

ANEXO B.10.3 BALANCE DE AGUA DEL DEPÓSITO DE RELAVES PAMPA LARGA



MEMORANDO TÉCNICO

FECHA 7 de noviembre de 2019

Proyecto N° 199-415-1602_Rev.0

PARA Miguel Estela, Minera Yanacocha S.R.L.

CC Ricardo Arenas, Anamaría Ríos (MYSRL), Rosa Moreano, Paolo Chiaramello, Irwin Wislesky

DE Luis López

E-MAIL llopez@golder.com

BALANCE DE AGUAS DEL DEPÓSITO DE RELAVES PAMPA LARGA – YANACOCCHA SULFIDES STAGE 2 PAMPA LARGA MEIA COMMENTS

1.0 INTRODUCCIÓN

El presente documento muestra el balance de agua para el depósito de relaves Pampa Larga (TSF, por sus siglas en inglés), considerando una mezcla de relaves cianurados y relaves de flotación con lodos (a la cual se denominará relave) para la disposición en el TSF. El balance de agua toma en cuenta la poza de agua formada en la superficie de los relaves depositados a partir de exudación del agua de los relaves y la escorrentía de las áreas circundantes (la cual se llamará poza).

El balance de agua mostrado en este documento es una actualización del estudio anterior en el TSF de Pampa Larga (Golder, 2018a), considerando los datos operacionales actualizados proporcionados por MYSRL y el Plan de Producción proporcionado en Setiembre 2019.

2.0 OBJETIVOS

El balance de agua para el TSF Pampa Larga tiene los siguientes objetivos:

- Estimar el exceso de agua a ser evacuado o recirculado del TSF según la producción de relaves proporcionada por MYSRL para mantener un volumen de la poza de 0.25 M-m³ y mantener condiciones seguras de operación del TSF (Golder 2018a).
- Desarrollar de la estrategia operacional para el manejo del agua en el TSF.
- Estimar la profundidad de la poza, la distancia horizontal desde la cara aguas arriba de la presa principal y el borde libre disponible durante la operación del TSF, de acuerdo con la geometría superficial de los relaves.

En la presente evaluación se ha considerado un modelo climatológico anual con una distribución mensual para el nivel del estudio, debido a las incertidumbres en la disposición de relaves, bombeo del agua requerida y agua en exceso desde la poza del TSF.

3.0 DESCRIPCIÓN GENERAL

3.1 Arreglo General del TSF

El TSF está situado al sur del Pad de Carachugo, en la parte alta de la cuenca del río Grande. El TSF considera una presa con material de relleno seleccionado de los tajos que se construirá en los primeros años de operación (información proporcionada por MYSRL) hasta la elevación 4 141 m s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) siendo la elevación máxima de la cresta de 4 146 m s.n.m. El revestimiento de geomembrana sobre la cara aguas arriba de la presa y sobre el TSF, se extiende hasta la elevación máxima de 4 146 m s.n.m y se considera la instalación en tres etapas: 4 085, 4 116 y 4 146 m s.n.m. Los relaves son transportados al TSF para la descarga desde la cara aguas arriba de la presa y desde los lados este y oeste del TSF. Se formará una poza con el agua de los relaves depositados y la escorrentía superficial; desde esta poza el agua será bombeada para uso (agua requerida para recirculación) y/o tratamiento (agua en exceso), según sea definido por MYSRL.

El diseño del TSF Pampa Larga toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Contener los relaves en el TSF durante y después de la operación de la TSF (ver Tabla 3 para más detalle).
- Limitar las filtraciones desde el TSF, las cuales se producirán solo a través de los defectos del revestimiento con geomembrana.
- Mantener un volumen promedio de poza en 0.25 M-m³ en el TSF.
- Evitar el contacto entre el agua de la poza del TSF y la cara aguas arriba de la presa, después del desarrollo de la playa de relaves.
- Controlar el exceso de agua en la poza.

El esquema del TSF Pampa Larga se muestra en la Figura 1, mientras las zonas circundantes al TSF se muestran en la Figura 2. Cabe resaltar que la huella del Backfill Carachugo ha sido proporcionada por MYSRL en setiembre de 2018 y podrá estar sujeta a modificaciones según disposición de MYSRL

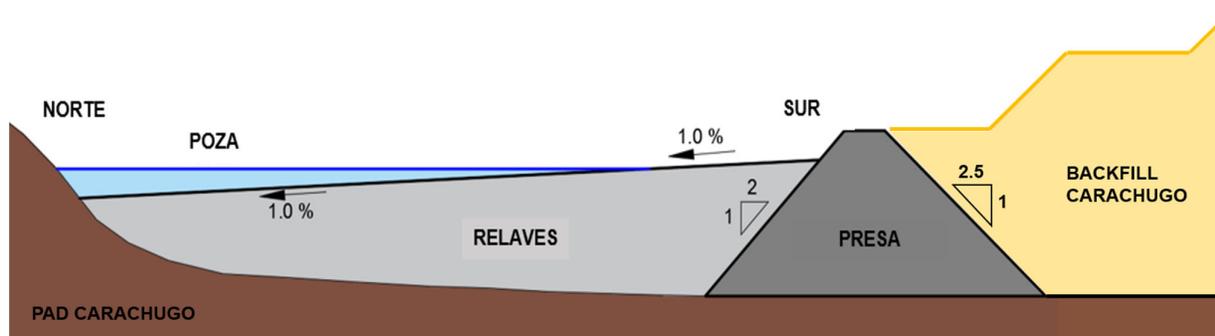


Figura 1: Esquema del TSF Pampa Larga

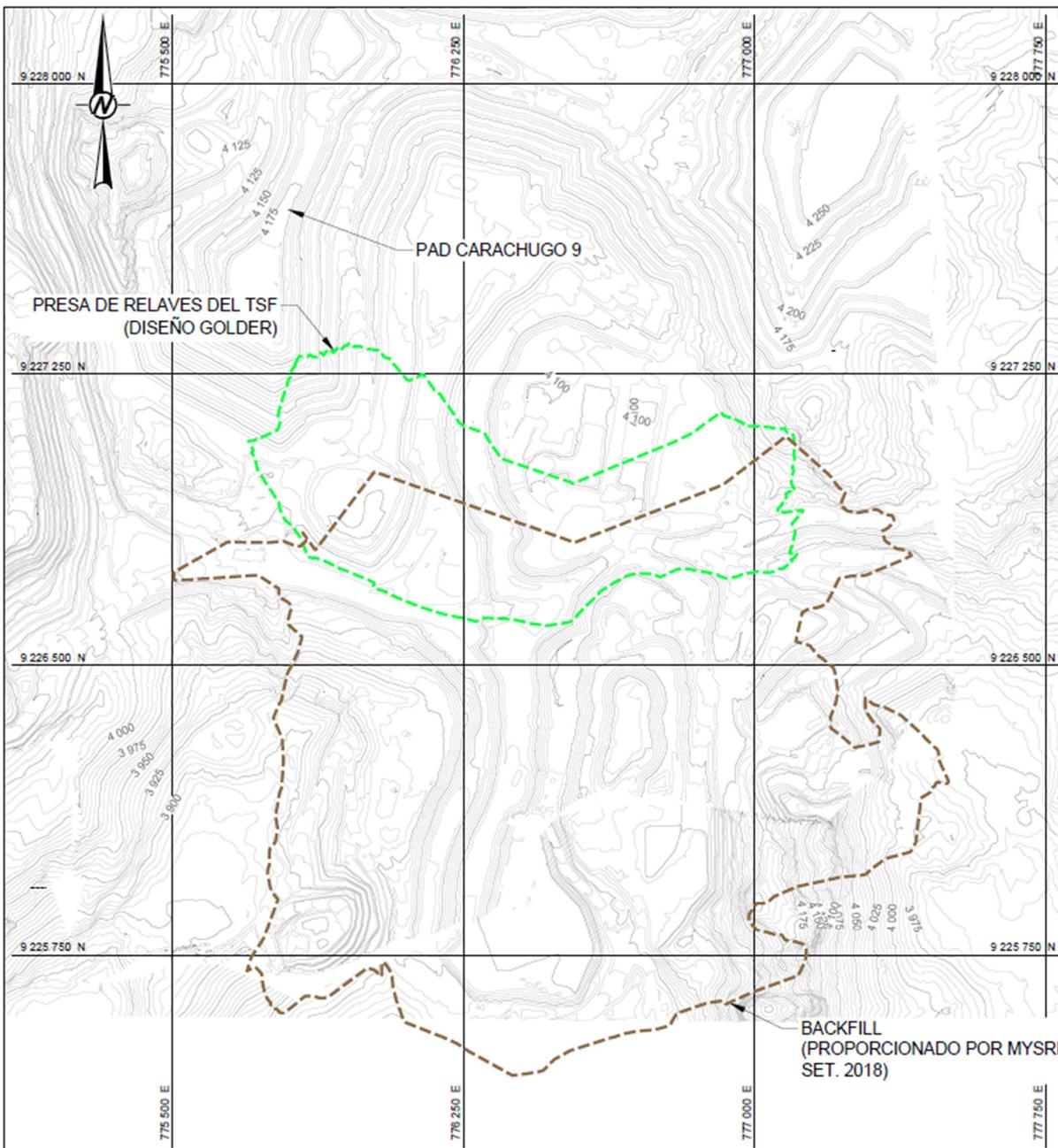


Figura 2: Esquema con zonas circundantes al TSF Pampa Larga

3.2 Parámetros Hidrológicos y Climatológicos

Los parámetros hidrológicos y climatológicos considerados en el balance de agua fueron establecidos en el "Estudio Climatológico para la Modificación del EIA Yanacocha Sulfuros" (WSP 2017). Los parámetros principales del clima del TSF se resumen en la Tabla 1, basada en los datos de la Estación Carachugo, la más representativa para el proyecto considerando su cercanía al TSF Pampa Larga.

Tabla 1: Precipitación y Evaporación Anual en el Área del TSF (Estación Carachugo)

Parámetro	Condiciones	Valor (mm)
Precipitación anual (WSP, 2017) (mm)	Año seco, Periodo de retorno: 100 años	851
	Año seco, Periodo de retorno: 50 años	891
	Año seco, Periodo de retorno: 20 años	956
	Año seco, Periodo de retorno: 10 años	1 020
	Año seco, Periodo de retorno: 5 años	1 108
	Año Promedio	1 355
	Año húmedo, Periodo de retorno: 5 años	1 591
	Año húmedo, Periodo de retorno: 10 años	1 774
	Año húmedo, Periodo de retorno: 20 años	1 950
	Año húmedo, Periodo de retorno: 50 años	2 178
	Año húmedo, Periodo de retorno: 100 años	2 348
Evaporación Potencial ⁽¹⁾ (WSP, 2017) (mm)	Promedio	1 039
Evaporación de lago a usar en el balance de agua (WSP, 2017) (mm)	Promedio	675

Notas:

- (1) Según el informe "Estudio Climatológico para la Modificación del EIA Yanacocha Sulfuros" elaborado por WSP en 2017, la evaporación potencial (1039 mm) para la estación Carachugo fue estimada dividiendo la evapotranspiración potencial por un factor relacionado a la humedad relativa y velocidad del viento (0.75).

Las distribuciones mensuales de precipitación se consideraron para condiciones promedio, secas y húmedas y se muestran en la Tabla 2; la distribución mensual de la evaporación se obtuvo del informe climatológico (WSP 2017). La evaporación promedio mensual, las precipitaciones promedio mensual, para años húmedos y secos con periodo de retorno 100 años se resumen en la Tabla 3.

Tabla 2: Factores de Distribución de Precipitación para la Estación Carachugo (WSP, 2017)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Húmedo	0.118	0.126	0.172	0.105	0.045	0.020	0.010	0.008	0.039	0.104	0.120	0.132
Promedio	0.112	0.132	0.173	0.099	0.056	0.018	0.011	0.009	0.040	0.102	0.114	0.133
Seco	0.106	0.137	0.182	0.092	0.070	0.015	0.012	0.011	0.042	0.097	0.109	0.127

Tabla 3: Precipitación Mensual y Evaporación

Mes	Precipitación (mm)			Evaporación (mm)
	Año húmedo, Período de retorno: 100 años	Promedio anual	Año seco, Período de retorno: 100 años	
Enero	277	152	90	58
Febrero	296	179	117	53
Marzo	404	234	154	55
Abril	247	135	78	52
Mayo	106	75	60	53
Junio	47	25	13	49
Julio	23	15	10	53
Agosto	19	12	9	58
Septiembre	92	55	36	58
Octubre	244	139	83	65
Noviembre	282	154	93	62
Diciembre	310	180	108	59
Total	2 348	1 355	851	675

Se consideraron los siguientes coeficientes para estimar la escorrentía superficial en diferentes tipos de terrenos circundantes al TSF y las áreas involucradas:

- Superficie mojada de los relaves: 1.00
- Superficie seca de los relaves: 0.80
- Cara aguas arriba de la presa sin revestimiento: 0.50
- Superficie con revestimiento: 1.00

3.3 Área de Captación

Toda la zona de la cuenca limitada por el eje de la presa se estima en 1.31 km², y se considera que la escorrentía de la cuenca de la Pad de Carachugo se colectará por medio de cunetas colectoras y pozas de infiltración en el Pad, las cuales serán colectados en la Poza CC9 o en la Poza Norte. El revestimiento variará de acuerdo con las etapas de colocación (Golder, 2018a). Se considera que el área de la superficie de los relaves y el área de la Poza en el TSF son variables en el tiempo.

3.4 Datos Operacionales para el TSF

Las características de los relaves y los datos de producción de los relaves se muestran en la Tabla 4. Esta información se basa en los datos operacionales y el nuevo Plan de Minado, proporcionados por MYSRL en diciembre de 2018, este último mostrado en la Tabla 5 y el Anexo A.

