

INTREPID MINERALS CORPORATION

**PROYECTO CASPOSO
INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL
ETAPA DE EXPLOTACIÓN**

**ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA
EN 24 HRS Y CÁLCULO DE PMP
(Ref. No. SA202-00133/1-4)**

Preparado para:

Intrepid Minerals Corporation

Knight Piésold Argentina Consultores S.A.

25 de Mayo 234 (Oeste)-Capital San Juan, Argentina

Fono: 0054-262-421 0014

E-mail: sanjuan@knightpiesold.com

Knight Piésold
CONSULTING

**INTREPID MINERALS CORPORATION
PROYECTO CASPOSO
INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL
ETAPA DE EXPLOTACIÓN**

**ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS
(Ref. No. SA202-00133/1-4)**

CONTENIDO

SECCIÓN 1.0 – INTRODUCCIÓN	1
SECCIÓN 2.0 – ESTACIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO	2
SECCIÓN 3.0 – HIPÓTESIS DE TRABAJO	3
SECCIÓN 4.0 – ANÁLISIS DE CONCURRENCIA Y GRADIENTE DE ALTURA	4
SECCIÓN 5.0 – ANÁLISIS DE FRECUENCIA	5
SECCIÓN 6.0 – CÁLCULO DE PMP	7
SECCIÓN 7.0 – RESULTADOS	8

FIGURAS

Figura 2.2-1	Variación de la Precipitación con la Altura
Figura 2.2-2	Análisis de Frecuencia Distribución Normal
Figura 2.2-3	Análisis de Frecuencia Distribución Pearson
Figura 2.2-4	Análisis de Frecuencia Distribución Gumbel
Figura 2.2-5	Análisis de Frecuencia Distribución Log-Normal
Figura 2.2-6	Análisis de Frecuencia Distribución Log-Pearson

MAPAS

Mapa 2.2-1	Esquema Ubicación Estaciones de Precipitación
------------	---

INTREPID MINERALS CORPORATION
PROYECTO CASPOSO
INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL
ETAPA DE EXPLOTACIÓN

ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

SECCIÓN 1.0 – INTRODUCCIÓN

La zona de San Juan es una de las regiones más secas de Argentina con una precipitación total anual que en promedio bordea los 80 mm (en la ciudad de San Juan, *Fuente: Servicio Meteorológico Nacional de Argentina*).

En particular, en la zona de Barreal, se encuentra la estación meteorológica Las Cortaderas, que es la más próxima a la zona de proyecto con información disponible. La extensión de los registros abarca el período desde 1989 hasta la fecha. Según estos datos, el promedio de precipitaciones en la zona alcanza los 64 mm al año.

Para estimar las Precipitaciones Máximas en 24 Horas (P_{24}) será necesario primero realizar un análisis sobre las Precipitaciones Máximas Diarias ($P_{Máx}$ Diaria) en la zona de proyecto asumiendo algunas suposiciones debido a la falta de información en el sector. Estas consideraciones podrán ser re-evaluadas en la medida que se disponga de más información al respecto. Del mismo modo, los resultados aquí obtenidos podrán ser mejorados en la medida que se disponga de mayores antecedentes.

Finalmente, la estimación de las P_{24} a partir de las $P_{Máx}$ Diaria, se realizará aplicando un factor de amplificación. La experiencia en Chile indica que la P_{24} es aproximadamente un 10% mayor que la $P_{Máx}$ Diaria. Considerando esta hipótesis como válida, se determinarán los valores de P_{24} para distintos períodos de retorno.

También se realiza una estimación de la Precipitación Máxima Probable a nivel diario utilizando una metodología de tipo estadística. Luego este valor se extiende para el caso de la PMP en 24 hrs utilizando las hipótesis anteriores.

SECCIÓN 2.0 – ESTACIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio, a la fecha se conoce la existencia de 5 estaciones Meteorológicas que podrían aportar información para el análisis. A continuación se indican sus cotas y período de registro disponible:

- Estación Proyecto Casposo, a 2.330 m s.n.m. (2006)
- Estación Las Cortaderas, a 1.720 m s.n.m., ubicada en el poblado de Barreal. (1989-2006)
- Estación Agrometeorológica Pocito, a 618 m s.n.m., ubicada cerca de San Juan. (2001-2006)
- Estación de la Escuela Aerotécnica de Barreal, a 1.634 m s.n.m. (datos no disponibles)
- Estación San Juan Aeródromo, a 597 m s.n.m. (datos no disponibles)

En el Mapa 2.2-1 se muestra un esquema con su ubicación en la zona.

