Anexo 12.
Potencial de Erodabilidad

ÍNDICE

A. PRESENTACIÓN 1
B. OBJETIVOS 2
B.1. Objetivo General 2
B.2. Objetivos Específicos 2
C. METODOLOGÍA 2
C.1. Definición del Área de estudio y área de influencia 2
C.2. Cálculo Rusle 2
D. RESULTADOS 4
D.1 Tasa de erodabilidad actual 4
D.2 Potencial de erodabilidad proyectado 6
E. CONCLUSIONES 9
F. REFERENCIAS 10

FIGURAS

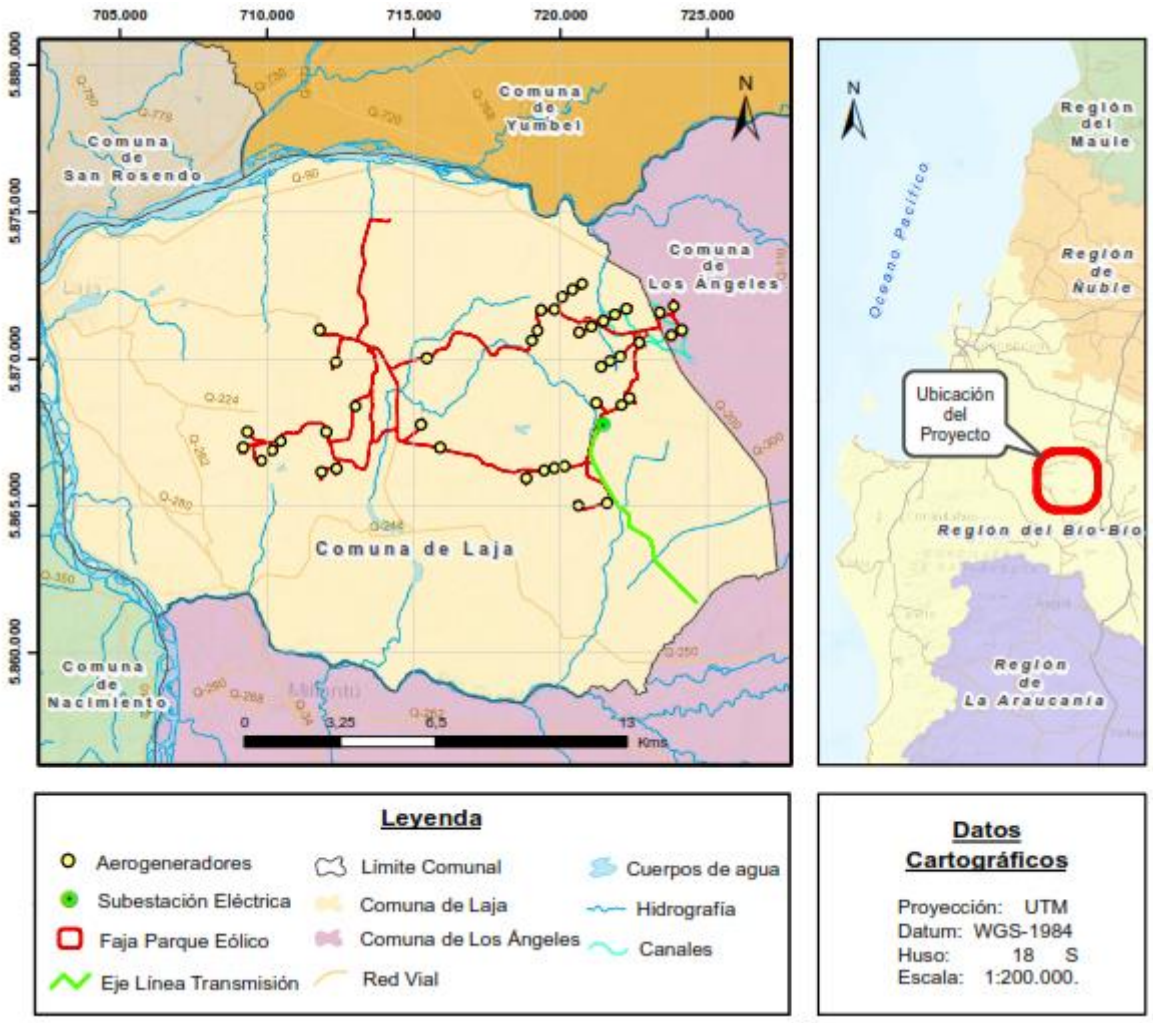
Figura 1. Ubicación general del Parque Eólico Rinconada. 1
Figura 2. Tasas de erodabilidad del área de estudio, donde se grafica el Factor A de la ecuación RUSLE, reflejando las condiciones actuales, previas al proyecto. 5
Figura 3. Mapa del potencial de erodabilidad proyectado para el Área de Influencia graficando el factor A de la ecuación RUSLE. 7

