



# INFORME TÉCNICO

## PLAN DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES

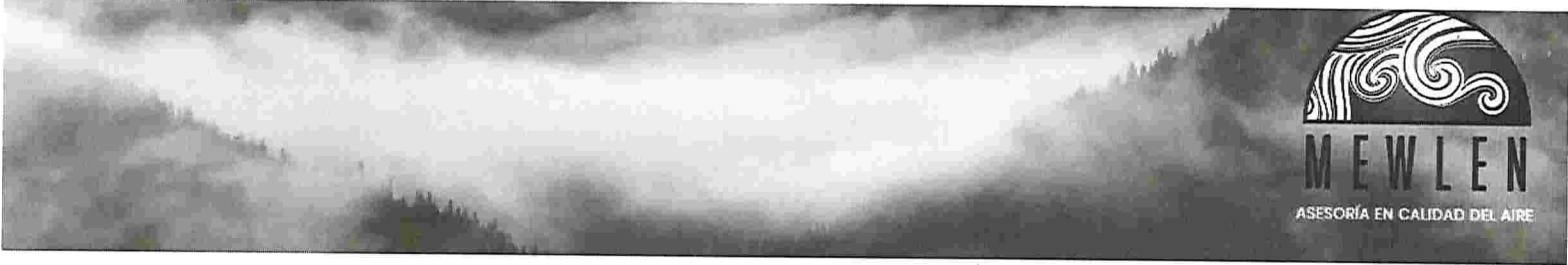
Definición del Mecanismo y Cálculo de la Compensación

Proyecto: Parque Solar Fotovoltaico Barcelona

Cliente: Belén Solar SpA

---

Septiembre de 2021



## Tabla de Contenidos

1	Alcance de la Propuesta .....	¡Error! Marcador no definido.
2	Metodología de Trabajo .....	¡Error! Marcador no definido.
3	Metodología .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1	Revisión Bibliográfica:.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2	Estimación de los niveles de actividad compensatorios .....	9
3.3	Elaboración de Informes Técnicos:.....	¡Error! Marcador no definido.
4	Costos, Plazos y Forma de Pago .....	¡Error! Marcador no definido.



## 1 INTRODUCCIÓN

---

El proceso de evaluación del proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Barcelona" ha determinado la necesidad de desarrollar un Plan de Compensación de Emisiones (En adelante PCE), el cual requiere necesariamente el diseño de una alternativa óptimo desde el punto de vista logístico-operacional que atienda integralmente las disposiciones técnicas indicadas en el instrumento de gestión correspondiente al Plan de Descontaminación Atmosférica de Curicó.

La medida de compensación consistente en la aplicación de una solución estabilizadora en caminos no pavimentados se establece como una solución adecuada dada la capacidad que posee esta tipología de productos en el control de emisiones fugitivas correspondiente a la resuspensión de partículas, con una eficiencia superior al 90% considerando además que las obligaciones que recaen sobre la compensación son relativas a la fase de construcción y cierre del proyecto cuyo desarrollo se prevé para un periodo inferior a 1 año.

El presente informe técnico, presenta la definición del mecanismo compensatorio y el cálculo de la medida ajustado a las referencias metodológicas que existen en las pautas de trabajo según estado del arte.

