

MPX CHILE

PLAN MANEJO DE DEPÓSITO DE CENIZAS PLANTA MPX ENERGÍA

Memoria de Cálculo N° 3406-GEN-MEM-DOC-001-1

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

ARCADIS Geotécnica

Eliodoro Yañez 1893
Providencia, Santiago

APROB. CLIENTE: _____
FECHA: _____

REV.	FECHA	POR	REV.	APROB.	DESCRIPCION
A	05/08/08	PFW	GAO	CC	Coordinación Interna
B					Revisión y Aprobación CLIENTE
0	28/08/08	PFW	GAO	CC	Aprobado CLIENTE
1	15/09/08	PFW	GAO	CC	Aprobado CLIENTE

PLAN MANEJO DE DEPÓSITO DE CENIZAS PLANTA MPX ENERGÍA

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETIVO.....	3
3	ALCANCE	3
4	REFERENCIAS	3
5	ANTECEDENTES DISPONIBLES	3
	5.1 CLIMA	3
	5.2 SONDAJES.....	4
	5.3 TOPOGRAFÍA.....	4
6	METODOLOGIA UTILIZADA.....	4
	6.1 RELACIONES EMPLEADAS PARA CRECIDAS DE TIPO PLUVIAL.....	4
	6.1.1 Fórmula Racional	4
	6.1.2 Método DGA-AC	6
	6.1.3 Verni-King	6
	6.1.4 Verni-King Modificado	7
7	CÁLCULO DE LOS CAUDALES APORTANTES	7
	7.1 CUENCA APORTANTE A PLATAFORMA.....	9
	7.2 DRENAJE PLATAFORMA.....	11
8	HIDROGEOLOGÍA.....	12
9	CONCLUSIONES.....	13

1 INTRODUCCIÓN

La empresa MPX Energía tiene considerada la instalación de una central termoeléctrica en Punta de Cachos, al sur de Caldera en la III Región de Atacama. El proyecto consiste en la instalación de seis unidades de 350 MW de generación a carbón.

La combustión de carbón para la generación de electricidad genera un subproducto del proceso, que son las cenizas. Este subproducto genera la necesidad de crear un acopio de cenizas en algún lugar cercano a la Central Termoeléctrica. El sitio para el acopio de cenizas se encuentra definido por MPX Energía, al sur oriente de la Central.

2 OBJETIVO

El objetivo del presente informe es determinar los caudales superficiales afluentes al depósito de cenizas y en base a la información disponible establecer las características hidrogeológicas del suelo en el sector de emplazamiento de éste.

3 ALCANCE

En este informe se determinan los caudales afluentes al para el depósito de cenizas y aquéllos que escurren por sobre éste.

4 REFERENCIAS

- Dirección Meteorológica de Chile, www.meteochile.cl
- Cartas IGM PSAD 56, escala 1:50.000
- Precipitaciones máximas en 1, 2 y 3 días. DGA, 1991
- Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica. DGA, 1995
- Mapa Hidrogeológico de Chile. DGA, 1972

5 ANTECEDENTES DISPONIBLES

5.1 CLIMA

El clima del sector costero de la tercera región corresponde a Clima Desértico con Nublados Abundantes. Dicho clima se encuentra presente en todo el sector costero de la región y penetra hasta las proximidades de Copiapó y Vallenar ya que el relieve no presenta barreras a la influencia marítima. Se caracteriza por abundante y densa nubosidad que se presenta durante la noche y disipa durante la mañana, a veces acompañada de intensas nieblas y lloviznas. Esto también define una alta cantidad de días nublados y pocos días despejados.

La influencia oceánica produce un régimen térmico moderado con poca amplitud térmica tanto diaria como anual.

Las precipitaciones son mayormente de tipo frontal y ocurren casi exclusivamente en invierno. En Chañaral las precipitaciones acumuladas anuales son del orden de los 12 mm, en Caldera son del orden de los 27 mm y en el Totoral 32 mm al año.

5.2 SONDAJES

Los sondeos realizados por la empresa Petrus arrojan que en la zona de emplazamiento del depósito de cenizas existe arena sin presencia del nivel freático. El detalle se encuentra en el informe de Petrus de Mecánica de Suelos, Central Termoeléctrica Hacienda Castilla, III Región, 2921-ING-639/2008.