Tabla 4: Datos Operacionales para el TSF Pampa Larga (Golder, 2019)

Parámetro	Datos	Fuente
Relave total a ser almacenado ⁽¹⁾	74.28 Mt	MYSRL
Producción diaria promedio de relaves	19 573 tpd ⁽²⁾	MYSRL
Contenido de sólidos promedio del relave enviado al TSF	52 %	MYSRL
Gravedad específica promedio del relave (ver Tabla 6)	2.77 ⁽³⁾	Golder, 2019
Inicio de descarga de relaves en TSF	Agosto 2030	MYSRL
Tiempo de producción de relaves hacia Pampa Larga	11 años	MYSRL
Densidad seca promedio final de relaves depositado	1.59 t/m ³ ⁽⁴⁾	Golder, 2017

Notas:

- (1) Mezcla de Relaves Cianurados y Relaves de Flotación.
- (2) tpd: toneladas por día, según Plan de Minado proporcionado por MYSRL en setiembre de 2019.
- (3) MYSRL proporcionó a Golder los resultados de laboratorio (Knight Piesold, 2017 y Paterson & Cooke, 2018) a considerar para la estimación de la gravedad específica de la mezcla de relaves (ver Tabla 6).
- (4) Densidad seca promedio variable durante la operación, de manera similar que la gravedad específica, este parámetro ha sido estimado con base a los ensayos de consolidación (por separado) de las muestras de relave cianurado y por flotación proporcionados por MYSRL.

Tabla 5: Plan de Mina para TSF Pampa Larga

Años de Operación	Producción anual para TSF Pampa Larga			Producción diaria (t/d) ⁽¹⁾
	Relave Cianurado (M-t/año)	Relave por flotación (M-t/año)	Total (M-t/año)	
2030	3.11		3.11	20 327
2031	1.72	5.63	7.34	20 110
2032	1.72	5.72	7.44	20 384
2033	1.74	5.71	7.45	20 411
2034	1.73	5.63	7.36	20 164
2035	1.66	5.96	7.62	20 877
2036	1.71	5.87	7.58	20 767

Años de Operación	Producción anual para TSF Pampa Larga			Producción diaria (t/d) ⁽¹⁾
	Relave Cianurado (M-t/año)	Relave por flotación (M-t/año)	Total (M-t/año)	
2037	1.71	5.59	7.31	20 027
2038	1.64	5.54	7.18	19 671
2039	1.46	3.85	5.31	14 548
2040	1.45	5.12	6.58	18 016
Promedio			6.75	19 573

Notas:

(1) La producción diaria considera una operatividad de 88% y el inicio de disposición de relaves en agosto de 2030, criterio dispuesto por MYSRL.

Finalmente, la gravedad específica (Gs) promedio del relaves se ha obtenido mediante ponderación con los resultados de laboratorio para las muestras de relave cianurado (% en mezcla = 23%) y relave por flotación (% en mezcla = 77%) mostradas en la Tabla 6, según la información proporcionada por MYSRL (Knight Piesold, 2017 y Paterson & Cooke, 2018), debido a que no se cuenta con resultados para la mezcla. Golder recomienda realizar ensayos de laboratorio para la mezcla final de relaves para el siguiente nivel de ingeniería y revisar el presente documento para su actualización.

Tabla 6: Resultados de laboratorio - Gravedad Específica de Muestras de Relave

Tipo de relave	Muestra de laboratorio	Gs
Relave cianurado (23%)	Comp5	2.87
Relave por flotación (77%)	4.1 Flot. Tail	2.73
Promedio Ponderado final		2.77

4.0 DESARROLLO DE BALANCE DE AGUA

El modelo de balance de agua se desarrolló con el software GoldSim™ v 12.1 (GoldSim Technology Group 2012). GoldSim es un software de interfaz gráfica que permite el seguimiento de las transferencias, las pérdidas y la acumulación del agua. El software permite desarrollar simulaciones determinísticas y probabilísticas; la simulación probabilística se desarrolla en el software utilizando el método de Monte Carlo.

4.1 Módulo Climático Anual

El módulo climático del modelo de balance de agua fue desarrollado para permitir simulaciones probabilísticas basadas en datos climáticos mensuales, los cuales se consideran adecuados para el propósito del balance de agua del TSF de Pampa Larga. Se ha realizado una verificación de los resultados basados en el módulo climatológico diario del modelo de balance de agua integral existente.

Se ha desarrollado un módulo climatológico anual en el modelo GoldSim para el TSF de Pampa Larga, para realizar las simulaciones probabilísticas para las condiciones de flujos anuales en la poza del TSF. Este módulo ha sido verificado con la precipitación total anual registrada y la precipitación anual estimada para diferentes periodos de retorno, de acuerdo con lo indicado en el reporte climatológico (WSP, 2017). El módulo probabilístico fue desarrollado con una distribución uniforme para coincidir con la precipitación anual para diferentes periodos de retorno estimados para la estación Carachugo, de acuerdo con lo indicado en el reporte climatológico (WSP 2017).

Se ejecutaron 500 realizaciones del modelo. Para cada realización, el modelo selecciona de manera aleatoria una precipitación anual para cada año, luego, considerando como años húmedos aquellos donde la precipitación total anual excede la precipitación anual promedio, y como años secos aquellos donde la precipitación anual es menor que la precipitación anual promedio. El modelo fue desarrollado con pasos diarios, distribuyendo la precipitación mensual equitativamente en el mes. Esta aproximación es considerada apropiada para los propósitos del estudio, principalmente orientada a obtener un entendimiento general del comportamiento de la poza a través del tiempo de operación del TSF. Se recomienda que, como parte de las siguientes etapas de diseño, el modelo sea actualizado con datos de precipitación diaria específicos del área del TSF de Pampa Larga (es decir, actualizar el modelo climático diario existente en el modelo de balance de agua integral de Yanacocha, o generar un nuevo módulo).

La Figura 3 muestra los resultados del módulo climático anual, los datos registrados y los valores estimados del reporte climatológico (WSP, 2017), donde se observa que el rango de valores generados por el módulo anual en GoldSim representa adecuadamente la precipitación anual de la estación Carachugo.

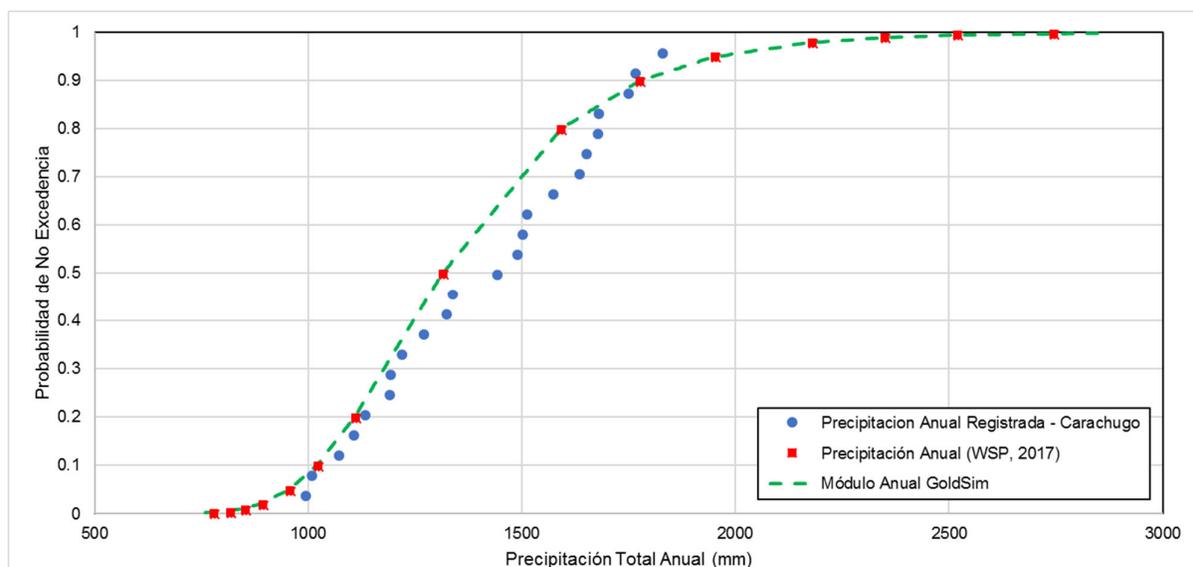


Figura 3: Resultados del Módulo Climático Anual para la Estación Carachugo

4.2 Diagrama de Flujo

El modelo de balance de agua fue desarrollado basándose en el plan de manejo de agua para el TSF de acuerdo con MYSRL. El diagrama de flujo conceptual para el TSF considerado se muestra en la Figura 4

De la Figura 3 se debe notar que:

- Las entradas del tanque de recolección como exceso de agua desde el CC9 no se consideran en el balance hídrico, ya que no existe un valor definido para el rebose del tanque de recolección que permita estimar las entradas de agua de esta fuente, luego un sistema de bombeo separado para este exceso de agua será considerada por MYSRL; esto es esquematizado mediante la Línea 2 en la Figura 4.
- Un sistema de subdrenaje sobre el revestimiento para recolectar el agua de consolidación de los relaves transportará esta agua a una Poza de Agua de Consolidación de Relaves.

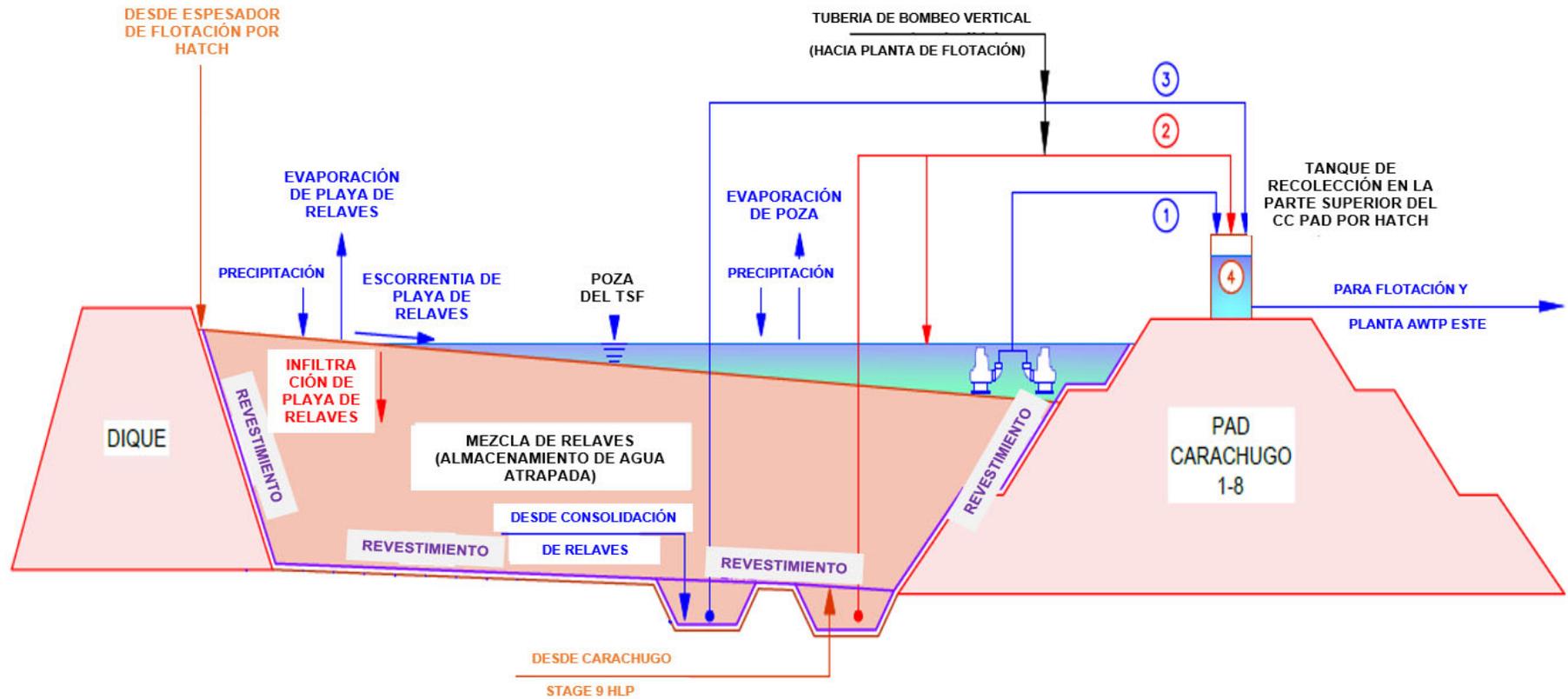


Figura 4: Diagrama Conceptual de Balance de Agua de TSF Pampa Larga

4.3 Metodología

Para cada paso de tiempo, la cantidad de agua en la Poza del TSF se determina con el balance de las ingresos y salidas de agua, de la siguiente manera:

Almacenamiento (Poza) = (ingresos) - (egresos) + almacenamiento previo (Poza)

Las entradas principales al TSF incluyen lo siguiente:

- La exudación del agua de los relaves calculada en base a la tasa de producción de relaves y la densidad seca promedio del relave depositado en el tiempo, indicados en la Sección 3.4.
- La escorrentía superficial es calculada en base a las precipitaciones, las áreas de cuencas y los coeficientes de escorrentía de las superficies aportantes.
- La precipitación directa es definida como la precipitación sobre la superficie del agua.

Las salidas principales incluyen lo siguiente:

- El agua que queda atrapada en el relave (agua intersticial), estimada en base a la tasa de producción de relaves y las características geotécnicas de los relaves.
- La evaporación, estimada considerando las tasas de evaporación sobre la superficie de agua.
- La evaporación en la superficie de relaves, la cual ha sido estimada por separado de la evaporación de la Poza TSF.
- El agua de consolidación de los relaves que se generará como consecuencia de la consolidación de los relaves en el tiempo, estimado en base a las características geotécnicas de los relaves (Tabla 4).
- Las filtraciones a través de los defectos de revestimiento de la geomembrana en la cara aguas arriba de la presa, las cuales será, capturadas aguas abajo de la presa y recirculada al TSF.

El modelo de balance de agua se ejecutó para los 11 años de operación del TSF (2030 – 2040), teniendo en cuenta el plan de producción proporcionado por MYSRL (~19 570 tpd de relaves), mostrado en la Tabla 5.

4.4 Criterios de Operación para la Poza del TSF

Los siguientes requisitos y restricciones se aplicaron para estimar el volumen de la Poza del TSF:

- Mantener una profundidad mínima de 2 m de calado necesaria en la Poza para la operación de las bombas sobre las barcazas, durante toda la operación del TSF.
- Mantener una distancia mínima de 100 m entre el límite de la Poza y la cara aguas arriba de la presa principal (longitud mínima de la playa).
- Los niveles de la Poza TSF han sido verificados para los volúmenes estimados de avenida máxima probable (PMF) con duraciones de 24, 48 y 72 h.