TABLAS

Tabla 1. Categorías de erodabilidad según Ganasri y Ramesh (2015). 4
Tabla 2. Afectación de erodabilidad proyectada para las obras del Proyecto. 8

A. PRESENTACIÓN

El presente apartado plantea el cálculo cuantitativo de erodabilidad para el área circundante al Proyecto Parque Eólico Rinconada, ubicado al este y sureste de la ciudad de Laja; y al noroeste de la ciudad de Los Ángeles, Provincia del Biobío, Región del BÍo-Bío (**Figura 1**), desarrollado como complemento del Capítulo **3.1.7 Geomorfología y Riesgos Físicos.**



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Ubicación general del Parque Eólico Rinconada.

B. OBJETIVOS

B.1. Objetivo General

Determinar en qué grado el Proyecto Parque Eólico Rinconada modificará las tasas de erodabilidad asociadas al Área de Influencia donde se emplazará el proyecto mencionado e interpretar los resultados en el contexto local.

B.2. Objetivos Específicos

- En base al método RUSLE, determinar cuantitativamente las tasas de erodabilidad actual de la zona (condiciones previas al proyecto).
- Calcular el potencial de erodabilidad proyectado posterior a la entrada en funcionamiento del parque eólico y la magnitud de afectación.
- Sintetizar los resultados e interpretarlos de acuerdo con el contexto local.

C. METODOLOGÍA

C.1. Definición del Área de estudio y área de influencia

El área de estudio corresponde al perímetro que engloba al proyecto en su totalidad, el cual permite la identificación de zonas representativas necesarias para realizar las inferencias relativas a erodabilidad referentes al Parque Eólico Rinconada. Mientras que, el área de influencia queda definida por la superficie de terreno que estará en contacto directo con las obras y la faja proyectada para el Parque Eólico Rinconada, siendo el área calculada directamente para la elaboración del presente anexo.

C.2. Cálculo Rusle

Para el cálculo del potencial de erodabilidad de la zona que engloba al Proyecto Parque Eólico Rinconada fue empleado el método RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation* o Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada) propuesto por el Servicio de Conservación de Suelo del Departamento de Agricultura de EE.UU. (ARS - USDA, 1994). La utilización de esta metodología se basa en que, como manifiesta Honorato, R., et al. (2001), **la causa principal de erosión de suelo por escurrimiento hídrico es la ausencia de cobertura vegetal**, siendo quizás éste el

proceso más importante de degradación de suelos, que generalmente es de gran magnitud e irreversible en escalas de tiempo humano.

A lo anterior cabe agregar que, según Ocampo R., et al. (1996), son variados los factores que favorecen o incrementan la erosión hídrica, teniendo como principales variables: las precipitaciones, tipo de suelo, pendientes topográficas y tipo de vegetación; además de la presencia o no de medidas de mitigación, que son factores que el método propuesto toma en cuenta al momento de cuantificar la erodabilidad.

Por último, se puede complementar, con las conclusiones de Yaguache, L., et al. (2016), que los suelos con cobertura forestal presentan una menor susceptibilidad a la erosión hídrica que un suelo sin cobertura, siendo la principal función de las plantas la de interceptar el agua lluvia y consecuentemente disminuir su energía cinética, y por lo tanto generar un menor rompimiento de los agregados de partículas del suelo.