## 2 IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR

---

**TITULAR** : Belén Solar SpA

**RUT** : 77.048.079-5

**Domicilio** : Av. Vitacura #2909, Of. 418, Las Condes.

**Rep. Legal** : Daniel Reyes Figueroa

**Cédula de Identidad** : 14.293.491-4

**Domicilio** : Avenida Vitacura 2909. Oficina 418

**E-Mail** : daniel@3mw.cl

## 3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

---

### 3.1 Acerca de la Actividad

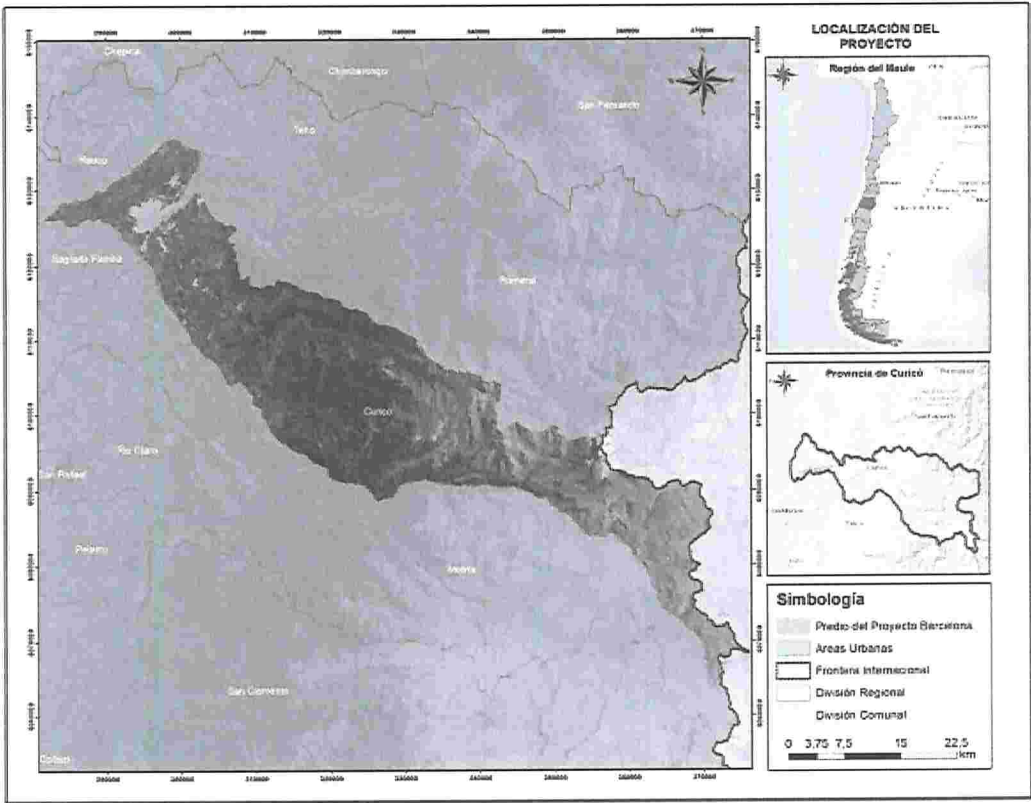
Proyecto consiste en la construcción y operación de una planta de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica, contemplando la instalación de 26.220 paneles solares agrupados eléctricamente en 58 inversores distribuidos (inversores string) de 185kW de potencia nominal cada uno. Físicamente, los paneles son agrupados en soportes con seguidor horizontal monofila con capacidad para 90, 60 y 30 módulos por estructura. Los 58 inversores son distribuidos y conectados de forma equitativa en tres estaciones transformadoras de 0,8/13,2kV y conectados en serie a través de celdas de media tensión. Se contará con un sistema limitador de potencia para asegurar una inyección menor a los 9MWac en el punto de conexión con la empresa distribuidora..

### 3.2 Localización

El Proyecto se localizará en Chile, Región del Maule, Provincia de Curicó, y Comuna homónima. La figura siguiente presenta la localización de las obras e instalaciones del proyecto.



Figura 1. Ubicación del Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Barcelona



Fuente: Declaración de Impacto Ambiental Proyecto Parque Fotovoltaico Barcelona

4 EMISIONES DEL PROYECTO

A continuación, se presenta un resumen de las emisiones del proyecto estimadas en base a factores de Emisión con metodología EPA AP42 compiladas en la "Guía para la Estimación de Emisiones de Proyectos Inmobiliarios para la RM, 2019. MMA "cuyos cálculos fueron ampliamente desarrollados en el proceso de evaluación ambiental del proyecto, y sancionados en su Resolución de Calificación Ambiental R.E N°165/2020 del Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental.

Cabe indicar que se presentan exclusivamente las emisiones correspondientes a la fase de construcción y cierre, para la cual se ha determinado la obligación de compensar.



