ en afluente} * \frac{24}{1000}$$

24 y 1000: Son factores de conversión de unidades para que $CO_{Afluente}$ esté expresado en $\left[\frac{kg DBO_5}{día} \right]$.

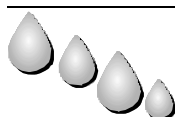
$CO_{Lodos ETRL} \left[\frac{kg DBO_5}{día} \right]$: Es la carga contaminante en términos de DBO_5 , se calcula a partir de los valores de carga orgánica proveniente de los lodos recolectados por las ETRL. La carga orgánica puede ser obtenida, multiplicando el valor medio de concentración de $DBO_5 \left[\frac{mg}{l} \right]$ por el volumen medio de lodos $\left[\frac{m^3}{día} \right]$ provenientes de las ETRL que se descargan en la PTAR durante un semestre. La expresión para su cálculo, es la siguiente:

$$CO_{Lodos ETRL} = \frac{\text{Volumen medio de lodos de ETRL} * \text{Concentración media de } DBO_5 \text{ de ETRL}}{1000}$$

La Concentración de DBO_5 , y el volumen de los lodos descargados en la PTAR, serán determinados a partir del monitoreo que realiza la EPSA a las ETRL.

1000: Factor de conversión de unidades para que $CO_{Lodos ETRL}$ esté expresado en $\left[\frac{kg DBO_5}{día} \right]$.

$CO_{Diseño} \left[\frac{kg DBO_5}{día} \right]$: La carga orgánica de diseño puede ser obtenida, multiplicando el valor de concentración de DBO_5 de diseño $\left[\frac{mg}{l} \right]$ por el caudal de diseño o de la última ampliación $\left[\frac{m^3}{h} \right]$. La expresión para su cálculo, es la siguiente:





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



$$CO_{Diseño} = \text{Caudal de diseño o de la última ampliación} * \text{Concentración } DBO_5 \text{ de diseño} * \frac{24}{1000}$$

Caudal de diseño o de la última ampliación $\left[\frac{m^3}{h}\right]$: Caudal medio de aguas residuales que pueden ser tratadas de manera eficiente durante el tiempo de vida útil de la PTAR; se proyecta durante la fase de diseño, ampliación o mejoramiento de la misma.

Concentración DBO_5 de diseño¹⁶ $\left[\frac{mg}{l}\right]$: Es la concentración de DBO_5 que puede ser descargada a la PTAR, la cual se establece para evitar daño inmediato o progresivo en las eficiencias de funcionamiento de los sistemas de tratamiento del agua residual. Podrá asumirse el valor de diseño de la PTAR, o en su defecto el valor de 500 $\left[\frac{mg}{l}\right]$.

24 y 1000: Factor de conversión de unidades para que $CO_{Diseño}$ este expresado en $\left[\frac{Kg \ DBO_5}{día}\right]$.

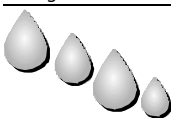
Para la CCO, se adoptan los rangos preestablecidos del indicador CTUP

Si el valor de CCO resulta mayor al 100%, implica que concentración de carga contaminante que ingresa a la planta, supera la capacidad de tratamiento respecto a la carga orgánica de diseño de la PTAR. Ante esta situación se deben analizar los siguientes aspectos:

- La concentración de carga contaminante en el afluente se encuentra por encima de los valores característicos del agua residual doméstica, en tal sentido la EPSA debe implementar monitoreos y controles en las descargas del afluente tomando en cuenta la actividad industrial de la región.
- La concentración de carga contaminante de los lodos descargados por las ETRL, debe ser controlada, ya que dependiendo del origen de dichos lodos, estos podrían contener una elevada concentración de carga orgánica.

Al no disponer de normativa que defina la frecuencia de medición de caudal o la frecuencia de muestreo y análisis de calidad del agua residual, se tiene la **Tabla 2** que establece la frecuencia mínima para medición de caudal considerando la categoría de la

¹⁶ Al no contar con normativa nacional sobre valores máximos admisibles para descargas en alcantarillados, se adopta de manera referencial, para la **concentración de DBO_5 máxima a descargar, el valor de 500 mg/l**, señalado en la normativa de la Dirección Nacional de Saneamiento del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. DS Nº 021 – 2009 – Vivienda y su Reglamento: ANEXO Nº 1 - Valores Máximos Admisibles.





**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

GUÍA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

PTAR, y la **Tabla 3** que establece la frecuencia mínima de muestreo y análisis de calidad de afluentes y efluentes, mismas que deben ser aplicadas de manera referencial, en tanto se defina y entre en vigencia alguna nueva disposición al respecto.

23

Tabla 2. Frecuencia Mínima de Medición de Caudales para Afluentes y Efluentes de la PTAR

CATEGORÍA DE PTAR	MEDICIÓN DIARIA	MEDICIÓN MENSUAL	MEDICIÓN SEMESTRAL	MEDICIONES AFLUENTE	MEDICIONES EFLUENTE	TOTAL MEDICIONES EN EL SEMESTRE
	Veces / día	Días / mes	Meses / semestre			
A	≥ 12	≥ 4	≥ 6	288	288	576
B	≥ 8	≥ 2	≥ 3	48	48	96
C	≥ 6	≥ 1	≥ 2	12	12	24
D	≥ 4	≥ 1	≥ 1	4	4	8

** Para realizar las mediciones, se recomienda considerar los hábitos, costumbres y actividades de la población, ya que existen variaciones en el caudal, razón por la cual es recomendable realizar las mediciones a largo del día. Así también, se debe tomar en cuenta la época de lluvias y la época de estiaje.*

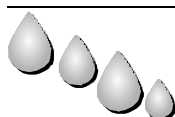
Para las PTAR **Categoría C y D**; en el Anexo A de la presente guía se sugieren algunos de los métodos más comunes para realizar la medición de caudal, que pueden aplicarse para afluentes y efluentes de la PTAR. En el caso que la PTAR, no disponga de ningún dispositivo para medición de caudales, se podrá estimar el caudal de afluente a través de la población servida y conectada a la PTAR, de acuerdo a la metodología planteada en el Anexo B de la presente Guía.

Tabla 3. Frecuencia Mínima de Muestreo y Análisis de Calidad* de Afluentes y Efluentes de la PTAR

CATEGORÍA DE PTAR	MUESTREO DIARIO	MUESTREO MENSUAL	MUESTREO SEMESTRAL	ANÁLISIS AFLUENTE	ANÁLISIS EFLUENTE	TOTAL ANÁLISIS EN EL SEMESTRE
	Alícuotas** / día	Días / mes	Meses / semestre			
A	≥ 12	≥ 4	≥ 6	24	24	48
B	≥ 8	≥ 2	≥ 3	6	6	12
C	≥ 6	≥ 1	≥ 2	2	2	4
D	≥ 4	≥ 1	≥ 1	1	1	2

** Para realizar los muestreos, se recomienda considerar los hábitos, costumbres y actividades de la población, ya que existen variaciones en el caudal que pueden cambiar la composición de las aguas residuales, razón por la cual es recomendable tomar muestras a largo del día. Así también, se debe tomar en cuenta la época de lluvias y la época de estiaje.*

*** Muestra diaria compuesta por el número de alícuotas diarias especificado.*





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



24

Ejemplo. Una PTAR de categoría A presenta los siguientes datos en sus reportes semestrales:

DATOS	UNIDADES	VALOR
Caudal de diseño o de la última ampliación	$\frac{m^3}{hrs}$	1.992
Caudal medio actual del afluente	$\frac{m^3}{hrs}$	1.548
Concentración media de DBO ₅ en afluente	$\frac{mg}{l}$	450
Concentración DBO ₅ de diseño	$\frac{mg}{l}$	500
Volumen medio de lodos de ETRL	$\frac{m^3}{día}$	8
Concentración media de DBO ₅ de ETRL	$\frac{mg}{l}$	550

Calcular la Capacidad de Tratamiento Actual respecto a la Carga Orgánica (CCO).

