

interacciones resultantes entre las actividades de la intervención, en este caso del proyecto, tanto en condiciones normales como contingentes, y los factores ambientales, sociales, económicos y culturales del entorno. En este sentido, la identificación de impactos y riesgos consiste en vincular, producto de una relación causa-efecto, los aspectos que se desprenden de las actividades y componentes de la intervención, es decir, las consecuencias ambientales o sociales del proyecto, que se definen como aspectos ambientales y sociales más adelante, con los factores que conforman el medio.

En este sentido, la presente metodología halla, en primer lugar, los impactos y riesgos a través de dos líneas paralelas que finalmente confluyen: una que analiza la intervención, es decir el proyecto, y que desemboca en la identificación de las consecuencias de las actividades y los componentes capaces de producir cambios apreciables en el medio, denominados aspectos ambientales; y otra que analiza el entorno, para identificar los componentes de este que podrían presentar los cambios como consecuencia de los aspectos ambientales definidos.

De ese modo, la identificación de impactos y riesgos presenta los siguientes pasos:

1. Conocer el proyecto, sus etapas, elementos y acciones concretas.
2. Conocer el medio en el que va a desarrollarse, es decir su “entorno”.
3. Determinar las interacciones (relaciones recíprocas) entre ambos.
4. Determinar a los receptores sensibles o finales.

5.2.3.1 Identificación de acciones susceptibles de producir impactos y riesgos

Se define *acción* como la parte activa que interviene en la relación causa-efecto que genera un impacto ambiental (Gómez Orea, 2010). Tales causas pueden residir en todas las etapas del desarrollo del proyecto y en todas las partes y elementos que lo forman. Para identificar de manera más sencilla las acciones, se desagrega el proyecto en forma de árbol con varios niveles, considerando como elemento de interacción del proyecto con el ambiente a las actividades o tareas (tercer nivel) que podrían causar los impactos y riesgos.

Para facilitar la tarea descrita, la intervención se desagrega en los siguientes niveles:

- **Primer nivel (etapas):** se refiere a la agrupación temporal de las actividades a desarrollarse como parte de la intervención, es decir, la construcción, operación y mantenimiento, y abandono.
- **Segundo nivel (componentes):** se refiere a las instalaciones, infraestructura o agrupación de estas que conforman un elemento de la intervención y cuyos efectos suceden de manera simultánea o en la misma zona. Es necesario indicar que en un primer momento el planteamiento de los componentes incluye ya en su diseño –a nivel de factibilidad– medidas de manejo con relevancia ambiental que se desprenden del cumplimiento de la normativa o que forman parte intrínseca del diseño ingenieril de la intervención.

- **Tercer nivel (actividades):** se refiere a las tareas que se desarrollan en una etapa y que pueden estar asociadas a uno o más componentes como, por ejemplo, las obras civiles y montaje, o el emplazamiento en sí de la infraestructura durante la etapa de construcción. Al igual que en el caso de los componentes, resulta necesario indicar que en un primer momento el planteamiento de las actividades incluye ya en su propuesta original medidas de manejo con relevancia ambiental que se desprenden del cumplimiento de la normativa o que forman parte intrínseca del diseño ingenieril de la intervención.
- **Cuarto nivel (aspectos ambientales o sociales):** se refiere a las consecuencias vinculadas a las actividades y componentes en una etapa dada que finalmente tienen el potencial de cambiar de manera apreciable el entorno. Estos aspectos corresponden a una causa simple, concreta, directa, bien definida y localizada de variación de un elemento del entorno, ya sea ambiental o social.

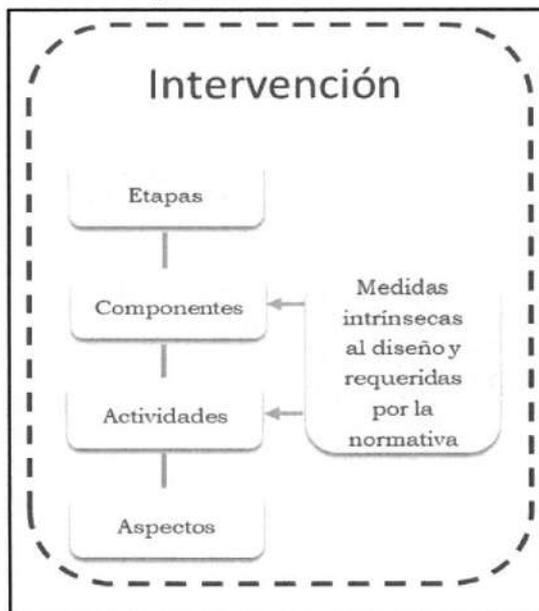
Como parte de la metodología, los aspectos ambientales que se definan deben presentar las siguientes características:

- **Relevantes:** han de ajustarse a la realidad del proyecto y ser capaces de desencadenar efectos apreciables/evidentes en los factores del medio.
- **Excluyentes/independientes:** para evitar superposiciones que puedan dar lugar a duplicidades en la contabilidad de impactos o riesgos.
- **Localizables:** atribuibles a una zona, punto o receptor concreto del espacio y tiempo en el cual se desarrolla la intervención.
- **Cuantificables:** en la medida de lo posible deben ser medibles en magnitudes físicas.

Considerando lo anterior, en el **Detalle 5.2.1** se muestran los elementos que conforman las características de la intervención.

Detalle 5.2.1

Elementos que conforman la intervención



Fuente: Gómez Orea, 2010.
Elaborado por: INSIDEO.

5.2.3.2 Identificación de los factores susceptibles de recibir impactos y riesgos

Por *factores* del medio susceptibles de recibir impactos y riesgos se entienden a los elementos, cualidades y procesos del entorno que puedan ser afectados por el proyecto de forma significativa. Se denomina “entorno” a la parte del ambiente que interactúa con el proyecto en términos de fuente de recursos y materias prima (recursos naturales, energía, entre otros), soporte de los elementos físicos (edificios, instalaciones, entre otros) y receptor de efluentes a través de los vectores ambientales, aire, agua y suelo, y variables socioeconómicas, tales como niveles de empleo, ingreso, demanda de bienes y servicios locales, entre otros (Gómez Orea, 2010).

La complejidad del entorno y su carácter de sistema aconseja disponer los elementos relevantes en forma de árbol con varios niveles, el último de los cuales representará subfactores muy simples y concretos.

Por otro lado, con la finalidad de definir los elementos que componen el entorno, los cuales se describen a detalle en el capítulo correspondiente a la caracterización del contexto ambiental y social (**Capítulo 4**), se consideran los siguientes niveles:

- **Primer nivel (subsistemas):** el entorno (o sistema) está conformado por los subsistemas ambiental y social. El subsistema ambiental está constituido por los elementos y procesos del ambiente natural, tal y como se encuentran en la actualidad, mientras que el subsistema social está conformado por el contexto de origen e importancia desde una perspectiva antropogénica, es decir, las actividades

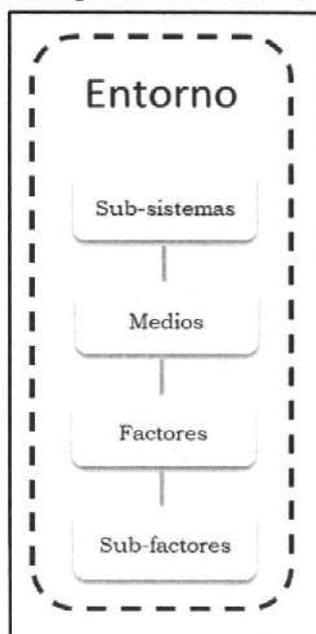
sociales y económicas, atributos, estilos de vida, pautas de comportamiento, sistema de núcleos habitados, dinámica económica, patrimonio cultural, entre otros.

- **Segundo nivel (medios):** la división subsecuente a los subsistemas planteados, como por ejemplo medio físico, medio biótico, medio de interés humano, medio social, medio económico y medio de interés humano.
- **Tercer nivel (factores):** representan los elementos que conforman cada uno de los medios listados, como por ejemplo: aire, ruido, radiaciones no ionizantes, suelos, agua, flora y vegetación, fauna terrestre, vida acuática, paisaje, arqueología, condiciones de vida, características políticas, culturales y económicas, entre otros.
- **Cuarto nivel (sub-factores):** división de los factores en conceptos de muy nítida definición y muy concretos (p. ej. calidad del aire, nivel de ruido, calidad del agua, calidad del paisaje, capacidad agrológica del suelo, servicios básicos, infraestructura, organizaciones políticas e institucionales, ocupación, actividades económicas tradicionales y uso del suelo, entre otros).

De manera similar a las *actividades*, los *factores* y *sub-factores* que se identifiquen como relevantes –es decir, susceptibles de recibir un impacto o riesgo– deben reunir las condiciones mencionadas en la **Sección 5.2.3.1** (i.e. ser relevantes, excluyentes o independientes, localizables y cuantificables).

Considerando lo anterior, en el **Detalle 5.2.2** muestra los elementos que conforman las características del entorno.

Detalle 5.2.2
Elementos que conforman el entorno



Fuente: Gómez Orea, 2010.

Elaborado por: INSIDEO.

5.2.3.3 Identificación de las relaciones proyecto-entorno

Los esfuerzos de identificación de las acciones y de los aspectos susceptibles a los efectos de las mismas, confluyen en una tarea destinada específicamente a la identificación de efectos mediante la búsqueda de relaciones relevantes⁴³ de causa-efecto entre los aspectos y los factores (o sub-factores). Estas relaciones serán plasmadas en una **matriz de verificación de doble entrada**, para todas las etapas del proyecto.

La matriz correspondiente contiene en una de sus entradas a cada factor y sub-factor ambiental, social, económico y cultural, mientras que en la otra entrada se listan los atributos de la intervención, incluyendo las actividades. De este modo, en dicha matriz el signo “-” significará una relación causa-efecto con un cambio esperado negativo en el factor o sub-factor atribuible a determinado aspecto de la intervención, el signo “+” significará un cambio esperado positivo. En el caso que se identifique un riesgo como parte de las relaciones entre las actividades del proyecto y el entorno, estas serán simbolizadas a través de la letra “R”. Se precisa que cuando existe la posibilidad de ocurrencia de un efecto, pero la probabilidad de ocurrencia no es conocida, mensurable o no forma parte del desarrollo del proyecto bajo condiciones normales (p. ej. la ocurrencia de un accidente), se considera el efecto como un riesgo⁴⁴.

Asimismo, cuando no existe ni efecto ni riesgo, se aplica el código (O). Por lo tanto, al completar la matriz de verificación usando los criterios presentados anteriormente, se obtiene una presentación didáctica de las relaciones entre las actividades a desarrollarse y los efectos esperados sobre los sub-factores ambientales y aspectos sociales.

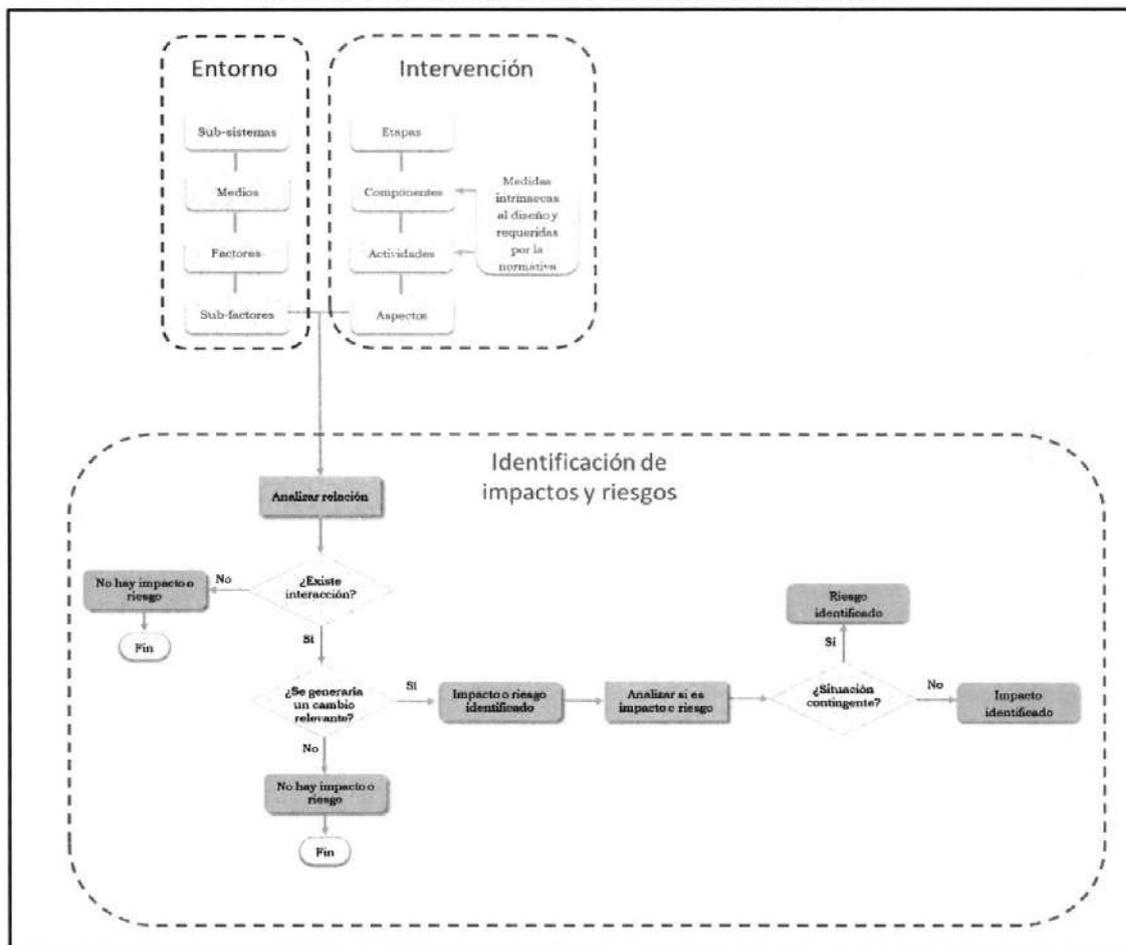
En el **Detalle 5.2.3** se presenta la lógica que sustenta la identificación de los impactos y riesgos.

⁴³ Entiéndase como relevante a aquello que resulta ser importante, sobresaliente o destacado; según el Diccionario de la Real Academia de Lengua Española, 23ª Edición, 2014.

⁴⁴ Es la estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y la economía, para un periodo específico y área conocidos de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad.

Detalle 5.2.3

Proceso de identificación de impactos y riesgos



Fuente: Gómez Orea, 2010.

Elaborado por: INSIDEO.

En el caso específico de los riesgos, una vez establecidas todas las condiciones de riesgo que se desprenden de una situación contingente generada por la intervención sobre el entorno, se procede a identificar también los riesgos existentes, tanto naturales como de origen antrópico, que no se desprenden de la intervención, sino que su manifestación ocurriría en el mismo ámbito, por lo que podría afectar el entorno asociado al proyecto.

5.2.3.4 Identificación de receptores finales

Es necesario indicar que las relaciones causa-efecto entre los aspectos y factores (o sub-factores) se definen para receptores específicos; es decir, no basta con concluir, por ejemplo, que existe una relación causa-efecto entre la emisión de material particulado producto del transporte y los niveles de material particulado en el ambiente, sino que es necesario especificar los receptores finales de los cambios asociados, que para este ejemplo se completaría con la definición de la localidad o ubicación en donde ocurriría el efecto

identificado. El paso de asociar a cada impacto o riesgo con un receptor es clave para evaluar dicho impacto o riesgo.

Los receptores finales son definidos como las áreas, poblaciones o ámbitos geopolíticos – según resulte aplicable– donde se observaría la ocurrencia de los efectos, producto del desarrollo de las actividades y/o emplazamiento de los componentes del proyecto.

5.2.4 Evaluación de impactos y riesgos

La etapa de identificación de impactos y riesgos (**Sección 5.2.3**) concluye con la generación de los insumos necesarios para la tarea de caracterizar los impactos y riesgos, los cuales son la determinación de los cambios en el entorno (y cada uno de sus factores y sub-factores) que son relevantes y que son atribuibles al desarrollo del proyecto. Asimismo, la etapa de identificación define los potenciales receptores de los impactos y riesgos y –para el caso de estos últimos– establece cuáles son las condiciones presentes en el entorno, como por ejemplo los peligros naturales que, dada su relación con el proyecto o ámbito de ocurrencia, formarán parte de las etapas siguientes de la caracterización.

Sin embargo, estos resultados no son suficientes para una caracterización de impactos y riesgos que permita entender su trascendencia y la necesidad de aplicar medidas de gestión específicas, sino que se requiere la generación de información sobre las particularidades de los cambios que se generarían en los factores y sub-factores.

Tomando en cuenta lo anterior, a continuación, se describe el proceso de evaluación de impactos y riesgos. Dado que los pasos intermedios para el caso de los impactos difieren de los pasos propuestos para la evaluación de los riesgos, esta descripción se presenta de manera diferenciada.

5.2.4.1 Evaluación de impactos

La estimación final de impactos como relevantes o despreciables⁴⁵, o como benéficos o perjudiciales, es objeto de la presente sección y se empleará la Metodología General para la Realización de un Estudio de Impacto Ambiental (Gómez Orea, 2010). Este análisis, al ser realizado sobre los impactos residuales, permitirá verificar la efectividad de las medidas de gestión ambiental y social adicionales propuestas en el presente EIAsd.

Cabe señalar que, para el caso de la etapa de abandono, la evaluación de los impactos se realiza sobre las actividades necesarias para su ejecución y no sobre la condición que se alcanzaría en el post-cierre.

⁴⁵ Entiéndase como despreciable a aquello que puede ser desestimado o tomado poco en cuenta; según el Diccionario de la Real Academia de Lengua Española, 23ª Edición, 2014.

Si bien la primera parte del proceso de caracterización permite establecer la relación causa-efecto entre los aspectos ambientales y sociales y los factores y sub-factores, la segunda etapa permite entender las características de dicho efecto; es decir, cuánto y cómo cambiaría el entorno -para un factor o sub-factor concreto y un receptor dado- como resultado de la intervención.

Considerando lo anterior, la metodología de Gómez Orea (2010) considera medir primero aquello que se desea evaluar y traducir luego esa medida a un valor⁴⁶. En este sentido, la evaluación de impactos, de acuerdo con la metodología a seguir, implica concretar el concepto de valor de un impacto, diferenciando entre la estimación del efecto y la interpretación ambiental del mismo, ya que la valoración del impacto requiere formalizar ambas operaciones. Esto último requiere establecer un procedimiento para interpretar los efectos y traducirlos a unas mismas unidades de medida que permitan jerarquizarlos de forma consistente.

Respecto al concepto de valor del impacto, se tiene la siguiente definición (Gómez Orea, 2010):

“Mide la gravedad del impacto cuando es negativo y el grado de bondad cuando es positivo; en uno y otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma con que un factor ambiental es alterado y al significado ambiental de dicha alteración. Se puede concretar en términos de magnitud y de incidencia de la alteración; la magnitud representa la cantidad y calidad del factor modificado. La incidencia se refiere a la severidad y forma de la alteración, la cual viene definida por la intensidad y por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración.”

De lo anterior, el valor de un impacto dependerá de cómo el factor (o sub-factor) es modificado, producto de la intervención, y de la importancia de esta modificación en el contexto. En este sentido, la metodología se formaliza a través de las siguientes tareas bien delimitadas:

- Determinar la magnitud del impacto, lo que implica:
 - Determinar la magnitud en unidades propias del factor (o sub-factor), las cuales son distintas y heterogéneas para cada impacto.
 - Estandarizar el valor de la magnitud entre 0 y 1, o lo que es lo mismo, transposición de esos valores a unidades homogéneas, comparables, adimensionales, de impacto ambiental.
- Determinar un índice de incidencia para cada impacto estandarizado entre 0 y 1.

⁴⁶ Gravedad del impacto cuando es negativo y grado de bondad cuando es positivo. Depende del grado, forma, cantidad y calidad en que un factor es alterado y al significado de dicha alteración. No se debe confundir «valoración del impacto» con «valorización o valoración económica del impacto». La valorización económica del impacto involucra proporcionar un valor monetario al impacto, mientras que la valoración del impacto se puede medir en unidades ambientales homogéneas o heterogéneas.

- Calcular el valor de cada impacto a partir de la magnitud y la incidencia antes determinadas.

A continuación, se describen los procesos asociados a la determinación de la magnitud y la incidencia del impacto.

Determinación de la magnitud del impacto

En unidades heterogéneas

Como se describió anteriormente, el primer paso en la determinación de la magnitud es expresar los efectos generados en unidades heterogéneas propias del factor (o sub-factor).

Esta tarea es la que muestra de forma más convincente el carácter interdisciplinario de los estudios de impacto ambiental: la predicción de los cambios desencadenados por la intervención sobre el agua, suelo, aire, ecosistemas, procesos, paisaje, población, entre otros, y su medición requieren un conocimiento profundo y especializado de los mismos, así como de la legislación que les compete y de los criterios utilizados por la comunidad científica.