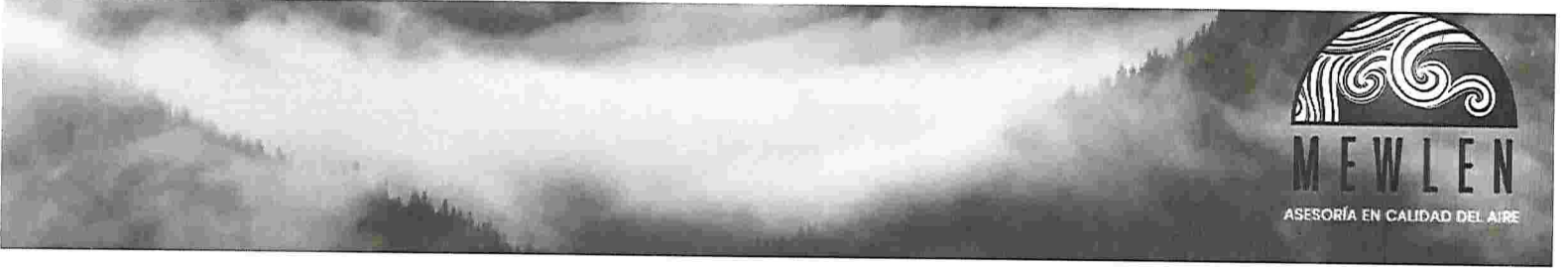


Figura 2. Resumen de Emisiones Fase de Construcción del Proyecto Parque Fotovoltaico Barcelona

CONSTRUCCIÓN	MP	Unidad
Perforaciones	0,1977	ton/año
Escarpe Superficial	0,1437	ton/año
Nivelación	0,0315	ton/año
Compactación	0,1643	ton/año
Excavación	0,3519	ton/año
Carga/Descarga	0,0075	ton/año
Motor maquinaria	0,0345	ton/año
Transito camino pavimentado	0,6191	ton/año
Motor Camino Pavimentado	0,0026	ton/año
Transito camino no pavimentado	0,0626	ton/año
Motor Camino No Pavimentado	0,0001	ton/año
Grupo Electrógeno	0,0446	ton/año
Total Construcción	1,6602	ton/año
COSECHA	MP	Unidad
Motor maquinaria	0,0111	ton/año
Transito camino pavimentado	0,0425	ton/año
Motor Camino Pavimentado	0,0011	ton/año
Transito camino no pavimentado	0,0524	ton/año
Motor Camino No Pavimentado	0,0001	ton/año
Total Cosecha	0,1072	ton/año
TOTAL CONSTRUCCIÓN + COSECHA	1,7674	ton/año

Fuente: Anexo , Adenda Complementaria, DIA Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Barcelona.

Figura 3. Resumen de Emisiones Fase de Cierre del Proyecto Parque Fotovoltaico Barcelona

CONSTRUCCIÓN	MP	Unidad
Perforaciones	0,1977	ton/año
Escarpe Superficial	0,1437	ton/año
Nivelación	0,0315	ton/año
Compactación	0,1643	ton/año
Excavación	0,3519	ton/año
Carga/Descarga	0,0075	ton/año
Motor maquinaria	0,0345	ton/año



CONSTRUCCIÓN	MP	Unidad
Transito camino pavimentado	0,6191	ton/año
Motor Camino Pavimentado	0,0026	ton/año
Transito camino no pavimentado	1,2517	ton/año
Motor Camino No Pavimentado	0,0001	ton/año
Grupo Electrógeno	0,0446	ton/año
Total Cierre	2,8492	ton/año

Fuente: Anexo , Adenda Complementaria, DIA Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Barcelona.

De acuerdo al Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para El Valle Central de la Provincia de Curicó sancionado en Decreto Supremo N°44 del Ministerio de Medio Ambiente del año 2017, en su artículo 28 se establece que todos aquellos proyectos o actividades, incluidas sus modificaciones, que se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, y que, directa o indirectamente, generen emisiones respecto de su situación base, iguales o superiores a 1 ton/año de MP, deberán compensar sus emisiones en un 120%.

Dada la indicación anterior y las estimaciones realizadas en el marco del proceso SEIA, el proyecto Parque Fotovoltaico Barcelona tiene la obligación de presentar un plan de compensación de sus emisiones para sus fases de Construcción y Cierre, para un volumen de emisiones correspondiente a **2,121 ton/año** y **3,419 ton/año** respectivamente, cuyo diseño del mecanismo compensatorio se estructura en base a la metodología presentada a continuación.