5.3 TOPOGRAFÍA

La topografía a utilizar para la determinación de las áreas aportantes corresponde Cartas del Instituto Geográfico Militar, IGM, en escala 1:50.000, PSAD 56, con curvas cada 50 m.

Para el diseño más detallado del depósito y sus obras, se cuenta con un levantamiento topográfico, el cual abarca una superficie aproximada de 750 há en escala 1:2.000 con curvas de nivel cada 2 m. El sector del levantamiento posee una superficie de 500 m de largo y 1.500 de ancho.

6 METODOLOGIA UTILIZADA

Dado que en el sector del depósito de cenizas no existen estaciones de control fluviométrico cercanas, se utilizarán fórmulas de cálculo indirecto para estimar los caudales de crecida en la quebrada afluente al sector donde se emplazará el depósito de cenizas.

6.1 RELACIONES EMPLEADAS PARA CRECIDAS DE TIPO PLUVIAL

Las relaciones de cálculo que en adelante se detallan corresponden a aquellas que son recomendadas en el "Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica" de la DGA (1991).

6.1.1 Fórmula Racional

Este método permite estimar el caudal instantáneo máximo según la expresión siguiente:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

Donde:

- Q Caudal instantáneo máximo de período de retorno T (m³/s)
- C Coeficiente de escorrentía

- I Intensidad media de la lluvia asociada al período de retorno T y a una duración igual al tiempo de concentración (t_c) de la cuenca (mm/hr)
A área pluvial aportante (km^2)

Para la evaluación del tiempo de concentración (t_c), se utiliza la fórmula del California Highways and Public Works de EE.UU.:

$$t_c = 0,95 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Donde:

- t_c Tiempo de concentración de la Cuenca (h)
L Longitud del cauce Principal (km)
H Desnivel máximo de la cuenca (m)

Dado que la información pluviométrica disponible corresponde a los planos de isoyetas de 24 h de duración obtenidas del estudio "Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días" (DGA-MOP, 1991), resulta necesario transformar la precipitación de manera tal de obtener un valor asociado al tiempo de concentración t_c . Para ello se emplearon los coeficientes de duración (CD_t) obtenidos del estudio "Relaciones Intensidad-Duración Frecuencia Generalizadas" (Varas y Sánchez, VI Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica, 1993) aplicando la siguiente relación:

$$P_t^T = CD_t \cdot P_{24}^T$$

Donde:

- P_t^T Precipitación de período de retorno T, asociada a una duración t horas (mm).

En el caso de no ser posible utilizar estos coeficientes, se empleó la fórmula de Grunsky, cuya expresión se indica a continuación:

$$I_t^T = I_{24}^T \sqrt{\frac{24}{t}}$$

Donde:

- I_t^T Intensidad media de período de retorno T y duración t (mm/h)
t Duración de la lluvia (h)

6.1.2 Método DGA-AC

A partir de la ubicación geográfica de la cuenca, la precipitación máxima en 24 horas, la precipitación media anual y del área de drenaje, se determina la zona homogénea a la cual pertenece la cuenca, de acuerdo a la sectorización indicada en el Manual de cálculo del estudio AC-DGA (1995).

Una vez identificada la zona homogénea, se selecciona la curva de frecuencia adimensional correspondiente ($Q(T) / Q(10)$), en que $Q(T)$ corresponde al caudal medio diario máximo asociado a un período de retorno de T años y $Q(10)$ corresponde al caudal medio diario máximo asociado a un período de retorno de 10 años.

Posteriormente, se determina el caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años ($Q(10)$), estimado con la siguiente relación, válida para la IIIª y IVª Regiones.

$$Q(10) = 1,94 \cdot 10^{-7} A_p^{0,776} (P_{24}^{10})^{3,108}$$

Donde:

$Q(10)$ Caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años (m^3/s)

A_p Área pluvial de la cuenca (km^2)

P_{24}^{10} Precipitación diaria máxima de período de retorno 10 años (mm).