En primera instancia se procede a calcular la Carga Orgánica en el afluente ($CO_{Afluente}$):

$$CO_{Afluente} = \text{Caudal medio actual del afluente} * \text{Concentración media de DBO}_5 \text{ en afluente} * \frac{24}{1000}$$

$$CO_{Afluente} = 1.548 * 450 * \frac{24}{1000} = 16.718,4 \left[\frac{kg DBO_5}{día} \right]$$

Posteriormente se procede a calcular Carga Orgánica de los lodos descargados por las ETRL ($CO_{Lodos ETRL}$):

$$CO_{Lodos ETRL} = \frac{\text{Volumen medio de lodos de ETRL} * \text{Concentración media de DBO}_5 \text{ de ETRL}}{1000}$$

$$CO_{Lodos ETRL} = \frac{8 * 550}{1000} = 4,4 \left[\frac{kg DBO_5}{día} \right]$$

Así también, calculamos de la Carga Orgánica de diseño de la PTAR:

$$CO_{Diseño} = \text{Caudal de diseño o de la última ampliación} * \text{Concentración DBO}_5 \text{ de diseño} * \frac{24}{1000}$$

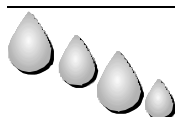
$$CO_{Diseño} = 1.992 * 500 * \frac{24}{1000} = 23.904 \left[\frac{kg DBO_5}{día} \right]$$

Finalmente, se procede al cálculo del indicador CCO.

$$CCO = \left(\frac{CO_{Afluente} + CO_{Lodos ETRL}}{CO_{Diseño}} \right) * 100$$

$$CCO = \left(\frac{16.718,4 + 4,4}{23.904} \right) * 100; \quad CCO = 69.96 \% \approx 70\%$$

Con estos datos, el valor de la CCO resulta ser igual al 70% por lo cual, según los rangos establecidos para este índice, implica una situación de RIESGO en la PTAR, ya que estaría próxima a alcanzar su capacidad de tratamiento respecto a la capacidad orgánica de diseño de la planta, por tanto, la EPSA debe asumir acciones inmediatas para la gestión y ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias a la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad en uso antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



A fin de comprender cómo se determina el valor del indicador CTUP, el siguiente ejemplo ilustra su forma de cálculo:

25

Ejemplo. En base a los datos reportados por una EPSA categoría A y una EPSA categoría C, se tienen los siguientes resultados de los índices de capacidad de tratamiento respecto al caudal, población servida y carga orgánica:

INDICE	CATEGORIA EPSA	
	A	C
CPTAR	77,26 %	110,65 %
CTP	89,47 %	99,94 %
CCO	81,68 %	-

Calcular el valor del Indicador CTUP y emitir criterios técnicos al respecto:

Considerando las categorías de las EPSA, las expresiones a utilizar son:

$$\text{Categoría A: } CTUP [\%] = \frac{(CPTAR+CTP+CCO)}{3}$$

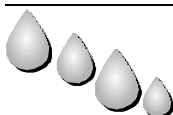
$$\text{Categoría C: } CTUP [\%] = \frac{(CPTAR+CTP)}{2}$$

$$\text{a) Sustituyendo para la EPSA Categoría A: } CTUP [\%] = \frac{(77,26\%+89,47\%+81,68\%)}{3}$$

$$CTUP = 82,80\%$$

Del cálculo anterior, la PTAR tiene un valor del indicador **CTUP de 82,80%**. Al ser mayor a 70% y según los rangos establecidos para este indicador, implica que la PTAR se encuentra en una situación de **RIESGO** de alcanzar su capacidad de tratamiento de diseño ya sea por la capacidad hidráulica, la población servida y/o la carga orgánica, por tanto, la EPSA debe asumir acciones inmediatas para la gestión y sobre todo la ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias en la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad actual de tratamiento antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.

Si la PTAR tiene un periodo de diseño de 25 años, el valor de 82,80%, implica que ya han transcurrido veintiún (21) años de operación de la planta, por lo cual la PTAR dentro de cuatro (4) años alcanzará su capacidad de diseño, tiempo en el que deberá gestionar, ejecutar y concluir las mejoras y/o ampliaciones necesarias en la planta.





b) Para la EPSA Categoría C:

$$CTUP [\%] = \frac{(110,65\% + 99,94\%)}{2}$$

$$CTUP = 105,29\%$$

Del cálculo anterior, la EPSA tiene un valor del indicador **CTUP de 105,29%**, mayor al 100%, por lo tanto esta fuera de los rangos establecidos para este indicador, lo cual implica una situación donde la PTAR ya sobrepasó su capacidad de tratamiento.

Realizando un análisis particular, se observa que el índice de capacidad hidráulica es el que sobrepasa el valor de diseño, y el índice de población servida se encuentra cerca de alcanzar el 100%. Por tanto, este resultado significa que cualquier gestión para una mejora o ampliación en la infraestructura que realice la EPSA en torno a la PTAR es extemporánea. En tanto, hasta que cualquier mejora o ampliación se concrete, la planta realizará un tratamiento del agua residual deficiente.

7.2 INDICADOR “B”: CONDICIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR (CBO)

Este indicador evalúa la infraestructura adicional y servicios; la gestión del personal operativo y la documentación técnica que posee la PTAR para su correcta operación y mantenimiento. Se expresa en porcentaje y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CBO = (IYS * 0,3 + GPO * 0,5 + DTE * 0,2) * 100$$

Donde:

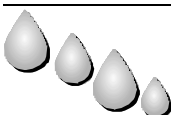
CBO [%]: Condiciones Básicas para la Operación y Mantenimiento de la PTAR.

IYS [%]: Es la infraestructura adicional a las unidades de tratamiento y los servicios que son necesarios para que el personal operativo de la PTAR pueda realizar de manera adecuada sus labores de operación y mantenimiento.

GPO [%]: Es la gestión del personal operativo en la PTAR, considera al personal existente y su capacitación en tareas de operación y mantenimiento.

DTE [%]: Es la documentación técnica específica de la PTAR con que dispone la EPSA, estos documentos establecen criterios, cronogramas y recomendaciones para que el personal operativo de la planta, pueda realizar adecuadas labores de operación y mantenimiento.

0,3; 0,5 y 0,2: Ponderación asignada a cada índice de CBO, según la importancia de cada componente. Se considera al personal operativo como fundamental para desarrollar actividades de operación y mantenimiento en la PTAR.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



27

La **Tabla 4**, establece los rangos para el Indicador CBO por categoría de PTAR, estos se obtienen a partir de datos cualitativos reportados por las EPSA, resultan de la evaluación y ponderación de varios elementos que inciden en las condiciones básicas de operación y mantenimiento de una PTAR, los cuales pueden ser modificados conforme se vayan alcanzando los objetivos de mejora en las condiciones objeto de evaluación.

Tabla 4. Rangos de CBO por Categoría de PTAR

ÍNDICE	INADECUADO				ADECUADO			
	Categoría PTAR				Categoría PTAR			
	A	B	C	D	A	B	C	D
CONDICIONES BÁSICAS PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR	< 86%	< 81%	< 61%	< 50%	≥ 86%	≥ 81%	≥ 61%	≥ 50%

Donde:

INADECUADO: Advierte que la PTAR debe mejorar sus condiciones básicas de O&M, ya sea por la infraestructura adicional y servicios; gestión del personal operativo y la documentación técnica existente en la planta, por tanto, se requiere que la EPSA asuma acciones para adecuar y mejorar dichas condiciones.

ADECUADO: Expresa que las condiciones básicas de operación y mantenimiento de una PTAR, resultan ser apropiados para llevar a cabo adecuadas labores de O&M en la planta.