A continuación, se presenta la ecuación del método RUSLE, utilizada en el presente estudio para estimar y graficar tasas de erosión.

$$\mathbf{A = R * K * L * S * C}$$

donde:

A: es la pérdida de suelo por unidad de superficie. Sus dimensiones son ton*ha-1 año-1.
R: es el factor erosividad de lluvia calculado con la fórmula propuesta Yu y Rosewell (1996), para un promedio de lluvia anual acumulada del Área de Influencia del Proyecto, obtenido de DGA (2020).
K: es el factor erodabilidad del suelo y corresponde a la cantidad promedio de suelo perdido por unidad del factor R (ton*J-1), cuando el suelo en cuestión es mantenido permanentemente desnudo; obtenido con la ecuación propuesta por David (1988).
L: factor de longitud de pendiente.
S: factor de inclinación de pendiente.
C: es el factor uso y manejo del suelo. Es la relación entre la erosión de un suelo con un determinado tipo de uso y manejo. Son utilizados valores expuestos en Abarzúa, A., (2017).

Esta metodología es la utilizada en el presente estudio para calcular las tasas de erodabilidad previas y proyectadas para el área de influencia del proyecto, además permite la obtención de la magnitud de afectación, que resulta de la resta de ambos productos.

D. RESULTADOS

D.1 Tasa de erodabilidad actual

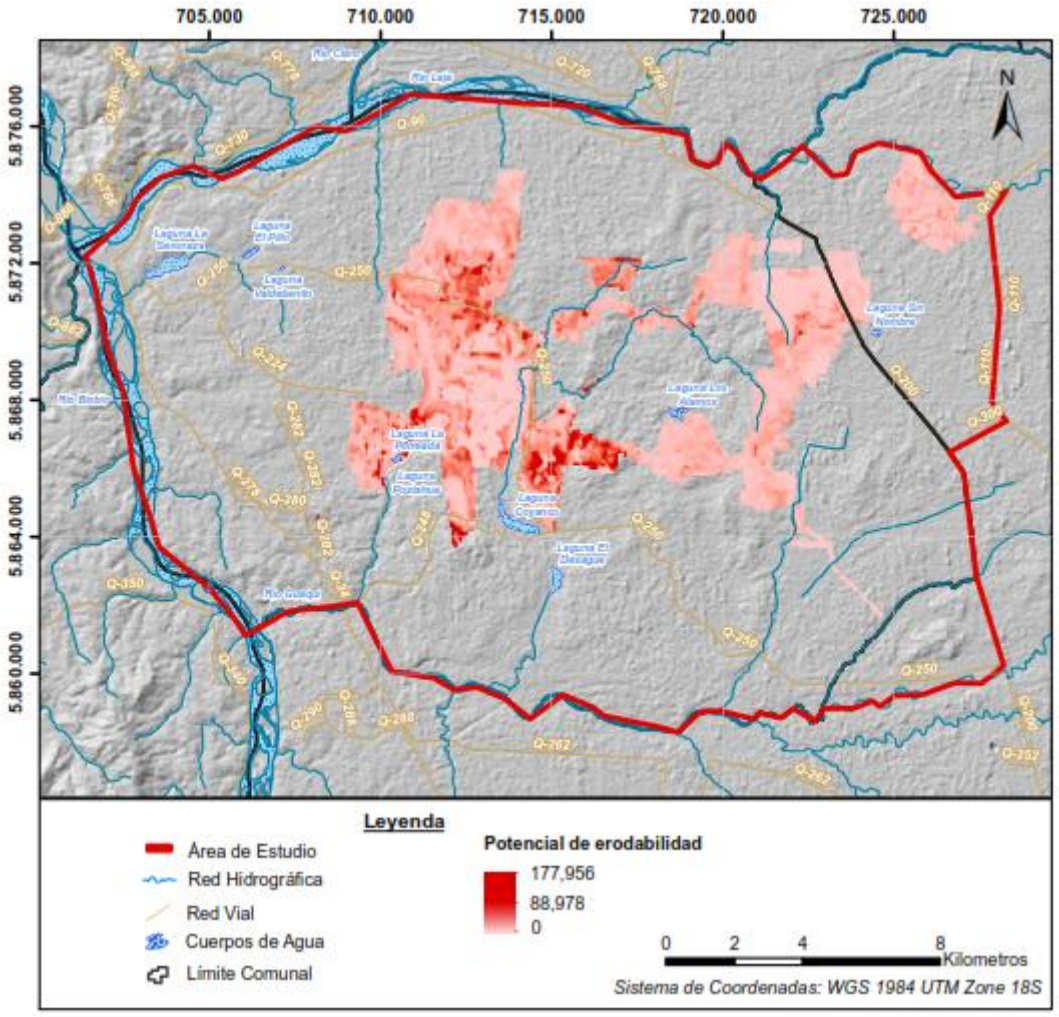
El producto de la ecuación anteriormente expuesta se expresa en un mapa que grafica en éste las tasas de erodabilidad para cada punto superficial de la zona de interés (**Figura 1**).