La magnitud de las alteraciones sobre cada factor (o sub-factor) puede estar expresada de diferentes maneras según la naturaleza de cada uno de ellos y la unidad de medida que se pretende utilizar. En este sentido, se denomina indicador a la expresión a través de la cual se mide de forma cuantificada el impacto, el cual se obtiene de la diferencia entre el valor del indicador “con” y “sin” intervención. El indicador es pues un mecanismo que se adopta para cuantificar un impacto.

Es importante mencionar que el escenario “sin” intervención no necesariamente corresponde a la condición inicial o la actual, ya que los factores (y sub-factores) no son estáticos y pueden evolucionar naturalmente o debido a otras intervenciones antrópicas distintas a las evaluadas; sin embargo, dado que la evolución de los factores (y sub-factores) es muy variable y está sujeta a mucha incertidumbre, su determinación es caso a caso y resulta una tarea fundamental sustentar las consideraciones para las decisiones que se adopten.

En base a lo mencionado, la primera tarea para predecir la magnitud de los impactos es asignar un indicador cuantificable a cada uno de los impactos identificados que lo representen adecuadamente. En caso no sea posible adoptar un indicador cuantificable representativo se deberá valorar el impacto de manera cualitativa o valorarlo semánticamente.

Por ejemplo, un indicador asociado al suelo sería el porcentaje de superficie alterada⁴⁷:

$$I = \frac{\text{Superficie alterada}}{\text{Superficie total del ámbito de referencia}} \times 100$$

Con este indicador se podría calcular, empleando unidades heterogéneas (ha, m², entre otros), la variación entre la situación “sin” y “con” proyecto, cuantificando así la magnitud del impacto.

En unidades homogéneas

Una vez establecidos los indicadores para cada factor (o sub-factor) en unidades heterogéneas, se procede a estandarizar el valor de la magnitud entre 0 y 1 o, lo que es lo mismo, transponer esos valores a unidades homogéneas, comparables, adimensionales, de impacto ambiental para lograr que los impactos sean comparables, condición necesaria para jerarquizarlos.

Esta tarea, es decir, transformar la magnitud del impacto medido en unidades heterogéneas a unidades homogéneas, se logra traduciéndolas a un intervalo que varía entre 0 y 1. Para ello, la presente metodología (Gómez Orea, 2010) utiliza la técnica de las **funciones de transformación**⁴⁸; es decir, se normaliza la variable.

Dicha relación se puede representar sobre un sistema de coordenadas en cuyo eje de abscisas se dispone la magnitud del indicador ambiental y en el de ordenadas, el valor ambiental estandarizado entre 0 y 1. La relación puede estar expresada por una línea quebrada de tramos rectos que unen los puntos de valor conocido o ajustarse a una curva.

Es importante resaltar que la importancia de las funciones de transformación es la claridad con que expresan gráficamente la diferencia entre la variación de un elemento o proceso del medio y el significado ambiental de tal variación. El mecanismo de la función de transformación exige reflexionar explícitamente sobre el significado de las variaciones de tal manera que el esfuerzo de construir una función ayuda y obliga al evaluador a formar criterio y hacerlo explícito⁴⁹.

En el **Gráfico 5.2.1** se presenta, a modo de ejemplo, la función de transformación para el indicador antes utilizado, que corresponde al porcentaje de superficie alterada del suelo.

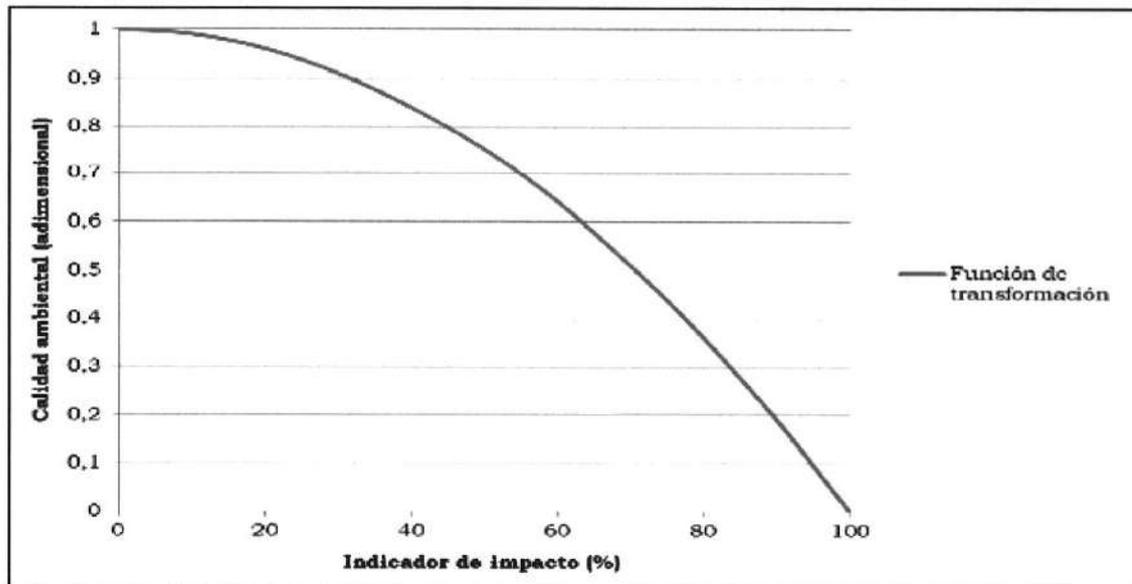
⁴⁷ Evaluación de Impacto Ambiental, Gómez Orea, 2010.

⁴⁸ Desarrolladas inicialmente por el Instituto Battelle – Columbus. Las funciones de transformación deben reflejar tanto el rigor científico de los factores evaluados como las condiciones del entorno.

⁴⁹ Cita del libro Evaluación de Impacto Ambiental, Gómez Orea, 2010.

Gráfico 5.2.1

Modelo de función de transformación a unidades homogéneas



Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental (Gómez Orea, 2010).
Elaborado por: INSIDEO.

La elaboración de las relaciones de transformación es uno de los más difíciles e interesantes desafíos de la metodología; han de ser fruto del rigor científico y deben reflejar las condiciones específicas del entorno y el sentir de la población. Asimismo, se tendrá en consideración la normativa legal correspondiente en función del factor a evaluar.

La construcción de las funciones de transformación y su ajuste a las condiciones del lugar es tarea de especialistas trabajando con un método. Se recopilará información sobre el comportamiento de los criterios, factores ambientales a evaluar y sobre el área de estudio. Asimismo, se tendrá en consideración la normativa legal correspondiente en función del factor a evaluar. Teniendo en cuenta lo anterior, se construirá la curva que mejor se ajuste al comportamiento del indicador para tal o cual factor.

Finalmente, aplicando las funciones de transformación a cada uno de los indicadores, se obtiene, por diferencia entre la situación “sin” y “con” proyecto, el valor del impacto ambiental sobre cada uno de ellos, pero ahora expresado en unidades homogéneas, por tanto, comparables.

Determinación de la incidencia del impacto

Esta fase consiste en describir los impactos identificados, según una serie de atributos de acuerdo a la metodología de evaluación de impactos de Gómez Orea (2007, 2010). Estos atributos son los siguientes:

- **Signo:** positivo o negativo, se refiere a la consideración de benéfico o perjudicial que merece el efecto a la comunidad técnico-científica y a la población en general.
- **Inmediatez:** directo o indirecto. Efecto directo o primario es el que tiene repercusión inmediata en algún factor ambiental, mientras el indirecto o secundario es el que deriva de un efecto primario.
- **Acumulación:** simple o acumulativo. Efecto simple es el que se manifiesta en un solo componente ambiental y no induce efectos secundarios ni acumulativos ni sinérgicos. Efecto acumulativo es el que incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la actividad que lo genera.
- **Sinergia:** sinérgico o no sinérgico. Efecto sinérgico significa reforzamiento de efectos simples, se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples supone un efecto mayor que su suma simple.
- **Momento (en que se produce):** corto, medio o largo plazo. Efecto a corto, medio o largo plazo es el que se manifiesta en un ciclo anual, antes de cinco años o en un periodo mayor, respectivamente.
- **Persistencia:** temporal o permanente. Efecto permanente, supone una alteración de duración indefinida, mientras el temporal permanece un tiempo determinado.
- **Reversibilidad:** reversible o irreversible. Efecto reversible es el que puede ser asimilado por los procesos naturales, mientras que el irreversible no puede serlo o solo después de muy largo tiempo.
- **Recuperabilidad:** recuperable o irrecuperable. Efecto recuperable es el que puede eliminarse o remplazarse por la acción natural o humana, mientras no lo es el irrecuperable.
- **Periodicidad:** periódico o de aparición irregular. Efecto periódico es el que se manifiesta en forma cíclica o recurrente; efecto de aparición irregular es el que se manifiesta de forma impredecible en el tiempo, debiendo evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia.
- **Continuidad:** continuo o discontinuo. Efecto continuo es el que produce una alteración constante en el tiempo, mientras el discontinuo se manifiesta de forma intermitente o irregular.

Una vez que se han clasificado los impactos, el índice de incidencia puede definirse de la siguiente manera:

1. Tipificar las formas en que se puede describir cada atributo; por ejemplo, momento: inmediato, medio o largo plazo; recuperabilidad: fácil, regular o difícil, entre otros.
2. Atribuir un código numérico a cada forma, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable; así por ejemplo, momento: inmediato 3, mediano plazo 2 y largo plazo 1 (**Cuadro 5.2.2**).

Cuadro 5.2.2
Código numérico para atributos del Índice de Incidencia

Atributos	Código	Carácter de los atributos	Peso
Signo del efecto		Benéfico	+
		Perjudicial	-
		Difícil de calificar sin estudios	X
Inmediatez	I	Directo	3
		Indirecto	1
Acumulación	A	Simple	1
		Acumulativo	3
Sinergia	S	Leve	1
		Media	2
		Fuerte	3
Momento	M	Inmediato	3
		Mediano plazo	2
		Largo plazo	1
Persistencia	P	Temporal	1
		Permanente	3
Reversibilidad	R	A corto plazo	1
		A medio plazo	2
		A largo plazo o no reversible	3
Recuperabilidad	Rc	Fácil	1
		Media	2
		Difícil	3
Continuidad	C	Continuo	3
		Discontinuo	1
Periodicidad	Pr	Periódico	3
		Irregular	1

Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental, Gómez Orea (2010).
Elaborado por: INSIDEO.

3. Aplicar una función para obtener un valor de Incidencia. De acuerdo a la metodología considerada, se eligió la siguiente expresión⁵⁰:

$$Incidencia = I + 2A + 2S + M + 3P + 3R + 3Rc + Pr + C$$

4. Estandarizar entre 0 y 1 los valores obtenidos, mediante la expresión⁵¹:

$$\text{Índice de Incidencia} = \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

Siendo:

- **I** = el valor de la incidencia obtenida en el punto 3 por cada impacto.
- **I_{max}** = el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifiesten con el mayor valor.

⁵⁰ Evaluación Ambiental Estratégica (Gómez Orea, 2007).

⁵¹ De acuerdo a la metodología de Evaluación de Impacto Ambiental de Gómez Orea (2010).

- I_{\min} = el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifiesten con el menor valor.

Para la presente metodología, los valores de I_{\min} e I_{\max} son de 17 y 51, respectivamente, para todos los impactos.

El ejercicio anterior permite concluir con la obtención de valores entre 0 y 1 para los índices de magnitud e incidencia de manera independiente para cada impacto; sin embargo, para obtener el valor del impacto de manera integral, de acuerdo con la metodología propuesta, se procede a generar un único valor que representa el producto de la multiplicación de ambos índices. Como ambos varían entre 0 y 1, el valor de cada impacto también variará entre 0 y 1, siendo ese valor el que marque el valor y la jerarquía de los impactos.

La forma más directa de obtener el valor del impacto sobre cada factor consiste en la multiplicación de los índices de incidencia y magnitud. Una vez que se ha completado dicha operación, se considera que la etapa de evaluación del impacto ha concluido.

Finalmente, con relación a los parámetros de la evaluación de impactos, de acuerdo con la metodología de Gómez Orea (2010) y los atributos considerados en el “Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental – Ley N° 27446” (D.S. N° 019-2009-MINAM), así como en la “Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA” (MINAM, 2018b), el **Cuadro 5.2.3** presenta la equivalencia de estos.

Como se puede apreciar en dicho cuadro, todos los atributos considerados, tanto en el Reglamento del SEIA como en la referida guía, han sido considerados en la presente evaluación y forman parte integral de la metodología empleada.

Cuadro 5.2.3

Cuadro de equivalencias entre los parámetros de valoración de impactos

Atributos			Carácter de los atributos	Sección del componente de la evaluación de impactos
Reglamento del SEIA	Guía MINAM	Gómez Orea		
Su carácter positivo o negativo	Carácter	Signo del efecto	Benéfico	5.2.2.1 Caracterización de los impactos (índice de incidencia)
			Perjudicial	
Impactos directos e indirectos	--	Inmediatez	Directo	
			Indirecto	
Acumulación	Acumulación	Acumulación	Simple	
			Acumulativo	
Sinergia	Sinergia	Sinergia	Leve	
			Media	
			Fuerte	
--	--	Momento	Inmediato	
			Mediano plazo	
			Largo plazo	
Duración	Duración	Persistencia	Temporal	
			Permanente	
Reversibilidad	Reversibilidad	Reversibilidad	A corto plazo	
			A medio plazo	
			A largo plazo o no reversible	
--	--	Recuperabilidad	Fácil	
			Media	
			Difícil o irrecuperable	
--	--	Continuidad	Continuo	
			Discontinuo	
--	--	Periodicidad	Periódico	
			Irregular	
Grado de perturbación	Grado de perturbación	Magnitud del impacto en unidades heterogéneas	Indicador cuantificable del impacto o medida proporcionada por la diferencia entre el valor del indicador "con" y "sin" proyecto	5.2.2.2 Determinación de la magnitud del impacto
Valor o importancia ambiental	--	Magnitud del impacto en unidades homogéneas	Funciones de transformación que indican el valor ambiental estandarizado entre 0 y 1	

Reglamento del SEIA	Atributos		Carácter de los atributos	Sección del componente de la evaluación de impactos
	Guía MINAM	Gómez Orea		
Riesgo de ocurrencia	Probabilidad	Conservadoramente, todos los impactos evaluados tienen la probabilidad de 1, es decir se asume que van a ocurrir	El riesgo va de neutro a muy alto y se calcula de la multiplicación de la probabilidad por la magnitud	5.2.3 Valoración final de riesgos
Extensión	Extensión	Magnitud del impacto en unidades homogéneas y heterogéneas	La situación "sin proyecto" y "con proyecto" son comparadas en función del ámbito de referencia que es el espacio geográfico o territorio referencial para la evaluación	5.2.2.2 Determinación de la magnitud del impacto
--	Efecto	Matriz de verificación de doble entrada	Representación de la relación causa-efecto entre las actividades del proyecto, los factores y subfactores ambientales	5.2.3 Identificación de impactos y riesgos

Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental, Gómez Orea (2010); MINAM, 2018. Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA. MINAM, 2009. Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - Ley N°27446" (D.S. N° 019-2009-MINAM).

Elaborado por: INSIDEO.

5.2.4.2 Evaluación de Riesgos

Para la evaluación de riesgos se aplicará la metodología NICOLE (*Network for Industrially Contaminated Land in Europe*)⁵², según la cual la evaluación de riesgos es el análisis de la consecuencia potencial de una actividad y la definición de la probabilidad de que esta se pueda dar.

Las Matrices de Evaluación de Riesgos, las cuales se utilizarán para valorar los riesgos identificados, son un método práctico de obtener, por medio de una ponderación numérica, un tipo de riesgo que resulta de la multiplicación de la *probabilidad* de que ocurra un aspecto dado (positivo o negativo), por la *magnitud* que este representaría para un elemento determinado. Los riesgos que se obtienen a partir de las matrices son escenarios a futuro que se analizan en el presente, con la finalidad de poder prevenirlos y crear planes o estrategias que permitan manejarlos de la mejor manera.

Para la elaboración de las Matrices de Evaluación de Riesgos, la *probabilidad* de que los riesgos previamente identificados se lleven a cabo se dividió en cinco categorías, de menor probabilidad (improbable) a mayor probabilidad (situación esperada). A cada una de estas categorías se le asignó un valor numérico, cuantificando la probabilidad (**Cuadro 5.2.4**).

Cuadro 5.2.4
Valoración de cada una de las categorías de probabilidad

Categoría	Valor Asignado
Improbable	1
Poco Probable	2
Probable	3
Muy Probable	4
Situación esperada	5

Elaborado por: INSIDEO.

Por otro lado, la *magnitud* de la consecuencia que representa la posibilidad de que se lleve a cabo un riesgo determinado se subdividió en cinco niveles, cada uno con un valor numérico asignado, siendo el máximo negativo el peor escenario (afectación⁵³ muy alta), según lo presentado en el **Cuadro 5.2.5** a continuación.

⁵² Tomado de: Informe para una discusión: Necesidad de una Gestión Sostenible del Suelo: Aproximación al problema basada en la evaluación del riesgo.

⁵³ Entendida como el resultado de la acción de perjudicar, de influir desfavorablemente.

Cuadro 5.2.5
Valoración de cada una de las categorías de magnitud

Nivel	Valor Asignado
Neutro	0
Afectación baja	-1
Afectación moderada	-2
Afectación alta	-3
Afectación muy alta	-4

Elaborado por: INSIDEO.

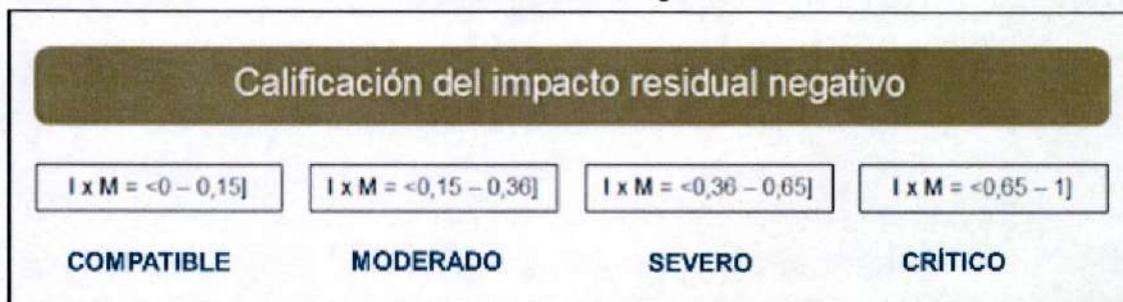
5.2.5 Calificación de impactos y riesgos

5.2.5.1 Calificación de impactos

La evaluación de los impactos concluye con la determinación de los valores cuantitativos para la magnitud y la incidencia, y finalmente con el valor del impacto en cada factor (o sub-factor) como resultado de la multiplicación de ambos índices. Asimismo, el impacto, para que esté adecuadamente contextualizado, debe asociarse a un receptor específico.

Con el valor del impacto, de acuerdo con la metodología propuesta por Gómez Orea (2007), se procede a la calificación de este, tal y como se presenta en el **Detalle 5.2.4**. Es necesario indicar que esta calificación es aplicable tanto a impactos negativos como positivos.

Detalle 5.2.4
Calificación del impacto



Fuente: Gómez Orea, 2007.
Elaborado por: INSIDEO.

En el **Cuadro 5.2.6** se presenta la calificación del impacto para ciertos valores de índices de magnitud, incidencia e impacto.

Cuadro 5.2.6
Calificación de los impactos

Valor del impacto (incidencia x magnitud)		Incidencia										
		Muy alta		Alta		Media		Baja		Muy baja		Nula
		(1)	(0,9)	(0,8)	(0,7)	(0,6)	(0,5)	(0,4)	(0,3)	(0,2)	(0,1)	(0)
Magnitud	Muy alta (1)	1 Crítico	0,9 Crítico	0,8 Crítico	0,7 Crítico	0,6 Severo	0,5 Severo	0,4 Severo	0,3 Moderado	0,2 Moderado	0,1 Compatible	No Impacto
	Alta (0,8)	0,8 Crítico	0,72 Crítico	0,64 Severo	0,56 Severo	0,48 Severo	0,4 Severo	0,32 Moderado	0,24 Moderado	0,16 Moderado	0,08 Compatible	No Impacto
	Media (0,6)	0,6 Severo	0,54 Severo	0,48 Severo	0,42 Severo	0,36 Moderado	0,3 Moderado	0,24 Moderado	0,18 Moderado	0,12 Compatible	0,06 Compatible	No Impacto
	Baja (0,4)	0,4 Severo	0,36 Moderado	0,32 Moderado	0,28 Moderado	0,24 Moderado	0,2 Moderado	0,16 Moderado	0,12 Compatible	0,08 Compatible	0,04 Compatible	No Impacto
	Muy baja (0,2)	0,2 Moderado	0,18 Moderado	0,16 Moderado	0,14 Compatible	0,12 Compatible	0,1 Compatible	0,08 Compatible	0,06 Compatible	0,04 Compatible	0,02 Compatible	No Impacto
	Nula (0)	No Impacto	No Impacto	No Impacto	No Impacto	No Impacto	No Impacto	No Impacto	No Impacto	No Impacto	No Impacto	No Impacto

Fuente: Gómez Orea, 2007.
Elaborado por: INSIDEO.