## 5 METODOLOGÍA Y ESTIMACIÓN DEL MECANISMO COMPENSATORIO

### 5.1 Metodología

Como mecanismo compensatorio se establece la aplicación de un producto supresor de polvo en camino no pavimentado, el cual permite el control de mas de un 90% de las emisiones fugitivas asociadas a la re-suspensión de polvo dado una determinada carga vehicular en la ruta. De esta manera, la compensación de emisiones se remite a la reducción de emisiones que se logra modificando la disponibilidad de finos volátiles de una carpeta de camino, materializado a partir de una medida como la pavimentación de calles (primariamente) o la aplicación de mecanismos supresores en caminos no pavimentados. En tal sentido, el cálculo de la extensión de la ruta en la cual se aplicará la medida, corresponde al trabajo a realizar que requiere de la estimación de acuerdo a una metodología adecuada. Para los efectos, se utiliza como referencia, la "Guía de Alternativas de Compensación de Emisiones para Fuentes de Combustión, SEREMI de Medio

Ambiente RM", la cual en su ANEXO 9, presenta una metodología para mecanismo de compensación correspondiente a la pavimentación de calles, cuyos lineamientos pueden ser homologados para la aplicación de supresores de polvo en caminos no pavimentados. Las formulaciones principales, se resumen a continuación:

$$(1) \quad \text{Metros de calle a pavimentar/bischofitar} = \frac{\text{Toneladas a Compensar}}{\text{Reducción Unitaria por Metro}}$$

$$(2) \quad \text{Reducción Unitaria por metro} = \text{Emisión Caso Base} - \text{Emisión con Mecanismo}$$

Donde las emisiones se estiman de acuerdo a la ecuación genérica para la estimación de emisiones correspondiente a la ponderación entre el factor de emisión y el nivel de actividad.

$$(3) \quad \text{Emisión} = Fe \times Na$$

La estimación del caso base se realizará con factores de emisión cuya formulación dependerá de la tipología de vehículos que circulan por los caminos no pavimentado. Para el caso presente, considerando que la aplicación de la medida prevé su desarrollo en camino público contiguo a una faena de extracción de áridos, se utilizará el factor de Emisión para resuspensión de MP10 por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados dominados por vehículos pesados.

$$(4) \quad Fe_{\text{caso base}} = 422,85 \times \left(\frac{S}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{2,72}\right)^{0,45}$$

Para la estimación de las emisiones con mecanismo compensatorio, corresponde la utilización del mismo factor anterior con la incorporación de un factor de abatimiento correspondiente a la eficiencia determinada para el producto supresor. Para los efectos se utilizará conservadoramente una eficiencia de 90% de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio técnico: "Análisis Comparativo de la Eficiencia de Supresores de Polvo Mediante el Uso del Equipo Dustmate y el Efecto Económico para la Conservación Rutinaria y Periódica de Carpetas Granulares" realizado por la Dirección de Vialidad de región del Maule, a partir del cual se estima una eficiencia promedio del producto Bischofita equivalente a 96%. De esta manera el factor de emisión queda formulado como sigue:





Factor de emisión con mecanismo

$$(5) \quad Fe_{Con\ Mecanismo} = \left[ 422,85 \times \left( \frac{s}{12} \right)^{0,9} \times \left( \frac{W}{2,72} \right)^{0,45} \right] \times \left( 1 - \frac{Ef}{100} \right)$$

Finalmente, en razón estimar las emisiones que se obtienen por metro lineal que permitan resolver lo propuesto en ecuación (1), la estimación de las emisiones para cada uno de los casos (base y con mecanismo) debe considerar la estandarización de sus unidades para reducir las emisiones a "toneladas de material particulado por año y por metro", por lo que se integra a la formulación este factor de reducción cuya expresión se presenta a continuación:

$$(6) \quad Emisión\ MP_{Caso\ Base} = Fe_{Caso\ Base} \times Na \times \left( \frac{1\ t}{10^6\ g} \right) \times \left( \frac{1\ km}{1.000\ m} \right)$$

$$(7) \quad Emisión\ MP_{Con\ Mecanismo} = Fe_{Con\ Mecanismo} \times Na \times \left( \frac{1\ t}{10^6\ g} \right) \times \left( \frac{1\ km}{1.000\ m} \right)$$