Según estos criterios, el volumen de operación normal de la Poza se establece en 0.25 Mm³, que permite mantener una longitud media de la playa de 200 m y un volumen mínimo de Poza de 0.11 Mm³ para las operaciones de las bombas de barcaza.

4.5 Fases del Modelo de Balance de agua

El modelo se dividió en las siguientes fases:

- Fase 1: estimación de los caudales de exceso de agua en el TSF, considerando un volumen de Poza de 0.25 Mm³, a lo largo de toda la vida del TSF.
- Fase 2: operación del TSF con una estrategia de operación según los resultados de la Fase 1, para estimar el comportamiento de la Poza TSF sobre diferentes condiciones anuales (promedio, húmeda y seca).

El criterio operacional de la Poza del TSF considera evacuar el agua cuando el volumen en la Poza del TSF supere el máximo volumen de operación. Este balance de agua es necesario para estimar la capacidad del flujo máximo para las bombas montadas en las barcazas con la finalidad de evacuar el agua del TSF.

5.0 RESULTADOS DEL BALANCE DE AGUA

Esta sección proporciona un resumen de los resultados obtenidos de las fases mencionadas en el ítem 4.5.

5.1 Fase 1 – Caudales y Volúmenes Excedentes Anuales

Para las condiciones promedio, el caudal mensual oscila entre 189 y 244 l/s a lo largo de la operación del TSF. Sobre una base anual, el caudal promedio excedente de la Poza del TSF fue estimado entre 149 y 192 l/s. El caudal mensual máximo para los resultados de percentil 99 fue estimado en 304 l/s.

Los caudales anuales en exceso estimados para el Año 1 de operación fueron bajos debido a que el inicio de la disposición para el TSF Pampa Larga está proyectado para el agosto de 2030, criterio dispuesto y validado por MYSRL (fase inicial). Por lo tanto, para la estimación de volúmenes y caudales anuales, no se ha tomado en cuenta el Año 1 de operación. De otro lado, los caudales mensuales máximos del Año 1 de operación son bajos debido a que en el periodo Agosto – Diciembre las precipitaciones mensuales no alcanzan los valores máximos, ya que la temporada húmeda se da entre los meses Noviembre – Abril (WSP 2017); por tal razón, el caudal mensual máximo para el Año 1 no se ha tomado en consideración dentro de los cálculos.

El volumen anual de exceso del agua de la Poza del TSF oscila entre un mínimo de 4.2 M-m³ (volumen mínimo anual a lo largo de la vida de la mina para el percentil 1), 6.9 M-m³ (volumen máximo anual a lo largo de la mina de vida para el percentil 99) y en promedio, se estima un exceso anual de agua de la Poza TSF de 5.6 M-m³, sin considerar la fase inicial.

A lo largo de la operación, se observan ligeros aumentos de los caudales y volúmenes de exceso desde el año 1 al 9 (en el año 8 se alcanza el valor máximo) para luego disminuir en el año 10 y finalmente aumentar el caudal en el último año de operación. Este cambio en caudales y volúmenes de exceso se deben a la reducción de la producción de relaves hacia el TSF de Pampa Larga de acuerdo con el plan de producción (mostrado en el Anexo A), teniendo un aumento en la producción a lo largo de la operación, disminuyendo solo en el penúltimo año.

La Tabla 7 muestra los caudales promedio anual y mensual máximo del exceso de agua por cada año de operación y los promedios con los resultados del percentil 1 y 99. Los volúmenes anuales de exceso de agua de la Poza del TSF se muestran en la Tabla 8. Los mismos resultados se presentan gráficamente en la Figura 4 y Figura 5, respectivamente.

Tabla 7: Exceso de Agua Promedio Anual y Flujo Máximo Mensual para un Volumen Fijo de 0.25 Mm³ en la Poza TSF

Año de Operación ⁽¹⁾	Año Calendario	Caudal anual en exceso (l/s)			Caudal mensual máximo (l/s) ⁽²⁾		
		Percentil 1	Promedio anual	Percentil 99	Percentil 1	Promedio anual	Percentil 99
1	2030	55	64	80	69	83	109
2	2031	156	165	180	171	189	220
3	2032	166	176	193	186	208	244
4	2033	172	184	207	199	223	269
5	2034	169	182	206	195	220	270
6	2035	174	188	215	201	227	282
7	2036	175	188	214	201	225	277
8	2037	175	192	221	211	244	304
9	2038	171	187	218	203	235	298
10	2039	132	149	176	164	197	251
11	2040	159	176	209	190	224	292
Máximo^(*)		175	192	221	211	244	304
Promedio^(*)		165	179	204	192	219	271
Mínimo^(*)		132	149	176	164	189	220

Notas:

- (1) El Año 1 de operación no ha sido considerado en la estimación máxima, mínima y media de los caudales anuales y mensuales debido al inicio de la operación en agosto de 2030.
- (2) Los caudales mensuales máximos para el Año 1 de operación han sido estimados para el periodo Agosto – Diciembre.

Tabla 8: Exceso de Volumen Anual de Agua

Año de Operación ⁽¹⁾	Año Calendario	Volumen anual de exceso de agua (M-m ³)		
		Percentil 1	Promedio anual	Percentil 99
1	2030	0.73	0.84	1.05
2	2031	4.90	5.18	5.66
3	2032	5.25	5.55	6.07
4	2033	5.40	5.77	6.50
5	2034	5.30	5.71	6.48
6	2035	5.49	5.90	6.76
7	2036	5.51	5.91	6.74
8	2037	5.51	6.03	6.93
9	2038	5.37	5.89	6.86
10	2039	4.16	4.69	5.53
11	2040	5.00	5.54	6.60
Máximo^(*)		5.51	6.03	6.93
Promedio^(*)		5.19	5.62	6.41
Mínimo^(*)		4.16	4.69	5.53

Notas:

- (1) El Año 1 de operación no ha sido considerado en la estimación máxima, mínima y media de los volúmenes anuales de exceso de agua debido al inicio de la operación en agosto de 2030.

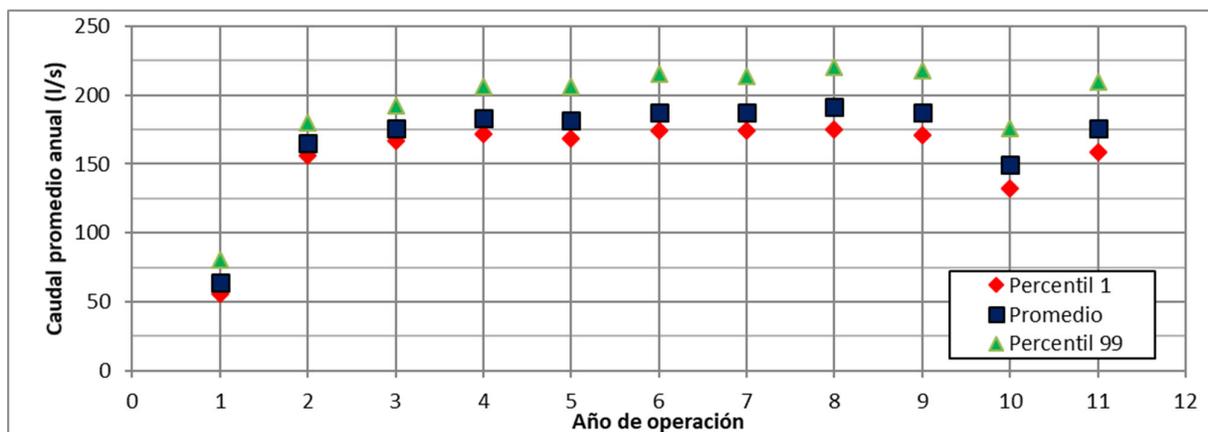


Figura 5: Caudal Promedio Anual de Evacuación en el TSF Pampa Larga

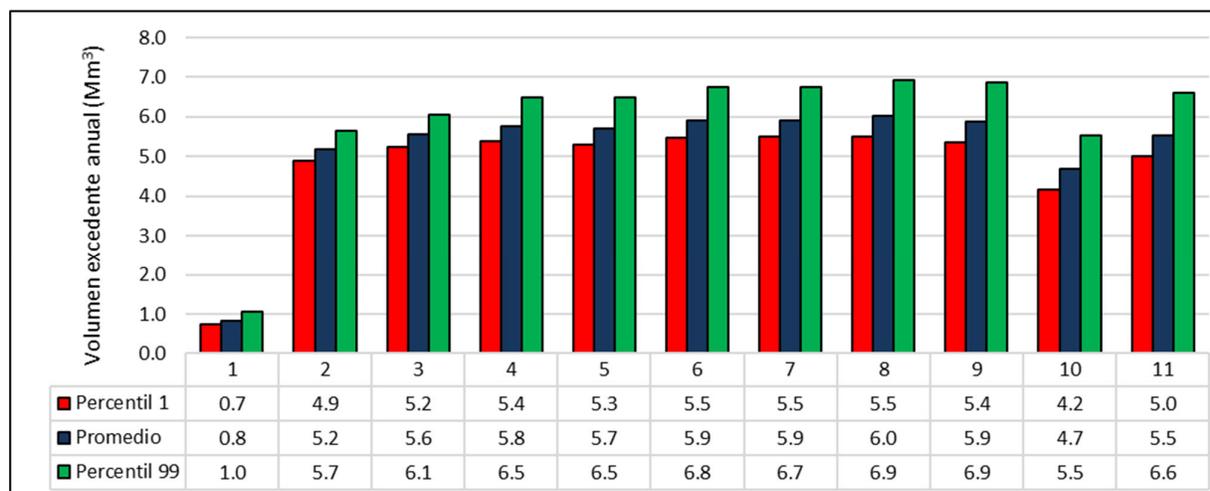


Figura 6: Volumen excedente anual en el TSF Pampa Larga

Como el caudal máximo mensual para un año promedio de 244 l/s se ha estimado que ocurra en el año 8 de la operación (año 2037), éste ha sido seleccionado como año representativo para definir el caudal y el volumen mensuales de agua en exceso, de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 9 y Tabla 10, respectivamente.

Tabla 9: Promedio Mensual Caudal (l/s) - Año 8 de Operación (2037)

Percentil	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	183	195	211	179	171	152	151	150	161	178	183	189
Promedio	209	220	244	202	178	157	153	151	168	200	207	216
99	253	262	304	243	188	165	156	154	180	236	250	260

Tabla 10: Volumen Mensual de Exceso de Agua (M-m³) – Año 8 de Operación (2037)

Percentil	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	0.47	0.45	0.55	0.45	0.44	0.38	0.39	0.39	0.40	0.46	0.46	0.49
Promedio	0.54	0.51	0.63	0.51	0.46	0.39	0.40	0.39	0.42	0.52	0.52	0.56
99	0.66	0.61	0.79	0.61	0.49	0.41	0.40	0.40	0.45	0.61	0.63	0.67

5.2 Fase 2 – Operación de la Poza del TSF

Los resultados de la Fase 1 se usaron como base para establecer las reglas de operación para la evacuación de agua desde la Poza del TSF, considerando los caudales de exceso de agua.

Durante la temporada seca del año, la disponibilidad de agua podría no ser suficiente para satisfacer las demandas establecidas por MYSRL para la Poza TSF, por lo tanto, es necesario establecer un volumen de operación en la Poza para regular la variabilidad estacional y para asegurar un caudal mínimo durante la temporada seca. Para regular la variación estacional, se estableció una capacidad máxima de evacuación de 245 l/s (cerca al máximo caudal mensual bajo condiciones de clima promedio) cuando el volumen de la Poza supere los 0.25 M-m³ en la época lluviosa del año (noviembre - abril). Para asegurar un caudal de evacuación que pueda cubrir las demandas desde la Poza TSF (no especificadas en este documento, pero a ser establecidas por MYSRL en el balance de agua integral) en época seca del año (mayo - octubre), la evacuación se aplicará cuando el volumen de la Poza sobrepase los 0.30 M-m³. El criterio de evacuación de agua desde la Poza del TSF podrá variar de acuerdo con la cantidad de agua recuperada requerida para la operación de la mina, establecida por MYSRL, por lo que estos valores de operación deberán ser actualizados en la siguiente etapa de estudio. La capacidad de evacuación promedio objetivo para la Poza TSF fue establecida según la media anual de caudales indicados en la Tabla 11.

Tabla 11: Promedio de Capacidad de Evacuación de la Poza TSF

Periodo	Capacidad (l/s)
Año 1	65
Año 2 – Año 3	170
Año 4 – Año 5	183
Año 6 – Año 9	190
Año 10	150
Año 11	175

Basado en estos parámetros, se desarrolló una simulación probabilística para estimar los caudales de exceso real de agua y el volumen de la Poza durante la operación del TSF. Los resultados fueron utilizados para verificar que la elevación de la Poza del TSF y la elevación del revestimiento interno con geomembrana por etapas cumplan los requisitos de Borde Libre, y que el caudal de exceso de agua establecido en el modelo sea suficiente durante la operación del TSF.

5.2.1 Caudales de Ingreso Anual en el TSF

Los caudales de ingreso anuales promedio en el TSF provenientes de diferentes fuentes se resumen en la Tabla 12 y son mostrados en el Anexo B. Como se indica en la Sección 5.1, se ha seleccionado el año de operación 8 (Año 2037) como representativo para la estimación del volumen de ingreso mensual en el TSF y es mostrado en la Tabla 13.

La Figura 7 muestra la variación de los flujos anuales acumulados del TSF durante la operación. La Figura 8 muestra el ingreso anual total para el TSF para las condiciones promedio, percentil 1 y percentil 99.

Los resultados muestran que el ingreso de agua principal al TSF corresponde con el agua de exudación de los relaves, que representa el 80% del flujo total al TSF en promedio a lo largo de las operaciones de TSF. El agua de relaves varía en función a la producción de relaves. La escorrentía superficial en los relaves se incrementa a través del TSF y la escorrentía desde la cara aguas arriba de la presa revestida con geomembrana decrece conforme el revestimiento que cubre el área se reduce debido al crecimiento de la superficie de relaves. La escorrentía por encima del revestimiento de geomembrana provendrá del relleno colocado como parte del cuerpo de la Presa.