Con respecto a la relación entre la calificación final de los impactos según la metodología de Gómez Orea (2007) y la calificación contemplada en el Reglamento de la Ley del SEIA (D.S. N° 019-2009-MINAM), así como con la terminología empleada en el marco del decreto legislativo que fortalece el funcionamiento de las autoridades competentes en el marco del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental, aprobado mediante el Decreto Legislativo N° 1394, en el **Cuadro 5.2.7** se presenta la equivalencia de términos.

Cuadro 5.2.7
Equivalencia entre la calificación final del impacto según Gómez Orea, el
Reglamento de la Ley del SEIA y el D.L. N° 1394

Calificación del impacto según la clasificación de Gómez Orea ⁽¹⁾	Calificación del impacto según el Reglamento de la Ley del SEIA ⁽²⁾	Terminología del impacto según el D.L. N° 1394 ⁽³⁾
Compatible	Leve	Leve
Moderado	Moderado	Moderado
Severo	Significativo	Alto
Crítico		

Fuente: (1) Gómez Orea, 2007, (2) D.S. N° 019-2009-MINAM, (3) D.L. N° 1394.

Elaborado por: INSIDEO.

Las equivalencias respectivas de los términos Leve y Moderado no exigen mayor análisis, puesto que la terminología empleada es similar y el término “moderado” marca la pauta para establecer que, por debajo de esta calificación, se esperan impactos “leves”. Sin embargo, la equivalencia entre Significativo y Alto necesita mayor análisis, dadas sus implicancias y preocupaciones en torno a su existencia. De acuerdo con los Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA)⁵⁴, los impactos que caracterizan a un IGA de Categoría I son considerados Leves, los que caracterizan a un IGA de Categoría II son Moderados y los que caracterizan a un IGA de Categoría III son Significativos (**Detalle 5.2.5**).

⁵⁴ MINAM, 2014. R.M. N° 398-2014-MINAM. Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA).

Detalle 5.2.5

Escala de impactos de acuerdo con los Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del SEIA



Fuente: MINAM, 2014 (R.M. 398-2014-MINAM).

De acuerdo con el MINAM, existe una clara gradualidad que parte de impactos leves, moderados y hasta significativos, motivo por el cual se establece que la denominación de impacto “Alto” del D.L. N° 1394 es equivalente a la de “Significativo” del Reglamento de la Ley del SEIA. Por otro lado, de acuerdo con la metodología de Gómez Orea, existe una subdivisión adicional, la cual considera a los impactos como Severo y Crítico. Debido a que no existe el mismo número de subdivisiones, tanto en el Reglamento del SEIA como en el D.L. N° 1394, de forma conservadora se agrupa a la calificación de impacto “Severo” y “Crítico”, dentro de la metodología de Gómez Orea, en la categoría “Alto”.

Impactos potenciales y residuales

Los impactos que resulten producto de la calificación son denominados “impactos potenciales” y corresponden a aquellos impactos que ocurrirían si el diseño de la intervención no considerara la implementación de medidas de gestión específicas. Es precisamente esta situación la que permite que los impactos potenciales sean empleados para el diseño de las medidas de manejo de los impactos y –como se explica más adelante– para la definición de las áreas de influencia de manera conservadora. En este sentido, luego de la determinación de los impactos potenciales, el diseño de la gestión se realiza empleando la Jerarquía de la Mitigación⁵⁵: medidas de prevención (medidas para evitar el impacto), minimización, rehabilitación y compensación.

⁵⁵ MINAM, 2018. Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA.



Cabe anotar que, si bien el escenario predictivo asociado a los **impactos potenciales** corresponde a una proyección sin medidas de gestión específicas, esto no significa que no se incluya medida alguna orientada a la disminución de la carga al medio, ya que, según la “Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales⁵⁶”, para la determinación de los impactos potenciales se considera un diseño de proyecto que incorpora las disposiciones técnicas ambientales contenidas en la normativa general y sectorial.

Lo anterior es importante, ya que permite prescindir de la generación de escenarios no realistas, al asumir que el diseño base de cualquier proyecto debe cumplir desde sus primeras etapas con la legislación nacional, como mínimo.

Por otro lado, los **“impactos residuales”** corresponden a los impactos que finalmente sucederían realmente en el entorno, considerando –en los casos en los cuales sea necesario– medidas específicas de gestión del impacto. En los escenarios en los cuales los impactos potenciales no requieran de medidas más allá de lo considerado por el mismo diseño de la intervención o por lo establecido por la normativa vigente, los impactos residuales serán iguales a los potenciales.

La evaluación de impactos en la etapa potencial contempla únicamente las medidas de gestión ambiental intrínsecas al proyecto, las cuales no pueden ser desagregadas del mismo, como por ejemplo la planificación de la ubicación de las instalaciones para reducir el suelo alterado. Estas medidas intrínsecas serán denominadas medidas de control y prevención operacional. En el caso de la evaluación de impactos para el caso residual, esta asume medidas de manejo ambiental no vitales para el desarrollo del proyecto, pero necesarias para tener una gestión ambiental adecuada y acorde a los estándares de EGEPISAC. Estas acciones se denominarán medidas de mitigación.

Entonces, la evaluación de impactos se desarrolla en primer lugar sobre los impactos potenciales, los cuales se definen como los impactos resultantes, considerando solamente la implementación de las medidas de control y prevención operacional. Finalmente, se realiza la evaluación de impactos residuales, escenario que toma en cuenta adicionalmente las medidas de mitigación. El **Capítulo 6** presenta las medidas de gestión ambiental y social a ser implementadas. Cuando sea necesario hacer precisiones, se presentará el respaldo de las diferencias del cálculo para el escenario “sin” y “con” medidas de gestión.

⁵⁶ MINAM, 2018. Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA.

5.2.5.2 Calificación de riesgos

Finalmente, para obtener el valor del riesgo se multiplica el valor de la *probabilidad* elegida por el valor de la *magnitud* seleccionada. El resultado de esta operación genera un valor correspondiente a un riesgo específico, clasificado según la gama de colores presentada en el **Cuadro 5.2.7** a continuación.

Cuadro 5.2.7
Valoración y clasificación de riesgos

Riesgo	Valoración del R (P x C)	Clasificación de escenarios
Riesgo muy alto	Del -16 al -20	
Riesgo alto	Del -11 al -15	
Riesgo moderado	Del -6 al -10	
Riesgo bajo	Del -1 al -5	
Neutro	0	

Elaborado por: INSIDEO.

5.3 Identificación de los impactos y riesgos

En esta sección se identificaron los impactos y riesgos asociados a la Central Eólica Mórrope, a través de las siguientes tareas.

- Conocer el proyecto, sus etapas, elementos y actividades concretas.
- Conocer el medio en el que va a desarrollarse, es decir su entorno.
- Determinar las interacciones (relaciones recíprocas) entre ambos.

En el **Cuadro 5.3.1** se han determinado las actividades del proyecto que son susceptibles de producir impactos y en el **Cuadro 5.3.2** se presentan los factores del entorno que pueden ser afectados por la ejecución del proyecto.

Cabe señalar que, en relación a las actividades susceptibles de producir impactos, de acuerdo con la metodología de Gómez Orea (2010), estas deben ser capaces de producir cambios apreciables en el medio y se refieren a tareas que pueden estar asociadas a uno o más componentes como, por ejemplo, las obras civiles y montaje, o el emplazamiento en sí de la infraestructura durante la etapa de construcción. En tal sentido, las actividades identificadas en la presente evaluación de impactos corresponden a las descritas en el **Capítulo 2** y, en la mayoría de casos, agrupan subactividades o tareas que, por sí solas, no son capaces de generar cambios en el medio físico, biológico o socioeconómico-cultural.

Por último, se realizó propiamente la identificación de impactos y la identificación de riesgos en una matriz de doble entrada, en la cual se colocaron las actividades del proyecto y los factores del entorno. Dicha matriz se muestra en la **Tabla 5.3.1** para las etapas de construcción, operación y mantenimiento, y abandono. Cabe precisar que la evaluación de riesgos se realizará en la **Sección 5.5** y **Sección 5.7**.

Cuadro 5.3.1
Actividades asociadas a la Central Eólica Mórrope

Etapas	Actividades	Siglas
Planificación	Relacionamiento comunitario	RRCC
	Ingeniería de detalle	ID
	Estudios complementarios	EC
Construcción	Contratación de mano de obra temporal	CMOT
	Compra de bienes y contratación de servicios	CBCS
	Habilitación y operación de las instalaciones auxiliares y frentes de trabajo	HOIAFT
	Transporte de aerogeneradores, materiales, maquinaria, insumos, equipos y personal	TAMI
	Movimiento de tierras y compactación	MTC
	Adecuación de caminos de acceso y habilitación de caminos internos	ACHC
	Cimentaciones de los aerogeneradores	CIA
	Plataformas para el montaje de los aerogeneradores	PMA
	Montaje de aerogeneradores y estructuras	MAE
	Canalización subterránea en media tensión	CSMT
	Construcción de la SE Mórrope	CSEM
	Construcción de la línea de transmisión	CLTE
	Construcción de la SE La Arena	CSELA
	Construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento	CIOM
	Mantenimiento de equipos de construcción	MEC
	Conexión y pruebas de energización	CPE
Operación y mantenimiento	Operación y mantenimiento de aerogeneradores	OMA
	Operación y mantenimiento de los accesos internos y acceso principal	OMAIP
	Operación y mantenimiento de equipos de media tensión	OMEMT
	Operación y mantenimiento de la SE Mórrope	OMSEM
	Operación y mantenimiento de la línea de transmisión eléctrica	OMLTE
	Operación y mantenimiento de la SE La Arena	OMSELA
Abandono	Cierre constructivo de componentes temporales y desmovilización	CCCTD
	Actividades previas	AP
	Corte de energía	CE
	Desmantelamiento de equipos e instalaciones	DEI
	Desmantelamiento y demolición de obras civiles	DDOC
	Desmontaje de componentes electromecánicos	DCE
	Restitución del área	RA

Nota: Aplicable a las Tablas 5.3.1, 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3, 5.6.1, 5.6.2 y 5.6.3.

Fuente: EGEPISAC, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Cuadro 5.3.2
Factores socio-ambientales del entorno de la Central Eólica Mórrope

Subsistema	Medio	Factor	Sub-factor	
Ambiental	Físico	Suelos	Capacidad agrológica del suelo	
		Aire	Calidad de aire	
		Agua	Calidad y cantidad del agua	
		Ruido	Nivel de ruido	
		Vibraciones	Vibraciones	
		Radiaciones no ionizantes	Densidad del campo electromagnético	
	Biológico	Flora y vegetación		Cobertura vegetal
				Especímenes de especies de flora endémicas y/o con estatus de conservación
				Especies de flora de interés social
		Fauna terrestre		Hábitat de especies de fauna
				Especímenes de fauna de interés, endémicas y/o con estatus de conservación
				Especímenes de fauna de interés social
	De Interés Humano	Paisaje	Calidad del paisaje	
Patrimonio arqueológico		Restos arqueológicos y paleontológicos		
Socioeconómico	Social	Condiciones de vida	Infraestructura	
			Confort de la población	
			Salud y seguridad	
			Servicios básicos	
		Características culturales	-	
	Económico	Características económicas	Ocupación	
			Actividades económicas principales y uso del suelo	
Retribución económica				
		Oferta de productos y servicios		

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

5.4 Valoración del impacto

En esta sección se cuantificarán los impactos del proyecto “Estudio de Impacto Ambiental semidetallado de la Central Eólica Mórrope” de acuerdo a la metodología de evaluación de impactos de Gómez Orea (2007, 2010). A continuación, se presenta la lista de los factores a ser evaluados:

- Aire
- Ruido
- Radiaciones no ionizantes
- Suelos
- Flora y vegetación
- Fauna terrestre



- Paisaje
- Restos arqueológicos
- Condiciones de vida
- Características culturales
- Características económicas
- Percepciones y expectativas

En las **Tablas 5.5.1, 5.5.2 y 5.5.3** se presenta la valoración de los impactos analizados en las etapas de planificación, construcción, operación y mantenimiento, y abandono, respectivamente.

Luego de su identificación, se procedió a describir los impactos según una serie de atributos de acuerdo a la metodología de evaluación de impactos de Gómez Orea (2007, 2010). Para cada impacto se calculó un valor de incidencia y magnitud, cuya multiplicación dio el valor final del impacto, el cual indica si se requiere o no medidas adicionales a las ya contempladas en la estrategia de manejo ambiental para poder gestionarlo.

A continuación, se presenta la valoración de los impactos sobre los diferentes factores.

5.4.1 Aire

5.4.1.1 Etapa de construcción

Calidad de aire

La evaluación de impactos sobre el aire se ha realizado mediante el análisis de la calidad del mismo respecto a los parámetros evaluados en el **Capítulo 4**, el cual comprendió la determinación de las concentraciones de material particulado y gases, de acuerdo al marco normativo y los lineamientos establecidos por el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de los Datos” (DIGESA, 2005); el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire” (D.S. N° 010-2019-MINAM), de forma referencial, y los “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y Disposiciones Complementarias” (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM). Es importante mencionar que, si bien el protocolo actualmente vigente es el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire”, aprobado mediante D.S. N° 010-2019-MINAM, este fue aprobado el 29 de noviembre de 2019, con un plazo de adecuación de 180 días. Por lo tanto, al haberse realizado el muestreo de calidad de aire dentro de dicho plazo, el cumplimiento de los lineamientos de la R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA se ajusta al margen otorgado por el D.S. N° 010-2019-MINAM.

La ubicación de las estaciones de muestreo fue establecida considerando a los principales receptores sensibles del área de estudio, siguiendo las recomendaciones establecidas en el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire” (D.S. N° 010-2019-

MINAM), de forma referencial y el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de los Datos” (DIGESA, 2005).

Los resultados de línea base mostraron que los niveles de material particulado menor a 10 micras (PM_{10}), material particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2.5}$) y concentración de gases en el área de estudio se encuentran por debajo de los valores recomendados por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA), a excepción de una estación (A-03) para PM_{10} , la cual registró una excedencia al ECA de Aire ($70,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para el periodo anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esto puede deberse a que el área de estudio presenta condiciones tales como poca vegetación, fuerte actividad eólica y terreno desértico con material no consolidado, factores que podrían contribuir con la generación de material particulado de tamaño mayor (PM_{10}) de forma natural.

En la presente evaluación de impactos, se han identificado actividades en la etapa de construcción susceptibles de producir variaciones sobre la calidad del aire. Estas actividades son las siguientes:

- Habilitación y operación de las instalaciones auxiliares y frentes de trabajo (HOIAFT)
- Transporte de aerogeneradores, materiales, maquinaria, insumos, equipos y personal (TAMI)
- Movimiento de tierras y compactación (MTC)
- Adecuación de caminos de acceso y habilitación de caminos internos (ACHC)
- Cimentaciones de los aerogeneradores (CIA)
- Plataformas para el montaje de los aerogeneradores (PMA)
- Montaje de aerogeneradores y estructuras (MAE)
- Canalización subterránea en media tensión (CSMT)
- Construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento (CIOM)
- Construcción de la SE Mórrope, SE La Arena y línea de transmisión (CSEM, SELA y CLTE)
- Cierre constructivo de componentes temporales y desmovilización (CCCTD)

A continuación, se mencionan los impactos esperados de las actividades sobre la calidad del aire:

- Incremento en la concentración de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y gases como consecuencia del empleo de vehículos, maquinaria y movimiento de tierras.

Las emisiones de material particulado se producirán principalmente por las actividades de movimiento de tierras. Es importante mencionar que estas emisiones son dependientes en gran medida del contenido de humedad del material (US EPA, 1998), así como de la granulometría del mismo. Asimismo, las muy bajas precipitaciones en la zona hacen que

las concentraciones de material particulado permanezcan más tiempo suspendidas en el ambiente.

En cuanto a los trabajos de movimiento de tierra, estos se realizarán principalmente durante la excavación del terreno para la cimentación de los aerogeneradores, zanjas para el cableado, emplazamiento de las subestaciones y habilitación de caminos de acceso e internos. Para estos trabajos se utilizarán excavadoras, retroexcavadoras y cargadores frontales, entre otra maquinaria. En el caso del camino de acceso y caminos internos, al ser un terreno con poca variación de pendiente, este no requiere un movimiento de tierra importante, por lo que solo se requerirá una nivelación del terreno. Es importante indicar que aproximadamente el 70% del material removido será reutilizado en la misma habilitación de la infraestructura, por lo que únicamente un 30% restante será ubicado en los depósitos de material excedente. Esta particularidad posibilita que la mayor parte del material excavado no sea dispuesto en depósitos y por lo tanto el acarreo es mucho menor, con las consecuencias positivas de menores distancias de rodadura y por ende menores emisiones de material particulado.

Por otro lado, la singularidad en los trabajos hace que el escenario de emisiones para una central de este tipo sea el de pequeños núcleos o focos coincidentes con la ubicación de los aerogeneradores, puesto que en estos lugares se desarrollará la mayor parte de las actividades. Estos núcleos están unidos por fuentes lineales de emisión, constituidas por los caminos internos que incluyen las redes de cableado subterráneo. Este panorama es importante a considerar para el análisis, puesto que a pesar que las extensiones de terreno son significativas para la habilitación de la central eólica, el área efectiva de actividades es en realidad muy reducida, de aproximadamente 1,1% del área de estudio del proyecto. Esto se debe a que los aerogeneradores necesitan estar espaciados entre sí para evitar el efecto estela o apantallamiento que se tienen sobre los otros que se encuentren viento abajo, de tal manera que disminuyan la eficiencia de la generación por la producción de turbulencias.

En términos de emisiones de gases, estas se producirán únicamente por el empleo de vehículos y maquinaria durante las actividades constructivas, para la habilitación de todas las obras civiles involucradas.

En cuanto a los receptores sensibles, en el área circundante a los componentes principales de la central eólica (i.e. aerogeneradores) no existen viviendas ni población cercana, dada la extrema aridez de la zona. Sin embargo, cabe precisar que el AH Cruz de Medianía y el sector Yéncala León se ubican dentro del AID de la futura Central Eólica Mórrope, en los cuales se determinaron estaciones representativas de muestreo de aire para cuantificar el posible impacto a dichos lugares por el desarrollo de las actividades de construcción, principalmente por el pase de vehículos en los caminos de acceso cercanos.

Como parte de la siguiente metodología, se evaluarán los atributos o características del impacto sobre el sub-factor ambiental «calidad de aire» a través del índice de incidencia y la magnitud del mismo mediante la comparación de escenarios y funciones de transformación. Es importante mencionar que para este análisis no se consideran medidas de gestión ambiental adicionales a las operativas.

Incidencia

Se calificó a la incidencia del impacto sobre el sub-factor de calidad del aire:

Cuadro 5.4.1
Evaluación de atributos del impacto sobre la calidad del aire

Atributo	Carácter del atributo	Descripción	Valoración
Signo	Negativo o perjudicial	Los impactos sobre la calidad del aire podrían derivar en la alteración de las condiciones del entorno (mayor cantidad de contaminantes en el aire)	-1
Inmediatez	Directo	El impacto tiene repercusión directa e inmediata sobre la calidad del aire pues el material que se incorpora al aire incide en forma directa sobre el contenido de material particulado	3
Acumulación	Simple	La ocurrencia constante de una actividad que genere efectos sobre la calidad de aire no es de carácter aditivo. Los trabajos de habilitación del terreno son muy puntuales en el espacio y tiempo. No se espera que el incremento de material particulado en el aire genere otros efectos acumulativos en conjunto con otros componentes.	1
Sinergia	Leve	No se espera que el impacto actúe como efecto multiplicador en sinergia con otros factores	1
Momento	Inmediato	El impacto se manifiesta inmediatamente luego de la acción causante (variación en las concentraciones de material particulado y gases en el aire). La afectación de la calidad del aire se manifiesta sin demora, luego del aporte.	3
Persistencia	Temporal	El impacto únicamente se dará dentro de las actividades constructivas de cada frente de trabajo, cuya duración está en el orden de semanas/meses.	1
Reversibilidad	Reversible a corto plazo	Mediante procesos naturales se puede retornar a las condiciones previas rápidamente. El área del proyecto es abierta, sin obstáculos que signifiquen restricciones a la ventilación y renovación de la masa de aire circundante a los frentes de trabajo. Las mismas características de alta intensidad de vientos, hacen que la autodepuración sea rápida.	1
Recuperabilidad	Fácilmente recuperable	Mediante procesos naturales y/o de acción humana (a través de medidas de control y/o mitigación) se pueden recuperar las	1

Atributo	Carácter del atributo	Descripción	Valoración
		condiciones basales. Si bien es cierto, el impacto es reversible naturalmente, algunas obras humanas como el afianzamiento del sustrato o agentes supresores de polvo, pueden apoyar a la reducción del desprendimiento de las partículas del suelo	
Periodicidad	Periódico	El efecto no se manifiesta aleatoriamente o de manera irregular, sino durante los horarios de trabajo de los frentes	3
Continuidad	Continuo	La variación en la calidad del aire es una alteración constante en el tiempo, en el marco temporal de la etapa de construcción, que obedece a un cronograma de actividades diarias/semanales/mensuales	3

Elaborado por: INSIDEO.