Con el valor $Q(10)$ y la curva de frecuencia adimensional $Q(T)/Q(10)$ se determina $Q(T)$ para cada período de retorno de interés el caudal medio diario máximo, el que al ser afectado por un factor α característico de la zona homogénea para el período pluvial, permite estimar el caudal instantáneo máximo, $Q_{IM}(T)$.

$$Q_{IM}(T) = \alpha \cdot Q(T)$$

6.1.3 Verni-King

Este método permite estimar el caudal instantáneo máximo de cuencas sin control fluviométrico asociado a una precipitación máxima en 24 hrs. La expresión de esta fórmula es la siguiente:

$$Q(T) = 0,00615 \cdot (P_{24}(T))^{1,24} \cdot A^{0,88}$$

Donde:

$Q(T)$ Caudal instantáneo máximo de período de retorno de T (m^3/s).

$P_{24}(T)$ Precipitación máxima en 24 hrs, asociada a un período de retorno T (mm).

A Área pluvial aportante (km^2).

6.1.4 Verni-King Modificado

En el estudio de “Análisis de Eventos Hidrometeorológicos Extremos en el País” se propuso una modificación a la fórmula de Verni-King. La Fórmula es la siguiente:

$$Q(T) = C(T) \cdot 0,00618 \cdot P_{24}(T)^{1,24} \cdot A_p^{0,88}$$

Donde:

Q(T) Caudal instantáneo máximo asociado a un período de retorno de T (m³/s)

P₂₄(T) Precipitación máxima en 24 hrs, asociada a un período de retorno T (mm)

A_p Área pluvial de la cuenca (Km²)

C(T) Coeficiente empírico de ajuste y calibración

El coeficiente empírico de ajuste y calibración se calcula a partir del coeficiente C (10), que es variable de acuerdo a la región en que se encuentre la cuenca analizada y de una curva de frecuencia C (T)/C (10), también dependiente de la región.

7 CÁLCULO DE LOS CAUDALES APORTANTES

La plataforma que contiene las cenizas se ubica al sur oriente de la Central Termoeléctrica, en una ladera, cercana a la cumbre de un cerro. Esta plataforma posee elevaciones aproximadas de entre 3 m y 30 m en sus lados nor oriente y sur poniente, respectivamente. En la Figura 7.1 se muestra la plataforma de depósito de cenizas de la Central Termoeléctrica.