Tabla 12: Volúmenes de Ingreso Anuales en el TSF Pampa Larga

Año calendario ⁽¹⁾	Volumen de Ingreso Anual (M-m ³)					
	Escorrentía a través de la playa de relaves	Escorrentía a través del revestimiento del TSF	Agua de relaves	Precipitación hacia la Poza	Escorrentía a través de la cara aguas arriba de la presa	Ingresos totales
2030	0.02	0.16	0.58	0.06	0.05	0.86
2031	0.13	0.29	4.54	0.16	0.13	5.25
2032	0.24	0.26	4.78	0.22	0.13	5.63
2033	0.40	0.31	4.79	0.31	0.09	5.89
2034	0.50	0.19	4.75	0.32	0.07	5.84
2035	0.57	0.13	4.92	0.32	0.08	6.02
2036	0.64	0.09	4.92	0.31	0.07	6.04
2037	0.68	0.36	4.74	0.33	0.05	6.16
2038	0.73	0.30	4.67	0.31	0.00	6.01
2039	0.80	0.25	3.46	0.31	0.00	4.82
2040	0.82	0.21	4.30	0.34	0.00	5.67

Notas:

- (1) El Año 1 de operación considera el inicio de la operación en agosto de 2030.

Tabla 13: Volumen de Ingreso Mensual – Año 2037 (Año 8 de operación)

Mes	Escorrentía en playa de relaves			Escorrentía en revestimiento			Agua de relaves			Precipitación en poza		
	Percentil 1	Año Promedio	Percentil 99	Percentil 1	Año Promedio	Percentil 99	Percentil 1	Año Promedio	Percentil 99	Percentil 1	Año Promedio	Percentil 99
Enero	0.05	0.07	0.12	0.02	0.04	0.07	0.39	0.39	0.39	0.02	0.04	0.08
Febrero	0.05	0.07	0.11	0.03	0.05	0.07	0.35	0.35	0.35	0.02	0.04	0.08
Marzo	0.08	0.11	0.15	0.04	0.07	0.11	0.39	0.39	0.39	0.03	0.07	0.14
Abril	0.04	0.06	0.08	0.02	0.04	0.06	0.38	0.38	0.38	0.02	0.04	0.09
Mayo	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.39	0.39	0.39	0.01	0.02	0.04
Junio	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.38	0.38	0.38	0.00	0.01	0.01
Julio	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.39	0.39	0.39	0.00	0.00	0.01
Agosto	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.39	0.39	0.39	0.00	0.00	0.00
Setiembre	0.02	0.03	0.05	0.01	0.01	0.02	0.38	0.38	0.38	0.00	0.01	0.01
Octubre	0.05	0.08	0.13	0.02	0.03	0.06	0.39	0.39	0.39	0.01	0.02	0.04
Noviembre	0.05	0.08	0.12	0.02	0.04	0.06	0.38	0.38	0.38	0.01	0.03	0.07
Diciembre	0.07	0.09	0.14	0.03	0.04	0.07	0.39	0.39	0.39	0.02	0.04	0.09

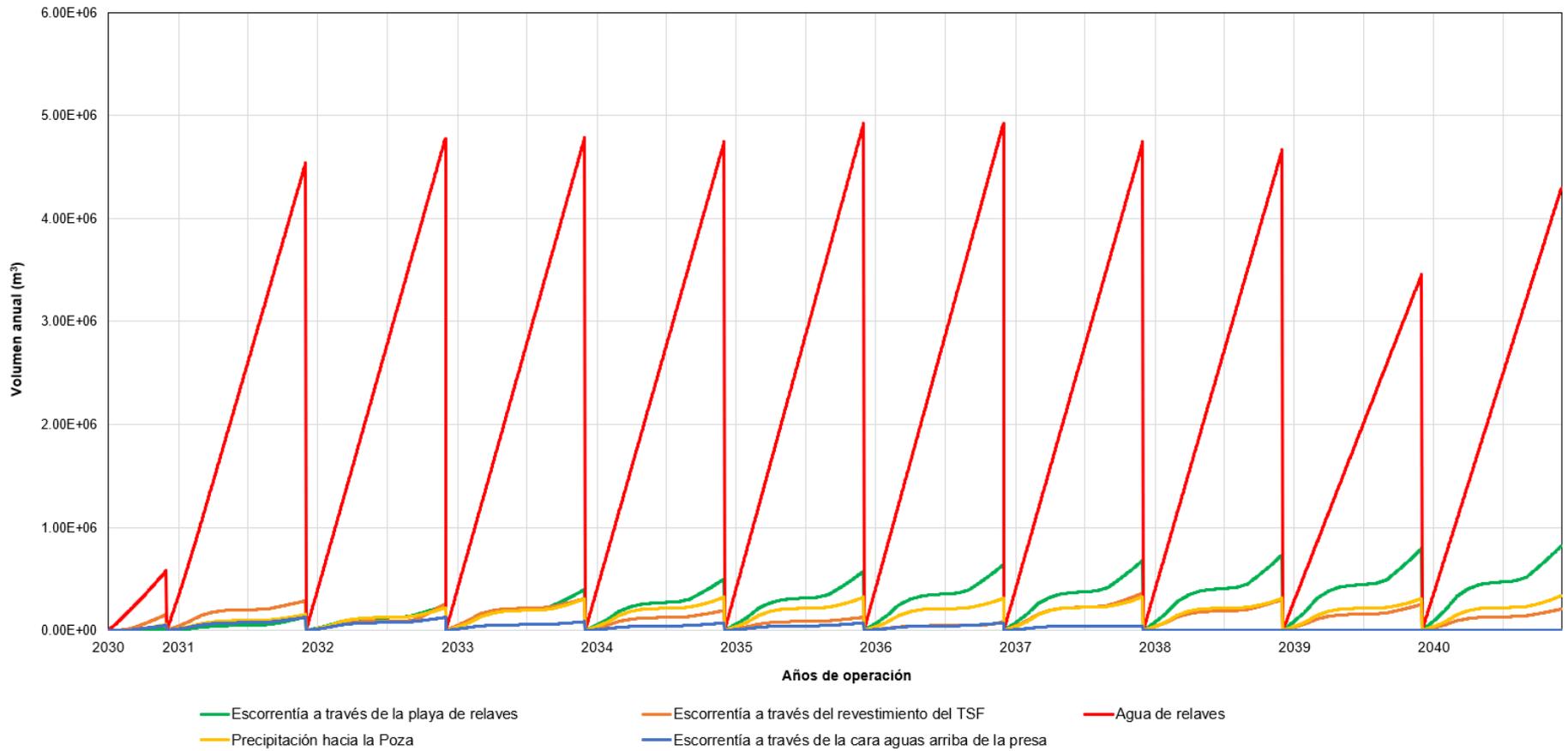


Figura 7: Volúmenes de Ingreso Anuales Promedio Acumulados en el TSF Pampa Larga

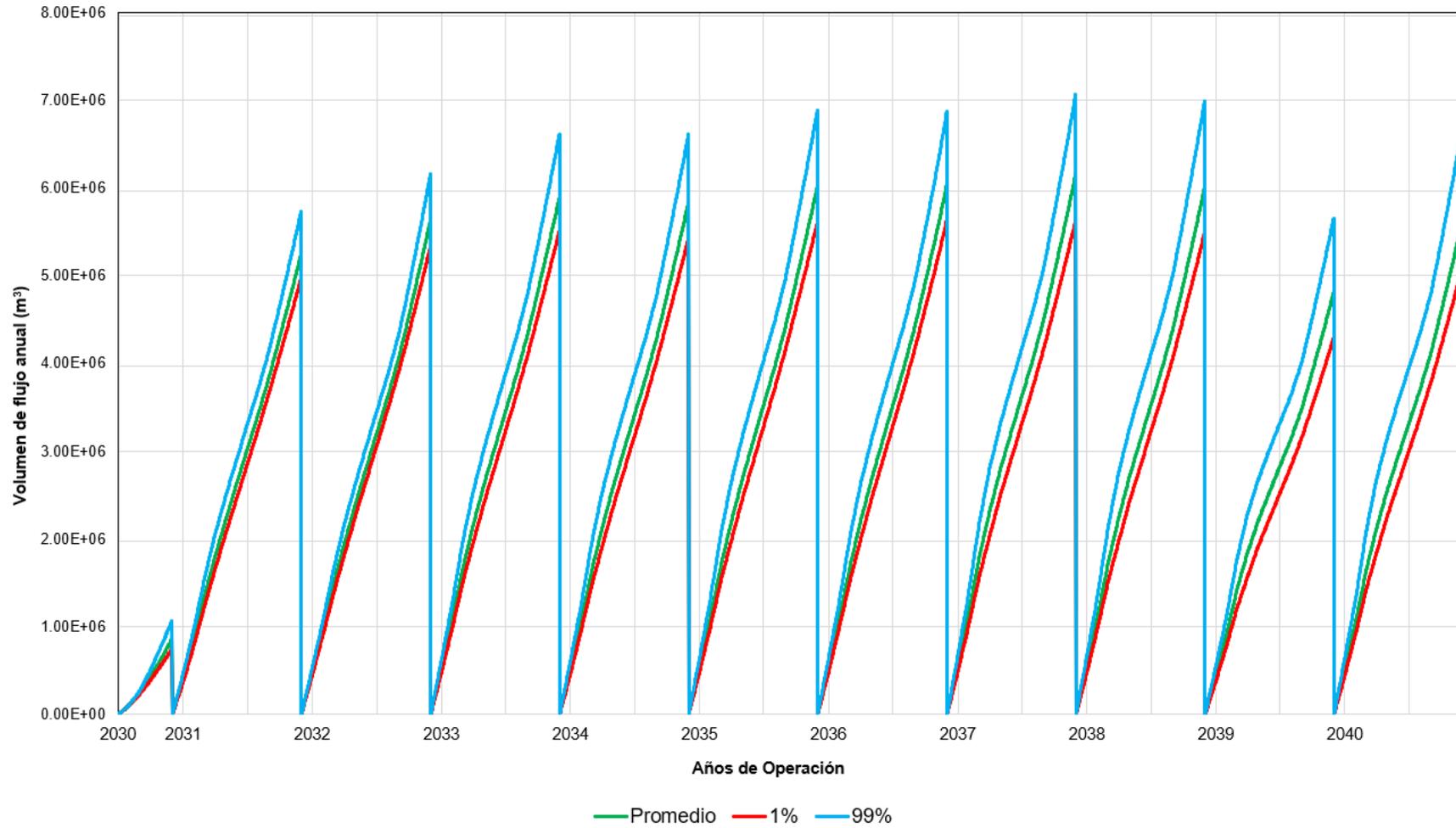


Figura 8: Volumen de Ingreso Anual Total al TSF Pampa Larga

5.2.2 Resultados para la Poza del TSF

Esta sección contiene los resultados para la media, percentil 1 y percentil 99 de la simulación del modelo probabilístico para:

- El volumen de la Poza del TSF;
- El caudal de exceso de agua;
- La longitud de la playa;
- La profundidad de la Poza; y
- Borde libre de la playa para el manejo de inundaciones (distancia entre la elevación máxima de relaves en la cara aguas arriba de la presa y la elevación del PMF).

La Figura 9 proporciona la variación en el tiempo del volumen de la Poza del TSF. Los resultados muestran la reducción de la Poza TSF durante la temporada seca, alcanzando un volumen mínimo de 0.06 M-m³ en el año 2 de operaciones (Percentil 1) y un volumen máximo de 0.5 M-m³ en el año 8 de operaciones (Percentil 99). Los rangos de volumen promedio anual de la Poza del TSF durante toda su vida varían de 0.06 M-m³ a aproximadamente 0.28 M-m³. Cabe señalar que en el año 2037 el volumen de la Poza es mayor debido al aumento del área del revestimiento hasta su extensión máxima en la elevación: 4 146 m s.n.m.

La Figura 10 muestra la variación del caudal total evacuado del TSF entre estaciones húmedas y secas. El caudal mínimo evacuado es de 65 l/s durante el primer año de operación (para resultados en el percentil 1), el caudal mínimo varía de 111 a 190 l/s (resultados en el percentil 1) para el resto de la operación del TSF. El promedio máximo mensual de los flujos varía entre 115 a 235 l/s, aproximadamente. El caudal máximo de 245 l/s se requiere durante la operación del TSF para el percentil 99.

La Figura 11 muestra la distancia desde la Poza hacia la cara aguas arriba de la presa para la vida útil del TSF. Según esto, excepto en los primeros meses de operación, la distancia mínima de 180 m se mantiene a lo largo de toda la operación de la TSF, tanto para condiciones secas y húmedas. La disminución de distancia desde la Poza hasta la cara aguas arriba de la presa se debe a la adición de descargas de relaves en los lados oeste y este del TSF, lo que ocasionará que la ubicación de la Poza cambie hacia la parte central del TSF.