En base a la justificación detallada de los valores numéricos otorgados a cada uno de los atributos del impacto, el valor de incidencia y del índice de incidencia sobre el sub-factor de calidad del aire es de 25 y 0,235, respectivamente. Tales valores se obtienen de las siguientes expresiones:

$$Incidencia = (I + 2A + 2S + M + 3P + 3R + 3Rc + Pr + C)$$

$$Incidencia = (3 + 2 \times 1 + 2 \times 1 + 3 + 3 \times 1 + 3 \times 1 + 3 \times 1 + 3 + 3) = 25$$

$$Indice\ de\ incidencia = \frac{Incidencia - Incidencia_{min}}{Incidencia_{max} - Incidencia_{min}} = \frac{25 - 17}{51 - 17} = 0,235$$

Magnitud

De manera conservadora, se consideró que el principal parámetro susceptible de ser afectado por actividades constructivas es el material particulado de diámetro menor a 10 μm (PM_{10}) y 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$), por los bajos valores en estado basal de los demás parámetros (gases) en el área de estudio, así como a los bajos aportes por parte del proyecto con relación a estos otros parámetros. Por ello, el indicador elegido, que se estima representativo, relevante y que permite cuantificar, localizar el impacto y compararlo con la legislación nacional vigente, es el siguiente:

- Promedio del nivel de inmisión de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ en dos puntos representativos: ubicados conservadoramente entre los puntos de emisión y zonas pobladas, tal como se presenta en el cuadro a continuación:

Cuadro 5.4.2
Ubicación de los puntos receptores

Código de estación	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 17M)		
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
A-01	Ubicado entre los frentes de trabajo y el sector Yéncala León	611 479	9 260 149	7
A-02	Ubicado entre los frentes de trabajo y el AH Cruz de Mediana	611 403	9 268 399	12

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

En tal sentido, se definen los escenarios «sin proyecto» y «con proyecto»:

- El escenario “sin proyecto” se refiere a los resultados de concentración de material particulado menor a 10 μm (PM_{10}) y 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$), presentados en la línea base ambiental (**Capítulo 4**) en los puntos representativos seleccionados.
- El escenario “con proyecto” se refiere a los resultados del inventario de emisiones y respectivo modelamiento de material particulado en los dos puntos de interés mencionados, sumados, de manera aritmética, a los resultados de línea base.

Asimismo, los puntos seleccionados correspondieron a las estaciones de muestreo de calidad de aire, ejecutadas durante el levantamiento de información de línea base, lo que permitirá una cuantificación real del impacto de las actividades constructivas del proyecto en dichos lugares.

El modelamiento de dispersión realizado en el presente estudio fue desarrollado para evaluar de forma cuantitativa los efectos que tendrán las emisiones de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, por ser parámetros representativos del desarrollo de las actividades propuestas.

Para el desarrollo del inventario de emisiones se consideraron dos (02) escenarios: situación sin medidas de control y situación con medidas de control, tales como el uso de sustancias higroscópicas (como la bischofita) para eliminar la necesidad de aplicación de agua o reducir su empleo al mínimo necesario, así como el humedecimiento de los suelos a ser removidos u otro material fino a ser transportado en ciertas áreas sensibles de acuerdo al **Capítulo 6**. En cuanto al modelo empleado se seleccionó el modelo AERMOD debido a que presenta una serie de ventajas comparativas dadas las condiciones del proyecto (fuentes de emisión, topografía, meteorología, etc.) y más aún, es recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA, por sus siglas en inglés). Además, tiene la capacidad de simular la dispersión de partículas desde varias fuentes simultáneamente, las cuales pueden tener niveles de emisión variable según la hora, día, mes o temporada. Por las razones mencionadas, se considera que el modelo AERMOD es idóneo para realizar el modelamiento de dispersión atmosférica bajo las condiciones del proyecto.

Entre las consideraciones se determinaron como fuentes de emisión a las actividades de carguío, descarga, movimiento de tierras y acarreo asociado a los aerogeneradores, planta de concreto, líneas subterráneas de baja y media tensión, subestaciones, componentes temporales y caminos internos. Además, se consideraron dos puntos receptores ubicados en zonas de asentamientos poblacionales. En el **Cuadro 5.4.3** se muestra el resumen de los resultados obtenidos para las actividades y componentes indicados, bajos los escenarios planteados.

Cuadro 5.4.3
Resumen de inventario de emisiones - Etapa de construcción

Instalación	Aspecto	Escenario sin medidas de control		Factor de control (%)	Escenario con medidas de control	
		Emisiones (g/s)			Emisiones (g/s)	
		PM ₁₀	PM _{2.5}		PM ₁₀	PM _{2.5}
Aerogeneradores	Carguío	0,0030	0,0005	75	0,0008	0,0001
	Descarga	0,0021	0,0003	70	0,0006	0,0001
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
	Acarreo	0,2863	0,0418	95	0,0143	0,0021
Planta de concreto	Preparación de concreto	1,0988	-	90	0,1099	-
	Acarreo	1,9795	0,2893	95	0,0990	0,0145
Líneas subterráneas de baja y media tensión	Carguío	0,0010	0,0001	75	0,0002	0,0000
	Descarga	0,0007	0,0001	70	0,0002	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
S.E. Mórrope	Carguío	0,0003	0,0000	75	0,0001	0,0000
	Descarga	0,0002	0,0000	70	0,0001	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
S.E. La Arena	Carguío	0,0002	0,0000	75	0,0000	0,0000
	Descarga	0,0001	0,0000	70	0,0000	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
Componentes temporales	Carguío	0,0004	0,0001	75	0,0001	0,0000
	Descarga	0,0002	0,0000	70	0,0001	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
Caminos internos	Carguío	0,0012	0,0002	75	0,0003	0,0000
	Descarga	0,0008	0,0001	70	0,0002	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
Caminos de acceso	Carguío	0,0000	0,0000	75	0,0000	0,0000
	Descarga	0,0000	0,0000	70	0,0000	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
	Tránsito de vehículos PE	18,6317	2,7231	95	0,9316	0,1362

Instalación	Aspecto	Escenario sin medidas de control		Factor de control (%)	Escenario con medidas de control	
		Emisiones (g/s)			Emisiones (g/s)	
		PM ₁₀	PM _{2.5}		PM ₁₀	PM _{2.5}
	Tránsito de vehículos LT	1,3191	0,1928	95	0,0660	0,0096
DME 1	Descarga	0,0003	0,0000	70	0,0001	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
	Erosión eólica	0,0115	0,0046	-	0,0115	0,0046
DME 2	Descarga	0,0002	0,0000	70	0,0001	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
	Erosión eólica	0,0115	0,0046	-	0,0115	0,0046
DME 3	Descarga	0,0002	0,0000	70	0,0001	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
	Erosión eólica	0,0115	0,0046	-	0,0115	0,0046
DME 4	Descarga	0,0002	0,0000	70	0,0001	0,0000
	Movimiento de tierras	0,0718	0,0293	75	0,0179	0,0073
	Erosión eólica	0,0115	0,0046	-	0,0115	0,0046
Total		24.1618	3,5892		1,4672	0,2618

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Es importante indicar que el inventario de emisiones se realizó bajo un enfoque conservador, el cual comprende la realización de todas las actividades constructivas de manera simultánea, en todos los componentes del proyecto. Considerando ello, se aclara que dichas actividades se tendrían que dar de manera consecutiva, siguiendo el procedimiento constructivo para el emplazamiento de la infraestructura.

Sobre esta base, se realizó el modelamiento, utilizando la información horaria de velocidad y dirección del viento de un año, obtenida de las mediciones realizadas por EGEPISAC. En el **Anexo 5.4.1** se presenta el informe de modelamiento AERMOD para la etapa de construcción del proyecto (escenarios con y sin medidas de control).

De acuerdo a los resultados obtenidos del modelamiento de dispersión de material particulado en el aire, en el **Cuadro 5.4.4** se muestran los aportes para PM₁₀ y PM_{2.5} en los puntos receptores indicados anteriormente, para el periodo de 24 horas y anual, sin medidas de control, mientras que en el **Cuadro 5.4.5** se muestran los aportes obtenidos, bajo las mismas condiciones, pero considerando medidas de control.

Cuadro 5.4.4

Aportes de contaminantes en los receptores – Escenario sin medidas de control

Receptor discreto	Aportes en el receptor discreto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	PM ₁₀ – periodo anual	PM ₁₀ – periodo 24 horas	PM _{2.5} – periodo anual	PM _{2.5} – periodo 24 horas
A-01	0,055	0,564	0,009	0,089
A-02	17,740	52,797	2,612	7,792

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Cuadro 5.4.5

Aportes de contaminantes en los receptores – Escenario con medidas de control

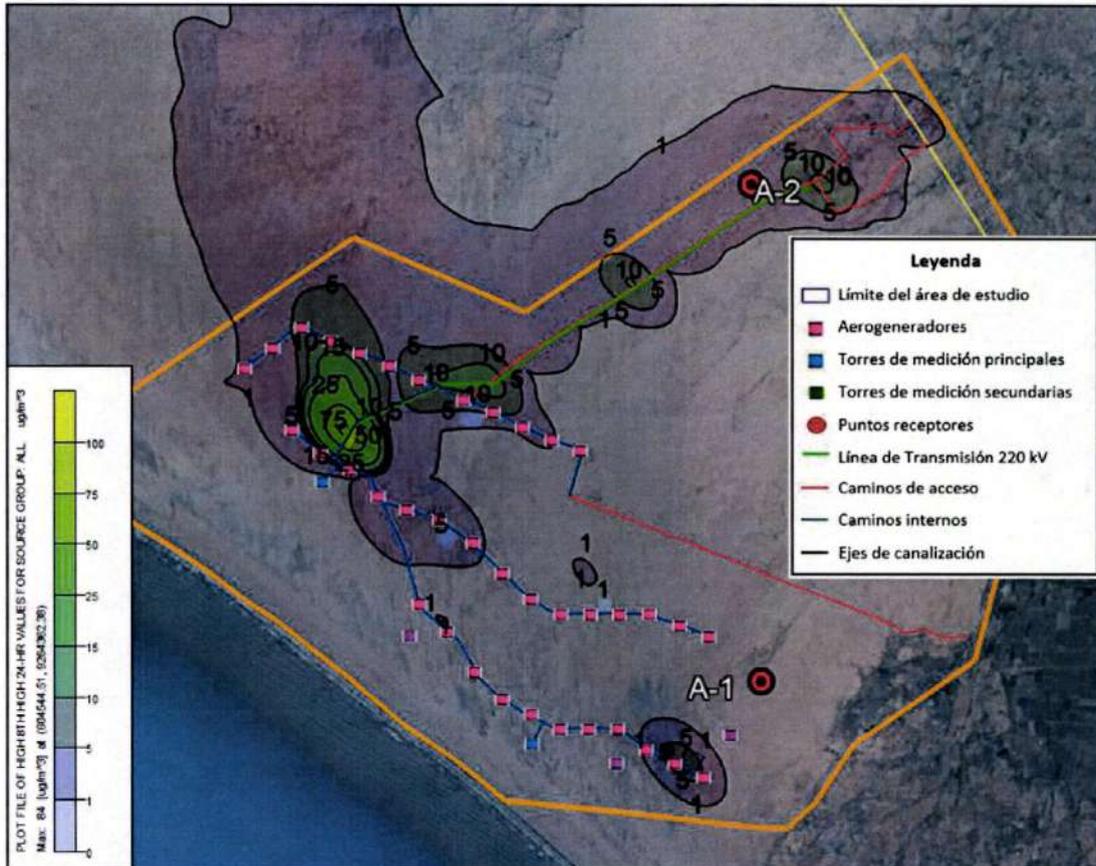
Receptor discreto	Aportes en el receptor discreto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	PM ₁₀ – periodo anual	PM ₁₀ – periodo 24 horas	PM _{2.5} – periodo anual	PM _{2.5} – periodo 24 horas
A-01	0,0038	0,044	0,0009	0,009
A-02	0,902	2,705	0,137	0,416

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

En la **Ilustración 5.4.1** se presenta el alcance geográfico de los aportes de material particulado PM₁₀ en 24 horas para el escenario con medidas de control (residual).

En la **Ilustración 5.4.2** se presenta el alcance geográfico de los aportes de material particulado PM_{2.5} en 24 horas para el escenario con medidas de control (residual).

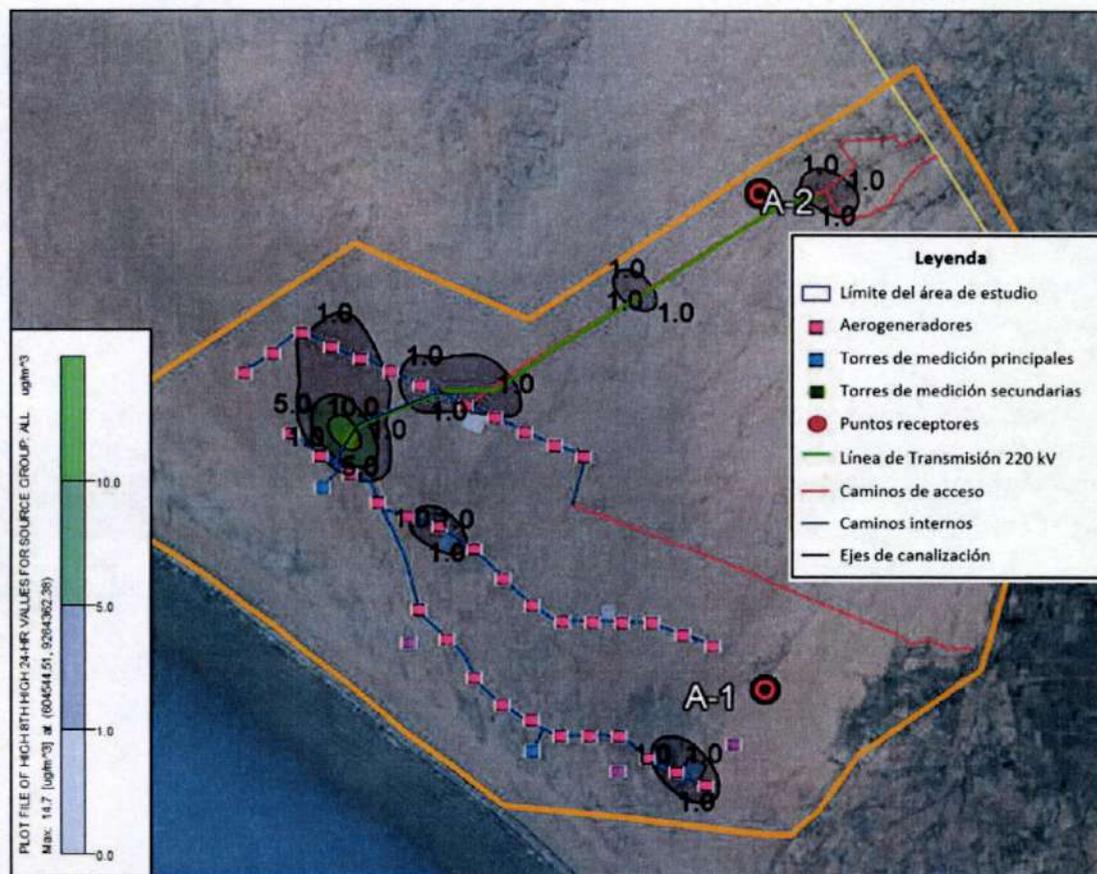
Ilustración 5.4.1
Resultados del modelamiento de dispersión de material particulado PM₁₀ en 24 horas para la etapa de construcción (con medidas de control)



Fuente: INSIDEO, 2020.

Ilustración 5.4.2

Resultados del modelamiento de dispersión de material particulado $PM_{2.5}$ en 24 horas para la etapa de construcción (con medidas de control)



Fuente: INSIDEO, 2020.

En los siguientes cuadros se presentan los valores del indicador seleccionado (concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para las situaciones sin y con proyecto, tanto para el escenario sin medidas de control como con medidas de control, en los puntos receptores indicados anteriormente. Para este último escenario, se consideró la suma aritmética con los resultados del modelamiento para el periodo de 24 horas, que se adecúa más a la realidad del proyecto por ser el más conservador.

Cuadro 5.4.6

Indicador (concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en µg/m³) en las situaciones “sin” y “con proyecto” – Escenario sin medidas de control

Situación	Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³)		Concentración de PM _{2,5} (µg/m ³)	
	A-01	A-02	A-01	A-02
Sin proyecto ⁽¹⁾	29,7	24,7	10,5	7,5
Con proyecto ⁽²⁾	30,264	77,497	10,589	15,292
ECA Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM)	50 (anual) 100 (24 horas)		25 (anual) 50 (24 horas)	

(1) Resultados obtenidos durante los trabajos de línea base en las estaciones A-01 y A-02.

(2) Suma aritmética entre los aportes estimados mediante el modelamiento AERMOD y la concentración registrada durante los muestreos de línea base del proyecto, para el periodo de 24 horas.

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Cuadro 5.4.7

Indicador (concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en µg/m³) en las situaciones “sin” y “con proyecto” – Escenario con medidas de control

Situación	Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³)		Concentración de PM _{2,5} (µg/m ³)	
	A-01	A-02	A-01	A-02
Sin proyecto ⁽¹⁾	29,7	24,7	10,5	7,5
Con proyecto ⁽²⁾	29,744	27,405	10,509	7,916
ECA Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM)	50 (anual) 100 (24 horas)		25 (anual) 50 (24 horas)	

(1) Resultados obtenidos durante los trabajos de línea base en las estaciones A-01 y A-02.

(2) Suma aritmética entre los aportes estimados mediante el modelamiento AERMOD y la concentración registrada durante los muestreos de línea base del proyecto, para el periodo de 24 horas.

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

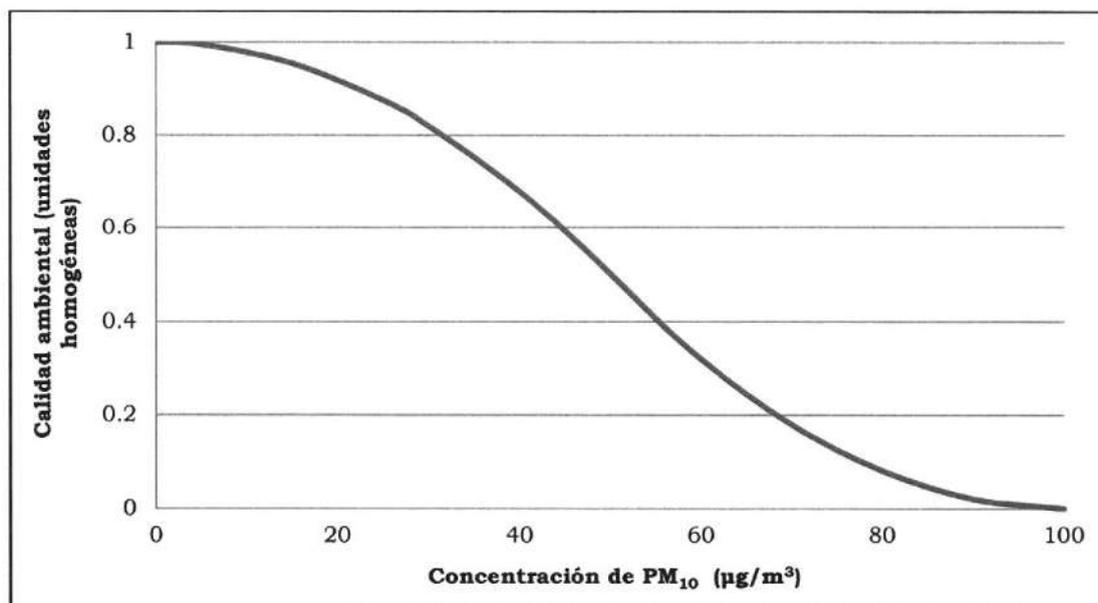
Una vez calculados los valores del indicador en cuestión para los escenarios «sin» y «con» proyecto en unidades heterogéneas, se definió la función de transformación con la finalidad de obtener valores en unidades homogéneas.

De acuerdo a estudios previos y a la literatura especializada, las curvas de transformación para impactos sobre la calidad del aire dan mucha importancia a las variaciones en la parte central de la variación del aspecto, es decir se magnifica en los valores intermedios y se ralentiza en los extremos. La calidad ambiental varía entre 0 y 1, en donde «0» representa una calidad ambiental sub-estándar y «1» identifica a la mejor calidad ambiental potencial.

En el caso del material particulado menor a 10 µm (**Gráfico 5.4.1**), se considera que la mejor calidad ambiental potencial se da cuando la concentración es 0 µg/m³ (en unidades homogéneas tiene el valor de 1). El Estándar de Calidad Ambiental para PM₁₀ (equivalente a 50 µg/m³ anual) se expresa en una calidad ambiental media (es decir, 0,5 unidades homogéneas). En el caso de una calidad ambiental sub-estándar (en unidades homogéneas, 0), se consideró 100 µg/m³.