7.2.1 ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS (IYS)

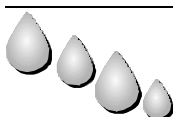
Evalúa la infraestructura adicional a las unidades de tratamiento de la PTAR y los servicios básicos requeridos, que apoyan el desarrollo de las actividades de O&M en la planta. Se obtiene a través de la relación entre el valor ponderado de las condiciones básicas con las que cuenta la PTAR, y las que debería contar mínimamente; como se muestra a continuación:

$$IYS = \frac{\text{Infraestructura y Servicios existentes}}{\text{Infraestructura y Servicios requeridos}} * 100$$

Donde:

IYS [%]: Índice de Infraestructura Adicional y Servicios.

Infraestructura y Servicios existentes: Es la suma de ponderaciones de las condiciones de infraestructura adicional y servicios con las que dispone la PTAR.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



Infraestructura y Servicios requeridos¹⁷: Se le asigna un valor igual a **20**, y representa la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a las condiciones de infraestructura adicional y los servicios requeridos en la planta.

28

A fin de evaluar objetivamente las condiciones de la infraestructura adicional y servicios que dispone la PTAR, en la **Tabla 5** se consideran varios componentes requeridos en una PTAR (requerimientos mínimos no limitativos) tomando en cuenta la categoría de la misma.

Tabla 5. Componentes en Infraestructura y servicios requeridos

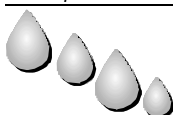
No.	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS	CATEGORIA PTAR			
		A	B	C	D
1	Laboratorio equipado y en funcionamiento	✓	✓	-	-
2	Caseta u Oficina (en uso) para operador en la PTAR	✓	✓	✓	✓
3	Depósito con herramientas e insumos para O&M de la PTAR	✓	✓	✓	-
4	Baños o ambientes para aseo personal	✓	✓	✓	✓
5	Servicios de energía eléctrica	✓	✓	✓	✓
6	Servicios de agua potable	✓	✓	✓	✓
7	Señalización preventiva e informativa	✓	✓	✓	✓
8	Accesos y vías internas en la PTAR	✓	✓	✓	✓
9	Cerco perimetral	✓	✓	✓	✓
10	Áreas verdes y forestación	✓	-	-	-

La **Tabla 6**, establece una ponderación ante la existencia, estado y funcionalidad en las que se encuentre la infraestructura o servicio, las cuales se valoran bajo los siguientes criterios:

Tabla 6. Ponderación de Datos Cualitativos sobre Infraestructura y servicios

CONSIDERACIONES DE EVALUACIÓN		
PONDERACIÓN	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
0	NO TIENE	Inexistencia de la infraestructura o del servicio
1	INADECUADO	Existencia de la infraestructura y/o servicio, en funcionamiento y/o en mal estado.
2	ADECUADO	Existencia de la infraestructura y servicio, en funcionamiento y en buen estado.

¹⁷ Ponderación Total para Infraestructura Adicional y Servicios: Es la sumatoria de todas las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas.





**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

La **Tabla 7**, establece los rangos para el índice IYS para cada categoría de PTAR.

Tabla 7. Rangos de IYS para las PTAR

ÍNDICE	INADECUADO				ADECUADO			
	Categoría PTAR				Categoría PTAR			
	A	B	C	D	A	B	C	D
INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS (Rangos mínimos por categoría)	< 90%	< 75%	< 45%	< 40%	≥ 90%	≥ 75%	≥ 45%	≥ 40%

29

Ejemplo. Se desea calcular el valor del Índice de Infraestructura Adicional y Servicios (IYS) para una PTAR de categoría C.

En este caso, se asigna un valor correspondiente a cada una de las condiciones de infraestructura y servicios con las que se dispone en la PTAR. Así, por ejemplo:

No.	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS	VALOR ASIGNADO	CATEGORÍA	C
			OBSERVACIONES	
1	Laboratorio equipado y en funcionamiento*	0	No tiene	
2	Caseta u Oficina (en uso) para operador en la PTAR	1	Inadecuado: La caseta se encuentra en malas condiciones	
3	Depósito con herramientas e insumos para O&M de la PTAR	1	Inadecuado: Depósito con herramientas en mal estado	
4	Baños o ambientes para aseo personal	1	Inadecuado: Dispositivos sanitarios en mal estado	
5	Servicios de energía eléctrica	2	Adecuado: Disponible las 24 horas	
6	Servicios de agua potable	1	Inadecuado: Dotación en algunas horas	
7	Señalización preventiva e informativa	2	Adecuada: Visible y dispuesta en distintos lugares	
8	Accesos y vías internas en la PTAR	1	Inadecuado: Asentamientos en los accesos.	
9	Cerco perimetral	2	Adecuado: Cerco perimetral en buen estado y en todo el perímetro	
10	Áreas verdes y forestación*	0	No tiene	
Puntaje=		11		

* Al ser una PTAR de categoría C, está infraestructura no se contempla dentro de las exigencias mínimas de Infraestructura y Servicios requeridos, por lo que no influye en la Ponderación del ICC.

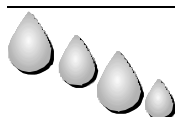
Cálculo del Índice:

$$IYS = \frac{\text{Infraestructura y Servicios existentes}}{\text{Infraestructura y Servicios requeridos}} * 100$$

$$IYS = \frac{11}{20} * 100 \quad IYS = 55\%$$

* 20 es la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas

El valor de IYS está por encima del límite establecido de 45% (ver Tabla 7), por lo que las condiciones que presenta la PTAR son adecuadas. Realizando mejoras a la infraestructura existente o mejorando los servicios (aquellos que tenga asignado un valor de 1), se favorece a las labores de operación y mantenimiento en la planta.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



7.2.2 ÍNDICE DE GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO (GPO)

Se refiere a la gestión del personal que dispone la PTAR para realizar trabajos de operación y mantenimiento en la misma. Se obtiene a partir de la relación entre el valor ponderado del personal operativo que existe en la planta, y el valor ponderado de condiciones de personal con las que la PTAR debería cumplir mínimamente; como se muestra la siguiente expresión:

$$GPO = \frac{\text{Personal Operativo existente}}{\text{Personal Operativo requerido}} * 100$$

Donde:

GPO [%]: índice de Gestión de personal operativo.

Personal Operativo existente: Es la suma de ponderaciones de las condiciones de personal operativo con las que cumple la PTAR.

Personal Operativo requerido¹⁸: Se le asigna un valor igual a **16**, y representa la sumatoria total de ponderaciones asignadas para las condiciones de gestión de personal operativo en la planta.

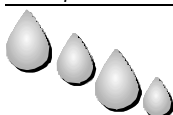
A fin de evaluar objetivamente las condiciones de la gestión del personal operativo en la PTAR, en la **Tabla 8**, se consideran varios aspectos requeridos en una PTAR (requerimientos mínimos no limitativos) tomando en cuenta la categoría de la misma,

Tabla 8. Componentes en la Gestión del Personal Operativo

No	CONDICIONES PARA LA GESTIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO	CATEGORIA PTAR			
		A	B	C	D
1	Jefe o responsable principal de la PTAR	✓	✓	✓	✓
2	Jefe o responsable de laboratorio	✓	✓	-	-
3	Personal técnico calificado	✓	✓	✓	-
4	Personal de apoyo capacitado	✓	✓	✓	✓
5	Personal capacitado en tareas de O&M de la PTAR	✓	✓	✓	✓
6	Personal capacitado en Seguridad Industrial e Higiene	✓	✓	✓	✓
7	Personal con Equipo de Protección	✓	✓	✓	✓
8	Equipo de primeros auxilios (Botiquín equipado)	✓	✓	✓	✓

La **Tabla 9**, establece una ponderación ante la existencia, presencia, desempeño y capacitación en las que se encuentre el personal operativo en una PTAR, las cuales se valoran bajo los siguientes criterios:

¹⁸ Ponderación Total para la gestión del personal operativo: Es la sumatoria de todas las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas.