SECCIÓN 3.0 – HIPÓTESIS DE TRABAJO

Debido a la falta de información respecto de los eventos de precipitación, se utilizarán las siguientes hipótesis para el estudio:

- Para el presente análisis se utilizarán sólo las estaciones con información disponible: Las Cortaderas, Pocito San Juan y Proyecto Casposo.
- Se asumirá que existe un gradiente de precipitaciones en aumento hacia la cordillera en la zona de estudio. Esta suposición se realizó en base a los eventos de precipitación concurrentes observados y que se indican más adelante (Cuadro 4.1-1).
- Si bien en San Juan Pocito se observan precipitaciones totales anuales mayores que en Barreal (Cuadro 5.1-2), esto puede ser causado por dos motivos: las tormentas que ocurren periódicamente en San Juan no llegan hasta la zona de Barreal; o la Estación Las Cortaderas (Barreal) no está midiendo de manera correcta todos los eventos de precipitación.
- Respecto de los eventos de lluvias considerados para determinar el gradiente de precipitación con la altura, se asumió utilizar para el análisis las tormentas completas y no únicamente la precipitación diaria. Así, algunos eventos de precipitación pueden tener más de un único día.
- Se consideró válido extrapolar la P_{máx} diaria de Barreales hasta la zona de Proyecto utilizando el gradiente determinado para las tormentas concurrentes entre Casposo-Pocito y Barreal – Pocito.

SECCIÓN 4.0 – ANÁLISIS DE CONCURRENCIA Y GRADIENTE DE ALTURA

Según se puede extraer de las estadísticas de precipitación diaria en las dos últimas estaciones, son pocos los eventos de precipitación que coinciden en el sector de Barreal con la zona de San Juan (Cuadro 5.1-1). También se puede apreciar que si bien en la zona de Barreal la precipitación total anual es por lo general menor que en San Juan, los valores de Precipitación Máxima Diaria son mayores (Cuadro 5.1-3). Del mismo modo, se puede observar que en la mayoría de los eventos concurrentes a las dos estaciones de precipitación, la estación Barreal registró precipitaciones mayores.

Respecto de la concurrencia entre la estación Casposo y las otras dos, debido a la corta longitud de los registros y a posibles fallas en la medición de precipitación en la estación Las Cortaderas, no se encontraron eventos concurrentes entre Las Cortaderas y la Est. Proyecto Casposo, y sólo se encontraron dos eventos coincidentes entre la estación Pocito y Casposo. Se consideró hacer las comparaciones utilizando el evento completo de lluvia, que en algunos casos pueden llegar a ser de dos días.

Cuadro 4.1-1
Eventos Concurrentes

Estación	Cota (msnm)	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Evento 4	Evento 5	Evento 6
		22-03-2001	05/06-04-2001	17/18-04-2003	22-01-2006	31-01-2006	13-02-2006
Pocito	618	6,3	1,4	3,5	9	1	5,2
Las Cortaderas	1720	9	10	8	16	s/r	s/r
Proyecto Casposo	2330	s/r	s/r	s/r	s/r	3,8	8,2

Considerando la información anterior, se procedió a determinar un gradiente por efecto de la altura para extrapolar los datos del análisis de frecuencia que se indica más adelante sobre la Estación Las Cortaderas hacia la Estación Proyecto Casposo. Para el cálculo del gradiente se utilizó la información de las precipitaciones Casposo – Pocito y Las Cortaderas – Pocito.

Según el gráfico de la Figura 2.2-1, la variación de precipitación con la altura será de aproximadamente 0,38 mm de lluvia cada 100 m en ascenso. Esto significa, que para el caso de determinar los datos de lluvia de Casposo a partir de Las Cortaderas, como la diferencia de cota es 610 m, el aumento en los registros de precipitación será de 2,3 mm.

SECCIÓN 5.0 – ANÁLISIS DE FRECUENCIA

Debido a la incertidumbre que se presenta respecto a la concurrencia de los eventos de precipitación (debido a que no siempre se registra lluvia en ambas estaciones) se decidió utilizar la serie de datos disponibles sin realizar correcciones ni rellenos. En base a esto, se realizó un análisis de frecuencia con los datos de la serie de precipitaciones máximas diarias para el período 1989 – 2005 (el año 2006 sólo dispone de información hasta Agosto) utilizando cinco distribuciones distintas: Normal, LogNormal, Pearson, Log Pearson y Gumbel.

Según los resultados obtenidos, las cinco distribuciones muestran un muy buen ajuste y en todos los casos se cumple con el Test Chi ² (Cuadro 5.1-2). La distribución final seleccionada será la Normal debido a que presenta un mejor ajuste gráfico (se muestra en la Figura 2.2-1). En las Figuras 2.2-2 a 2.2-6 se pueden observar los demás ajustes.