Gráfico 5.4.1

Curva de transformación para la evaluación de impactos sobre la calidad del aire –
PM₁₀

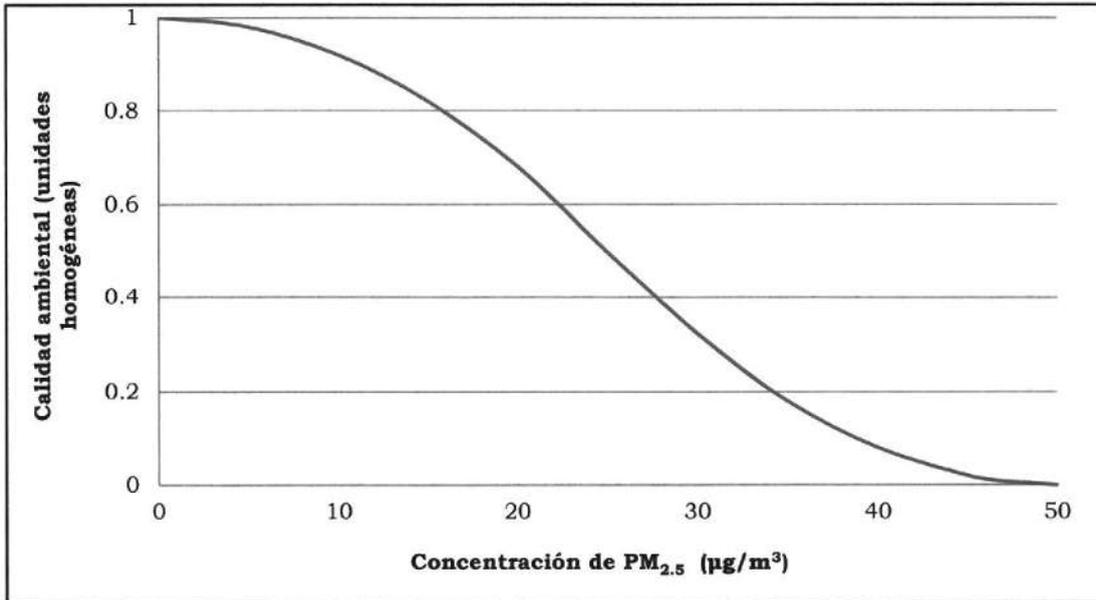


Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental (Gómez Orea, 2010).
Modificado por: INSIDEO.

Para el caso del material particulado menor a 2,5 µm (**Gráfico 5.4.2**), se considera que la mejor calidad ambiental potencial se da cuando la concentración de material particulado PM_{2.5} es 0 µg/m³ (en unidades homogéneas, tiene el valor de 1). El Estándar de Calidad Ambiental de material particulado PM_{2.5} (equivalente a 25 µg/m³ anual) se expresa en una calidad ambiental media (es decir, 0,5 unidades homogéneas). En el caso de una calidad ambiental sub-estándar (en unidades homogéneas, 0), se consideró una concentración de 50 µg/m³.

Gráfico 5.4.2

Curva de transformación para la evaluación de impactos sobre la calidad del aire – PM_{2.5}



Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental (Gómez Orea, 2010).
Modificado por: INSIDEO.

En el **Cuadro 5.4.8** y **Cuadro 5.4.9** se presentan los valores relativos (heterogéneos) y a escala (homogéneos) de los indicadores en las situaciones «sin proyecto» y «con proyecto» para los puntos de interés (receptores sensibles), tanto para el escenario sin medidas de control como con medidas de control.

Cuadro 5.4.8

Magnitud de la afectación de la calidad del aire – Etapa de construcción (sin medidas de control)

Indicador	Puntos receptores	Unidades heterogéneas		Unidades homogéneas		Magnitud
		Sin Proyecto	Con Proyecto	Sin Proyecto	Con Proyecto	
Concentración de PM ₁₀	A-01	29,7	30,264	0,8236	0,8176	0,0060
	A-02	24,7	77,497	0,8780	0,1013	0,7767
Concentración de PM _{2.5}	A-01	10,5	10,589	0,9780	0,9776	0,0004
	A-02	7,5	15,292	0,9888	0,9542	0,0346

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Cuadro 5.4.9
Magnitud de la afectación de la calidad del aire – Etapa de construcción (con medidas de control)

Indicador	Puntos receptores	Unidades heterogéneas		Unidades homogéneas		Magnitud
		Sin Proyecto	Con Proyecto	Sin Proyecto	Con Proyecto	
Concentración de PM ₁₀	A-01	29,7	29,744	0,8236	0,8233	0,0003
	A-02	24,7	27,405	0,8780	0,8506	0,0274
Concentración de PM _{2.5}	A-01	10,5	10,509	0,9780	0,9779	0,0001
	A-02	7,5	7,916	0,9888	0,9875	0,0013

Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Valoración final

Una vez calculadas las unidades homogéneas, se procedió a calcular la magnitud a través de la resta de las unidades homogéneas bajo la situación «sin proyecto» y «con proyecto», respectivamente, tanto para el escenario sin medidas de control como con medidas de control. Finalmente, se calculó la valoración final del impacto mediante la multiplicación del índice de incidencia y magnitud estimadas según lo indicado en los párrafos precedentes.

Como se observa en el **Cuadro 5.4.10** y en el **Cuadro 5.4.11**, los impactos que serán generados por las acciones a desarrollar durante la etapa de construcción del proyecto (sin medidas de control) han sido catalogados, en su mayoría, como ***Negativos compatibles*** o ***leves*** con el entorno. Sin embargo, con respecto a la concentración de PM₁₀ para el punto receptor A-02, se obtiene una calificación de ***Negativo moderado***, considerando un escenario conservador.

Por otro lado, respecto a los impactos generados después de la aplicación de las medidas de control establecidas, estos han recibido una calificación de ***Negativos compatibles*** con el entorno para todas las concentraciones y puntos receptores. Esto indica que se reduce el impacto de ***Negativo moderado*** a ***Negativo compatible*** para PM₁₀ en el punto A-02. De ello, se establece que la aplicación de las medidas de control (escenario futuro de ejecución del proyecto) mitigará los impactos establecidos para un escenario sin control.

Cuadro 5.4.10

Valoración final del impacto sobre la calidad del aire – Etapa de construcción (sin medidas de control)

Impacto	Indicador	Puntos receptores	Incidencia	Magnitud	Valoración final	Relevancia
Incremento en la concentración de material particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5}) como consecuencia del empleo de vehículos, maquinaria y movimiento de tierras.	Concentración de PM ₁₀	A-01	0,235	0,0060	0,0014	Negativo Compatible
		A-02	0,235	0,7767	0,1828	Moderado
	Concentración de PM _{2.5}	A-01	0,235	0,0004	0,00009	Negativo Compatible
		A-02	0,235	0,0346	0,0081	Negativo Compatible

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Cuadro 5.4.11

Valoración final del impacto sobre la calidad del aire – Etapa de construcción (con medidas de control)

Impacto	Indicador	Puntos receptores	Incidencia	Magnitud	Valoración final	Relevancia
Incremento en la concentración de material particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5}) como consecuencia del empleo de vehículos, maquinaria y movimiento de tierras.	Concentración de PM ₁₀	A-01	0,235	0,0003	0,0001	Negativo Compatible
		A-02	0,235	0,0274	0,0064	Negativo Compatible
	Concentración de PM _{2.5}	A-01	0,235	0,0001	0,00002	Negativo Compatible
		A-02	0,235	0,0013	0,00031	Negativo Compatible

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Se aprecia que el resultado obtenido para el escenario con medidas de control evidencia la efectividad de estos mecanismos, reduciendo el impacto ***Negativo moderado*** a uno ***Negativo compatible*** mediante la reducción de las emisiones para PM₁₀ y PM_{2.5}, con valores que alcanzan hasta un 65% de emisiones y son concordantes con los datos de Campos y Espinoza (2006), en donde se indica valores de eficiencia de la bischofita de un 96%, en la aplicación para trabajos de estabilización y control de polvo. Ello, además, responde a las buenas prácticas ambientales que la empresa desea ejecutar, para un desarrollo en armonía con los núcleos poblacionales en el entorno del proyecto, en especial en la zona de los accesos principales, donde se ubica el AH Cruz de Medianía. Es preciso



indicar que se priorizará la aplicación de las medidas de control en dicho lugar, dada la importancia del buen relacionamiento social con los asentamientos humanos cercanos.

5.4.1.2 Etapa de operación y mantenimiento

Calidad de aire

Durante la etapa de operación y mantenimiento, la magnitud de las actividades de generación de energía por la Central Eólica Mórrope, que incluye la operación de las subestaciones y la línea de transmisión de 220 kV SE Mórrope – SE La Arena, no presenta efectos o impactos sobre el sub-factor calidad del aire. Si bien durante esta etapa existirán actividades de monitoreo y mantenimiento que involucran transporte de personal y equipos y, por lo tanto, uso de vehículos, estas serán muy puntuales en el espacio y en el tiempo. Por ello, se considera que la contribución de material particulado y gases es insignificante y que no constituye un impacto ambiental relevante para el análisis, siendo en la práctica nulo. Estas afirmaciones, derivadas del juicio de expertos, están apoyadas en la estimación de las escasas contribuciones de material particulado previstas para las superficies de rodadura de los caminos de acceso e internos y, por ende, de muy escaso alcance geográfico y magnitud. La generación de energía eléctrica a través de la conversión de la energía eólica no constituye una fuente de contaminantes al aire, por lo que es considerada una energía limpia y necesaria para hacer frente al cambio climático, precisamente por no ser considerada como fuente de gases de efecto invernadero.

Concluyendo, dado que no se generarán emisiones relevantes de material particulado en la etapa de operación y mantenimiento respecto a la etapa de construcción, no se estiman impactos que necesiten ser evaluados ni calificados mediante la metodología empleada para el presente estudio. Ello basado en que la presencia de vehículos es tan puntual en el espacio y tiempo que no se esperan diferencias relevantes con respecto a la situación actual en ausencia de actividades. Por este motivo no se esperan impactos sobre la calidad del aire derivados de las actividades operativas. Por otro lado, la operación de los aerogeneradores no genera emisión alguna, siendo una fuente limpia de generación de energía.

5.4.1.3 Etapa de abandono

Calidad de aire

Durante la etapa de abandono, se tiene prevista la realización de actividades de abandono al finalizar la vida útil del proyecto, que correspondería principalmente al desmantelamiento y/o la demolición de las instalaciones.

Como se mencionó anteriormente, la evaluación de impactos sobre el aire se ha realizado mediante el análisis de la calidad del mismo respecto a los parámetros evaluados en el

Capítulo 4, el cual comprendió la determinación de las concentraciones de material particulado y gases, de acuerdo al marco normativo vigente.

Durante la etapa de abandono, se tiene prevista la realización de las siguientes actividades que tienen consecuencias sobre la calidad del aire:

- Desmantelamiento de equipos e instalaciones (DEI)
- Desmantelamiento y demolición de obras civiles (DDOC)
- Desmontaje de componentes electromecánicos (DCE)
- Restitución del área (RA)

Los impactos esperados de las actividades sobre los niveles de calidad de aire en la etapa de abandono son:

- Incremento en la concentración de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y gases como consecuencia del empleo de vehículos, maquinaria y movimiento de tierras.

Estas emisiones se producirán únicamente por el empleo de vehículos y maquinaria durante las actividades de abandono por el transporte de personal y equipos; por lo que los efectos producidos por las emisiones de gases y material particulado serán muy puntuales. De la misma manera, se considera que la restitución del área generará emisiones de material particulado muy puntuales puesto que no será necesaria la remoción de cantidades significativas de tierra, en comparación a la etapa de construcción, dada la topografía plana.

De forma conservadora se asume que los impactos serán similares a los identificados en la etapa de construcción, por lo que en la **Tabla 5.4.1** se detalla dicho análisis, a pesar que se estima que la magnitud de las actividades de abandono sea menor.

Valoración final

Es importante tomar en cuenta que las curvas de transformación, tanto para PM_{10} como para $PM_{2.5}$, son las mismas que las presentadas en la etapa de construcción (**Gráfico 5.4.1** y **Gráfico 5.4.2**). Considerando las unidades homogéneas de la etapa de construcción, se procedió a calcular la magnitud a través de la resta de estas, bajo la situación «sin proyecto» y «con proyecto», respectivamente, tanto para el escenario sin medidas de control como con medidas de control. Finalmente, se calculó la valoración final del impacto mediante la multiplicación del índice de incidencia y magnitud estimadas según lo indicado en los párrafos precedentes.

Como se observa en el **Cuadro 5.4.12** y en el **Cuadro 5.4.13**, los impactos que serán generados por las acciones a desarrollar durante la etapa de construcción del proyecto (sin

medidas de control) han sido catalogados, en su mayoría, como ***Negativos compatibles*** con el entorno. Respecto a la concentración de PM₁₀ para el punto receptor A-02, se obtiene una calificación de ***Negativo moderado***, considerando un escenario conservador.

Por otro lado, respecto a los impactos generados después de la aplicación de las medidas de control establecidas, estos han recibido una calificación de ***Negativos compatibles*** con el entorno para todas las concentraciones y puntos receptores, lo cual indica que se reduce el impacto de ***Negativo moderado*** a ***Negativo compatible*** para PM₁₀ en el punto A-02. De ello, se establece que la aplicación de las medidas de control (escenario futuro de ejecución del proyecto), mitigará los impactos establecidos para un escenario sin control.

Cuadro 5.4.12

Valoración final del impacto sobre la calidad del aire – Etapa de abandono (sin medidas de control)

Impacto	Indicador	Puntos receptores	Incidencia	Magnitud	Valoración final	Relevancia
Incremento en la concentración de material particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5}) como consecuencia del empleo de vehículos, maquinaria y movimiento de tierras.	Concentración de PM ₁₀	A-01	0,235	0,0060	0,0014	Negativo Compatible
		A-02	0,235	0,7767	0,1828	Moderado
	Concentración de PM _{2.5}	A-01	0,235	0,0004	0,00009	Negativo Compatible
		A-02	0,235	0,0346	0,0081	Negativo Compatible

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Cuadro 5.4.13

Valoración final del impacto sobre la calidad del aire – Etapa de abandono (con medidas de control)

Impacto	Indicador	Puntos receptores	Incidencia	Magnitud	Valoración final	Relevancia
Incremento en la concentración de material particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5}) como consecuencia del empleo de vehículos, maquinaria y movimiento de tierras.	Concentración de PM ₁₀	A-01	0,235	0,0003	0,0001	Negativo Compatible
		A-02	0,235	0,0274	0,0064	Negativo Compatible
	Concentración de PM _{2.5}	A-01	0,235	0,0001	0,00002	Negativo Compatible
		A-02	0,235	0,0013	0,00031	Negativo Compatible

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Como se indicó anteriormente en la etapa de construcción, se aprecia que el resultado obtenido para el escenario con medidas de control evidencia la efectividad de estos mecanismos, reduciendo el impacto ***Negativo moderado*** a ***Negativo compatible*** mediante la reducción de las emisiones para PM₁₀ y PM_{2.5}, con valores que alcanzan hasta un 65%, en concordancia con las buenas prácticas ambientales que la empresa desea ejecutar para un desarrollo en armonía con los núcleos poblacionales en el entorno del proyecto, en especial en la zona de los accesos principales y carretera Panamericana Norte, donde se ubica el AH Cruz de Medianía. Además, es preciso indicar que se priorizará la aplicación de las medidas de control en dicho lugar, dada la importancia del buen relacionamiento social con la población cercana.

5.4.2 Ruido

5.4.2.1 Etapa de construcción

Nivel de ruido

La evaluación de impactos sobre los niveles de ruido se ha realizado mediante el análisis de la calidad del mismo evaluado en el **Capítulo 4**, el cual comprendió la determinación del nivel de presión sonora continua equivalente ($L_{A_{eqT}}$), para el periodo diurno y nocturno, considerando lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para Ruido (D.S. N° 085-2003-PCM).

Por otro lado, la ubicación de las estaciones de medición fue establecida considerando a los principales receptores sensibles del área de estudio.

De acuerdo con los resultados obtenidos de línea base, las mediciones de ruido en algunas estaciones, superan los ECA para Ruido, tanto para el horario diurno y nocturno, considerando la zona residencial o industrial, según se indicó en el **Capítulo 4**. Dichas excedencias se deben a la presencia de vientos locales, de intensidad moderada, así como el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Norte, lo que influyó sobre la mayoría de los registros obtenidos.

En la presente evaluación de impactos, se han identificado actividades para la etapa de construcción susceptibles de producir variaciones sobre el factor ruido, las cuales se mencionan a continuación:

- Habilitación y operación de las instalaciones auxiliares y frentes de trabajo (HOIAFT)
- Transporte de aerogeneradores, materiales, maquinaria, insumos, equipos y personal (TAMI)
- Movimiento de tierras y compactación (MTC)
- Adecuación de caminos de acceso y habilitación de caminos internos (ACHC)
- Cimentaciones de los aerogeneradores (CIA)



- Plataformas para el montaje de los aerogeneradores (PMA)
- Montaje de aerogeneradores y estructuras (MAE)
- Canalización subterránea en media tensión (CSMT)
- Construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento (CIOM)
- Construcción de la SE Mórrope, SE La Arena y línea de transmisión (CSEM, CSELA y CLTE)
- Conexión y pruebas de energización (CPE)
- Cierre constructivo de componentes temporales y desmovilización (CCCTD)

Los impactos esperados de las actividades sobre los niveles de ruido en la etapa de construcción son:

- Incremento en los niveles de ruido como consecuencia de las actividades constructivas.

Las actividades constructivas anteriormente mencionadas generarán un incremento en los niveles basales de ruido. Sin embargo, el incremento del nivel de ruido solo se dará durante las horas de trabajo, las cuales comprenden periodos cortos en una escala temporal. Por las características del efecto, una vez culminada la actividad emisora de ruido, este cesa inmediatamente.

Las emisiones de ruido se producirán principalmente por las actividades que involucren maquinarias, tales como el movimiento de tierras, preparación de material, izaje de aerogeneradores y construcción de las subestaciones. Al igual que en el caso de calidad de aire, la habilitación de caminos de acceso e internos no requiere un movimiento de tierra importante, por lo que el transporte para el acarreo es mucho menor, con las consecuencias positivas de menores distancias de rodaduras y por ende menor generación de ruido por dicha actividad.

Por otro lado, la singularidad en los trabajos, hace que el escenario de emisiones para una central de este tipo sea el de pequeños núcleos o focos coincidentes con la ubicación de los aerogeneradores, puesto que en estos lugares se desarrollará la mayor parte de las actividades (cimentaciones, plataformas, izaje, etc.). Estos núcleos están unidos por fuentes lineales de emisión, constituidas por los caminos internos que incluyen las redes de cableado subterráneo. Este panorama es importante a considerar para el análisis, puesto que el área efectiva de actividades es en realidad muy reducida, de aproximadamente 1,1% del área de estudio del proyecto.

En cuanto a los receptores sensibles, en el área circundante a los componentes principales de la central eólica (i.e. aerogeneradores) no existen viviendas ni población cercana, dada la extrema aridez de la zona. Sin embargo, cabe precisar que los AAHH Cruz de Medianía,

Portada Belén, 25 de Febrero, Nery Castillo y 9 de Setiembre, así como el sector Yéncala León se ubican dentro del AID de la futura Central Eólica Mórrope. Por lo tanto, cerca de estos lugares es que se establecieron estaciones representativas de medición de ruido para cuantificar el posible impacto a dichos lugares, por el desarrollo de las actividades de construcción.

En ese sentido, en el presente análisis se considera la evaluación de impactos por aportes de ruido, producto de la etapa de construcción, en cuatro (04) puntos ubicados en los sectores indicados.

Como parte de la siguiente metodología, se evaluarán los atributos o características del impacto sobre el factor «ruido» a través del índice de incidencia y la magnitud del mismo mediante la comparación de escenarios y la función de transformación (**Tabla 5.4.1**). Es importante destacar que esta metodología permitirá precisar la valoración del impacto dado que requiere un mayor nivel de información y utilizará niveles estimados de ruido para predecir la magnitud del impacto.