De la lectura de ese mapa se desprende que, bajo las condiciones actuales, previas al proyecto, las tasas de erodabilidad se encuentran entre 0 y 177,96 ton*ha^{-1} año^{-1}. Este rango cae dentro de la categoría de "Erosión Baja" y "Erosión Moderada" (**Tabla 1**) de acuerdo con Ganasri & Ramesh (2015).

Tabla 1. Categorías de erodabilidad según Ganasri y Ramesh (2015).

Ganasri & Ramesh (2015)	
Categorías de erosión	**Rango numérico (ton*ha^{-1} año^{-1})**
Erosión baja	0-100
Erosión Moderada	101-1000
Erosión Alta	1001-5000
Erosión Muy Alta	>5001

Fuente: Elaboración propia extracto de Ganasri y Ramesh (2015)



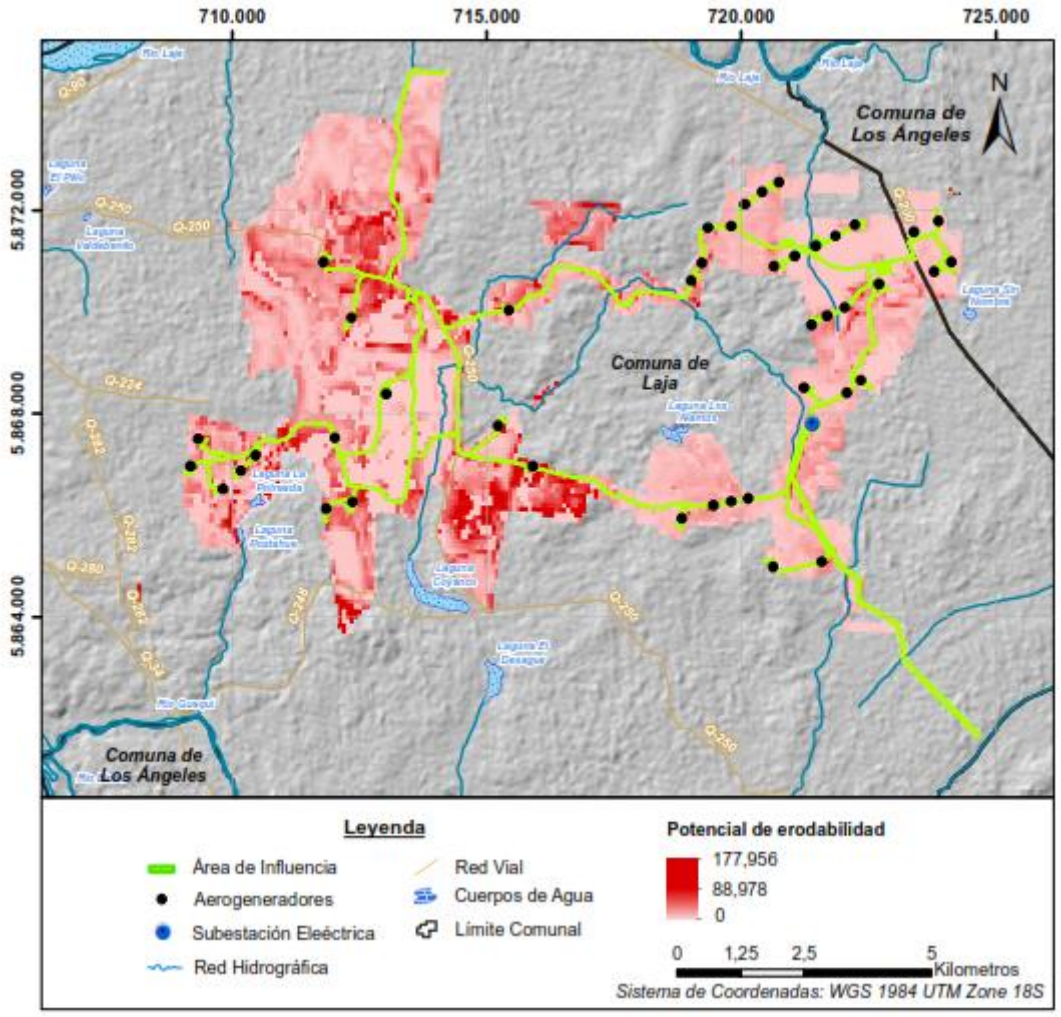
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Tasas de erodabilidad del área de estudio, donde se grafica el Factor A de la ecuación RUSLE, reflejando las condiciones actuales, previas al proyecto.