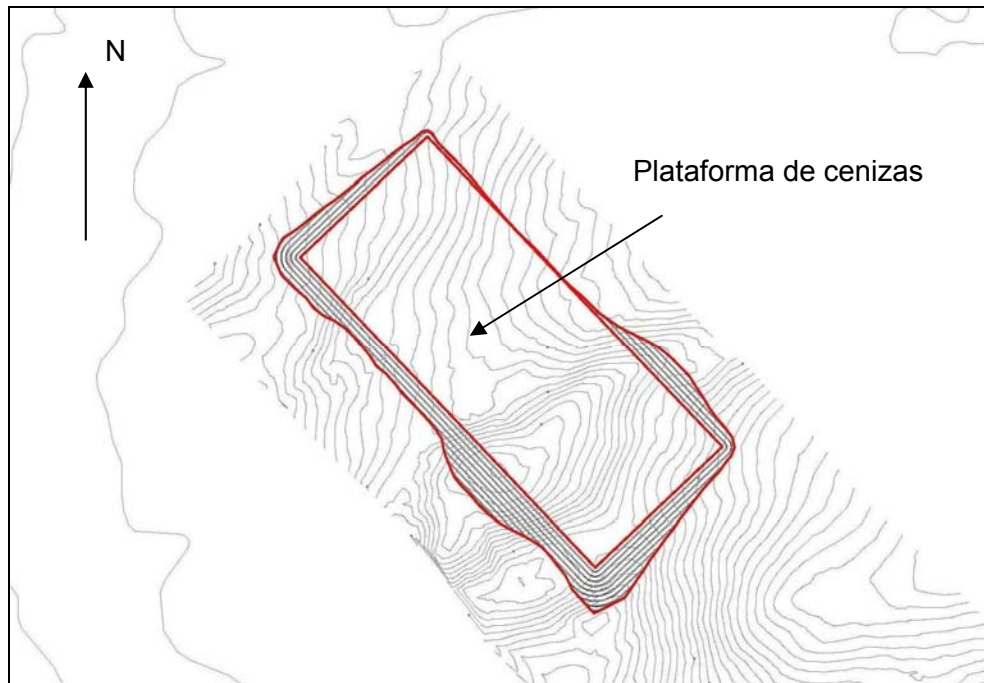


Figura 7.1 Disposición preliminar de la Plataforma de cenizas

Al emplazar la plataforma en el sitio definido, se modifica la cuenca aportante natural afluyente al depósito. Esta cuenca se considera ahora sólo hasta el talud sur oriente de la plataforma, ya que en esta zona la plataforma posee una altura mayor a la del terreno natural. Esto último genera la disminución de la cuenca aportante al área que drena sus aguas hacia el depósito de cenizas. Por otro lado, debe considerarse el drenaje de la plataforma, y para ello se deben considerar las aguas que caen sólo sobre ella.

7.1 CUENCA APORTANTE A PLATAFORMA

Para este caso, el área aportante se muestra en la Figura 7.2.

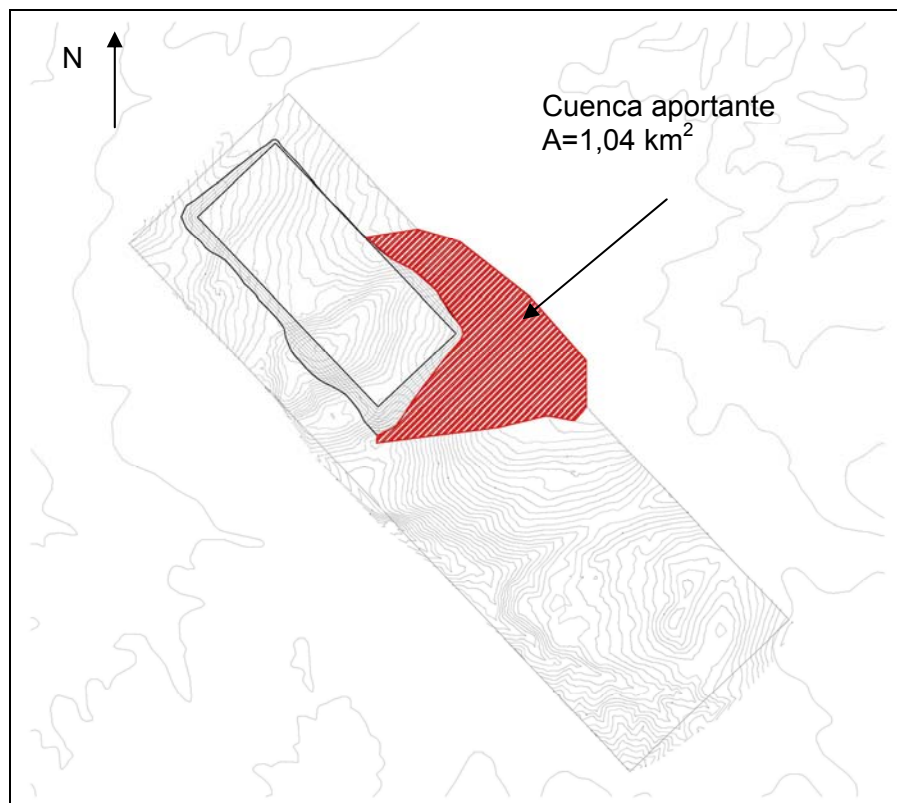


Figura 7.2 Cuenca aportante afluente al depósito de cenizas

En la Figura 7.3 se muestran las isoyetas del sector (Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días de la DGA) y se determina un valor de 35 mm como base para la precipitación en 24 h para un periodo de retorno de 10 años.