Incidencia

Se calificó a la incidencia del impacto sobre el sub-factor niveles de ruido:

Cuadro 5.4.14
Evaluación de atributos del impacto sobre el nivel de ruido

Atributo	Carácter del atributo	Descripción	Valoración
Signo	Negativo o perjudicial	El impacto deriva a una afectación negativa al ambiente y a receptores sensibles	-1
Inmediatez	Directo	El impacto tiene repercusión directa inmediata sobre los niveles de ruido. La dispersión del sonido a través del aire es directa, al no existir obstáculos que lo desvíen o atenúen en el área.	3
Acumulación	Simple	Se generan efectos constantes y lineales en el tiempo. El ruido generado no presenta acumulación con otros factores, de tal manera que el efecto se magnifique.	1
Sinergia	Leve	No se espera que el impacto actúe como efecto multiplicador en sinergia con otros factores. El ruido se manifiesta en forma simple, pues al no ser acumulativo, tampoco es sinérgico.	1
Momento	Corto	El impacto se manifiesta inmediatamente luego de la acción causante (variación en los niveles de presión sonora). Las ondas sonoras se propagan inmediatamente luego de la generación de ruido desde la fuente.	3
Persistencia	Temporal	El impacto únicamente se dará dentro de las actividades constructivas cuya duración se encuentra en el orden de semanas/meses	1

Atributo	Carácter del atributo	Descripción	Valoración
Reversibilidad	Reversible a corto plazo	Mediante procesos naturales el impacto puede ser asimilado rápidamente. Solamente se necesita el cese del ruido generado en la fuente.	1
Recuperabilidad	Fácilmente recuperable	Una vez terminadas las actividades, las condiciones volverán a ser normales para el área de estudio. Al ser totalmente reversible, es también totalmente recuperable.	1
Periodicidad	Periódico	El efecto se manifiesta en los horarios de trabajo durante la etapa constructiva	3
Continuidad	Continuo	La variación en los niveles de ruido es una alteración constante en el tiempo, en el marco temporal de los frentes de trabajo de la etapa de construcción, que obedece a un cronograma de actividades programadas	3

Elaborado por: INSIDEO.

En base a la justificación detallada de los valores numéricos otorgados a cada uno de los atributos del impacto, el valor de incidencia y del índice de incidencia sobre el sub-factor de nivel de ruido es de 25 y 0,235, respectivamente. Tales valores se obtienen de las siguientes expresiones:

$$Incidencia = (I + 2A + 2S + M + 3P + 3R + 3Rc + Pr + C)$$

$$Incidencia = (3 + 2 \times 1 + 2 \times 1 + 3 + 3 \times 1 + 3 \times 1 + 3 \times 1 + 3 + 3) = 25$$

$$Indice\ de\ incidencia = \frac{Incidencia - Incidencia_{min}}{Incidencia_{max} - Incidencia_{min}} = \frac{25 - 17}{51 - 17} = 0,235$$

Magnitud

Siguiendo con la valoración de los atributos del impacto, se cuantifica la magnitud del impacto, para lo cual se requiere la determinación de un indicador que permita comparar y cuantificar el efecto del cambio en las situaciones en contraste («sin proyecto» y «con proyecto»).

El principal parámetro susceptible de ser afectado es el nivel de ruido equivalente durante el periodo diurno en compensación A (L_{AeqT}). Se considera este parámetro por su comparabilidad con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Ruido y se considera el periodo diurno por el horario de trabajo de las actividades constructivas. Por estos motivos, el indicador elegido, de acuerdo a que se estima representativo, relevante, que permite cuantificar, localizar el impacto y compararlo con la legislación nacional vigente, es el siguiente:

- Nivel sonoro equivalente diurno (L_{eq} en dB(A)) en cuatro puntos representativos: ubicados conservadoramente entre los puntos de emisión y zonas pobladas, tal como se presenta en el cuadro a continuación:

Cuadro 5.4.15
Ubicación de puntos receptores

Código de estación	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 17M)		
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
R-01	Cerca de los AAHH Cruz de Mediana, 25 de Febrero, Portada de Belén, Nery Castillo y 9 de Setiembre	614 113	9 268 741	16
R-04	Cerca de sector Yéncala León	613 054	9 260 644	7
R-06	A 450 m del aerogenerador A-20	607 518	9 262 260	3
R-10	Cerca de sector Yéncala León	614 992	9 263 237	12

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

En tal sentido, se definen los escenarios «sin proyecto» y «con proyecto»:

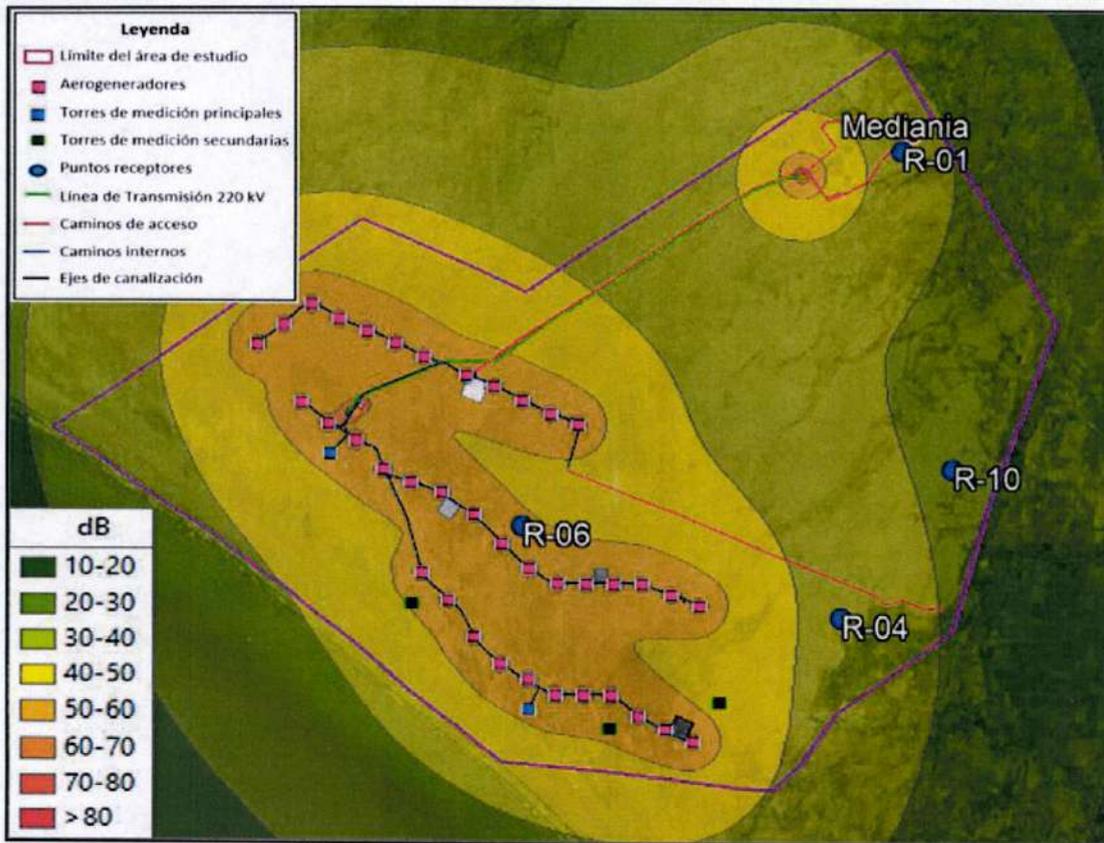
- El escenario “sin proyecto” se refiere a los resultados de nivel de ruido presentados en la línea base ambiental (**Capítulo 4**) para las estaciones indicadas en el **Cuadro 5.4.15**.
- Los escenarios “con proyecto” se refieren al nivel de ruido previsto a ser emitido por los frentes de trabajo, considerando que las actividades de mayor aporte están relacionadas con el movimiento de tierras y preparación de material (Escenario 1), izaje de aerogeneradores (Escenario 2) y circulación de maquinarias y equipos en la zona del acceso principal (Escenario 3). Estos escenarios serán provistos por el modelamiento de dispersión de ruido ejecutado para la construcción de la infraestructura del proyecto.

Es importante indicar que, si bien la ejecución del modelamiento podría haberse realizado bajo condiciones reales de trabajo, para la etapa de construcción, donde se considere que la maquinaria realizaría actividades por cada frente de trabajo y, culminadas estas, se dirigirían al siguiente punto (i.e. aerogenerador), de manera sucesiva, hasta el cumplimiento de dicha etapa, esto hubiera significado la ejecución de varios escenarios diferentes por cada fuente puntual propuesta. En ese sentido, se planteó realizar los escenarios, estimando y considerando la ejecución de las actividades de construcción de manera simultánea en cada frente de trabajo, bajo condiciones de operación de toda la maquinaria pesada al mismo tiempo. Por ello, si bien se realizó un modelamiento sobreestimado a la realidad de las actividades de construcción del proyecto, éste sirvió para obtener resultados realmente muy conservadores para la propagación del ruido durante dicha etapa, ya que, no es posible que el emplazamiento de los 38 aerogeneradores se realice de manera simultánea, debido a la limitación de equipo y maquinaria.

Utilizando el programa de simulación acústica Soundplan, se simuló la dispersión del ruido generado por las actividades de construcción de los 38 aerogeneradores. Los resultados que muestran el aporte de ruido de la construcción de la central eólica, para los distintos escenarios, se presentan en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 5.4.3

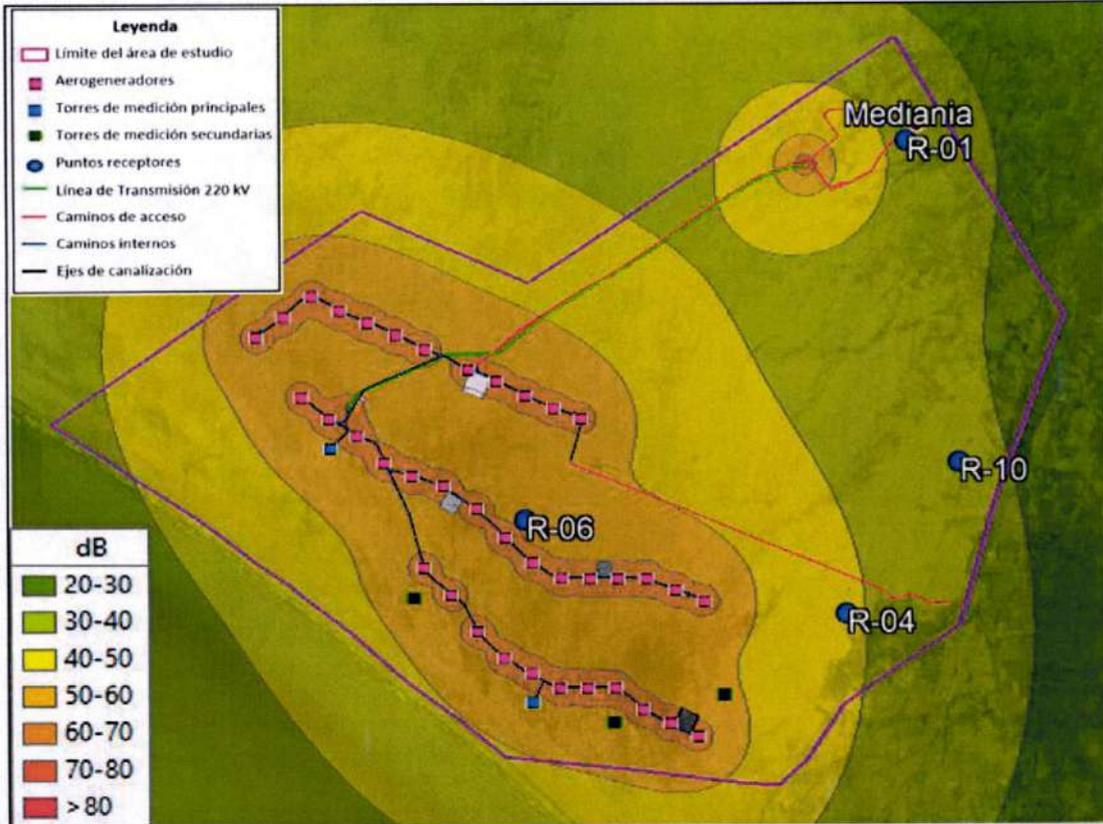
Resultados del modelamiento de ruido para la etapa de construcción – Escenario 1



Elaborado por: INSIDEO.

Ilustración 5.4.4

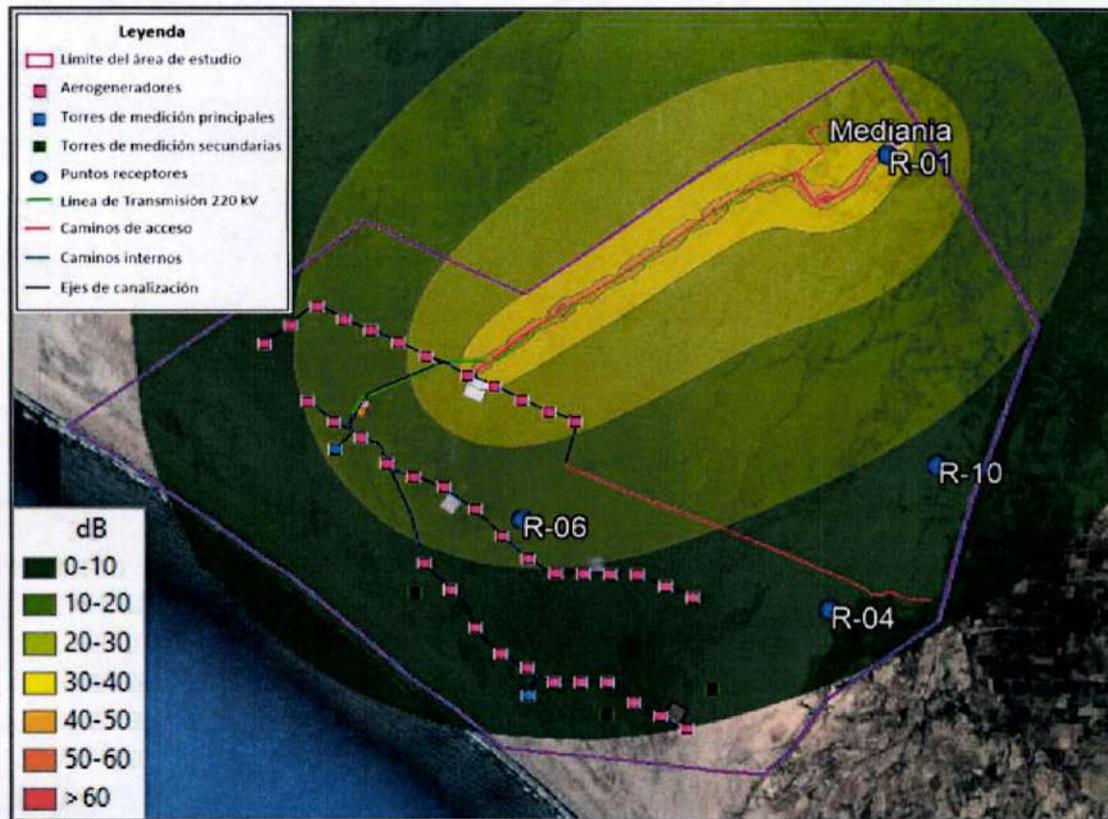
Resultados del modelamiento de ruido para la etapa de construcción - Escenario 2



Elaborado por: INSIDEO.

Ilustración 5.4.5

Resultados del modelamiento de ruido para la etapa de construcción – Escenario 3



Elaborado por: INSIDEO.

Por otro lado, durante los trabajos de línea base se obtuvo un nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{AeqT}) para el horario diurno y para cada receptor planteado, según se indica en el **Cuadro 5.4.16**, cuyos valores se asumen como los correspondientes a la situación sin proyecto.

Cuadro 5.4.16

Resultados de medición de ruido en los puntos receptores para horario diurno (situación sin proyecto)

Punto receptor	Descripción	Nivel de ruido en horario diurno dB (A)
R-01	Cerca de los AAHH Cruz de Medianía, 25 de Febrero, Portada de Belén, Nery Castillo y 9 de Setiembre	64,2
R-04	Cerca de sector Yéncala León	74,7
R-06	A 450 m del aerogenerador A-20	60,7
R-10	Cerca de sector Yéncala León	66,6

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Es importante considerar que dichos puntos receptores se encuentran más cercanos a los focos de emisión que los correspondientes asentamientos poblacionales, por lo que resultan representativos para su evaluación.

Es importante destacar que para el sub-factor niveles de ruido la suma se da en términos del nivel de energía y/o presión sonora, bajo una suma logarítmica y no de manera aritmética. La suma de niveles de presión se desarrolla con la siguiente ecuación:

$$LAeqT \text{ suma} = 10 \times \log_{10}(10^{\frac{n1}{10}} + 10^{\frac{n2}{10}} + 10^{\frac{n3}{10}} \pm \dots + 10^{\frac{nx}{10}})$$

Donde:

LAeqT suma: Suma de los niveles de presión sonora

\log_{10} : Logaritmo en base 10

n_x : Número de fuentes generadoras de ruido

De acuerdo con los supuestos, la suma de los niveles de presión sonora de las actividades constructivas para los puntos receptores, corresponderán a las siguientes:

Cuadro 5.4.17

Suma de niveles de presión sonora, según los escenarios planteados, para los puntos receptores

Punto receptor	Resultados línea base - dB(A) (Sin proyecto)	Resultados de modelamiento dB(A)			LAeqT suma - dB(A) (con proyecto)		
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
R-01	64,2	34,8	37,3	38,5	64,2	64,2	64,2
R-04	74,7	36,4	41,3	3,5	74,7	74,7	74,7
R-06	60,7	52,2	57,0	13,6	61,3	62,2	60,7
R-10	66,6	27,8	32,5	7,8	66,6	66,6	66,6

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

En el siguiente cuadro se presentan los valores de los indicadores seleccionados: Nivel de presión sonora continua equivalente en horario diurno para las situaciones sin y con proyecto respectivamente.

Cuadro 5.4.18

Indicador (nivel de ruido equivalente en horario diurno, en dB(A) en las situaciones sin y con proyecto

Situación		Nivel de ruido en horario diurno (dB(A))	ECA Ruido (D.S. N° 085-2003-PCM) ⁽⁵⁾
Sin proyecto ⁽¹⁾	R-01	64,2	60
	R-04	74,7	60
	R-06	60,7	80
	R-10	66,6	80
Con proyecto ⁽²⁾	R-01	64,2	60
	R-04	74,7	60
	R-06	61,3	80
	R-10	66,6	80
Con proyecto ⁽³⁾	R-01	64,2	60
	R-04	74,7	60
	R-06	62,2	80
	R-10	66,6	80
Con proyecto ⁽⁴⁾	R-01	64,2	60
	R-04	74,7	60
	R-06	60,7	80
	R-10	66,6	80

(1) Valor de línea base para las estaciones de medición de ruido.

(2) Escenario 1: Valor estimado tomando en consideración las actividades de movimiento de tierra en los 38 aerogeneradores y preparación de material en la planta de concreto, simultáneamente.

(3) Escenario 2: Valor estimado tomando en consideración las actividades de izaje de aerogeneradores y construcción de las subestaciones Mórrope y La Arena, simultáneamente.

(4) Escenario 3: Valor estimado tomando en consideración la circulación de maquinarias y equipo por los caminos de acceso, en el sector de Cruz de Mediana, simultáneamente.

(5) Nota: ECA para zona residencial es de 60 dB y para zona industrial es de 80 dB, para el periodo diurno.

Elaborado por: INSIDEO.

Tal como se indicó en el **Capítulo 4** Línea Base, los resultados para R-01 y R-04 (sin proyecto) indicaban un exceso en los valores del ECA, originado principalmente por el tránsito de vehículos por la Panamericana Norte. Asimismo, según los resultados del modelo realizado para distintos escenarios, se aprecia que no existe un aporte de ruido que pueda originar los aumentos de niveles de presión sonora en los puntos receptores establecidos, conservando los mismos niveles medidos en la línea base del área de emplazamiento del proyecto.

Una vez calculados los valores del indicador en cuestión para los escenarios «sin» y «con» proyecto en unidades heterogéneas, se definió la función de transformación con la finalidad de obtener valores en unidades homogéneas. En el **Anexo 5.4.2** se presenta el detalle del modelamiento de ruido.

De acuerdo a estudios previos y la literatura especializada, las funciones de transformación para impactos sobre los niveles de ruido dan mucha importancia a las variaciones en la

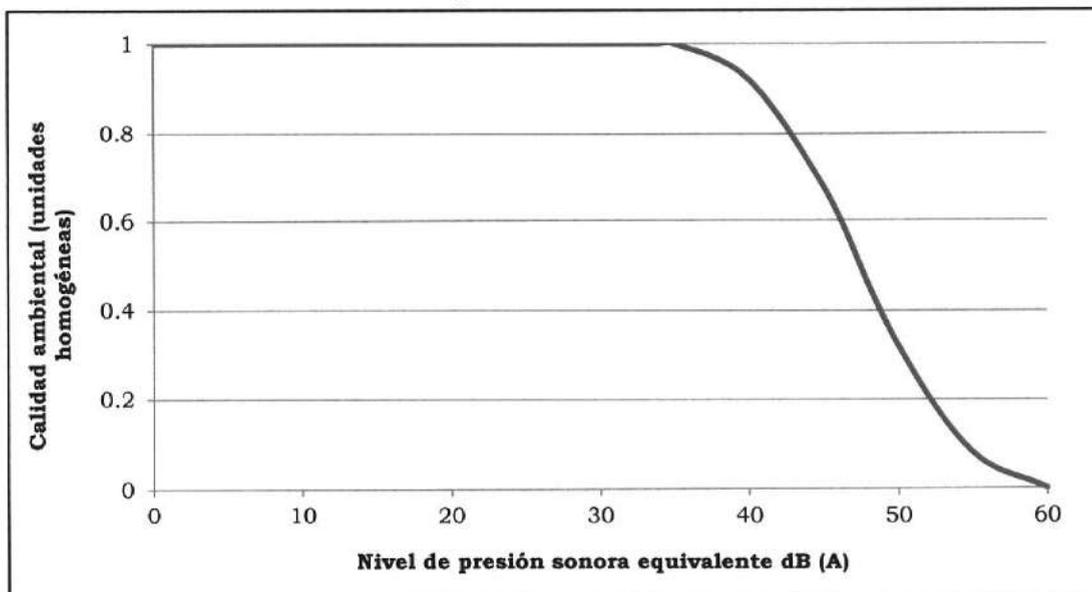
parte central de la variación del aspecto, es decir se magnifica en los valores intermedios y se ralentiza en los extremos.