D.2 Potencial de erodabilidad proyectado

Igualmente, la ecuación del método RUSLE puede ser utilizada para estimar potenciales tasas de erodabilidad bajo diferentes condiciones, como en este caso podría ser el parque proyectado. En el caso del Parque Eólico Rinconada, respecto a la ecuación RUSLE, el único cambio significativo referente a la situación actual corresponde al cambio del uso del suelo (Factor C) para las zonas denominadas "Fajas de Intervención" donde, en general, el uso de suelo forestal (C=0,003) se modificará a zonas de cobertura de "Herbáceas, pastos largos o matorral" (C=0,011). El resultado de la ecuación con la utilización del Factor C propuesto se refleja en el mapa de la **Figura 3,** muestra que, bajo las condiciones proyectadas, las tasas potenciales de erodabilidad se encuentran, asimismo, entre 0 y 177,96 ton*ha^{-1} año^{-1}. Este rango también cae dentro de la categoría de "Erosión Baja" y "Erosión Moderada" (**Tabla 1**) de acuerdo con Ganasri & Ramesh (2015).

Este nuevo mapa además permite cuantificar la afectación proyectada, sustrayendo al potencial de erodabilidad proyectado las tasas de erodabilidad actuales. Lo que queda simbolizado en la miniatura esquemática de la Figura 2, donde se observa en color negro incrementos máximos de la tasa de erodabilidad de hasta 32,31 ton*ha^{-1} año^{-1}; en blanco decrementos de hasta -21,22 ton*ha^{-1} año^{-1} y en gris zonas sin afectación; cambios observados representan el Área de Influencia directa.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Mapa del potencial de erodabilidad proyectado para el Área de Influencia graficando el factor A de la ecuación RUSLE.

Tabla 2. Afectación de erodabilidad proyectada para las obras del Proyecto.

Obra Proyectada	Afectación proyectada de erodabilidad
Plataformas (1 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43) Instalación de Faena 1 y 2, Planta de Hormigón 1 y 2, Subestación.	Negativa (decremento de erodabilidad)
Caminos y Línea de transmisión, plataformas (11, 24)	Nula
Caminos y Línea de transmisión, plataformas (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 40, 42, 43)	Positiva (Incremento de erodabilidad)

Fuente: Elaboración propia.