**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

Tabla 9. Ponderación de Datos Cualitativos Sobre Gestión del Personal Operativo

CONSIDERACIONES DE EVALUACIÓN		
PONDERACIÓN	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
0	NO TIENE	Inexistencia del personal
1	INADECUADO	Existencia del personal en incumplimiento de funciones, malas condiciones y/o deficiente organización
2	ADECUADO	Existencia del personal en cumplimiento de funciones, buenas condiciones y con eficiente organización

31

La **Tabla 10**, establece los rangos para el índice GPO para cada categoría de PTAR.

Tabla 10. Rangos de GPO para las PTAR

ÍNDICE	INADECUADO				ADECUADO			
	Categoría PTAR				Categoría PTAR			
	A	B	C	D	A	B	C	D
GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO (Rangos mínimos por categoría)	< 88%	< 88%	< 75%	< 56%	≥ 88%	≥ 88%	≥ 75%	≥ 56%

Ejemplo. Calcular el valor del Índice de Gestión de Personal Operativo (GPO) para una PTAR de categoría C.

En este caso, se asigna un valor correspondiente a cada una de las condiciones de gestión de personal con las que cuenta la PTAR. Así por ejemplo:

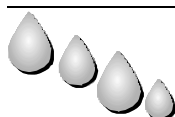
No	CONDICIONES PARA LA GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO	VALOR ASIGNADO	CATEGORÍA:	C
			OBSERVACIONES	
1	Jefe o responsable principal de la PTAR	2	Adecuado: Técnico presente en la PTAR	
2	Jefe o responsable de laboratorio	0	No tiene	
3	Personal técnico calificado	2	Adecuado: Personal técnico presente en la PTAR	
4	Personal de apoyo capacitado	2	Adecuado: Personal de apoyo presente en la PTAR	
5	Personal capacitado en tareas de O&M de la PTAR	2	Adecuado: Se realizó una capacitación al personal	
6	Personal capacitado en Seguridad Industrial e Higiene	0	No tiene	
7	Personal con Equipo de Protección	1	Inadecuado: EPP en malas condiciones	
8	Equipo de primeros auxilios (Botiquín equipado)	1	Inadecuado: Botiquín incompleto	

Puntaje= 10

Cálculo del Índice:

$$GPO = \frac{\text{Personal Operativo existente}}{\text{Personal Operativo requerido}} * 100$$

$$GPO = \frac{10}{16} * 100 \quad \quad \quad GPO = 63\%$$





* **16** es la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas

La PTAR se encuentra por debajo del límite establecido de 75% (ver Tabla 10) por lo que debe mejorar las condiciones de la gestión de personal operativo asignado a la operación y mantenimiento de la planta para alcanzar un valor adecuado. Se recomienda incrementar las capacitaciones y mejorar las condiciones del equipo de seguridad personal y el botiquín de primeros auxilios.

7.2.3 ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA (DTE)

Este índice se obtiene a partir de la relación entre el valor asignado a la existencia, disponibilidad y manejo de manuales, esquemas, organigramas y planes de actividades en relación a la operación y mantenimiento de la planta, con el valor asignado a la documentación específica con la que la PTAR debería contar mínimamente para la operación y mantenimiento; como se muestra a continuación:

$$DTE = \frac{\text{Documentación Técnica existente}}{\text{Documentación Técnica requerida}} * 100$$

Donde:

DTE [%]: Índice de Documentación Técnica Específica

Documentación Técnica existente: Es la suma de ponderaciones de las condiciones de disponibilidad y manejo de documentación técnica con las que cuenta la PTAR.

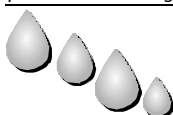
Documentación Técnica requerida¹⁹: Se le asigna un valor igual a **4**, que es la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a la disponibilidad y manejo de documentación técnica específica.

A fin de evaluar objetivamente la disponibilidad y manejo de documentación técnica específica en la PTAR, en la **Tabla 11**, se consideran varios documentos requeridos en una PTAR (requerimientos mínimos no limitativos) tomando en cuenta la categoría de la misma,

Tabla 11. Componentes sobre Documentación Técnica Específica

No	DISPONIBILIDAD Y MANEJO DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA	CATEGORIA PTAR			
		A	B	C	D
1	Esquema visible del sistema de tratamiento	✓	✓	✓	✓
2	Organigrama consolidado	✓	✓	✓	✓
3	Disponibilidad y utilización de manuales de O&M en la PTAR	✓	✓	-	-
4	Plan de Actividades de O&M en la PTAR	✓	✓	✓	✓

¹⁹ Ponderación Total para la disponibilidad y manejo de documentación técnica específica en la PTAR: Es la sumatoria de todas las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



La **Tabla 12**, establece una ponderación ante la existencia del documento técnico específico en la PTAR, las cuales se valoran bajo los siguientes criterios:

Tabla 12. Ponderación de Datos Cualitativos Sobre Documentación Técnica

CONSIDERACIONES DE EVALUACIÓN		
PONDERACIÓN	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
0	NO TIENE	Inexistencia del documento.
1	TIENE	Existencia del documento.

La **Tabla 13**, establece los rangos para el índice DTE para cada categoría de PTAR.

Tabla 13. Rangos de DTE para las PTAR

ÍNDICE	INADECUADO				ADECUADO			
	Categoría PTAR				Categoría PTAR			
	A	B	C	D	A	B	C	D
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA (Rangos mínimos por categoría)	< 75%	< 75%	< 50%	< 50%	≥ 75%	≥ 75%	≥ 50%	≥ 50%

Ejemplo. Calcular el valor de Índice de Documentación Técnica Específica (DTE) para una EPSA de categoría C, que cuenta con la siguiente documentación técnica:

No	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	VALOR ASIGNADO	CATEGORÍA:	C
			OBSERVACIONES	
1	Esquema visible del sistema de tratamiento	1	Tiene	
2	Organigrama consolidado	0	No Tiene	
3	Disponibilidad y utilización de manuales de O&M en PTAR	0	No Tiene	
4	Plan Actividades de O&M en PTAR	0	No Tiene	
Puntaje=		1		

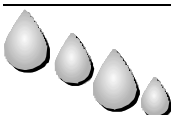
Cálculo del Índice

$$DTE = \frac{\text{Documentación Técnica existente}}{\text{Documentación Técnica requerida}} * 100$$

$$DTE = \frac{1}{4} * 100 \quad DTE = 25\%$$

* 4 es la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas

El valor de DTE está por debajo del límite establecido de 50% (ver Tabla 13) por lo que se debe elaborar la documentación técnica específica (organigrama, Manual de O&M y Plan de actividades de O&M) en la planta para alcanzar un valor adecuado.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



Para comprender cómo se obtiene el valor del indicador CBO, con base a los resultados obtenidos en los ejemplos anteriores, a continuación se ilustra la forma de cálculo de CBO:

34

Ejemplo. Con base a la información reportada por una PTAR categoría C, se calculan los índices IYS, GPO y DTE, determinar el valor del indicador CBO.

INDICE	VALOR
IYS	55%
GPO	63%
DTE	25%

Calcular el valor del Indicador CBO y emitir criterios técnicos al respecto:

$$CBO = (IYS * 0,3 + GPO * 0,5 + DTE * 0,2) * 100$$

Sustituyendo:

$$CBO = (55\% * 0,3 + 63\% * 0,5 + 25\% * 0,2) * 100$$

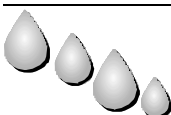
$$CBO = 53\%$$

El valor del indicador CBO está por debajo del límite establecido que es de 61% (ver Tabla 4). Este valor implica que las condiciones de operación y mantenimiento de la planta son INADECUADAS, por tanto, la EPSA debe implementar mejoras en las condiciones básicas de operación y mantenimiento. El valor del índice DTE refleja una mala gestión de documentación específica relacionadas a las tareas de operación y mantenimiento en la PTAR.