Los datos básicos para el cálculo de los caudales a partir de las fórmulas expuestas en la sección anterior son:

- Área aportante pluvial: 1,04 km²
- Área aportante nival: 0 km²
- Longitud del cauce principal, L = 1,4 km
- Desnivel, H = 50 m
- Tiempo de concentración, $t_c = 0,3$ h
- $Pp_{24}^{10} = 35$ mm

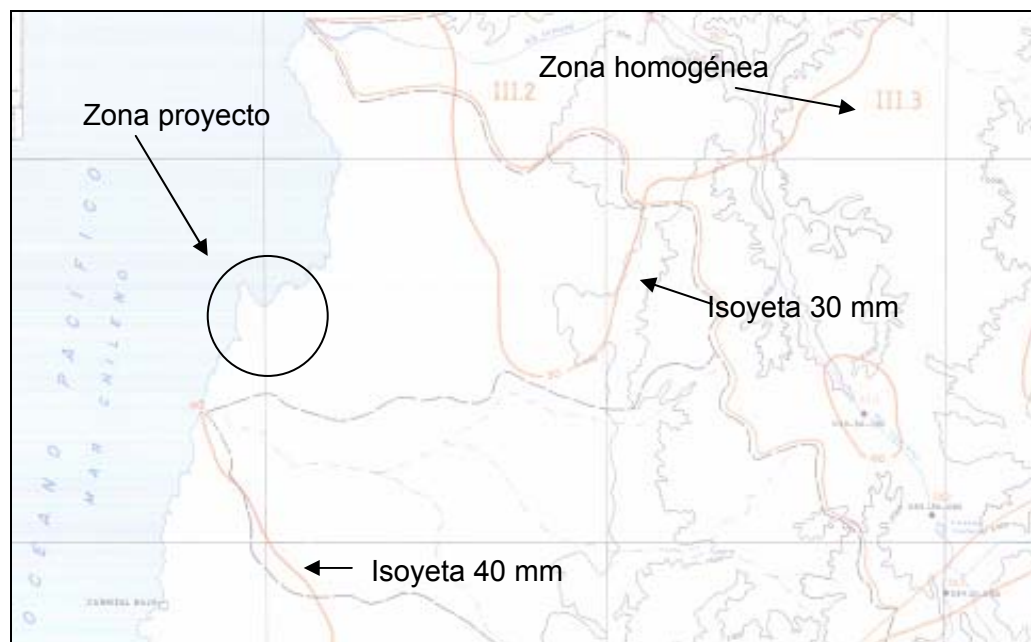


Figura 7.3 Isoyetas y zona homogénea sector proyecto

Luego, de Precipitaciones máximas en 1, 2 y 3 días se obtiene que para la zona homogénea III.3 (Los Loros) la precipitación es la que se muestra en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1 Precipitación para diferentes periodos de retorno

Período de retorno T(años)	Coefficiente de Frecuencia CF	Precipitación (mm)
2	0,352	12
5	0,738	26
10	1,000	35
20	1,252	44
50	1,575	55
100	1,817	64

La Tabla 7.2 muestra los resultados obtenidos para cada una de las fórmulas empíricas propuestas. El Anexo 1 presenta el detalle del cálculo.

Tabla 7.2 Caudales determinados para la cuenca aportante a la plataforma

T (años)	Crecidas Pluviales (m ³ /s)			Caudal (l/s)		Q diseño adoptado (l/s)
	Verni- King Modificado	Racional	DGA-AC	Promedio	Máximo	
2	0,00	0,01	0,01	6,1	7,9	8
5	0,01	0,02	0,02	15,6	20,2	20
10	0,01	0,02	0,04	25,9	38,8	39
20	0,02	0,03	0,07	41,2	68,6	69
50	0,03	0,05	0,14	71,8	136,4	136
100	0,04	0,06	0,22	106,6	220,9	221

En esta tabla, la columna de la derecha entrega el caudal de diseño adoptado, que corresponde al caudal máximo en cada caso. Para un periodo de retorno de 100 años, el caudal de diseño es de 221 l/s.