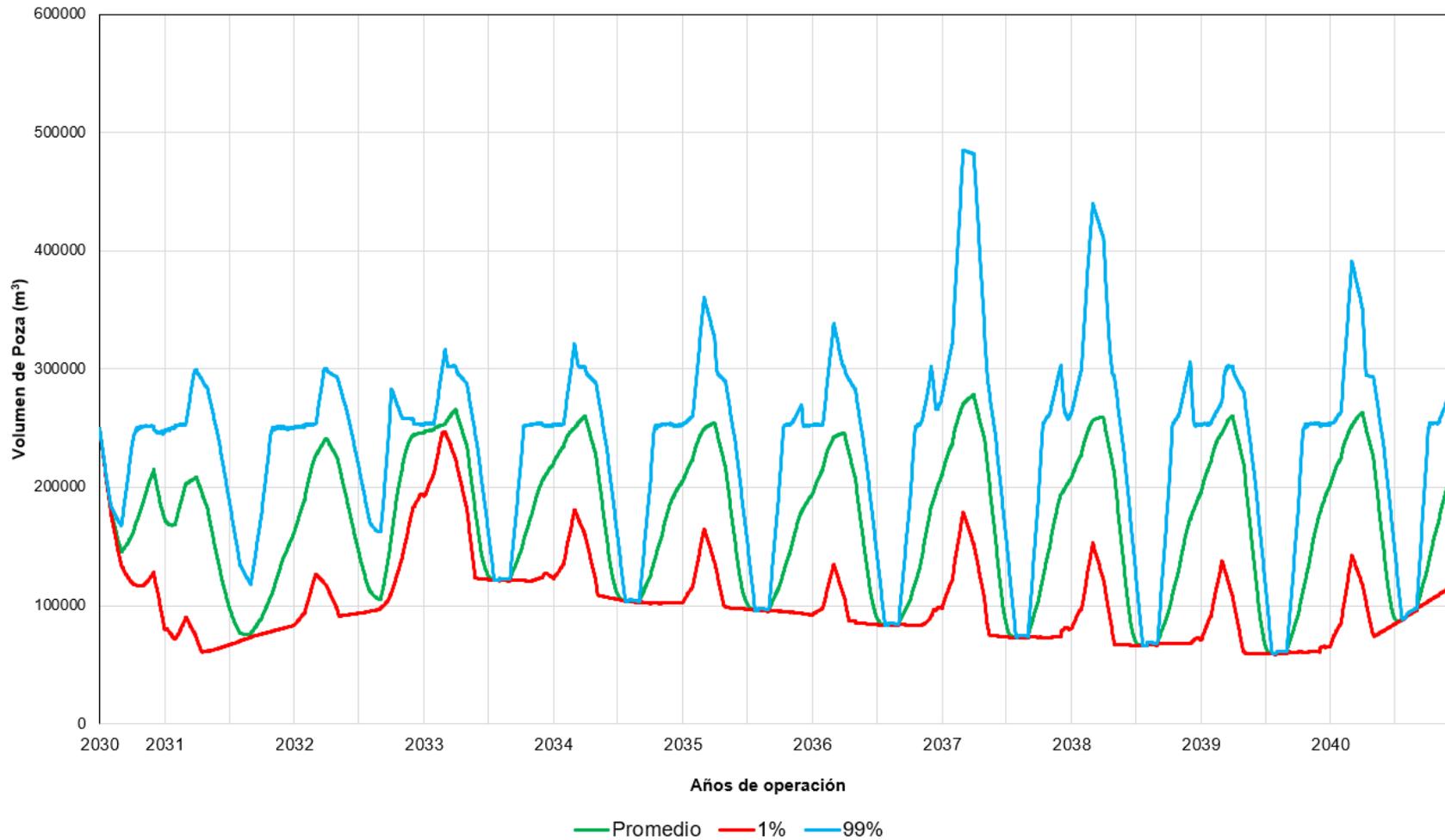


Figura 9: Volúmenes de la Poza en el TSF Pampa Larga

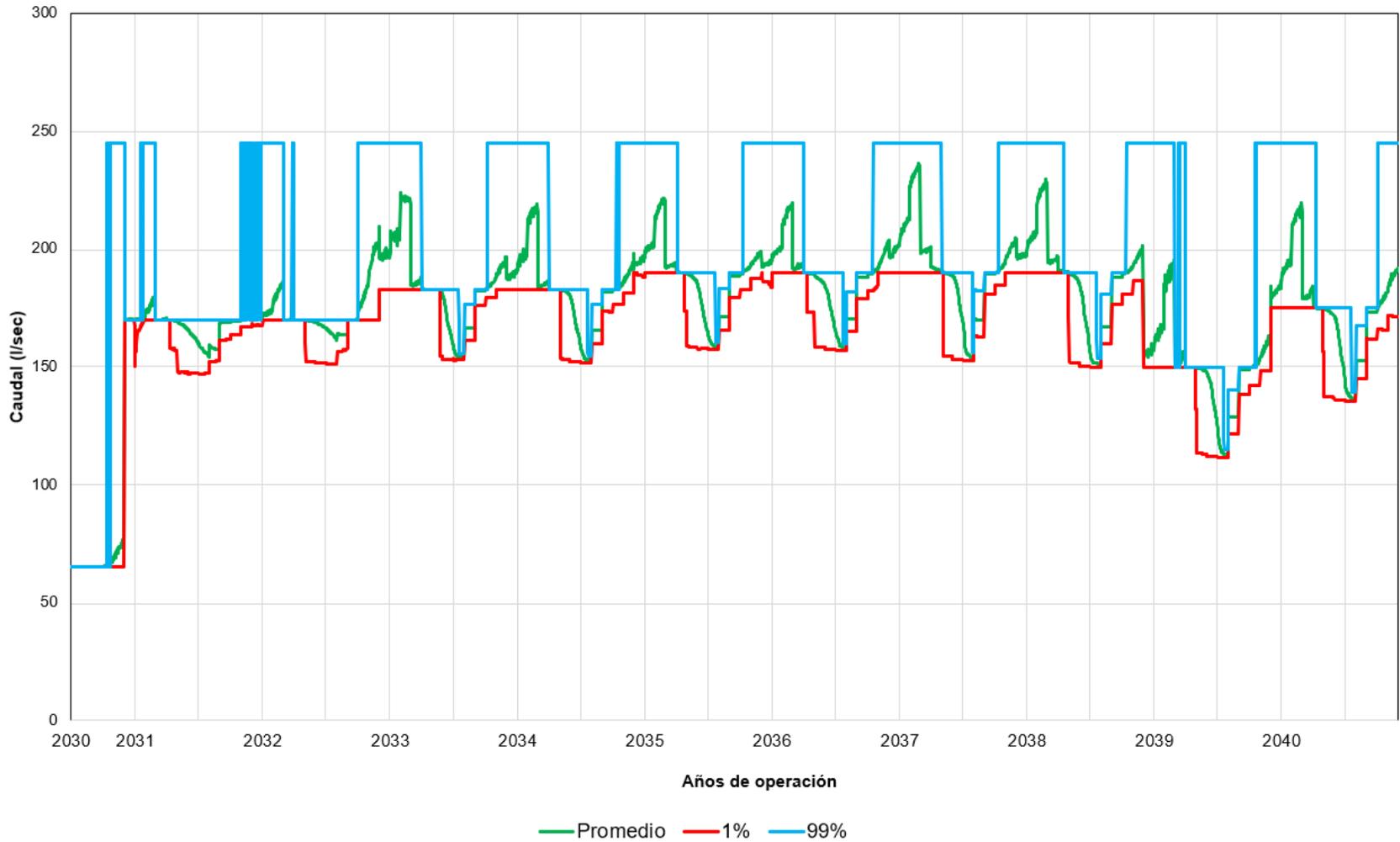


Figura 10: Caudal Total Evacuado del TSF Pampa Larga

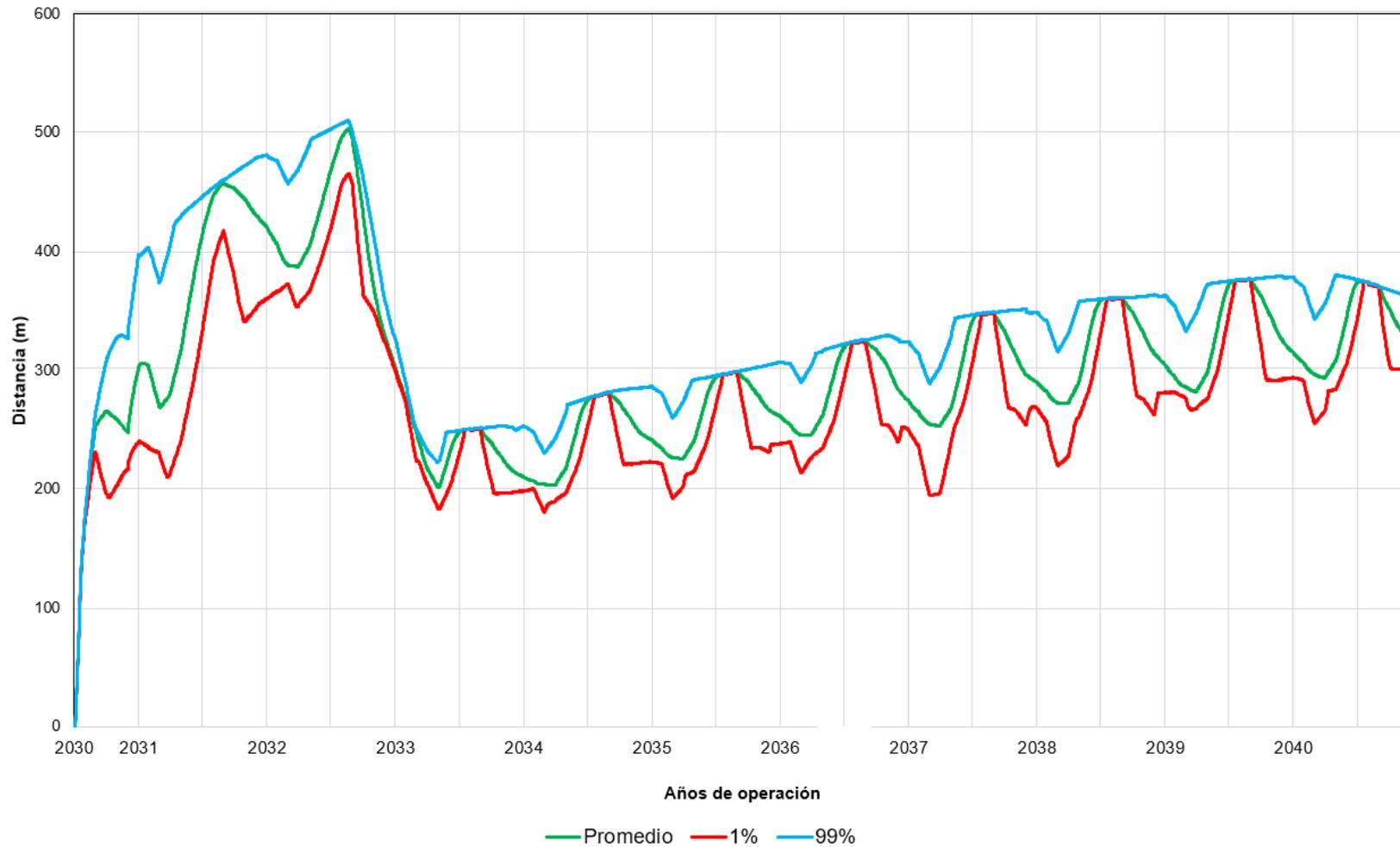


Figura 11: Distancia de la Poza a la Cara Aguas Arriba de la Presa del TSF Pampa Larga.

5.2.3 Elevaciones requeridas para el TSF

La Figura 12 muestra la elevación requerida del recubrimiento de la geomembrana, la elevación de los relaves (en el punto bajo y en la cara aguas arriba de la presa) y la elevación de la Poza incluyendo el volumen de la Avenida Máxima Probable (PMF), considerando condiciones climatológicas promedio.

La PMF fue estimada como el volumen total de la Precipitación Máxima Probable (PMP) de 24, 48 y 72 horas sobre el área de captación del TSF, correspondientes a 302 mm, 418 mm y 571 mm, de acuerdo con los valores proporcionados por WSP. Los volúmenes estimados para la Avenida Máxima Probable (PMF) para cada tormenta fueron de 0.4 M-m³ (24 h) 0.5 M-m³ (48 h) y 0.7 M-m³ (72 h); estos valores deberán ser verificados en el siguiente nivel de ingeniería. Las elevaciones de la poza para estos eventos de tormenta en el tiempo se muestran en la Figura 12.

La Figura 13 muestra el borde libre de playa para el TSF, donde se destaca que, durante el primer año, la PMF de 24 horas estará en contacto con la cara aguas arriba de la presa. El borde libre puede variar de 0.90 m a 2.4 m para el periodo comprendido entre los años de operación 2033 a 2040 para una PMF de duración 24 horas. Al igual que la distancia entre la poza y la cara aguas arriba de la presa, la disminución del borde libre será temporal y estará asociada a la adición de descargas de relaves en los lados oeste y este del TSF.

La Figura 14 y Figura 15 muestran el borde libre de la playa para el TSF teniendo en cuenta la PMP para 48 y 72 horas, los cuales presentan comportamientos similares a la PMF de 24 horas, cabe resaltar que debido a que la presa será construida en una sola etapa, el desnivel con respecto a la cresta de la presa de relaves siempre será superior a los 2 m indicados como valor mínimo, adicional a ello, se deberá tomar en cuenta para la colocación del revestimiento de geomembrana, indicado líneas arriba (2 m por encima del nivel de la PMF de 72 h), esto es mostrado en la Figura 12. El revestimiento debe superar las cotas máximas de los niveles de agua por avenidas máximas extraordinarias.

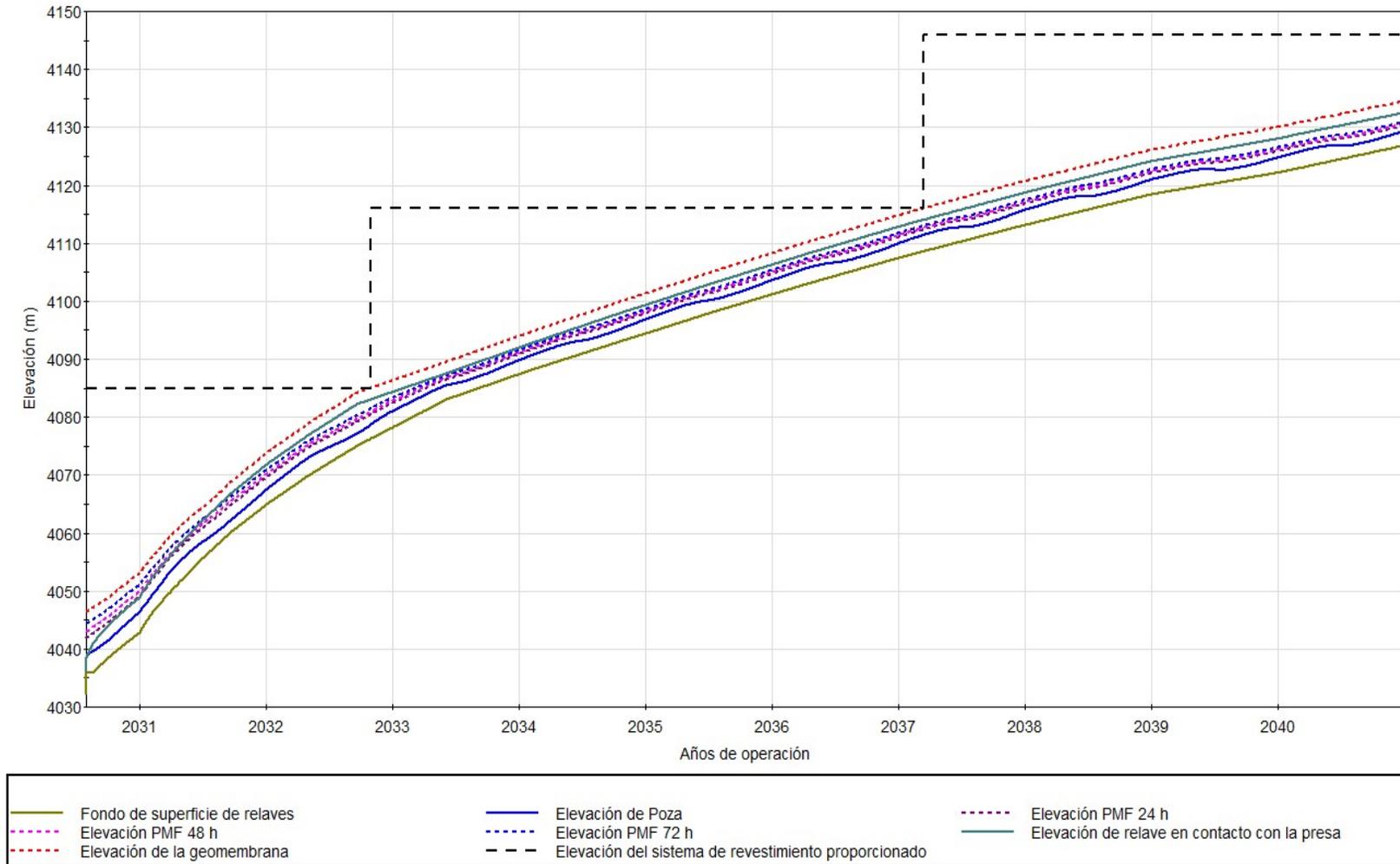


Figura 12: Elevaciones del Revestimiento de Geomembrana para el TSF de Pampa Larga