Esto es similar a la curva de transformación para impactos sobre la calidad del aire, debido a que las características de los impactos son similares. Sin embargo, es importante mencionar que, para los niveles de ruido, la calidad ambiental igual «1» permanece constante hasta cierto nivel de dB(A), el cual denominaremos «umbral». Esto se debe a que por debajo del «umbral» no se estima una alteración sobre el entorno. En el caso específico del periodo diurno se consideró un valor de 35 dB(A), el cual representa el valor mínimo para molestias moderadas durante el día en el interior (OMS, 1999).

Por otro lado, con el objetivo de definir los valores máximos aceptables, es decir valores límites superiores para la situación inadmisibles, se tomaron los valores del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido que establece el D.S. N° 085-2003-PCM como punto medio o situaciones donde la calidad ambiental es media. La zona de aplicación del Estándar es la zona residencial, por lo que los puntos medios corresponden a los ECA para periodo diurno y, según la función de transformación para los impactos sobre el nivel de ruido, el valor máximo para el periodo diurno es de 60 dB(A). De lo mencionado anteriormente, a continuación, se presenta la función de transformación para el impacto sobre el nivel de ruido para el periodo diurno.

Gráfico 5.4.3

Curva de transformación para la evaluación de impactos sobre los niveles de ruido – periodo diurno



Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental (Gómez Orea, 2010).
Modificado por: INSIDEO.

Como se aprecia en el anterior gráfico, la calidad ambiental varía entre 0 y 1, en donde «0» representa una calidad ambiental sub-estándar y «1» identifica a la mejor calidad ambiental potencial. En el ejemplo, estar por encima del ECA para Ruido en zona residencial para periodo diurno (60 dB(A)) representa una situación sub-estándar, por lo que la calidad ambiental tiende a «0», mientras que valores menores al «umbral» (35 dB(A) para periodo diurno) representan la mejor calidad ambiental posible y por lo tanto corresponde a «1».

En el siguiente cuadro se presentan los valores relativos (heterogéneos) y a escala (homogéneos) de los indicadores en las situaciones «sin proyecto» y «con proyecto» para el punto de evaluación.

Cuadro 5.4.19
Magnitud de la afectación de niveles de ruido – Etapa de construcción – Periodo diurno

Indicador	Escenario	Puntos receptores	Unidades heterogéneas		Unidades homogéneas		Magnitud
			Sin Proyecto	Con Proyecto	Sin Proyecto	Con Proyecto	
Nivel sonoro equivalente diurno (Leq dB(A))	1	R-01	64,2	64,2	0,056	0,056	0
		R-04	74,7	74,7	0,691	0,691	0
		R-06	60,7	61,3	0,002	0,005	0,003
		R-10	66,6	66,6	0,139	0,139	0
Nivel sonoro equivalente diurno (Leq dB(A))	2	R-01	64,2	64,2	0,056	0,056	0
		R-04	74,7	74,7	0,691	0,691	0
		R-06	60,7	62,2	0,002	0,015	0,013
		R-10	66,6	66,6	0,139	0,139	0
Nivel sonoro equivalente diurno (Leq dB(A))	3	R-01	64,2	64,2	0,056	0,056	0
		R-04	74,7	74,7	0,691	0,691	0
		R-06	60,7	60,7	0,002	0,002	0
		R-10	66,6	66,6	0,139	0,139	0

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Teniendo en cuenta los valores calculados en los párrafos anteriores, se puede cuantificar el impacto para los puntos de evaluación, a través de la multiplicación simple (sin ponderación) del índice de incidencia y la magnitud. Dicha multiplicación se presenta en la valoración final del impacto.

Valoración final

Una vez calculadas las unidades homogéneas, se procedió a calcular la magnitud a través de la resta de las unidades homogéneas bajo la situación «sin proyecto» y «con proyecto», respectivamente. Finalmente, se calculó la valoración final del impacto mediante la multiplicación del índice de incidencia y magnitud estimadas según lo indicado en los párrafos precedentes.

Como se observa en el **Cuadro 5.4.20**, el impacto que será generado por el proyecto durante la etapa de construcción sobre el nivel de ruido en los puntos de evaluación para el periodo diurno han sido catalogados como de **No impacto**, a excepción del punto R-06, que está a inmediaciones de los aerogeneradores y tiene un impacto valorado como **Negativo compatible** con el entorno, para los Escenarios 1 y 2.

Cuadro 5.4.20
Valoración final del impacto sobre el nivel de ruido - Etapa de construcción

Impacto	Indicador	Escenario	Punto receptor	Incidencia	Magnitud	Valoración final	Relevancia
Incremento en el nivel de ruido como consecuencia de las actividades constructivas	Nivel sonoro equivalente diurno (Leq dB(A)) en el punto de evaluación	1	R-01	0,235	0	0	No impacto
			R-04	0,235	0	0	No impacto
			R-06 ⁽¹⁾	0,235	0,003	0,0007	Negativo compatible
			R-10	0,235	0	0	No impacto
		2	R-01	0,235	0	0	No impacto
			R-04	0,235	0	0	No impacto
			R-06 ⁽¹⁾	0,235	0,013	0,0031	Negativo compatible
			R-10	0,235	0	0	No impacto
		3	R-01	0,235	0	0	No impacto
			R-04	0,235	0	0	No impacto
			R-06 ⁽¹⁾	0,235	0	0	No impacto
			R-10	0,235	0	0	No impacto

(1) El punto R-06 no tiene receptores sensibles y es representativo, de manera conservadora, de los territorios que reciben el impacto por ruidos que no se encuentran poblados.

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Asimismo, como se presenta en el **Cuadro 5.4.21**, los resultados del modelamiento indican el aporte de decibeles, que pueden ser catalogados como **Negativos compatibles**; sin embargo, tal como se indicó en párrafos anteriores, el aporte total en los receptores identificados, mediante la suma logarítmica de los resultados obtenidos del modelo y los medidos durante el levantamiento de información de línea base, se aprecia que no hay un aporte a los niveles de ruido en los receptores planteados, por lo que la calificación final fue considerada como **No impacto** para todos los escenarios, a excepción del punto R-06 en los Escenarios 1 y 2, en los cuales el impacto ha sido valorado como **Negativo compatible**.

Cuadro 5.4.21
Resultados del modelamiento de ruidos para cada escenario planteado

Punto receptor	Resultados por escenario (dB(A))		
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
R-01	34,8	37,3	38,5
R-04	36,4	41,3	3,5
R-06	52,2	57,0	13,6
R-10	27,8	32,5	7,8

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.



De las ilustraciones presentadas (**Ilustración 5.4.3, Ilustración 5.4.4 y Ilustración 5.4.5**) y los resultados de los aportes obtenidos para cada punto receptor, se aprecia que los niveles de ruido obtenidos para el punto receptor R-01, que involucra al AH Cruz de Medianía, y el más cercano a los componentes del proyecto y caminos de acceso proyectados, son mínimos y no tienen un incremento en los niveles de ruido existentes, dado que al ser menores al nivel energético de las condiciones basales del lugar, no constituyen aumento en los niveles de presión sonora, los cuales se producen principalmente por la circulación de unidades de carga pesada por la carretera Panamericana Norte y la dinámica eólica del lugar, la cual constituye fuertes vientos.

Se concluye que, en los puntos receptores identificados, dados los bajos niveles de ruido aportantes por las actividades del proyecto (valores mucho menores a las condiciones basales, en un máximo de 41 dB(A)) no se genera incremento alguno de los niveles de ruido actuales, los cuales se ven influenciados, principalmente, por actividades ajenas al proyecto en dichas zonas de interés, tales como la circulación de vehículos en la carretera Panamericana Norte y fuertes vientos, considerando además que, este último factor, genera la disipación de ruidos del lugar. Es por ello, que no se consideran necesarias medidas de gestión adicionales.

5.4.2.2 Etapa de operación y mantenimiento

Nivel de ruido

Las actividades que generarán impactos durante la etapa de operación y mantenimiento sobre el factor ruido se mencionan a continuación:

- Operación y mantenimiento de aerogeneradores (OMA)
- Operación y mantenimiento de los accesos internos y acceso principal (OMAIP)
- Operación y mantenimiento de equipos de media tensión (OMEMT)
- Operación y mantenimiento de la SE Mórrope (OMSEM)
- Operación y mantenimiento de la línea de transmisión eléctrica (OMLTE)
- Operación y mantenimiento de la SE La Arena (OMSELA)

Los impactos esperados de las actividades sobre los niveles de ruido en la etapa de operación y mantenimiento son:

- Incremento en los niveles de ruido como consecuencia de las actividades de operación y mantenimiento.

De todas las actividades consideradas en la etapa de operación y mantenimiento, se asume que la de mayor relevancia es la operación de los aerogeneradores.

La interacción entre el flujo de aire atmosférico y el rotor de un aerogenerador da lugar a un campo fluctuante de presiones. Algunas características (Martín, 2008⁵⁷), tales como la turbulencia del flujo, la geometría del rotor y el acabado superficial de las palas que lo componen influyen en tales fluctuaciones de presión. Ese campo fluctuante de presiones se caracteriza por presentar un determinado espectro, pudiendo aparecer componentes espectrales dentro del rango audible, hablándose entonces de emisiones acústicas. Asimismo, el sistema de orientación del aerogenerador y la caja multiplicadora también constituyen fuentes de ruido.

Las emisiones acústicas en un aerogenerador pueden tener dos orígenes: ruido mecánico y ruido aerodinámico. El *ruido mecánico* se genera principalmente por la caja de cambios, aunque también se puede producir por otros dispositivos como por ejemplo el generador propiamente dicho⁵⁸. En los generadores instalados en los últimos años⁵⁹, los fabricantes han sido capaces de disminuir el ruido mecánico a un nivel inferior al ruido aerodinámico. Esto se debe también al hecho de que el tamaño de las turbinas se ha incrementado y el ruido mecánico no aumenta tan rápidamente con las dimensiones del aerogenerador como lo hace el ruido aerodinámico.

El *ruido aerodinámico* es típicamente la parte dominante de ruido del generador eólico en la actualidad. El ruido se origina principalmente por el flujo de aire alrededor de la parte exterior de las palas⁵⁸. Existe una fuerte relación entre la velocidad del viento y el ruido que producen las palas. A medida que aumenta la velocidad, aumenta el ruido. A su vez, está directamente vinculado a la producción de energía, por lo tanto es inevitable su existencia, a pesar de que se podría reducir en cierta medida modificando el diseño de las palas⁶⁰.

Por otro lado, de forma similar a las actividades constructivas, la singularidad de la disposición de los equipos generadores de ruido, hace que el escenario de emisiones para una central de este tipo sea el de pequeños núcleos o focos coincidentes con la ubicación de los aerogeneradores, considerando la gran altura donde se ubica la góndola de los equipos, a una altura de 115 m. Estos núcleos no están ya unidos por fuentes lineales de emisión, puesto que el uso de los caminos internos incluye las redes de cableado subterráneo y no habrá circulación constante de vehículos por dicha red. Este panorama es importante a considerar para el análisis, puesto que el área efectiva de actividades es en

⁵⁷ Martín, M.A. *et al.*, 2008. Impacto acústico de los parques eólicos y su evolución. Acústica 2008. Universidad de Valladolid.

⁵⁸ Lawson M.V. "Aerodynamic noise of wind turbines". Proceedings of Internoise 96, Inter-Noise 1996. 479-484, Liverpool, England. 1996

⁵⁹ Henin, C. *et al.*, 2010. Ruido de generadores eólicos: análisis y aplicación de la metodología según normativa vigente. Segundo Congreso Internacional de Acústica UNTREF.

⁶⁰ Wagner S., Bareiss R., Guidati G. "Wind turbine noise". Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1996. European Commission. EUR 16823.

realidad muy reducida, de aproximadamente 1,1% del área de estudio del proyecto, a diferencia de otras actividades humanas que ocupan masivamente el territorio.

En cuanto a los receptores sensibles, en el área circundante a los componentes principales de la central eólica (i.e. aerogeneradores) no existen viviendas ni población cercana, dada la extrema aridez de la zona. Sin embargo, cabe precisar que los AAHH Cruz de Mediana, 25 de Febrero, Portada de Belén, Nery Castillo y 9 de Setiembre, así como el sector Yéncala León se ubican dentro del AID de la futura Central Eólica Mórrope. Por lo tanto, es cerca de estos lugares que se establecieron estaciones representativas de medición de ruido para cuantificar el posible impacto a dichos lugares, por el desarrollo de las actividades operativas de los aerogeneradores.

En ese sentido, en el presente análisis se considera la evaluación de impactos por aportes de ruido, producto de la etapa de operación y mantenimiento, en tres (03) puntos ubicados en los sectores indicados.

Como parte de la siguiente metodología, se evaluarán los atributos o características del impacto sobre el aspecto ambiental «ruido» a través del índice de incidencia y la magnitud del mismo mediante la comparación de escenarios y la función de transformación. Es importante destacar que esta metodología permitirá precisar la valoración del impacto dado que requiere un mayor nivel de información y utilizará niveles estimados de ruido para predecir la magnitud del impacto.

Incidencia

Se calificó a la incidencia del impacto sobre el sub-aspecto niveles de ruido:

Cuadro 5.4.22
Evaluación de atributos del impacto sobre el nivel de ruido

Atributo	Descripción	Descripción	Valoración
Signo	Negativo o perjudicial	El impacto deriva a una afectación negativa al ambiente y a receptores sensibles	-1
Inmediatez	Directo	El impacto tiene repercusión directa inmediata sobre los niveles de ruido. La dispersión del sonido a través del aire es directa, al no existir obstáculos que lo desvíen o atenúen en el área.	3
Acumulación	Simple	Se generan efectos constantes y lineales en el tiempo. El ruido generado no presenta acumulación con otros factores, de tal manera que el efecto se magnifique.	1
Sinergia	Leve	No se espera que el impacto actúe como efecto multiplicador en sinergia con otros factores. El ruido se manifiesta en forma simple, pues al no ser acumulativo, tampoco es sinérgico.	1

Atributo	Descripción	Descripción	Valoración
Momento	Corto	El impacto se manifiesta inmediatamente luego de la acción causante (variación en los niveles de presión sonora). Las ondas sonoras se propagan inmediatamente luego de la generación de ruido desde la fuente.	3
Persistencia	Permanente	El impacto se dará durante toda la etapa de operación y mantenimiento en forma permanente (operación de aerogeneradores), aun cuando otras actividades, como las asociadas al mantenimiento, sean de periodos más cortos.	3
Reversibilidad	Reversible a corto plazo	Mediante procesos naturales el impacto puede ser asimilado rápidamente	1
Recuperabilidad	Fácilmente recuperable	Una vez terminadas las actividades, las condiciones volverán a ser normales para el área de estudio. Al ser totalmente reversible, es también totalmente recuperable.	1
Periodicidad	Periódico	El efecto se manifiesta en forma recurrente durante la operación de los aerogeneradores	3
Continuidad	Continuo	La variación en los niveles de ruido es una alteración constante en el tiempo, conforme a la operación continua de los aerogeneradores. Existen otras actividades, como el mantenimiento, que producen ruidos, pero en periodos cortos no continuos. Sin embargo con fines conservadores, se asumió a la operación de los aerogeneradores como la actividad predominante.	3

Elaborado por: INSIDEO.

En base a la justificación detallada de los valores numéricos otorgados a cada uno de los atributos del impacto, el valor de incidencia y del índice de incidencia sobre el sub-aspecto de nivel de ruido es de 31 y 0,412, respectivamente. Tales valores se obtienen de las siguientes expresiones:

$$Incidencia = (I + 2A + 2S + M + 3P + 3R + 3Rc + Pr + C)$$

$$Incidencia = (3 + 2 \times 1 + 2 \times 1 + 3 + 3 \times 3 + 3 \times 1 + 3 \times 1 + 3 + 3) = 31$$

$$Indice\ de\ incidencia = \frac{Incidencia - Incidencia_{min}}{Incidencia_{max} - Incidencia_{min}} = \frac{31 - 17}{51 - 17} = 0,412$$

Magnitud

Siguiendo con la valoración de los atributos del impacto, se cuantifica la magnitud del impacto, para lo cual se requiere la determinación de un indicador que permita comparar y cuantificar el efecto del cambio en las situaciones en contraste (“sin proyecto” y “con proyecto”). Con el fin de cuantificar de manera objetiva y conservadora la variación entre

las situaciones propuestas, en el **Anexo 5.4.2** se presenta el detalle del modelamiento de ruido.

El principal parámetro susceptible de ser afectado es el nivel de ruido equivalente durante el periodo diurno y nocturno en ponderación A (L_{AeqT}). Se considera este parámetro por su comparabilidad con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Ruido y se considera el periodo diurno y nocturno por el horario de trabajo de las actividades operativas. Por estos motivos, el indicador elegido, de acuerdo a que se estima representativo, relevante, que permite cuantificar, localizar el impacto y compararlo con la legislación nacional vigente, es el siguiente:

- Nivel sonoro equivalente diurno y nocturno (L_{eq} en dB(A)) en receptores sensibles.

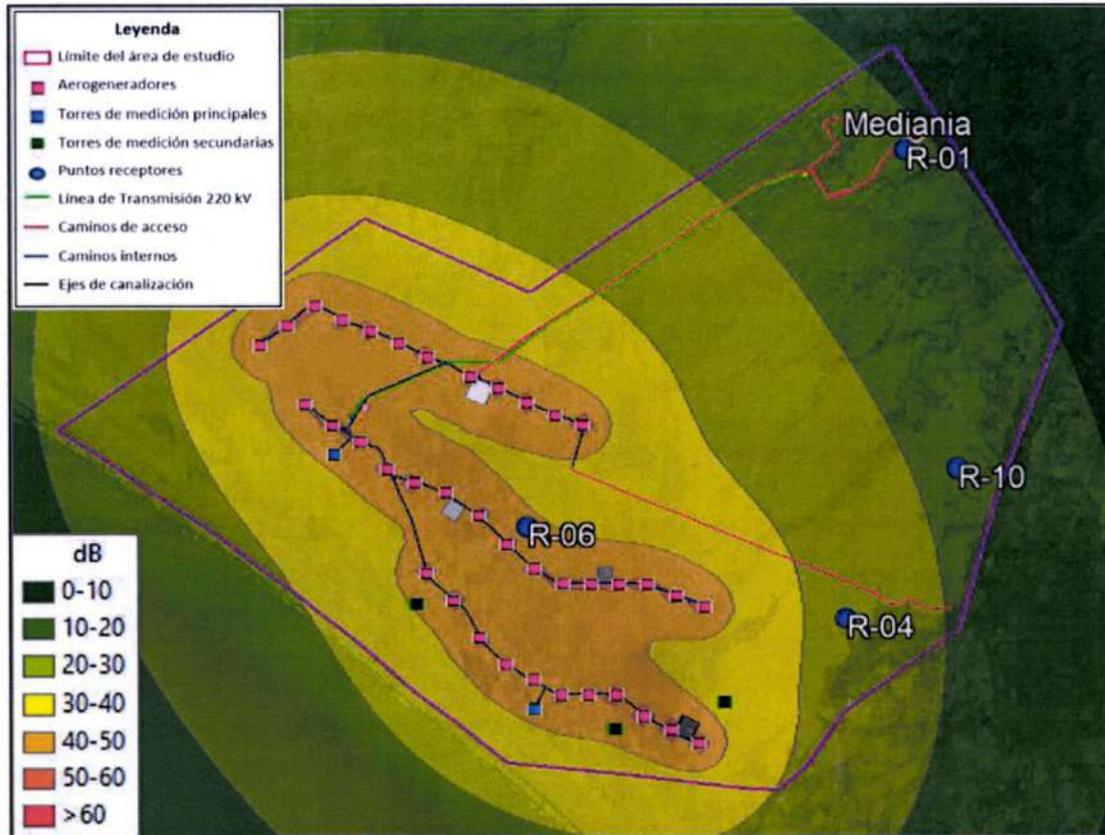
En tal sentido, se definen los escenarios «sin proyecto» y «con proyecto»:

- El escenario “sin proyecto” se refiere a los resultados de nivel de ruido presentados en la línea base ambiental (**Capítulo 4**) para las estaciones R-01, R-06, R-04 y R-10, estaciones ubicadas en las proximidades de los núcleos poblacionales identificados.
- El escenario “con proyecto” se refiere al nivel de ruido previsto a ser emitido por la operación de la central eólica, asumiendo que las actividades de mayor aporte están relacionadas con la operación de los aerogeneradores. Este escenario será provisto por el modelamiento de dispersión de ruido ejecutado para la operación de los aerogeneradores.