E. CONCLUSIONES

Utilizando la ecuación RUSLE puede determinarse que las tasas de erodabilidad actuales para la zona estudiada se encuentran en rangos de erosión baja, lo que es concordante con la topografía y vegetación local observada.
El Proyecto Parque Eólico Rinconada modificará, en su Área de Influencia, única y potencialmente el factor C (uso de suelo) de la ecuación RUSLE, descartándose por completo una modificación significativa de la topografía local.

El resultado de la ecuación RUSLE establece que:

- Las obras proyectadas no incrementarán el valor máximo de erodabilidad observado en el área de estudio, lo que se manifiesta en que el límite superior de erodabilidad en ambos mapas es idéntico. Esto es esperable para proyectos que no generan cambios de uso de suelo extremos ni extensivos.
- Las obras del Parque Eólico Rinconada generarán, tanto, incrementos como decrementos en las tasas de erodabilidad del área de influencia, en otras palabras, en las Fajas de Intervención se aumentarán mínimamente los valores de erodabilidad, mientras que en zonas que cubran, sellen o mejoren el suelo se mitigará casi por completo.

Cabe recordar que la ecuación RUSLE toma en cuenta precipitaciones y por lo tanto ésta genera datos con magnitudes potenciales.

Como corolario de la utilización de la ecuación RUSLE en el contexto local, se puede interpretar que el cambio de uso de suelo para las obras relacionadas al proyecto y su influencia en el cálculo del Factor A es despreciable, sobre todo tomando en cuenta otras modificaciones del uso de suelo que pueden ocurrir, considerando que la principal actividad de la zona es la forestal. En otras palabras, los trabajos forestales caracterizados por talas sistemáticas, tendrán un impacto mucho mayor en la activación de procesos erosivos, debido a que el cambio de uso de suelo es extensivo (varios órdenes superiores en cuanto a magnitud de superficie). De acuerdo con la ecuación RUSLE, una pérdida de cobertura arbórea por talas forestales podría generar un aumento multiplicador de 3,67 para el límite superior de potencial de erodabilidad local; que para los 177,96 ton*ha-1 año-1 calculados en el presente trabajo para esta zona, podrían llegar a valores sobre 653,11 ton*ha-1 año-1, alcanzando la categoría de Erosión Moderada.

F. REFERENCIAS

Abarzúa, A. 2017. Evaluación de la erodabilidad de algunos suelos de Chile de uso actual forestal mediante índices basados en propiedades del suelo de fácil medición. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile.

Agricultural Research Service (ARS – USDA). 1994. Predicting Soil Erosion By Water.

David, W. P., 1988. Soil and Water Conservation Planning: Policy Issues and Recommendations, J. Philipp. Dev., 15, 47–84.

DGA, 2020. Ministerio de Obras Públicas - Dirección de General de Aguas – Boletines Pluviométricos.
https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Paginas/default.aspx

Ganasri, B., Ramesh, H. 2015. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin, Geoscience Frontiers.

Honorato, R.; Barrales, L.; Peña, I. Y Barrera, F. Evaluación del modelo USLE en la estimación de la erosión en seis localidades entre la IV y IX región de Chile. Revista Ciencias de la Agricultura, 2001, vol. 28, N° 1, p. 7-14.

Ocampo, R., Medina, C., Lovatón, G. 1996. Programa de conservación de suelos y forestación. Manual de conservación de suelos. Asociación Arariwa. Cuzco – Perú. 30 pp

Yaguache, L., Rodrigues, V., Blanco, L. y Hurtado, J. 2016. Análisis de la erosión laminar en cuatro tipos de cobertura vegetal, con ayuda de la RUSLE (revised universal soil loss equation) en la microcuenca del río Pimenta. Revista Geoespacial, 13(1) 30-38.

Yu, B. Rosewell, C.J., 1996. Technical Notes: A Robust Estimator of the R-Factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, 1996 American Society of Agricultural Engineers, Vol. 39, pp 559-561.