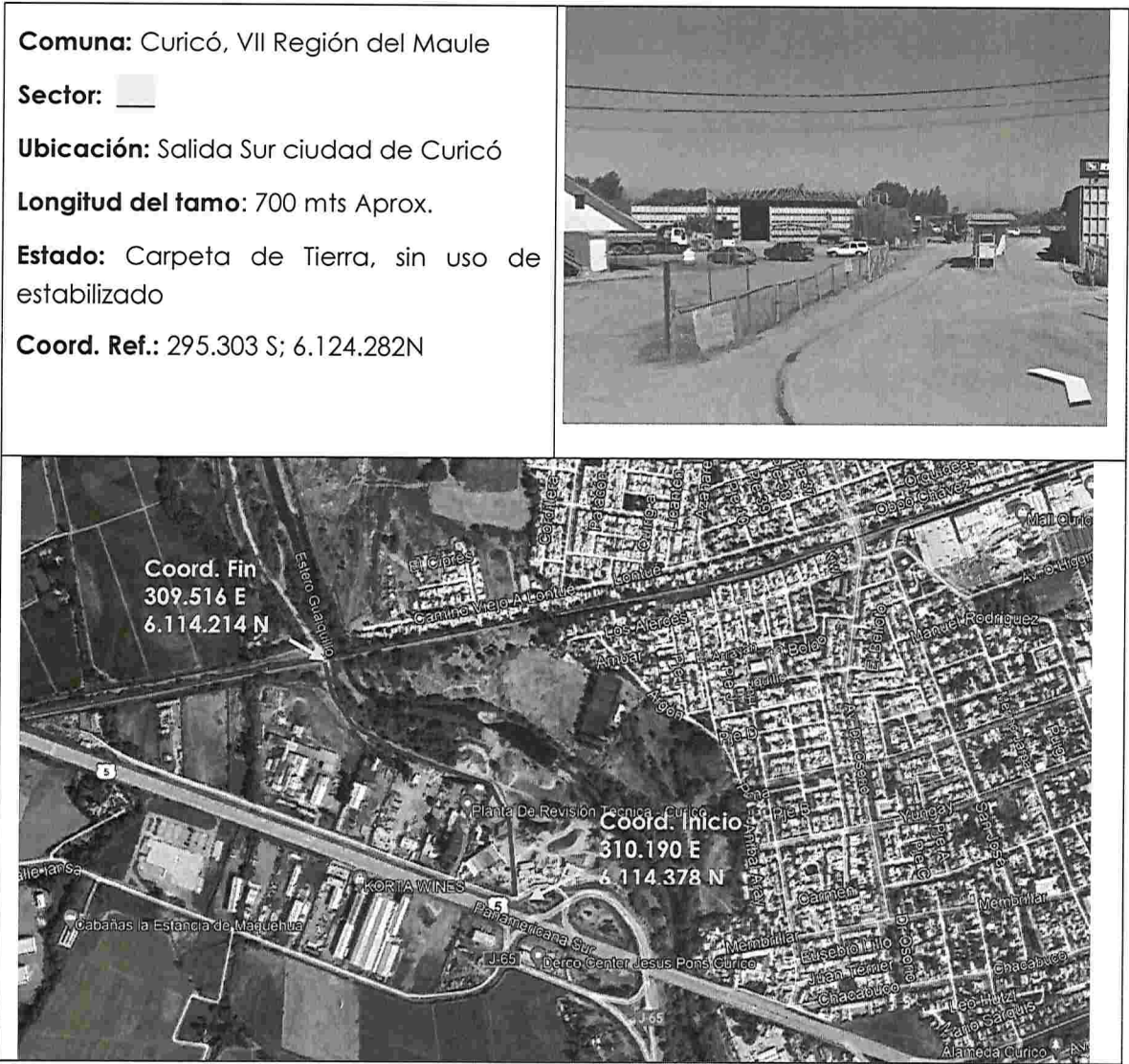
## 5.2 Estimación de los niveles de actividad compensatorios

Resuelto el mecanismo compensatorio correspondiente a la estabilización de un camino no pavimentado, para el diseño de este PCE es imprescindible conocer la ruta para la cual está prevista la implementación de la medida. Consecuentemente, el titular ha definido un camino público ubicado a la salida sur de la ciudad de Curicó contiguo a la Planta de áridos CATSA, como la ruta adecuada para la aplicación del producto considerando el beneficio ambiental que trae el control de polvo fugitivo en rutas dominadas por vehículos pesados y que tienen efectos sustantivos sobre el principal nodo urbano de la comuna.

Se hace presente que, el factor determinante en la estimación de la longitud del tramo para el cual se requiere la implementación de la medida corresponde al flujo vehicular que utiliza la ruta, siendo inversamente proporcionales las variables Longitud v/s Flujo, es decir a mayor flujo, menor es la longitud del tramo para el cual se requiere la aplicación del producto. Para los efectos del presente trabajo, conservadoramente se ha definido un flujo mínimo de 12 camiones/día (24 viajes ida-regreso) de lunes a viernes y 6 camiones día (12 viajes ida -regreso para el día sábado), excluyendo vehículos livianos.