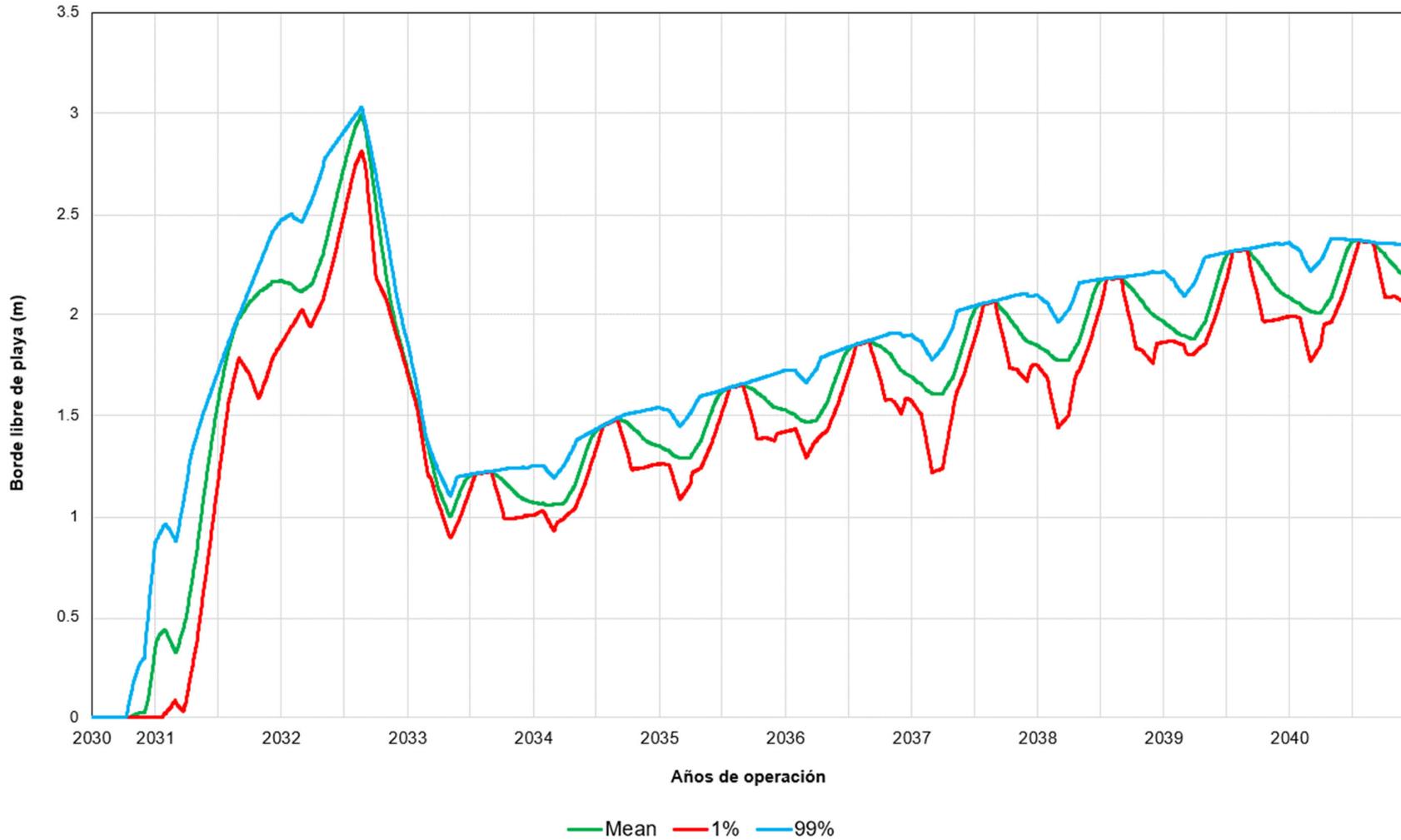


Figura 13: Borde libre de playa para TSF Pampa Larga (distancia entre elevación de relaves en la cara aguas arriba y la elevación de la PMF, 24 horas)



Figura 14: Borde libre de playa para TSF Pampa Larga (distancia entre elevación de relaves en la cara aguas arriba y la elevación de la PMF, 48 horas)

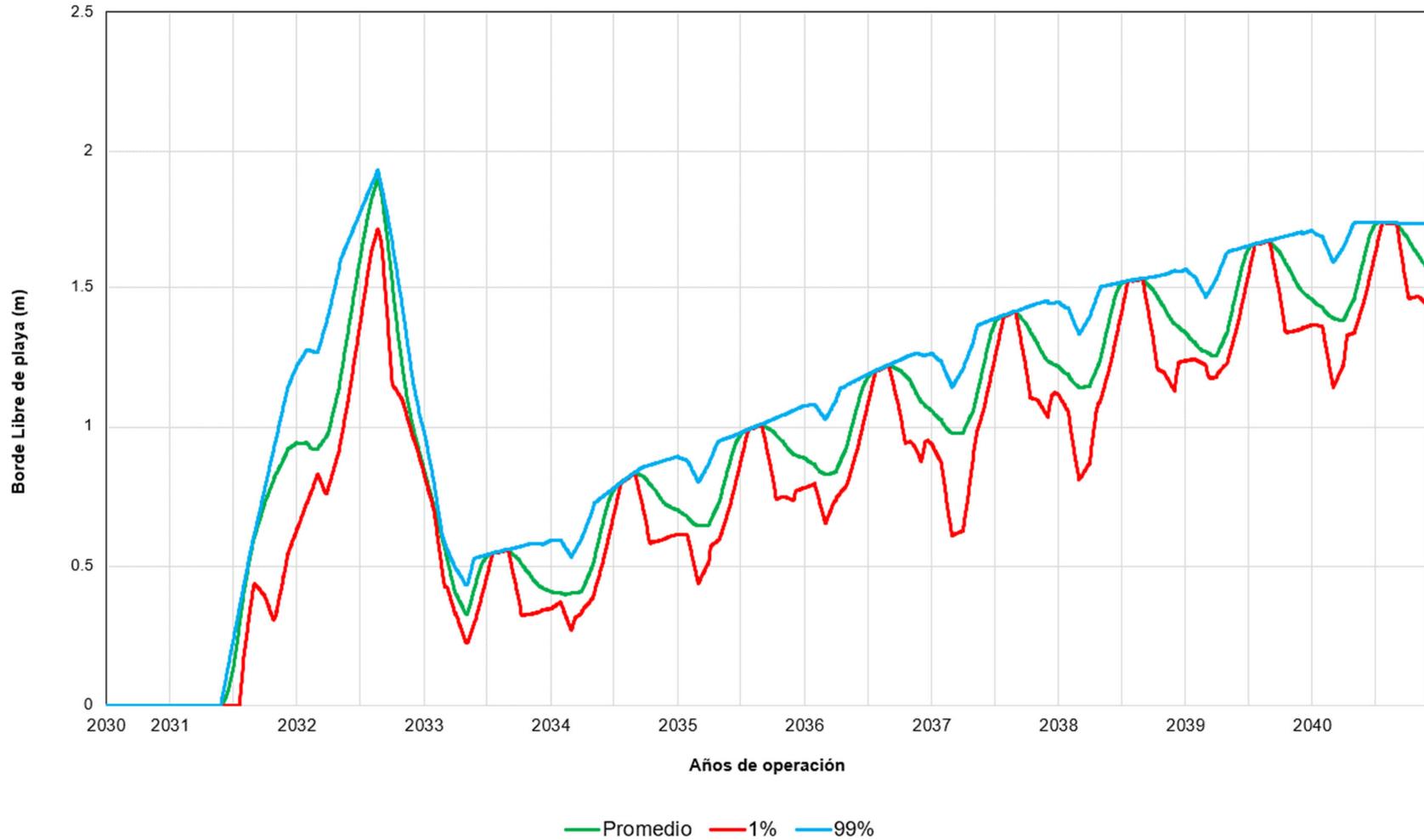


Figura 15: Borde libre de playa para TSF Pampa Larga (distancia entre elevación de relaves en la cara aguas arriba y la elevación de la PMF, 72 horas)

6.0 VERIFICACIÓN DE LA TEMPORADA HÚMEDA

Se llevó a cabo una verificación de las condiciones de operación teniendo en cuenta la precipitación mensual para febrero y marzo con periodo de retorno de 100 años, con los valores correspondientes de 389 y 505 mm, conforme a lo proporcionado por WSP durante el desarrollo del estudio. Esto fue desarrollado modificando la distribución original mensual de la precipitación para años húmedos para obtener estos valores en febrero y marzo, y las mismas condiciones de operación.

La Figura 16 muestra esta verificación para la estimación de los volúmenes de la Poza del TSF, de la cual se concluye que el volumen máximo de la Poza es de 0.65 M-m³ para los resultados de percentil 99. La Figura 17 muestra la distancia desde la Poza hasta la cara aguas arriba de la presa, y se observa que la distancia mínima es 140 m para los resultados de percentil 1 (condición húmeda), sin embargo, esta condición se da por un período de tiempo corto, por tanto, se puede suponer que las condiciones de operación anteriormente indicadas son adecuadas para la verificación en temporada de lluvias.

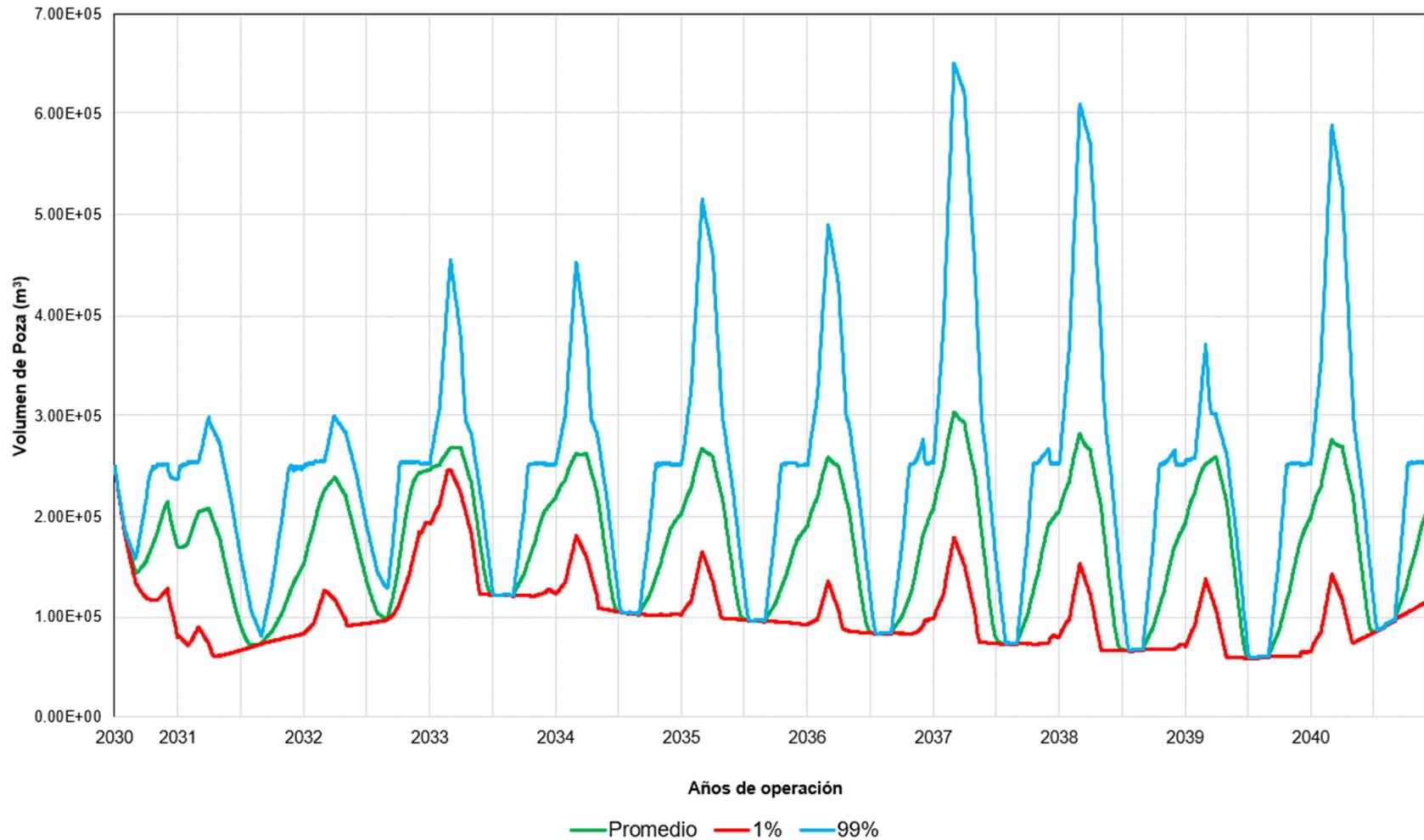


Figura 16: Volúmenes de la Poza del TSF Pampa Larga - Verificación Condición Húmeda