En la **Tabla 14** se describen las principales acciones a desarrollar con relación a los valores obtenidos para cada uno de los índices desarrollados, a fin de mejorar el desempeño de la PTAR.

7.3 INDICADOR “C”: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR (GEM)

Este indicador refleja el grado de cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo que fueron oportunamente ejecutadas por el personal operativo de la PTAR, las cuales se promedian para tener el valor del indicador de Gestión del Mantenimiento (GEM) de la PTAR expresado en porcentaje.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



35

Para obtener el valor de este indicador, se evalúan los índices de Eficacia del Mantenimiento Preventivo (EMP) y de Eficacia del Mantenimiento Correctivo (EMC); como se muestra a continuación en la siguiente expresión:

$$GEM = \frac{(EMP + EMC)}{2}$$

Donde:

GEM [%]: Gestión del mantenimiento de la PTAR

EMP [adimensional]: Eficacia del Mantenimiento Preventivo

EMC [adimensional]: Eficacia del Mantenimiento Correctivo

Los rangos establecidos para el indicador, así como para sus correspondientes índices son:

INADECUADO: < 85%

ADECUADO: ≥ 85%

La EPSA deberá registrar información referida a las actividades de operación y mantenimiento; así como el detalle de las situaciones imprevistas en la PTAR, de acuerdo al formato señalado en la “**Planilla V**” del **Apéndice 1** de la presente Guía.

Así también en el **Apéndice 3**, se muestran variables de desempeño relacionadas a la Operación y Mantenimiento de la PTAR, señalándose algunos de los principales parámetros de control que deben ser tomados en cuenta por los operadores durante el proceso de mantenimiento. Esta información ayudará a identificar las principales causas de algunos de los problemas operativos más comunes para poder llevar a cabo las actividades correctivas que sean requeridas con una mayor eficacia, por tanto dicha información podrá ser utilizada para la ejecución de actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

7.3.1 ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (EMP)

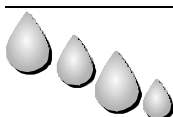
La eficacia del mantenimiento preventivo, es el grado de cumplimiento de las tareas o actividades programadas en el periodo de un semestre, las cuales pueden ser previstas a ejecutarse de forma diaria, semanal, mensual y semestralmente. Se obtiene al dividir la cantidad de actividades ejecutadas entre la cantidad de actividades programadas.

$$EMP = \left(\frac{\text{Número de actividades ejecutadas}}{\text{Número de actividades programadas}} \right) * 100$$

Donde:

EMP [%]: Eficacia del Mantenimiento Preventivo.

Número de Actividades Ejecutadas: Son el total de actividades de mantenimiento preventivo que fueron efectivamente realizadas en la PTAR en base a lo programado.





**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

Número de Actividades Programadas: Son el total de actividades que deben ejecutarse periódicamente (semestralmente) relacionadas al mantenimiento preventivo en función de las características de las unidades de tratamiento de la PTAR. La programación de estas actividades debe realizarse en base a los manuales o planes de O&M particulares de cada PTAR.

36

En el **Apéndice 1, Planillas V** de la presente guía, se presenta de manera referencial un listado de actividades para el mantenimiento preventivo en la PTAR (mantenimiento diario, semanal, mensual y semestral), que deberán ser planificadas de acuerdo a las condiciones y características de cada planta, mismas que están relacionadas con los requerimientos particulares de sus sistemas de tratamiento, manuales y/o planes de O&M (en caso de que dispongan). De ser necesario, puede incluirse en esta planilla, otras actividades que sean requeridas para el mantenimiento de la planta.

Ejemplo. Calcular el índice de Eficacia del Mantenimiento Preventivo de una PTAR de categoría D, que presenta su planilla de actividades del primer semestre del 2017, donde el número de actividades programadas suma un total de 326 y con un número de actividades ejecutadas igual a 257 como se muestra a continuación:

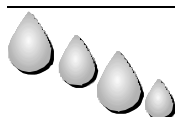
NO	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	TAREAS	PROGRAMADO Y EJECUTADO EN EL MES						TOTAL
			ENE	FEB	MRZ	ABR	MAY	JUN	
REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL									
1	Limpieza de rejillas	PROG.	30	30	30	30	20	20	160
		EJECUT.	22	28	22	28	20	20	140
LAGUNA ANAEROBIA									
2	Remoción material flotante	PROG.	8	8	8	8	5	5	42
		EJECUT.	5	6	8	4	3	4	30
3	Disposición de desechos sólidos procedentes de la limpieza de laguna	PROG.	4	4	4	4	3	3	22
		EJECUT.	3	3	2	3	2	2	15
4	Remoción de vegetación	PROG.	4	4	4	4	4	4	24
		EJECUT.	4	2	3	2	2	2	15
LAGUNA FACULTATIVA									
5	Remoción de natas y material flotante	PROG.	7	7	7	7	5	5	38
		EJECUT.	5	6	4	5	1	1	22
6	Disposición de desechos sólidos procedentes de la limpieza de laguna	PROG.	4	4	4	4	3	3	22
		EJECUT.	4	3	4	3	3	3	20
7	Remoción de vegetación	PROG.	3	3	3	3	3	3	18
		EJECUT.	2	3	2	2	3	3	15
TOTAL TAREAS PROGRAMADAS		326							
TOTAL TAREAS EJECUTADAS		257							

Cálculo del índice:

$$EMP = \left(\frac{\text{Número de actividades ejecutadas}}{\text{Número de actividades programadas}} \right) * 100$$

$$EMP = \frac{257}{326} * 100: \quad EMP = 78,83\%$$

El valor de EMP está por debajo del límite establecido de 85%, debe mejorar la eficacia en la ejecución de actividades para lograr un adecuado mantenimiento de la PTAR.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUÍA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



7.3.2 INDICE DE EFICACIA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO (EMC)

La eficacia del mantenimiento correctivo, es la capacidad de la EPSA para atender y resolver las situaciones imprevistas o problemas que se presentan dentro de las instalaciones de la PTAR. Esta relación, tiene por objetivo evaluar si el total de situaciones imprevistas fueron atendidas o solucionadas.

37

$$EMC = \left(\frac{\text{Número de situaciones imprevistas atendidas o solucionadas}}{\text{Número de situaciones imprevistas presentadas}} \right) * 100$$

Donde:

EMC [%]: Eficacia del mantenimiento correctivo

Número de situaciones imprevistas Atendidas o Solucionadas: Son el total de problemas presentadas en la PTAR que fueron atendidos o solucionados.

Número de situaciones imprevistas presentadas: Son el total de problemas presentados en la PTAR que debieron ser atendidos o solucionados.

En el **Apéndice 1, Planilla VI** de la presente guía, se presenta un formato de registro de las situaciones imprevistas que pudieran haber ocurrido y aquellas que fueron atendidas o solucionadas.

Ejemplo. En el informe semestral de una PTAR de categoría D se reportaron 17 situaciones imprevistas que debieron ser atendidas, de las cuales solo se atendieron 15. Indicando que los dos casos restantes no fueron atendidos por falta de repuestos. Calcular el valor del Índice EMC.

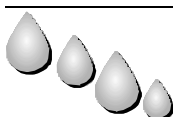
Cálculo del índice:

$$EMC = \left(\frac{\text{Número de situaciones imprevistas Atendidos o Solucionados}}{\text{Número de situaciones imprevistas presentados}} \right) * 100$$

$$EMC = \frac{15}{17} * 100; \quad \mathbf{EMC = 88,24\%}$$

Esto significa que el personal de la PTAR ha logrado resolver el 88,24% de los problemas que se presentaron, lo cual demuestra una eficacia adecuada en la atención de situaciones imprevistas.