7.2 DRENAJE PLATAFORMA

Para el caso del drenaje de la plataforma la superficie a sanear es la superficie misma de la plataforma. Los datos básicos de cálculo son:

- Área aportante pluvial: 1,25 km²
- Área aportante nival: 0 km²
- Longitud del cauce principal, L = 1,75 km
- Desnivel, H = 37,2 m
- Tiempo de concentración, tc = 0,5 h
- Pp₂₄¹⁰ = 35 mm

Los caudales generados a partir de los datos anteriores son los que se muestran en la Tabla 7.3. El detalle de cálculo se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 7.3 Caudales de diseño determinados sobre plataforma

T (años)	Crecidas Pluviales (m ³ /s)			Caudal (l/s)		Q diseño adoptado (l/s)
	Verni- King Modificado	Racional	DGA-AC	Promedio	Máximo	
2	0,00	0,01	0,01	6,5	8,0	8
5	0,01	0,02	0,02	16,8	23,2	23
10	0,02	0,02	0,04	28,2	44,6	45
20	0,02	0,03	0,08	45,1	79,0	79
50	0,04	0,05	0,16	79,4	157,0	157
100	0,05	0,06	0,25	118,8	254,3	254

A partir de la tabla anterior, para un periodo de retorno de 100 años, el caudal de diseño es de 254 l/s.

8 HIDROGEOLOGÍA

La zona de Punta de Cachos se ubica entre los ríos Huasco y Copiapó, en la tercera región de Atacama. Es una zona costera desértica, de baja precipitación anual. La Figura 8.1 muestra el mapa hidrogeológico de la zona.

El mapa hidrogeológico muestra que el sector de Punta de Cachos es de permeabilidad primaria, en formación porosa. Corresponde a suelos de depósitos no consolidados y rellenos, sedimentos fluviales, glaciales, aluviales, lacustres, aluvionales, eólicos, de permeabilidad y calidad química variables. Son los acuíferos más conocidos y explotados del país.

Además, el mapa hidrogeológico de la zona no evidencia presencia de pozos, vertientes, zonas de surgencias, ni corrientes de aguas superficiales ni subterráneas. Sólo existen escurrimientos eventuales en la quebrada El Totoral, al sur del depósito.

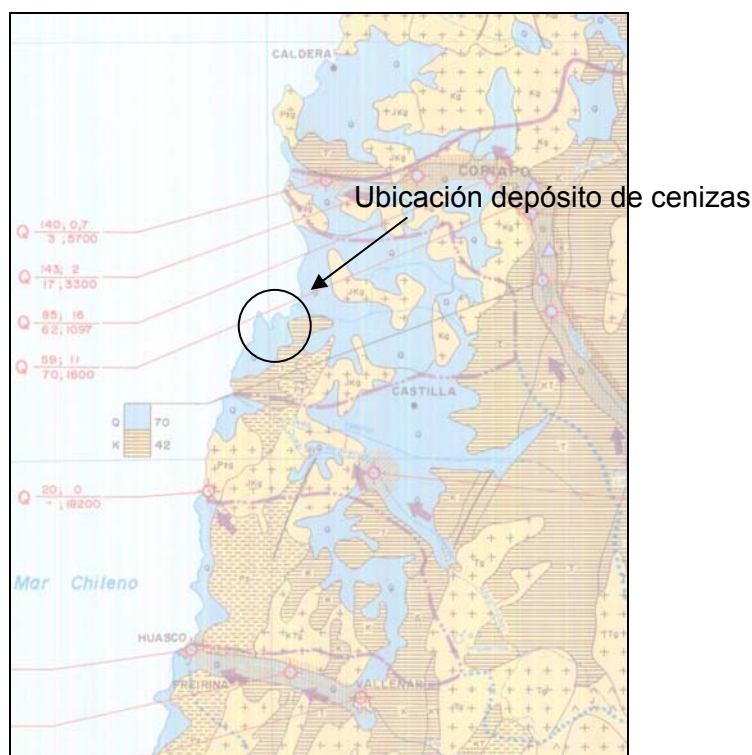


Figura 8.1 Mapa hidrogeológico de la zona

De acuerdo a los sondajes realizados como parte del presente estudio proporcionados por el cliente, la napa de aguas subterráneas se ubica en esta zona a una profundidad mayor a los 40 m (profundidad de la prospección). Esto implica que el drenaje de la plataforma no interfiere con ésta, ya que no existe recarga del acuífero producto de las escorrentías de aguas en el depósito ni zonas de surgencias que incorporen aguas subterráneas al saneamiento del depósito en cuestión. Por otro lado, en dichos sondajes se determinó que el material existente en la zona es arena cementada de alta compacidad.