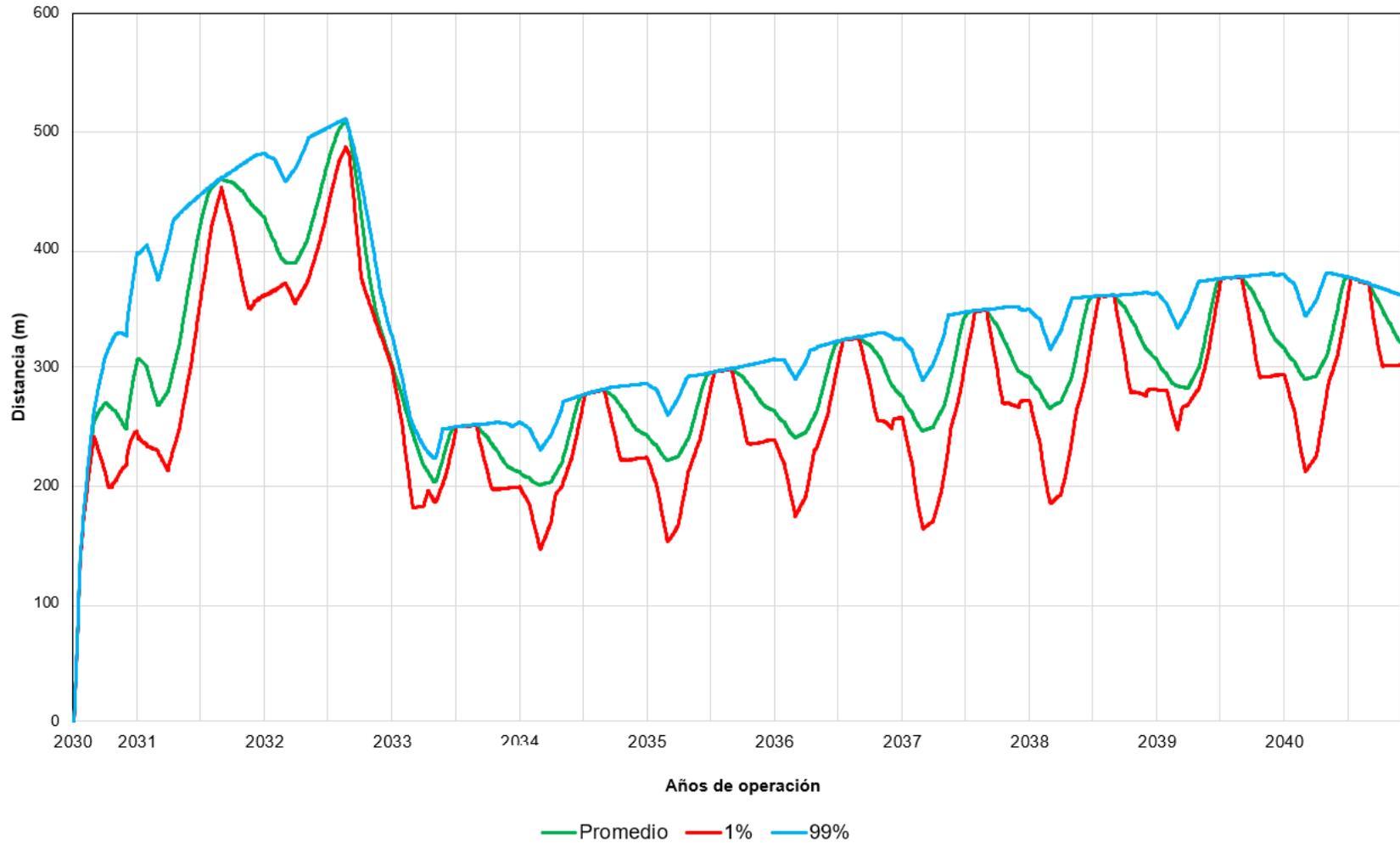


Figura 17: Distancia desde la Poza a la cara aguas arriba de la presa del TSF Pampa Larga – Verificación Condición Húmeda

7.0 VERIFICACIÓN DEL BALANCE DE AGUAS CON PRECIPITACIÓN DIARIA

Se llevó a cabo una verificación de las condiciones de operación teniendo en cuenta el módulo diario de precipitación del modelo GoldSim proporcionado por MYSRL (utilizado para el balance de agua integral de Yanacocha) que usa ingresos de clima diarios.

Este módulo de precipitación diaria se verificó con la precipitación máxima diaria registrada y la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno obtenido del informe climatológico (WSP 2017). Los datos de precipitación máxima de 24 horas de los estudios anteriores también fueron verificados con el informe de balance de agua para cierre (Golder 2018a). Cabe señalar que la verificación del balance de aguas en el TSF con el módulo de clima diario existente fue realizada como una verificación preliminar de las condiciones de la Poza del TSF bajo condiciones de precipitación máxima diaria.

La Figura 18 muestra los resultados para el módulo de clima diario, los datos registrados y los valores estimados en el informe climatológico (WSP, 2017), se observa que la gama de valores generados por el módulo de precipitación diaria representa adecuadamente la precipitación diaria para la Estación Carachugo.

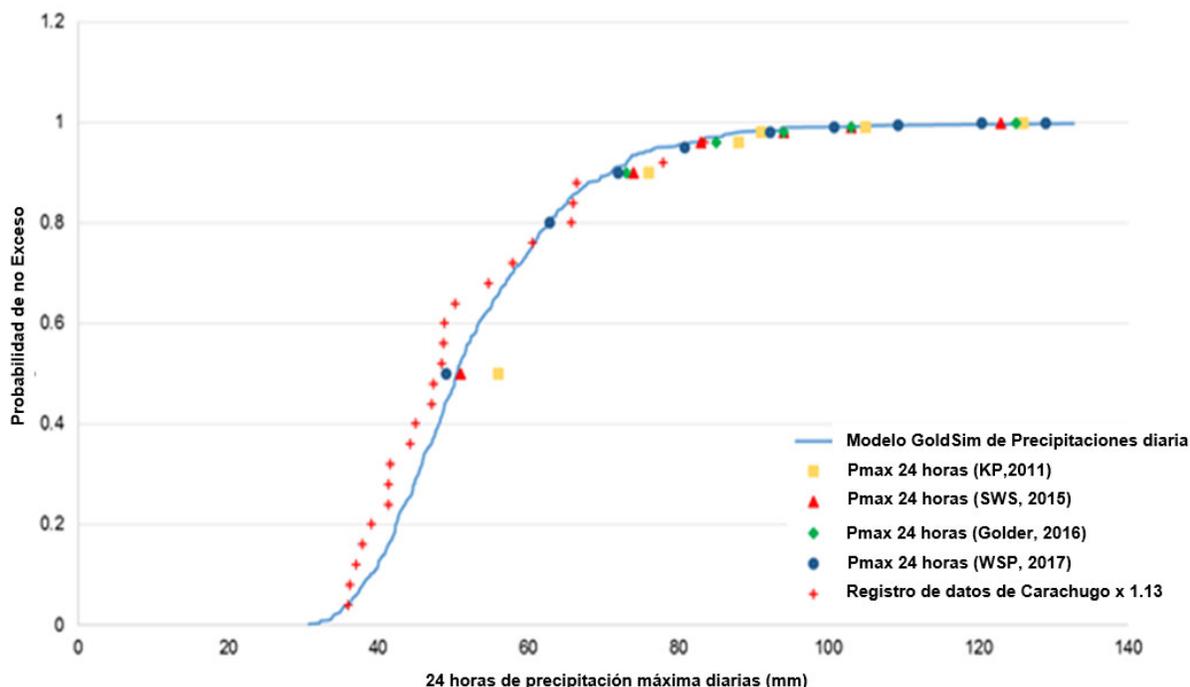


Figura 18: Precipitación Diaria Máxima Registrada y Modelada para la Estación Carachugo

La evaporación de la estación Carachugo fue considerada como un modelo de evaporación diaria estimado a partir de los datos de evaporación diaria promedio en la Estación Carachugo, conforme a lo dispuesto en el módulo GoldSim por MYSRL. La evaporación diaria en el modelo se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Evaporación media diaria por mes en la estación Carachugo utilizada en el modelo GoldSim (MYSRL)

Mes	Evaporación diaria promedio (mm/día)	Desviación estándar de la evaporación diaria (mm/día)
Enero	2.84	2.84
Febrero	2.91	3.00
Marzo	4.74	4.76
Abril	3.67	3.78
Mayo	1.93	2.63
Junio	1.25	1.96
Julio	0.96	0.78
Agosto	0.89	0.73
Septiembre	1.02	1.09
Octubre	2.98	2.56
Noviembre	3.38	3.52
Diciembre	4.25	4.04

El volumen de la Poza para esta verificación se muestra en la Figura 19, el volumen máximo de la Poza es de 0.41 M-m³ para los resultados de percentil 99. La distancia desde la poza hasta la cara aguas arriba de la presa se muestra en la Figura 20, la distancia mínima es de 180 m de los resultados de percentil 1 (condición húmeda). Con este resultado, la estrategia de las condiciones de operación para la Poza puede considerarse adecuada para el manejo de eventos de tormenta diaria sobre la operación de TSF.

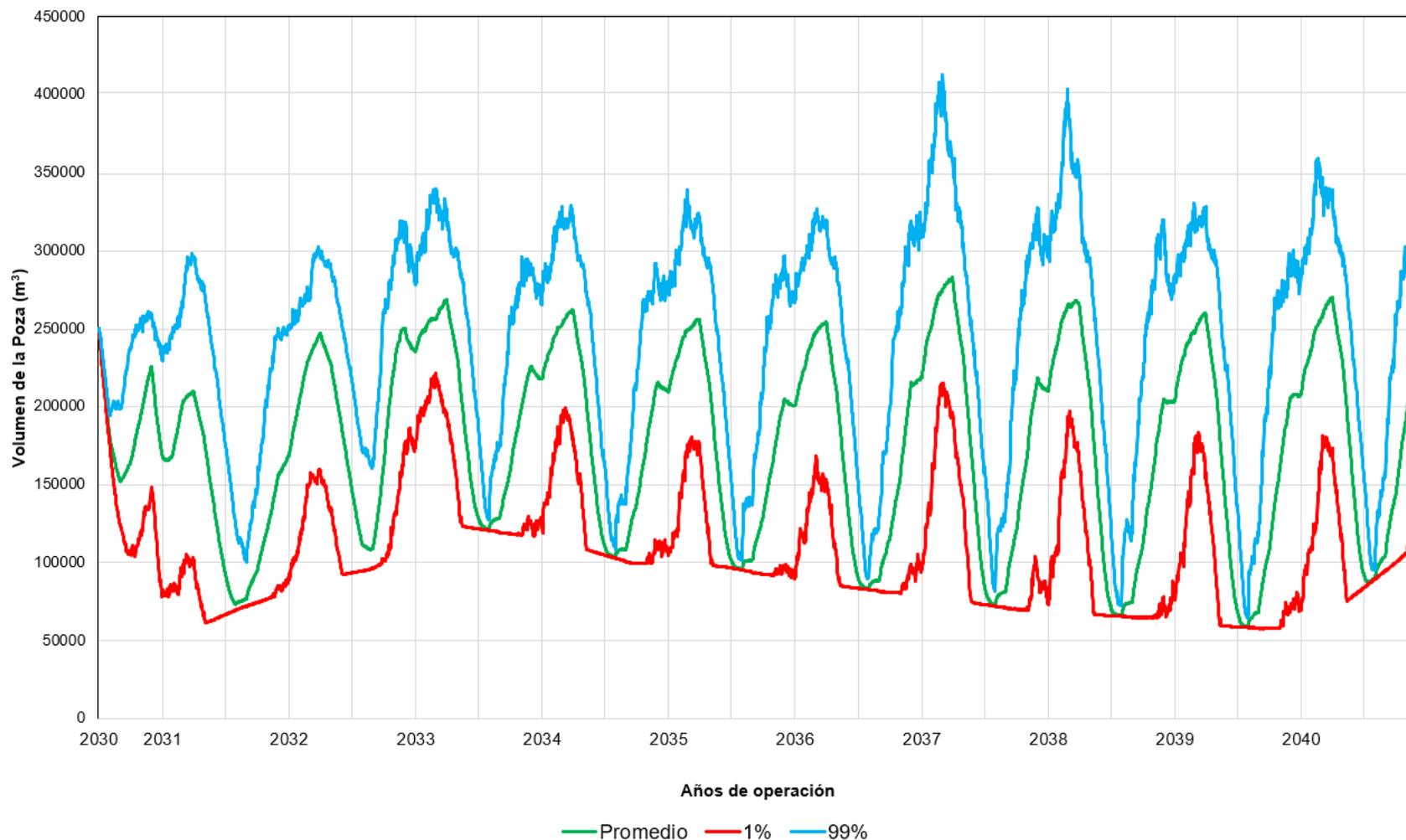


Figura 19: Volúmenes de la Poza TSF de Pampa Larga - Verificación Diaria de Precipitación