Para comprender cómo se obtiene el valor del indicador GEM, el siguiente ejemplo ilustra su forma de cálculo:





Ejemplo. En base a los cálculos realizados para determinar cada uno de los índices del indicador CBO para una PTAR categoría D, se tienen los siguiente valores:

INDICE	VALOR
EMP	78,83%
EMC	88,24%

Calcular el valor del Indicador GEM y emitir criterios técnicos al respecto:

$$GEM = \frac{(EMP + EMC)}{2}$$

Sustituyendo:

$$GEM = \frac{(78,83\% + 88,24\%)}{2}$$

$$GEM = 83,54\%$$

El valor del indicador GEM está por debajo del límite establecido de 85%, implica que el personal de la PTAR no cumple eficazmente con las actividades programadas de mantenimiento preventivo siendo este, el índice que tiene un valor inferior e incide en el valor del indicador GEM.

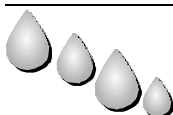
7.4 INDICADOR “D”: EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR (EfPTAR).

La eficiencia del tratamiento, es el grado de remoción de la carga contaminante del agua residual que garantice un efluente con parámetros que cumplan los límites permisibles establecidos en la normativa. Para fines de la presente guía se consideran los parámetros de DBO₅, DQO y SST.

Para el cálculo del indicador es conveniente realizar una evaluación individual de cada parámetro para posteriormente comparar la eficiencia de tratamiento actual de la planta con la eficiencia de tratamiento de diseño. En caso de no contar con los datos de eficiencia de diseño, se procederá a verificar el cumplimiento de los límites establecidos en la normativa ambiental (RMCH).

Para el cálculo de las eficiencias de remoción de SST y reducción de DBO₅ y DQO, se utiliza la siguiente expresión:

$$EfPTARx = \frac{Cx_{Afluente} - Cx_{Efluente}}{Cx_{Afluente}} * 100$$





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



Donde:

EfPTARx [%]: Eficiencia de remoción o reducción de la carga contaminante en la planta para el parámetro considerado (DBO₅, DQO o SST).

Cx_{Afluente} [$\frac{mg}{l}$]: Concentración media en afluente del parámetro considerado (DBO₅, DQO o SST).

Cx_{Efluente} [$\frac{mg}{l}$]: Concentración media en efluente del parámetro considerado (DBO₅, DQO o SST).

x: Parámetro (DBO₅, DQO o SST) considerado para la evaluación de la eficiencia de tratamiento de la PTAR.

39

El criterio de evaluación para comprobar si la PTAR tiene una adecuada eficiencia de tratamiento, es comparando el valor de la eficiencia actual de la planta con la eficiencia de tratamiento con la cual esta se ha diseñado, cumpliendo además con los límites permisibles exigidos en el RMCH para la descarga en cuerpos receptores; para ello se tiene la siguiente expresión:

$$EfPTARx \geq EfPTARx \text{ de Diseño}$$

Donde:

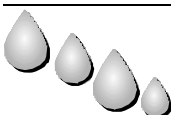
EfPTARx [%]: Eficiencia actual de remoción o reducción de la carga contaminante en la planta para el parámetro considerado (DBO₅, DQO o SST).

EfPTARx de Diseño [%]: Eficiencia de diseño para remoción o reducción de la carga contaminante considerando el parámetro (DBO₅, DQO o SST)

En el caso de que la eficiencia actual de tratamiento fuese menor a la eficiencia de diseño, significa que la PTAR no logra remover la cantidad de materia orgánica de manera eficiente en el periodo de análisis, ya sea por problemas de construcción en el sistema, falta de O&M en los componentes de tratamiento, variaciones de carga contaminante u otros.

En este sentido, se deberán buscar soluciones que permitan mejorar la eficiencia de tratamiento de la PTAR, como por ejemplo: mejorar los tiempos de retención hidráulica en sus unidades de tratamiento, incrementar y optimizar las labores de O&M, mejorar y ampliar la infraestructura de la PTAR.

Las concentraciones medias referidas a DBO₅, DQO o SST, serán determinadas a partir del promedio de los valores registrados y obtenidos durante un semestre, en función a la categoría de la PTAR con la frecuencia y tipo de muestreo establecidos en la **Tabla 3**.





**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA

Cabe remarcar que se debe tomar la muestra antes del ingreso a las unidades de tratamiento primario y elegir un lugar en el que el agua tenga características homogéneas (se recomienda tomar la muestra después de la reja), además de realizar la toma de muestra a contracorriente.

En cuanto al muestreo del efluente, se recomienda tomar la muestra después del último proceso de tratamiento de la PTAR, antes de la descarga al cuerpo receptor, a contracorriente y elegir un lugar en el que el agua tenga características homogéneas.

40

Ejemplo. El segundo informe semestral gestión 2017 de una EPSA reporta, para su PTAR de categoría A, los valores de concentración en su afluente y efluente; así como la eficiencia de diseño en los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	AFLUENTE $\frac{mg}{l}$	EFLUENTE $\frac{mg}{l}$	EFICIENCIA DE DISEÑO [%]
DBO ₅	429	78	80
DQO	1182	234	75
SST	331	104	70

Evaluar la eficiencia de tratamiento de la PTAR.

a) Comparación respecto a la eficiencia de diseño.

Se obtiene el cálculo de las eficiencias actuales como se muestra a continuación:

$$Ef_{PTARx} = \frac{Cx_{Afluente} - Cx_{Efluente}}{Cx_{Afluente}} * 100$$

$$Ef_{DBO_5} = \frac{C_{DBO_5 Afluente} - C_{DBO_5 Efluente}}{C_{DBO_5 Afluente}} * 100 = \frac{429 - 78}{429} * 100 = 81,8\%$$

$$Ef_{DQO} = \frac{C_{DQO Afluente} - C_{DQO Efluente}}{C_{DQO Afluente}} * 100 = \frac{1182 - 234}{1182} * 100 = 80,2\%$$

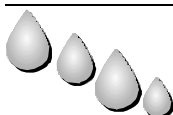
$$Ef_{SST} = \frac{C_{SST Afluente} - C_{SST Efluente}}{C_{SST Afluente}} * 100 = \frac{331 - 104}{331} * 100 = 68,6\%$$

El criterio de comparación respecto a la eficiencia de diseño es:

$$Ef_{PTARx} \geq Ef_{PTARx \text{ de Diseño}}$$

N°	PARÁMETRO	Eficiencia Actual %	Eficiencia de Diseño %	CUMPLIMIENTO
1	DBO ₅	81,8	80	Cumple
2	DQO	80,2	75	Cumple
3	SST	68,9	70	No Cumple

Según el análisis del parámetro SST, se observa que su eficiencia es inferior a la eficiencia de diseño.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



b) Verificación del cumplimiento de los límites permisible establecidos en el RMCH.

La comparación de los valores del efluente respecto a la normativa es:

N°	PARÁMETRO	$C_{x \text{ Efluente}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right]$	$C_{x \text{ RMCH}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right]$	CUMPLIMIENTO
1	DBO ₅	78	80	Cumple
2	DQO	234	250	Cumple
3	SST	104	60	No Cumple

Como se puede apreciar, el valor del parámetro de SST en el efluente, no cumple con el límite establecido en la normativa vigente.

En conclusión, se tiene problemas en la eficiencia de remoción del parámetro SST, posiblemente debido a la presencia de algas en alguna de sus unidades de tratamiento. Se recomienda realizar adecuadamente las actividades de operación y mantenimiento en las mismas.