La figura siguiente muestra la ubicación del camino, donde se implementará la medida

Figura 4. Ubicación del camino en que se implementará la medida



Fuente: Elaboración propia en base a información municipal.

A continuación, se presentan cada uno de los elementos, parámetros y factores que permiten resolver la longitud del tramo de vía publica a la cual se aplicará el producto supresor Bischoffita ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) que permite reducir las emisiones en ese tramo, y por tanto compensar las emisiones requeridas de acuerdo a las disposiciones de la resolución de calificación ambiental.



Tabla 5-1. Resumen de parámetros, factores y cálculos para la estimación de la medida compensatoria Fase de Construcción.

Factor de Emisión			
Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
s = % de finos del suelo	8,5	%	Punto 3.2 Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el SEIA
W = Peso promedio de la flota	25,0	ton	Peso promedio flota Mixer 8 m³
Fe	841,2	gr/km	AP-42/Guía Estimación de Emisiones proyectos Inmobiliarios MMA, 2019.
Nivel de Actividad (Flujo vehicular)			
Viajes día vehículo pesado x Día Hábil	24		Estimación Propia
Viajes día vehículo pesado x Día inhábil	12		Estimación Propia
Viajes Año vehículo pesado x Día Hábil	6.257	-	Estimación Propia
Viajes Año vehículo pesado x Día inhábil	626		Estimación Propia
Viajes Año total	6.883		Estimación Propia
Eficiencia Mecanismo	90%		Informe Vialidad 2003. R. Maule.
Ton a compensar	2,12		RCA 165/2020
Estimación de Emisiones según caso			
Emisión Base Metro Lineal	0,00579	(ton MP/año-m)	
Emisión Mecanismo Metro Lineal	0,00058	(ton MP/año-m)	
Reducción Unitaria por Metro	0,00521	(ton MP/año-m)	
<b>Metros a bischofitar</b>	<b>407,0</b>	<b>metros</b>	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se determina que para la compensación de emisiones correspondiente a la fase de construcción del proyecto Parque Solar Fotovoltaico Barcelona, se requiere de la aplicación de Bischofita para un tramo equivalente a 407 metros. No obstante, la medida se hará efectiva para la totalidad de la extensión del camino público (700 m Aprox.).



Tabla 5-2. Resumen de parámetros, factores y cálculos para la estimación de la medida compensatoria Fase de Cierre.

Factor de Emisión			
Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
<i>s = % de finos del suelo</i>	8,5	%	Punto 3.2 Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el SEIA
<i>W = Peso promedio de la flota</i>	25,0	ton	Peso promedio flota Mixer 8 m³
<i>Fe</i>	841,2	gr/km	AP-42/Guía Estimación de Emisiones proyectos Inmobiliarios MMA, 2019.
Nivel de Actividad (Flujo vehicular)			
Viajes día vehículo pesado x Día Hábil	24		Estimación Propia
Viajes día vehículo pesado x Día inhábil	12		Estimación Propia
Viajes Año vehículo pesado x Día Hábil	6.257	-	Estimación Propia
Viajes Año vehículo pesado x Día inhábil	626		Estimación Propia
Viajes Año total	6.883		Estimación Propia
Eficiencia Mecanismo	90%		Informe Vialidad 2003. R. Maule.
Ton a compensar	3,42		RCA 165/2020
Estimación de Emisiones según caso			
Emisión Base Metro Lineal	0,00579	(ton MP/año-m)	
Emisión Mecanismo Metro Lineal	0,00058	(ton MP/año-m)	
Reducción Unitaria por Metro	0,00521	(ton MP/año-m)	
<b>Metros a bischofitar</b>	<b>656,1</b>	<b>metros</b>	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se determina que para la compensación de emisiones correspondiente a la fase de cierre del proyecto Parque Solar Fotovoltaico Barcelona, se requiere de la aplicación de Bischofita para un tramo equivalente a 657 metros. Dado que las medidas deben operar contemporáneamente al desarrollo de su fase, la medida se ejecutará para un tramo de 700 m previo inicio de fase de cierre, en camino por determinar.