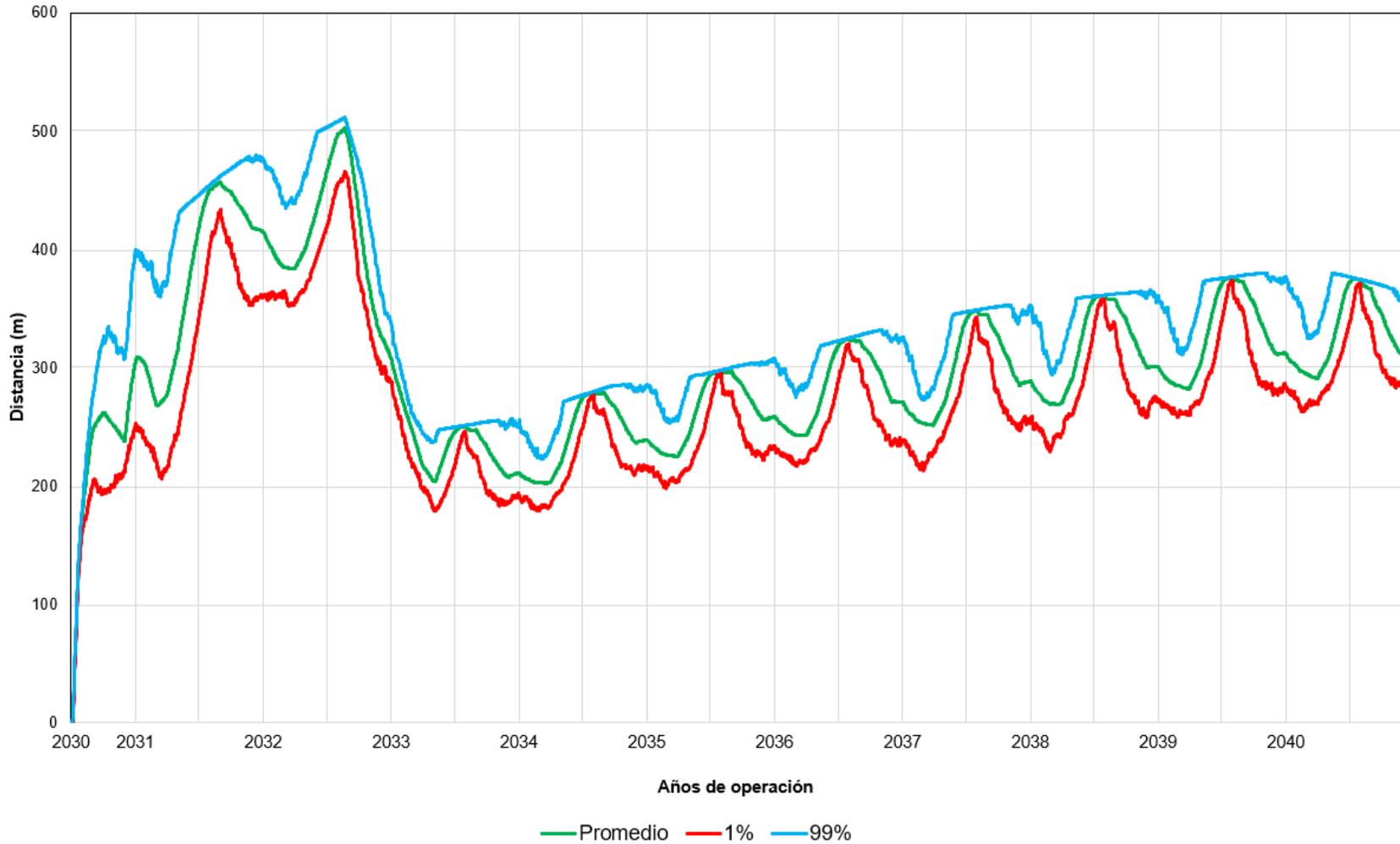


Figura 20: Distancia de la Poza a la Cara aguas Arriba de la Presa de Pampa Larga – Verificación de la Precipitación Diaria

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes conclusiones y recomendaciones son derivadas de los resultados del balance de agua del TSF Pampa Larga:

- El balance de agua del TSF Pampa Larga es positivo, significa que habrá un exceso de volumen de agua para la Poza del TSF, incluso durante la temporada seca. Con el fin de mantener la oferta hídrica, se definieron los siguientes volúmenes de regulación para iniciar la evacuación del exceso de flujo: 0.25 M-m³ durante la temporada húmeda y 0.3 M-m³ durante la temporada seca, esto deberá ser verificado con los requerimientos que establecerá MYSRL en el balance de agua integral para la operación del TSF, en base a la cantidad de agua recuperada requerida para la operación.
- Se establece una capacidad de 245 l/s para el sistema de evacuación de la Poza del TSF para manejar el volumen durante las estaciones húmedas y en condiciones de clima húmedo. Este valor fue considerado y redondeado del flujo mensual máximo en condiciones promedio anuales (244 l/s).
- El modelo se ejecuta utilizando las tasas de exceso de flujo determinado sólo con el fin de manejar el volumen de la poza del TSF dentro de los límites operacionales establecidos. En caso de que la demanda de agua requerida por el proceso sea menor a los caudales de evacuación indicados en el presente estudio, se tendrá una cantidad de agua en exceso en la poza el TSF que deberá ser evacuada hacia otro punto a ser determinado por MYSRL. Finalmente, el modelo tendrá que ser actualizado con el balance de agua general de la mina, donde se definirán los requisitos para la recuperación de agua de la Poza del TSF por MYSRL.
- El balance de agua para el TSF Pampa Larga fue desarrollado teniendo en cuenta que se construirá la Presa de Relaves hasta su altura final antes de que la disposición de relaves inicie, y utiliza los datos operacionales y características geotécnicas de mezcla (relaves cianurados y relaves de flotación) proporcionadas por MYSRL. Cualquier cambio en los datos operacionales o las características geotécnicas del relave o material adicional para ser depositado en el TSF requerirá de una revisión completa del balance del agua del TSF de Pampa Larga.
- La verificación para un periodo de retorno de 100 años para los meses de febrero y marzo considera que la Poza del TSF será manejada bajo los límites operacionales establecidos.
- Se recomienda actualizar los valores de escorrentía en las áreas de TSF para la próxima etapa de diseño.

9.0 REFERENCIAS

- Golder, 2017. Technical Memorandum – Tailings Deposition for Pampa Larga Tailings Storage Facility – Feasibility Study – Leach Pad and Tails Storage Facility Design. Diciembre 2017.
- Golder, 2018a. Technical Memorandum – Water Balance for Pampa Larga Tailings Storage Facility – Yanacocha Sulfides Stage 2b – Feasibility Study. Enero 2018.
- Golder, 2018b. Yanacocha Sulphides Stage 2B - TSF Feasibility Study – Final Report. Junio 2018.
- Golder, 2019. Yanacocha Sulfuros – Actualización del Plan de Disposición de Relaves Pampalarga – Estudio de Factibilidad. Octubre 2019.
- Knigh Piesold, 2017. Yanacocha Sulfides – Stage 2b Feasibility Study - LQ South TSF Expansión 3680. Noviembre 2017.
- Paterson & Cooke, 2018. Yanacocha Tailings Rheology Characterization: Test Work Report. Enero 2018.
- WSP Perú SA, 2017. Estudio Climatológico para la Modificación del EIA Yanacocha Sulfuros. Junio 2017.

10.0 CIERRE

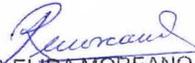
El presente memorando técnico ha sido elaborado por Golder Associates Perú S.A. (Golder) para la Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL) y está basado en la revisión de la información de estudios anteriores vinculados a este proyecto proporcionados por MYSRL y a estudios propios específicos para este fin desarrollados por Golder. La información presentada en este documento debe ser aplicada al área de influencia del TSF Pampa Larga, no debiéndose extrapolar a otras áreas sin la recomendación de Golder.



LUIS ENRIQUE LÓPEZ ARRIOLA
INGENIERO
MECANICO DE FLUIDOS
Reg. CIP N° 138221

Luis López
Ingeniero Senior

LL/RM/le/cn



ROSA ELIDA MOREANO SALAS
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 25811

Rosa Moreano
Gerente de Proyecto

[https://golderassociates.sharepoint.com/sites/116214/project files/5 technical work/2. balance de agua/2. mt/2. rev. 0/1. texto/wb_pampalarga_0.docx](https://golderassociates.sharepoint.com/sites/116214/project%20files/5%20technical%20work/2.%20balance%20de%20agua/2.%20mt/2.%20rev.%200/1.%20texto/wb_pampalarga_0.docx)

ANEXO A

**Plan de Mina – Depósito de
Relaves Pampa Larga**

Noviembre, 2019

Tabla 1
Plan Mina Yanacocha - Depósito de Relaves Pampa Larga
Yanacocha Sulfides Stage 2 Feasibility Study
Minera Yanacocha S.R.L

Parámetros de producción - Pampa Larga		Total	Años de operación										
			Año 1 (Ago-2030)	Año 2 (2031)	Año 3 (2032)	Año 4 (2033)	Año 5 (2034)	Año 6 (2035)	Año 7 (2036)	Año 8 (2037)	Año 9 (2038)	Año 10 (2039)	Año 11 (2040)
Sólidos en planta de procesos	t/h (88% de tiempo operativo)		962	952	965	966	955	988	983	948	931	689	853
	t/año	74,275,968	3,110,000	7,340,000	7,440,000	7,450,000	7,360,000	7,620,000	7,580,000	7,310,000	7,180,000	5,310,000	6,575,968
Agua en relave	t/h (88% de tiempo operativo)		888	879	891	892	881	912	908	875	860	636	787
	t/año	68,562,432	2,870,769	6,775,385	6,867,692	6,876,923	6,793,846	7,033,846	6,996,923	6,747,692	6,627,692	4,901,538	6,070,124
% Sólidos		52%	52%	52%	52%	52%	52%	52%	52%	52%	52%	52%	52%
Producción diaria (t/d)			20,327	20,110	20,384	20,411	20,164	20,877	20,767	20,027	19,671	14,548	18,016
Producción diaria promedio (t/d)		19,573											

Notas:

1. La información mostrada en la Tabla 1 ha sido proporcionada por Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL) en setiembre de 2019.
2. De acuerdo a lo indicado por MYSRL, para el año 1 se ha considerado el inicio de la deposición de relave a partir de agosto de 2030.

Golder Associates


 LUIS ENRIQUE LÓPEZ ARRIOLA
 INGENIERO
 MECANICO DE FLUIDOS
 Reg. CIP N° 138221


 ROSA ELIDA MOREANO SALAS
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 25811

ANEXO B

**Ingresos de Flujo Anuales –
Depósito de Relaves Pampa
Larga**



ANEXO B

Balance de aguas Depósito de relaves Pampa Larga - Ingresos de flujo anuales

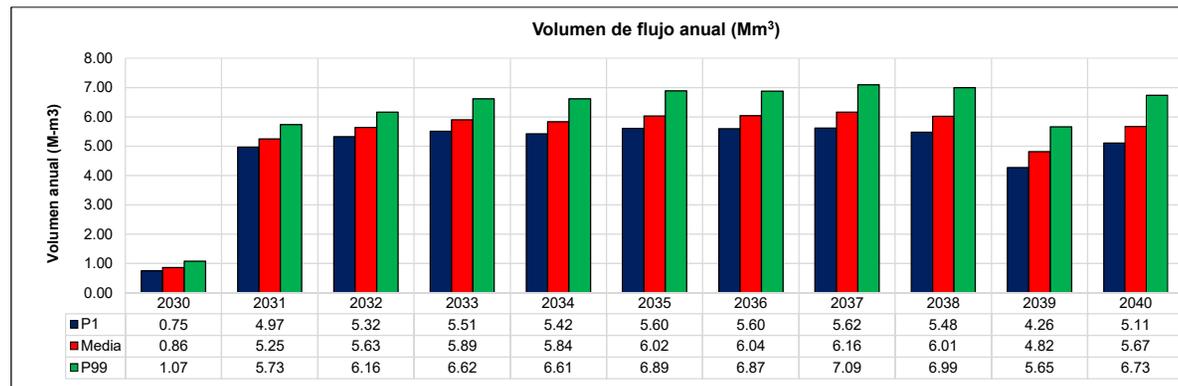
Proyecto :	Balance de aguas del Depósito de relaves Pampa Larga - Yanacocha Sulfides Stage 2 - Feasibility Study	Realizado :	DA
Proyecto N° :	199-415-1602	Revisado :	LL
Ubicación :	Departamento de Cajamarca	Fecha :	07/11/2019
Cliente :	Minera Yanacocha S.R.L.	Rev:	0

Tabla 1. Volumen de flujo anual (M-m³)

Año de operación	Año calendario	Escorrentía a través de playa de relaves			Escorrentía a través del revestimiento del TSF			Agua de relaves			Precipitación hacia la poza			Escorrentía a través de la cara aguas arriba de la presa			Ingresos totales		
		P ₁	Media	P ₉₉	P ₁	Media	P ₉₉	P ₁	Media	P ₉₉	P ₁	Media	P ₉₉	P ₁	Media	P ₉₉	P ₁	Media	P ₉₉
1	2030	0.01	0.02	0.02	0.09	0.16	0.27	0.58	0.58	0.58	0.03	0.06	0.11	0.03	0.05	0.09	0.75	0.86	1.07
2	2031	0.09	0.13	0.18	0.18	0.29	0.48	4.54	4.54	4.54	0.08	0.16	0.32	0.08	0.13	0.22	4.97	5.25	5.73
3	2032	0.17	0.24	0.36	0.17	0.26	0.42	4.78	4.78	4.78	0.11	0.22	0.39	0.08	0.13	0.21	5.32	5.63	6.16
4	2033	0.28	0.40	0.62	0.20	0.31	0.51	4.79	4.79	4.79	0.18	0.31	0.56	0.06	0.09	0.14	5.51	5.89	6.62
5	2034	0.33	0.50	0.79	0.12	0.19	0.33	4.75	4.75	4.75	0.17	0.32	0.62	0.05	0.07	0.13	5.42	5.84	6.61
6	2035	0.38	0.57	0.93	0.08	0.13	0.23	4.92	4.92	4.92	0.16	0.32	0.67	0.05	0.08	0.13	5.60	6.02	6.89
7	2036	0.42	0.64	1.02	0.06	0.09	0.15	4.92	4.92	4.92	0.15	0.31	0.65	0.05	0.07	0.13	5.60	6.04	6.87
8	2037	0.47	0.68	1.00	0.23	0.36	0.59	4.74	4.74	4.74	0.15	0.33	0.69	0.03	0.05	0.07	5.62	6.16	7.09
9	2038	0.48	0.73	1.14	0.19	0.30	0.51	4.67	4.67	4.67	0.14	0.31	0.68	0.00	0.00	0.00	5.48	6.01	6.99
10	2039	0.52	0.80	1.21	0.16	0.25	0.41	3.46	3.46	3.46	0.13	0.31	0.58	0.00	0.00	0.00	4.26	4.82	5.65
11	2040	0.53	0.82	1.36	0.13	0.21	0.37	4.30	4.30	4.30	0.15	0.34	0.71	0.00	0.00	0.00	5.11	5.67	6.73

Notas:

1. P₁: resultados para percentil 1, Media: resultados para año promedio y P₉₉: resultados para percentil 99.
2. De acuerdo a lo indicado por MYSRL, para el año 1 se ha considerado el inicio de la deposición de relave a partir de agosto de 2030.



LUIS ENRIQUE LÓPEZ ARRIOLA
 INGENIERO
 MECANICO DE FLUIDOS
 Reg. CIP N° 138221

ROSA ELIDA MOREANO SALAS
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 25811