41

7.5 INDICADOR “E”: TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR (TLG)

Este indicador refleja el nivel de tratamiento y manejo de los lodos generados en la PTAR. Se obtiene como una relación entre el volumen de lodos tratados sobre el volumen total de lodos extraídos o retirados de las distintas unidades de tratamiento. El valor del Indicador de Tratamiento de Lodos Generados (TLG) está expresado en porcentaje y se calcula con la siguiente expresión:

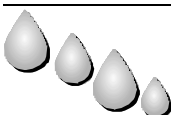
$$TLG = \frac{\text{Volumen de lodos Tratados}}{\text{Volumen de lodos Generados}} * 100$$

Donde:

TLG [%]: Tratamiento de lodos generados en la PTAR.

Volumen de Lodos Tratados [m³]: Es el volumen de lodos procesados mediante un sistema de tratamiento en durante un semestre, en función de las características requeridas para su valorización, reutilización o disposición final, de forma que no constituyan un riesgo para el medio ambiente ni para la salud pública.

Volumen de Lodos Generados [m³]: Es el volumen total de lodos que son generados y extraídos en las diferentes unidades de tratamiento en la planta durante un semestre, que no son utilizados para la recirculación del sistema, el mismo está en función al tipo de tecnología implementada en la PTAR.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



Los rangos del presente indicador, son:

INADECUADO: <10%

ADECUADO: ≥10%

42

Para generar información referente a las variables que requiere éste indicador, en el **Apéndice 1 Planilla VIII**, se presenta una planilla de registro de volúmenes de lodos, tanto generados y extraídos como tratados.

Para efectos técnicos de la presente Guía, se aclara que un lecho de secado por sí solo, no constituye un sistema de tratamiento de lodos ya que el material aún es retirado con un alto grado de humedad, presencia de patógenos y materia orgánica, entre otros. Un sistema de tratamiento de lodos **solo es considerado como tal cuando el producto resultante puede ser dispuesto o aprovechado ecológicamente** cerrando el ciclo de saneamiento.

Por lo tanto el tratamiento de lodos es un proceso sistémico y ordenado cuyo objetivo es reducir el contenido de microorganismos patógenos, eliminar olores y vectores que puedan transmitir enfermedades, reducir su toxicidad y mitigar potenciales daños al ecosistema, tomando como referencia no limitativa las etapas de espesamiento, estabilización, acondicionamiento y deshidratación.

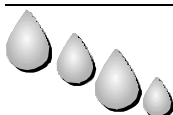
Ejemplo. Una PTAR categoría D, mediante los procesos de limpieza de lodos del sedimentador primario, genera semestralmente 250 m³, que son dispuestos en sus lechos de secado. Por otro lado, genera 120 m³ de lodos provenientes del reactor RAFA, los cuales son tratados para la elaboración de compost.

Cálculo del índice:

$$TLG = \frac{\text{Volumen de Lodos Tratados}}{\text{Volumen de Lodos Generados}} * 100$$

$$TLG = \frac{120}{250 + 120} * 100; \quad \quad \quad TLG = 32,43\%$$

Este valor indica que en la PTAR se trata adecuadamente el 32,43% de lodos generados, por lo que su evaluación con respecto al rango establecido se considera ADECUADO. (Los lechos de secado no constituyen por sí solos un tratamiento de lodos por lo que no se incluye en el numerador de la expresión anterior).





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



8 LINEAS DE ACCIÓN PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PTAR.

43

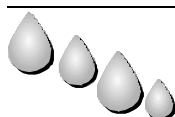
Las líneas de acción se conciben como estrategias de orientación y organización de diferentes actividades relacionadas con la gestión de una PTAR. A partir de los resultados obtenidos durante la evaluación de los indicadores de desempeño y el correspondiente análisis de los mismos se podrán definir las líneas de acción a corto, mediano o largo plazo para lograr paulatinamente la mejora de las condiciones de operación y mantenimiento de dicha PTAR.

Cada indicador identifica una problemática diferente pero que de alguna manera incide en la eficiencia de la PTAR. Los rangos de alerta temprana definidos para los indicadores (ACEPTABLE, RIESGO, ADECUADOS O INADECUADOS), permitirán planificar las acciones que deban realizarse a mediano plazo, o en su defecto mostrarán que se requiera adoptar acciones para evitar que las condiciones de operatividad de la PTAR se vean afectadas por la falta de atención oportuna.

La **Tabla 14**, presenta algunas de las principales acciones que deberán ser realizadas por las EPSA para mejorar sus indicadores y consecuentemente la situación operativa de sus PTAR.

Tabla 14. Principales acciones a implementar para mejorar el desempeño de la PTAR

INDICADOR / ÍNDICE			VALOR Y GRADO DE ALERTA		LÍNEAS DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES
A	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA DE LA PTAR (CTUP)	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO AL CAUDAL DEL AFLUENTE (CPTAR)	≥ 70%	!	Si el valor de CPTAR es mayor o igual a 70%, significa que la capacidad hidráulica de tratamiento de la PTAR se encuentra próxima a alcanzar su capacidad máxima de diseño, por lo que considerando el tiempo que demanda el desarrollo y ejecución de proyectos de mejora o ampliación, se requiere que la EPSA asuma acciones a corto plazo. Si el valor supera el 100% significa que el volumen de agua residual que ingresa a la planta ya superó la capacidad hidráulica de diseño y la PTAR requiere que la EPSA asuma acciones inmediatas para la gestión de mejoras o ampliaciones a la planta.
			< 70%	✓	La capacidad hidráulica actual de la PTAR es suficiente para atender la demanda existente sin comprometer aún su capacidad de diseño; no obstante las actividades de control, operación y mantenimiento no deben ser descuidadas.





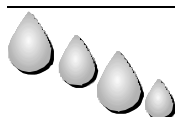
ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



		ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO RESPECTO A LA POBLACIÓN ACTUAL SERVIDA (CTP)	≥ 70%	!	Si el valor de CTP es mayor o igual a 70%, significa que la PTAR se encuentra próxima a alcanzar su capacidad máxima de diseño en relación a la población servida, por lo que considerando el tiempo que demanda el desarrollo y ejecución de proyectos de mejora o ampliación, se requiere que la EPSA asuma acciones a corto plazo. Si el valor supera el 100% significa que la población servida ha superado la población de diseño, por lo que la PTAR requiere que la EPSA asuma acciones inmediatas de mejora o ampliaciones a la planta.
			< 70%	✓	La capacidad de tratamiento actual de la PTAR es suficiente para atender la demanda actual de la población servida, sin comprometer el funcionamiento de la planta; no obstante las actividades de control, operación y mantenimiento no deben ser descuidadas.
		ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA CARGA ORGÁNICA (CCO)	≥ 70%	!	Si el valor de CCO es mayor o igual a 70%, significa que la PTAR se encuentra próxima a alcanzar su capacidad máxima con relación a la carga orgánica de diseño, por lo que considerando el tiempo que demanda el desarrollo y ejecución de proyectos de mejora o ampliación, se requiere que la EPSA asuma acciones a corto plazo. Si el valor supera el 100% significa que la carga orgánica que ingresa a la PTAR ha superado su capacidad de diseño, por lo que se requiere que la EPSA asuma acciones inmediatas de mejoras o ampliaciones a la planta.
			< 70%	✓	La capacidad de tratamiento de la PTAR es suficiente para atender la demanda actual de tratamiento de carga orgánica, sin comprometer el funcionamiento de la planta; no obstante las actividades de control, operación y mantenimiento no deben ser descuidadas.
B	BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE	ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS (IYS)	A: < 90% B: < 75% C: < 45% D: < 40%	!	Las condiciones de infraestructura adicional y servicios de la PTAR no son las adecuadas para llevar a cabo satisfactoriamente las actividades de operación y mantenimiento en la PTAR. Se recomienda realizar mejoras y/o reemplazar de manera paulatina, parte de la infraestructura adicional y los servicios en el entorno de la PTAR, para así mejorar el valor del índice y en consecuencia el valor del indicador.