9 CONCLUSIONES

El depósito de cenizas se emplaza en una zona ubicada al sur oriente de la Central termoeléctrica, sector con características áridas, con bajas precipitaciones anuales. Se encuentra entre los ríos Copiapó y Huasco y no recibe aportes de aguas superficiales de ríos que fluyen por el sector. La quebrada El Totoral sólo posee escurrimientos eventuales, no permanentes.

Los caudales de diseño asociados a un periodo de retorno de 100 años corresponden a un caudal de diseño de 221 l/s para la cuenca aportante afluyente al depósito, en tanto, sobre plataforma del depósito de cenizas el caudal de diseño es de 254 l/s.

De acuerdo a los antecedentes obtenidos de los pozos, en la zona de emplazamiento del depósito de cenizas la napa de aguas subterráneas se encuentra a una profundidad mayor a los 40 m, con lo cual no existe recarga desde ni hacia ella.

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES APORTANTES AFLUENTES AL SECTOR DEL DEPÓSITO DE CENIZAS

Anexo 1: Drenaje cuenca aportante

- Método Verni – King Modificado

T (años)	P (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q (m ³ /s)
2	12	0,027	0,9	0,02	0,00
5	26	0,027	0,95	0,03	0,01
10	35	0,027	1	0,03	0,01
20	44	0,027	1,1	0,03	0,02
50	55	0,027	1,23	0,03	0,03
100	64	0,027	1,32	0,04	0,04

- Método DGA – AC

T (años)	PP(T=10) (mm)	Q(10) (m ³ /s)	Q(T)/Q(10) Zona Fp	Q(T) (m ³ /s)	α	Qmi(T) (m ³ /s)
2	35	0,012626	0,18	0,00	3,07	0,01
5	35	0,012626	0,52	0,01	3,07	0,02
10	35	0,012626	1	0,01	3,07	0,04
20	35	0,012626	1,77	0,02	3,07	0,07
50	35	0,012626	3,52	0,04	3,07	0,14
100	35	0,012626	5,7	0,07	3,07	0,22

- Fórmula Racional

T (años)	P (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Cd	i (mm/h)	Q (m ³ /s)
2	12	0,009	0,9	0,0081	0,085	3,3	0,01
5	26	0,009	0,95	0,0086	0,085	7,0	0,02
10	35	0,009	1	0,0090	0,085	9,5	0,02
20	44	0,009	1,1	0,0099	0,085	11,9	0,03
50	55	0,009	1,23	0,0111	0,085	15,0	0,05
100	64	0,009	1,32	0,0119	0,085	17,3	0,06

ANEXO 2

DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES SOBRE EL DEPÓSITO DE CENIZAS

Anexo 2: Drenaje plataforma

- Método Verni – King Modificado

T (años)	P (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q (m ³ /s)
2	12	0,027	0,9	0,02	0,00
5	26	0,027	0,95	0,03	0,01
10	35	0,027	1	0,03	0,02
20	44	0,027	1,1	0,03	0,02
50	55	0,027	1,23	0,03	0,04
100	64	0,027	1,32	0,04	0,05

- Método DGA – AC

T (años)	PP(T=10) (mm)	Q(10) (m ³ /s)	Q(T)/Q(10) Zona Fp	Q(T) (m ³ /s)	α	Qmi(T) (m ³ /s)
2	35	0,014531	0,18	0,00	3,07	0,01
5	35	0,014531	0,52	0,01	3,07	0,02
10	35	0,014531	1	0,01	3,07	0,04
20	35	0,014531	1,77	0,03	3,07	0,08
50	35	0,014531	3,52	0,05	3,07	0,16
100	35	0,014531	5,7	0,08	3,07	0,25

- Fórmula Racional

T (años)	P (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Cd	i (mm/h)	Q (m ³ /s)
2	12	0,009	0,9	0,0081	0,096	2,6	0,01
5	26	0,009	0,95	0,0086	0,096	5,5	0,02
10	35	0,009	1	0,0090	0,096	7,5	0,02
20	44	0,009	1,1	0,0099	0,096	9,3	0,03
50	55	0,009	1,23	0,0111	0,096	11,7	0,05
100	64	0,009	1,32	0,0119	0,096	13,6	0,06