## 6 SOBRE LAS DISPOSICIONES DEL PDA Y LOS PLANES DE COMPENSACIÓN

Dentro de las disposiciones del D.S. N° 44/2017, Plan de Descontaminación Atmosférica para el Valle Central de la provincia de Curicó, se establece:

**Artículo 30. Los proyectos o actividades, que deban compensar sus emisiones, deberán presentar un programa de compensación de emisiones, ante la SEREMI del Medio Ambiente. cuyo contenido será, al menos, el siguiente**

**1. Una estimación anual de las emisiones del proyecto, en la fase construcción, operación y cierre. señalando año y etapa a compensar en que se prevé se superará el umbral del ton/año de MP.**

R. Las emisiones de material particulado compensables fueron estimadas en el proceso de evaluación de impacto ambiental e incorporados en el presente Plan de Compensación. De lo estimado y sancionado en la correspondiente resolución de calificación de impacto ambiental del proyecto, se determina que se requiere una compensación de 2,121 ton/año en fase de construcción y de 3,419 ton/año para fase de cierre.

**2. Las medidas de compensación, las cuales deben cumplir los siguientes criterios:**

**a.- Cuantificable, esto es, que permitan cuantificar la reducción de las emisiones que se produzca a consecuencia de ella.**

R. Existe amplia bibliografía y experiencia a nivel nacional en el marco del SEIA, respecto de eficiencia en el control de partículas de los productos supresores. Para los efectos del presente PCE se ha considerado las estimaciones realizadas en estudio técnico "Análisis Comparativo de la Eficiencia de Supresores de Polvo Mediante el Uso del Equipo Dustmate y el Efecto Económico para la Conservación Rutinaria y Periódica de Carpetas Granulares" realizado en 2004 por la dirección de Vialidad de la región del Maule, en el cual se determina que la solución de cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) posee una eficiencia promedio en el control de polvo fugitivo equivalente a 96%, razón por la cual para los efectos del presente PCE se ha utilizado conservadoramente una eficiencia del 90%.

**b.- Efectiva, esto es, que genere una reducción de emisiones real y medible Adicional, entendiéndose por tal que la medida propuesta no responda a otras obligaciones a que esté sujeto el titular. O bien, que no corresponda a una acción que conocidamente será llevada a efecto por la autoridad pública o particulares.**

R. Adicional a lo anterior, se hace presente que previo a la aplicación del producto, se solicitará a la empresa responsable de la estabilización del camino, realice la medición de la eficiencia del producto aplicado para lo cual considere el uso de un equipo dustmate o similar que permita medir polvo fugitivo en fase anterior y posterior a la aplicación del producto. Los resultados serán informados en reporte de implementación del PCE a la autoridad regional, SEREMI de Medio Ambiente de la Región del Maule.

En razón de otorgar garantías para la eficiencia en control de polvo fugitivo la cual debe superar el 90%, el titular realizará un total de 2 aplicaciones anuales.

**d. Permanente, entendiendo por tal que la rebaja permanezca por el período en que el proyecto está obligado a reducir emisiones.**

R. De acuerdo a lo estimado en el proceso de evaluación de impacto ambiental del proyecto, las fases de construcción y cierre no consideran un periodo de desarrollo de actividades superiores a un año, de tal manera que el PCE se implementará por un periodo equivalente.

**3. Forma, oportunidad y ubicación en coordenadas WGS84, de su implementación, con un indicador de cumplimiento del programa de compensación.**

	Fase de Construcción	Fase de Cierre
Forma	Aplicación de producto supresor de polvo (Bischofita) en caminos públicos sin pavimentar, con dominio de vehículos pesados	
Oportunidad	Previo inicio de la fase de construcción del Proyecto (Nov. 2021)	Previo inicio de la fase de cierre del Proyecto (indeterminado)
Ubicación	Camino público en área industrial, ubicado a la salida sur de la ciudad de Curicó, VII Región del Maule <b>Coord. Referencia</b> 295.303 S; 6.124.282N Datum WGS84, Huso 19 S	No determinada Se define con la administración municipal la disponibilidad de caminos públicos que requieran de la implementación, a la altura temporal del desarrollo de la fase de cierre.
Indicador de Cumplimiento	Medición de la eficiencia del supresor con equipo Dustmate o similar, previo a la aplicación (2 x año). Eficiencia debe ser superior al 90%	



4. Carta Gantt, que considere todas las etapas para la implementación de la compensación de emisiones.

[illegible]