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

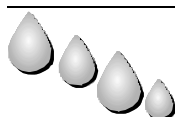
**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



			<p>A: $\geq 90\%$ B: $\geq 75\%$ C: $\geq 45\%$ D: $\geq 40\%$</p>	✓	<p>La infraestructura adicional y servicios disponibles en la PTAR presentan las condiciones apropiadas para llevar a cabo de manera adecuada las actividades de operación y mantenimiento en la planta. Por lo tanto, no se requieren acciones inmediatas aunque las actividades de operación y mantenimiento no deben ser descuidadas.</p>
			<p>A: $< 88\%$ B: $< 88\%$ C: $< 75\%$ D: $< 56\%$</p>	!	<p>La EPSA no cuenta con las condiciones mínimas en términos de gestión de personal para lograr un correcto desempeño de las actividades de operación y mantenimiento en la PTAR, por lo que de manera inmediata debe mejorar las condiciones de trabajo del personal operativo.</p> <p>Las acciones inmediatas a desarrollarse son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la capacidad del personal operativo en el desarrollo de sus funciones en relación a las actividades de operación y mantenimiento. - Mejorar las condiciones de seguridad ocupacional en la PTAR.
			<p>A: $\geq 88\%$ B: $\geq 88\%$ C: $\geq 75\%$ D: $\geq 56\%$</p>	✓	<p>La PTAR cuenta con personal adecuado en términos cuantitativos y cualitativos y éste tiene las condiciones adecuadas para realizar las actividades de operación y mantenimiento satisfactoriamente, por lo que no se requieren medidas inmediatas.</p> <p>No obstante, la gestión de personal operativo (organización, capacitaciones, seguridad, condiciones) de la PTAR no debe ser descuidada.</p>
		ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA (DTE)	<p>A: $< 75\%$ B: $< 75\%$ C: $< 50\%$ D: $< 50\%$</p>	!	<p>La falta o deficiencia de la documentación técnica específica disponible para realizar las actividades de operación y mantenimiento de la PTAR constituye un problema que afecta el desempeño del personal de la planta, por lo que se debe elaborar y administrar la documentación mínima requerida en relación a la operación y mantenimiento de la planta.</p>

45





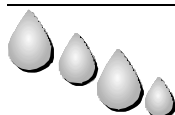
ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



			<p>A: $\geq 75\%$ B: $\geq 75\%$ C: $\geq 50\%$ D: $\geq 50\%$</p>	✓	<p>La documentación técnica específica está completa y disponible, contribuyendo a un mejor desarrollo de las actividades del personal operativo en relación a la operación y mantenimiento de la PTAR, por lo que no se requieren medidas inmediatas.</p> <p>No obstante, la dicha documentación debe ser actualizada y mejorada de forma continua.</p>
C	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR (GEM)	ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (EMP)	< 85%	!	La EPSA debe optimizar las actividades de mantenimiento preventivo de la PTAR, ya que de lo contrario, se corre el riesgo de que las distintas unidades de tratamiento no funcionen de forma adecuada; así también, se debe mejorar el control y seguimiento de las mismas.
			$\geq 85\%$	✓	Las actividades de mantenimiento preventivo son llevadas a cabo de manera consecuente y regular, sin embargo se recomienda realizar una evaluación periódica para mantener la eficiencia en el desarrollo de dichas actividades.
		ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO (EMC)	< 85%	!	La EPSA debe designar mayores recursos para dar solución a los problemas que se presenten de manera inesperada en el entorno de la PTAR y priorizar que se brinde solución a corto plazo, de los casos no atendidos. Se recomienda realizar monitoreos rutinarios para identificar los distintos casos que se presenten en la PTAR
			$\geq 85\%$	✓	Las actividades de mantenimiento correctivo son llevadas a cabo de manera eficaz, sin embargo se recomienda realizar una evaluación periódica para mantener la eficiencia en el desarrollo de dichas actividades.





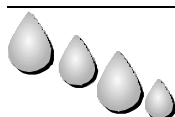
ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



D	EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR (EFPTAR)	ÍNDICE DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA RESPECTO A LA DBO ₅ (EFDBO ₅)	$EfPTAR_{DBO_5} \geq EfPTAR_{DBO_5 \text{ de diseño}}$	NO	<p>En el caso de que la eficiencia actual de tratamiento fuese menor a la eficiencia de diseño, implica que debe realizarse un control de la cantidad de materia contaminante que ingresa a la PTAR ya que no se logra tratar de manera eficiente.</p> <p>Inadecuadas o nulas tareas de operación y mantenimiento también pueden afectar la eficiencia de tratamiento.</p>
			$EfPTAR_{DBO_5} \geq EfPTAR_{DBO_5 \text{ de diseño}}$	SI	<p>El nivel de reducción de la materia orgánica contaminante degradable en la PTAR es adecuado con relación a la eficiencia de tratamiento de diseño, lo cual implica el buen estado de la planta en términos de operación y mantenimiento y el cumplimiento de los límites permisibles establecidos en la normativa.</p>
		ÍNDICE DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA RESPECTO A LA DQO (EFDQO)	$EfPTAR_{DQO} \geq EfPTAR_{DQO \text{ de diseño}}$	NO	<p>En el caso de que la eficiencia actual de tratamiento de la DQO fuese menor a la eficiencia de diseño, debe realizarse un control sobre la carga orgánica contaminante que ingresa a la PTAR para determinar las causas, tomando en cuenta como el principal factor que contribuye a su incremento las descargas de agua residual industrial.</p> <p>Esta situación también puede deberse a que la eficiencia de la planta esté afectada por una mala operación y mantenimiento en la PTAR.</p>
			$EfPTAR_{DQO} \geq EfPTAR_{DQO \text{ de diseño}}$	SI	<p>El grado de remoción de la materia contaminante en la PTAR es adecuado, en función a la eficiencia de tratamiento de diseño, lo cual implica el buen estado actual de la planta y el cumplimiento de los límites permisibles establecidos en la normativa.</p>





ESTADO PLURINACIONAL
DE BOLIVIA

**AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO,
MONITOREO Y CONTROL DE O & M DE PTAR EN BOLIVIA



	ÍNDICE DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA RESPECTO A LA SST (EFSST)	$E_{fPTAR_{SST}} \geq E_{fPTAR_{SST} \text{ de diseño}}$	NO	En el caso de que la eficiencia actual de tratamiento de los SST, fuese menor a la eficiencia de diseño, implica que debe realizarse un control a los sólidos en suspensión que ingresan a la PTAR, mejorando el sistema de pre tratamiento y de esa manera evitar comprometer el funcionamiento de las unidades de tratamiento de la planta, lo que afecta la eficiencia del sistema de tratamiento por una mala gestión en la operación y mantenimiento.
			SI	El grado de remoción de la materia contaminante en la PTAR es adecuado, en función a la eficiencia de tratamiento de diseño, lo cual implica el buen estado actual de la planta y el cumplimiento de los límites permisibles establecidos en la normativa.
E	TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR (TLG)	< 10%	!	La EPSA debe mejorar, ampliar o implementar una línea técnicamente adecuada para el tratamiento, manejo y/o disposición ambiental de lodos. La AAPS deberá en el marco de sus atribuciones y competencias, informar a la autoridad ambiental competente para que se tomen las acciones necesarias para la protección del medio ambiente.
		≥ 10%	✓	La PTAR realiza esfuerzos para el manejo o disposición de los lodos que genera y extrae, no obstante, se debe realizar mejoras, ampliaciones y/o convenios interinstitucionales para que los mismos no constituyan un problema ambiental en coordinación y apoyo de las autoridades ambientales competentes.