Cuadro 5.1-1**Estación Las Cortaderas**

ESTACIÓN LAS CORTADERAS - BARREAL		
AÑO	PP MÁX DIARIA	TOTAL ANUAL
1989	14,0	49,7
1990	25,0	75,5
1991	15,2	36,6
1992	32,0	86,5
1993	9,5	19,0
1994	29,0	65,3
1995	17,0	82,0
1996	35,0	83,0
1997	35,0	117,0
1998	20,0	38,0
1999	28,0	65,5
2000	27,0	67,0
2001	10,0	46,0
2002	23,0	48,0
2003	20,0	30,0
2004	38,5	85,5
2005	28,0	85,0
2006	16,0	32,0

Cuadro 5.1-2**Estación Pocito**

ESTACIÓN POCITO - SAN JUAN		
AÑO	PP MÁX DIARIA	TOTAL ANUAL
2001	9,5	54,9
2002	12,3	81,3
2003	12,5	34,6
2004	14,0	90,8
2005	24,5	148,6
2006	9,0	27,7

Cuadro 5.1-3
Resultados Ajuste

	Pp Máx Diaria (mm)				
	Normal	Log-Normal	Pearson	Log-Pearson	Gumbel
$\chi^2(\text{calculado})=$	22,66	22,71	22,99	21,86	20,47
$\chi^2(0,05)=$	33,92	33,92	32,67	32,67	33,92
Test	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
$\chi^2(\text{cal})/\chi^2(0,05)$	0,67	0,67	0,70	0,67	0,60

SECCIÓN 6.0 – CÁLCULO DE PMP

Una definición aceptada de la Precipitación Máxima Probable, es que ella representa un evento de lluvia con probabilidad sumamente baja de ser excedido.

Existen principalmente dos grupos de métodos para estimar la PMP: los Hidrometeorológicos, en los que se maximizan las condiciones de humedad atmosféricas en eventos extremos observados y que, por lo tanto, tiene un carácter de máximo o techo infranqueable; y los Estadísticos, que focalizan la atención en la característica de “probable” del evento evaluado.

Para aplicar los del primer grupo son necesarios registros de datos meteorológicos, como por ejemplo temperatura de punto de rocío, dato que no se dispone para este estudio.

Entre los denominados métodos estadísticos, el más aceptado es el de Hershfield. El método se basa en la maximización del factor de recurrencia de la ecuación general de frecuencia propuesta por Chow (Bertoni & Tucci, 1997):

$$PMP = \mu + \phi \cdot \sigma$$

Donde:

PMP: Precipitación Máxima Probable.

μ : media de la serie

σ : desviación estándar de la serie.

ϕ : factor de frecuencia.

El factor de frecuencia ϕ se puede estimar con la serie de N-1 registros y reemplazando la PMP por el valor máximo observado.

Utilizando la información de la serie de Precipitaciones Máximas Diarias, la PMP diaria alcanzaría un valor de 54,0 mm.

SECCIÓN 7.0 – RESULTADOS**7.1 PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA EN ZONA DE PROYECTO**

Del análisis anterior, se pueden resumir los siguientes resultados para los valores de precipitaciones máximas diarias:

Cuadro 7.1-1
Resultados Análisis de Frecuencia

Período de Retorno (Años)	Precipitación Máx Diaria Las Cortaderas (mm) Cota: 1.720 m s.n.m.	Precipitación Máx Diaria Proyecto Casposo(*) (mm) Cota: 2.330 m s.n.m.
2	23,9	26,2
20	38,4	40,7
25	39,4	41,7
50	42,0	44,3
100	44,4	46,7
200	46,7	49,0
500	49,3	51,6
1000	51,2	53,5
PMP	54,0	56,3

(*) Valores estimados a partir de la precipitación máxima diaria en Las Cortaderas, utilizando el gradiente de 0,38 mm/100 m determinado en la Sección 4.0.

7.2 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS EN ZONA DE PROYECTO

La experiencia en Chile indica que la Precipitación Máxima en 24 horas (P_{24}) es aproximadamente un 10% mayor que la Precipitación Máxima Diaria. Considerando esta hipótesis como válida, para los distintos períodos de retorno indicados en el cuadro anterior, se tendrá:

Cuadro 7.2-1
**Precipitaciones Máximas en 24 horas
para distintos Períodos de Retorno**

Período de Retorno (Años)	Proyecto Casposo P_{24} (mm)
2	28,8
20	44,8
25	45,9
50	48,7
100	51,4
200	53,9
500	56,8
1.000	59,9
PMP	61,9

A modo de ejemplo, según el cuadro anterior la Precipitación Máxima en 24 hrs para un período de retorno 100 años, corresponderá a 51,4 mm.

FIGURAS

MAPAS