Utilizando el programa de simulación acústica Soundplan, se simuló la dispersión del ruido generado por las actividades de operación de los 38 aerogeneradores. Los resultados que muestran el aporte de ruido de la operación de la central eólica, para los distintos receptores, se presentan en la siguiente ilustración:

Ilustración 5.4.6

Resultados del modelamiento de ruido – Etapa de Operación y Mantenimiento



Elaboración: INSIDEO, 2020.

Por otro lado, durante los trabajos de línea base se obtuvo un nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{AeqT}) para el horario diurno y nocturno, para cada receptor planteado, según se indica en el Cuadro 5.4.23, cuyos valores se asumen como los correspondientes a la situación sin proyecto:

Cuadro 5.4.23

Resultados de medición de ruido en los puntos receptores para horario diurno y nocturnos (situación sin proyecto)

Punto receptor	Descripción	Nivel de ruido en horario diurno dB (A)	Nivel de ruido en horario nocturno dB (A)
R-01	AH Cruz de Medianía	64,2	63,1
R-04	Sector Yéncala León	74,7	73,7
R-06	A 450 m del aerogenerador A-20	60,7	57,7
R-10	Sector Yéncala León	66,6	54,5

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.



Es importante considerar que dichos puntos receptores se encuentran más cercanos a los focos de emisión que los correspondientes asentamientos poblacionales, por lo que resultan representativos para su evaluación.

Es importante destacar que para el sub-factor niveles de ruido la suma se da en términos del nivel de energía y/o presión sonora, bajo una suma logarítmica y no de manera aritmética. La suma de niveles de presión se desarrolla con la siguiente ecuación:

$$LAeqT \text{ suma} = 10 \times \log_{10}(10^{\frac{n1}{10}} + 10^{\frac{n2}{10}} + 10^{\frac{n3}{10}} \pm \dots + 10^{\frac{nx}{10}})$$

Donde:

$LAeqT \text{ suma}$: Suma de los niveles de presión sonora

\log_{10} : Logaritmo en base 10

n_x : Número de fuentes generadoras de ruido

De acuerdo con los supuestos, la suma de los niveles de presión sonora de las actividades operativas para los puntos receptores, corresponderán a las siguientes:

Cuadro 5.4.24
Suma de niveles de presión sonora para los puntos receptores

Punto receptor	Resultados línea base – dB(A) (Sin proyecto)		Resultados de modelamiento dB(A)		LAeqT suma – dB(A) (con proyecto)	
	Periodo diurno	Periodo nocturno	Periodo diurno	Periodo nocturno	Periodo diurno	Periodo nocturno
R-01	64,2	63,1	11,2	11,2	64,2	63,1
R-04	74,7	73,7	25,5	25,5	74,7	73,7
R-06	60,7	57,7	42,2	42,2	60,8	57,8
R-10	66,6	54,5	17,5	17,5	66,6	54,5

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Tal como se indicó, dada la lejanía de los puntos receptores considerados, ubicados en las cercanías de los núcleos poblacionales señalados anteriormente, los aportes de ruido por la operación de los aerogeneradores de la central eólica, serán mínimos y no significarán un aumento de los niveles de ruido en dichos lugares.

En el siguiente cuadro se presentan los valores de los indicadores seleccionados: Nivel de presión sonora continua equivalente en horario diurno y nocturno para las situaciones sin y con proyecto respectivamente, las cuales, como se indicó, corresponderán a los mismos valores.

Cuadro 5.4.25

Indicador (nivel de ruido equivalente en horario diurno y nocturno, en dB(A)) en las situaciones sin y con proyecto

Situación		Nivel de ruido en horario diurno (db(A))	ECA Ruido - Diurno (D.S. N° 085-2003-PCM) ⁽³⁾	Nivel de ruido en horario nocturno (db(A))	ECA Ruido - Nocturno (D.S. N° 085-2003-PCM) ⁽⁴⁾
Sin proyecto ⁽¹⁾	R-01	64,2	60	63,1	50
	R-04	74,7	80	73,7	70
	R-06	60,7	80	57,7	70
	R-10	66,6	80	54,5	70
Con proyecto ⁽²⁾	R-01	64,2	60	63,1	50
	R-04	74,7	80	73,7	70
	R-06	60,7	80	57,7	70
	R-10	66,6	80	54,5	70

(1) Valor de línea base para las estaciones de medición de ruido.

(2) Valor estimado tomando en consideración las actividades de operación de todos los aerogeneradores y el ruido generado, de acuerdo a la Línea Base.

(3) Nota: ECA para zona residencial es de 60 dB y para zona industrial es de 80 dB, para el periodo diurno.

(4) Nota: ECA para zona residencial es de 50 dB y para zona industrial es de 70 dB, para el periodo nocturno.

Elaborado por: INSIDEO.

Tal como se indicó en el **Capítulo 4.0 Línea Base**, los resultados para R-01 y R-04 (sin proyecto) indicaban un exceso en los valores del ECA, tanto para el periodo diurno y nocturno, originado principalmente por el tránsito de vehículos por la Panamericana Norte. Asimismo, según los resultados del modelo realizado para el escenario planteado, se aprecia que no existe un aporte de ruido que pueda originar los aumentos de niveles de presión sonora en los puntos receptores establecidos, conservando los mismos niveles medidos en la línea base del área del proyecto.

Una vez calculados los valores del indicador en cuestión para los escenarios «sin» y «con» proyecto en unidades heterogéneas, se definió la función de transformación con la finalidad de obtener valores en unidades homogéneas. En ese sentido, es importante señalar que la curva de transformación para impactos sobre el nivel de ruido es la misma que la presentada para la etapa de construcción (**Gráfico 5.4.3**).

Para los niveles de ruido, la calidad ambiental igual «1» permanece constante hasta cierto nivel de dB(A), el cual denominaremos «umbral». Esto se debe a que por debajo del «umbral» no se estima una alteración sobre el entorno. En el caso específico del periodo diurno se consideró un valor de 35 dB(A), el cual representa el valor mínimo para molestias moderadas durante el día en el interior (OMS, 1999).

En el siguiente cuadro se presentan los valores relativos (heterogéneos) y a escala (homogéneos) de los indicadores en las situaciones «sin proyecto» y «con proyecto» para el punto de evaluación.

Cuadro 5.4.26
Magnitud de la afectación de niveles de ruido - Etapa de operación y mantenimiento
- Periodo diurno y nocturno

Indicador	Puntos receptores	Unidades heterogéneas		Unidades homogéneas		Magnitud
		Sin Proyecto	Con Proyecto	Sin Proyecto	Con Proyecto	
Nivel sonoro equivalente diurno (Leq dB(A))	R-01	64,2	64,2	0,056	0,056	0
	R-04	74,7	74,7	0,691	0,691	0
	R-06	60,7	60,8	0,0016	0,0020	0,0004
	R-10	66,6	66,6	0,139	0,139	0
Nivel sonoro equivalente nocturno (Leq dB(A))	R-01	63,1	63,1	0,031	0,031	0
	R-04	73,7	73,7	0,601	0,601	0
	R-06	57,7	57,8	0,017	0,015	0,002
	R-10	54,5	54,5	0,097	0,097	0

Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Teniendo en cuenta los valores calculados en los párrafos anteriores, se puede cuantificar el impacto para los puntos de evaluación, a través de la multiplicación simple (sin ponderación) del índice de incidencia y la magnitud. Dicha multiplicación se presenta en la valoración final del impacto.

Valoración final

Una vez calculadas las unidades homogéneas, se procedió a calcular la magnitud a través de la resta de las unidades homogéneas bajo la situación «sin proyecto» y «con proyecto», respectivamente. Finalmente, se calculó la valoración final del impacto mediante la multiplicación del índice de incidencia y magnitud estimadas según lo indicado en los párrafos precedentes.

Como se observa en el **Cuadro 5.4.27**, el impacto que será generado por el proyecto durante la etapa de operación y mantenimiento sobre el nivel de ruido en los receptores sensibles para el periodo diurno y nocturno, ha sido catalogado como ***No impacto*** con el entorno y los distintos puntos receptores, a excepción del punto R-06, en el cual el impacto ha sido valorado como ***Negativo compatible***.

Cuadro 5.4.27

Valoración final del impacto sobre el nivel de ruido – Etapa de operación y mantenimiento

Impacto	Indicador	Punto receptor	Incidencia	Magnitud	Valoración final	Relevancia
Incremento en el nivel de ruido como consecuencia de las actividades de operación	Nivel sonoro equivalente diurno (Leq dB(A))	R-01	0,412	0	0	No impacto
		R-04	0,412	0	0	No impacto
		R-06 ⁽¹⁾	0,412	0,004	0,0016	Negativo compatible
		R-10	0,412	0	0	No impacto
	Nivel sonoro equivalente nocturno (Leq dB(A))	R-01	0,412	0	0	No impacto
		R-04	0,412	0	0	No impacto
		R-06 ⁽¹⁾	0,412	0,002	0,0008	Negativo compatible
		R-10	0,412	0	0	No impacto

(1) El punto R-06 no tiene receptores sensibles y es representativo, de manera conservadora, de los territorios que reciben el impacto por ruidos que no se encuentran poblados.

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Como se indicó anteriormente, dado que en la zona de operación de los aerogeneradores no existe población, dada la extrema aridez de la zona, y que los sectores en donde existen núcleos poblacionales se encuentran lejanos de la central eólica, los aportes de ruido a dicho sectores son mínimos (ver **Ilustración 5.4.6**), lo cual, mediante la suma logarítmica para estimar el nivel de ruido total, se obtienen los mismos valores de línea base. En ese sentido, es congruente concluir que la operación de la central eólica no generará impacto alguno en los receptores sensibles identificados.

5.4.2.3 Etapa de abandono

Nivel de ruido

Durante la etapa de abandono, se tiene prevista la realización de actividades de abandono al finalizar la vida útil del proyecto, que correspondería principalmente al desmantelamiento y/o la demolición de las instalaciones.

Durante la etapa de abandono, se tiene prevista la realización de las siguientes actividades que tienen consecuencias sobre los niveles de ruido:

- Desmantelamiento de equipos e instalaciones (DEI)
- Desmantelamiento y demolición de obras civiles (DDOC)
- Desmontaje de componentes electromecánicos (DCE)
- Restitución del área (RA)

Los impactos esperados de las actividades sobre los niveles de ruido en la etapa de abandono son:

- Incremento en los niveles de ruido como consecuencia de las actividades de la etapa de abandono.

Las actividades anteriormente mencionadas generarán un incremento en los niveles basales de ruido. Sin embargo, el incremento del nivel de ruido solo se dará durante las horas de trabajo, durante periodos cortos en una escala temporal. Por las características del efecto, una vez culminada la actividad emisora de ruido, este cesa inmediatamente. Dado que conservadoramente se asume que las actividades de abandono son similares a las de construcción, la evaluación y calificación del impacto es la misma. No se presenta otra vez el análisis puesto que sería repetitivo y corresponde al mismo análisis realizado en la etapa de construcción. En ese sentido, es importante señalar que la curva de transformación para impactos sobre el nivel de ruido es la misma que la presentada para la etapa de construcción (**Gráfico 5.4.3**).

Por lo tanto, se asume que los impactos serán similares a los identificados en la etapa de construcción por lo que en la **Tabla 5.4.2** se detalla dicho análisis, a pesar que se estima que la magnitud de las actividades de abandono sea menor.

Valoración final

Considerando las unidades homogéneas de la etapa de abandono, se procedió a calcular la magnitud a través de la resta de las unidades homogéneas bajo la situación «sin proyecto» y «con proyecto», respectivamente. Finalmente, se calculó la valoración final del impacto mediante la multiplicación del índice de incidencia y magnitud estimadas según lo indicado en los párrafos precedentes.

Como se observa en el **Cuadro 5.4.28**, el impacto que será generado por el proyecto durante la etapa de abandono sobre el nivel de ruido en los puntos de evaluación para el periodo diurno ha sido catalogado como **No impacto**, a excepción del punto R-06, en el cual el impacto ha sido valorado como **Negativo compatible**.

Tal como se indicó en el análisis de impactos para la etapa de construcción, además de lo presentado en la **Ilustración 5.4.5** y los resultados obtenidos, se concluye que, en los puntos receptores identificados, dado los bajos niveles de ruido aportantes por las actividades del proyecto (valores mucho menores a las condiciones basales, en el orden de 11 dB(A) a 25 dB(A)) no se genera incremento alguno de los niveles de ruido actuales, los cuales se ven influenciados, principalmente, por actividades ajenas al proyecto en dichas zonas de interés, tales como la circulación de vehículos en la carretera Panamericana Norte y fuertes vientos, considerando además que, este último factor, genera la disipación de ruidos del lugar. Es por ello, que no se consideran necesarias medidas de gestión adicionales.

Cuadro 5.4.28

Valoración final del impacto sobre el nivel de ruido – Etapa de Abandono

Impacto	Indicador	Escenario	Punto receptor	Incidencia	Magnitud	Valoración final	Relevancia
Incremento en el nivel de ruido como consecuencia de las actividades constructivas	Nivel sonoro equivalente diurno (Leq dB(A)) en el punto de evaluación	1	R-01	0,235	0	0	No impacto
			R-04	0,235	0	0	No impacto
			R-06	0,235	0,003	0,0007	Negativo compatible
			R-10	0,235	0	0	No impacto
		2	R-01	0,235	0	0	No impacto
			R-04	0,235	0	0	No impacto
			R-06	0,235	0,013	0,0031	Negativo compatible
			R-10	0,235	0	0	No impacto
		3	R-01	0,235	0	0	No impacto
			R-04	0,235	0	0	No impacto
			R-06	0,235	0	0	No impacto
			R-10	0,235	0	0	No impacto

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

5.4.3 Radiaciones no ionizantes

5.4.3.1 Etapa de construcción

Nivel de radiaciones no ionizantes

No existen actividades generadas por el proyecto durante la etapa de construcción que presenten efectos o impactos sobre el nivel de radiaciones no ionizantes puesto que no habrá ningún componente energizado de la central eólica.

5.4.3.2 Etapa de operación y mantenimiento

Nivel de radiaciones no ionizantes

Durante la etapa de operación y mantenimiento de la Central Eólica Mórrope, la energía eléctrica generada por los aerogeneradores será transmitida a través de conductos enterrados hacia los inversores. Desde estos últimos, la energía será conducida mediante un sistema colector, el cual constará de líneas eléctricas subterráneas hasta la Subestación Eléctrica Mórrope. Desde ahí, la energía será conducida a la Subestación Eléctrica La Arena, a través de una línea de transmisión eléctrica, la cual controlará el envío de energía eléctrica hacia el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

La evaluación de impactos sobre los niveles de radiaciones no ionizantes se ha realizado mediante el análisis de los niveles del mismo, evaluado en el **Capítulo 4**, el cual comprendió la determinación de la densidad de flujo magnético, considerando lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (D.S. N° 010-2005-PCM).



Por otro lado, la ubicación de las estaciones de medición fue establecida considerando a los principales receptores sensibles del área de estudio y donde se emplazarán las futuras instalaciones del proyecto.

De acuerdo con los resultados obtenidos de línea base, las mediciones realizadas se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes, para los tres parámetros establecidos que contempla dicha normativa.

En la presente evaluación de impactos, se han identificado actividades en la etapa de operación y mantenimiento susceptibles de producir variaciones sobre el nivel de radiaciones no ionizantes. Estas actividades son las siguientes:

- Operación y mantenimiento de la Línea de Transmisión Eléctrica (OMLTE)
- Operación y mantenimiento de la Subestación Eléctrica Mórrope (OMSEM)
- Operación y mantenimiento de la Subestación Eléctrica La Arena (OMSELA)

A continuación, se mencionan los impactos esperados de las actividades sobre el nivel de radiaciones no ionizantes:

- Incremento en la densidad del flujo magnético del campo electromagnético como consecuencia de la circulación de energía a lo largo del sistema de transmisión eléctrico.

Incidencia

Se calificó a la incidencia del impacto sobre el sub-factor de nivel de radiaciones no ionizantes:

Cuadro 5.4.29

Evaluación de atributos del impacto sobre el nivel de radiaciones no ionizantes

Atributo	Carácter del atributo	Descripción	Valoración
Signo	Negativo o perjudicial	Los impactos sobre el nivel de radiaciones no ionizantes podrían derivar en la alteración de las condiciones del entorno (mayor nivel de radiaciones no ionizantes)	-1
Inmediatez	Directo	El impacto tiene repercusión directa e inmediata sobre el nivel de radiaciones no ionizantes	3
Acumulación	Simple	La ocurrencia constante de una actividad que genere efectos sobre el nivel de radiaciones no ionizantes no es de carácter aditivo. Las actividades de operación son puntuales en el espacio y tiempo	1

Atributo	Carácter del atributo	Descripción	Valoración
Sinergia	Leve	No se espera que el impacto actúe como efecto multiplicador en sinergia con otros factores	1
Momento	Corto	El impacto se manifiesta inmediatamente luego de la acción causante (variación en el nivel de radiaciones no ionizantes)	3
Persistencia	Permanente	El impacto únicamente se dará dentro de las actividades operativas de la línea de transmisión y subestaciones, cuya duración será de 30 años aproximadamente	3
Reversibilidad	Reversible a corto plazo	Mediante procesos naturales se puede retornar a las condiciones previas rápidamente al cesar la fuente de generación de radiaciones no ionizantes	1
Recuperabilidad	Fácilmente recuperable	Mediante procesos naturales y/o de acción humana (a través de medidas de control y/o mitigación) se pueden recuperar las condiciones basales	1
Periodicidad	Periódico	El efecto no se manifiesta aleatoriamente o de manera irregular, si no durante los horarios operativos	3
Continuidad	Continuo	La variación en el nivel de radiaciones no ionizantes es una alteración constante en el tiempo, en el marco de la etapa de operación y mantenimiento	3

Elaborado por: INSIDEO.

En base a la justificación detallada de los valores numéricos otorgados a cada uno de los atributos del impacto (**Tabla 5.4.2**), el valor de incidencia y del índice de incidencia sobre el sub-factor de nivel de radiaciones no ionizantes es de 31 y 0,412, respectivamente. Tales valores se obtienen de las siguientes expresiones:

$$Incidencia = (I + 2A + 2S + M + 3P + 3R + 3Rc + Pr + C)$$

$$Incidencia = (3 + 2 \times 1 + 2 \times 1 + 3 + 3 \times 3 + 3 \times 1 + 3 \times 1 + 3 + 3) = 31$$

$$Indice\ de\ incidencia = \frac{Incidencia - Incidencia_{min}}{Incidencia_{max} - Incidencia_{min}} = \frac{31 - 17}{51 - 17} = 0,412$$

Magnitud

Con la finalidad de estimar los efectos sobre el entorno y determinar el incremento en la densidad de flujo magnético del campo electromagnético, se consultó información del Programa de Monitoreo de la LT 220 kV Chiclayo – Piura y de la Subestación Chiclayo DT Norte (ambos perteneciente a Red de Energía del Perú – REP), el cual contempla mediciones en la SE Chiclayo Oeste y en la línea de transmisión de 220 kV existente que conecta esta última con la SE Piura Oeste. Estos resultados son representativos de la zona y de las características de la operación de los componentes asociados al presente proyecto, dado

que se encuentran en una zona cercana al área de emplazamiento del proyecto y que la línea de transmisión posee la misma tensión eléctrica.

En el **Cuadro 5.4.30** se presentan los resultados de la densidad de flujo magnético de la SE Chiclayo Oeste y de la LT de 220 kV Chiclayo Oeste – Piura Oeste para las estaciones Est. 1, Est. 2 (subestación) y EA-01 (línea de transmisión), cuya ubicación se puede apreciar en la **Ilustración 5.4.7**. Es preciso indicar que los registros se encuentran muy por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes, el cual establece un valor de 83,3 μT .

Cuadro 5.4.30

Resultados del monitoreo de radiaciones no ionizantes de la SE Chiclayo Oeste y de la LT de 220 kV Chiclayo Oeste – Piura Oeste

Estación	Fecha	Informe de laboratorio	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19S		Densidad de flujo magnético (μT)	Ubicación
			Norte (m)	Este (m)		
Est. 1 ⁽¹⁾	11/05/2017	IE N° 1-04973/17	9 250 165	624 798	0,98	A 5 m de la SE Chiclayo Oeste, en dirección de la línea L-2238
Est. 2 ⁽¹⁾	11/05/2017		9 250 314	624 989	0,77	A 5m de la SE al costado derecho de la puerta de ingreso
EA-01	01/10/2017	IE N° 1-10085/17	9 272 372	609 800	1,08	Línea de Transmisión Chiclayo-Piura (L-2238)

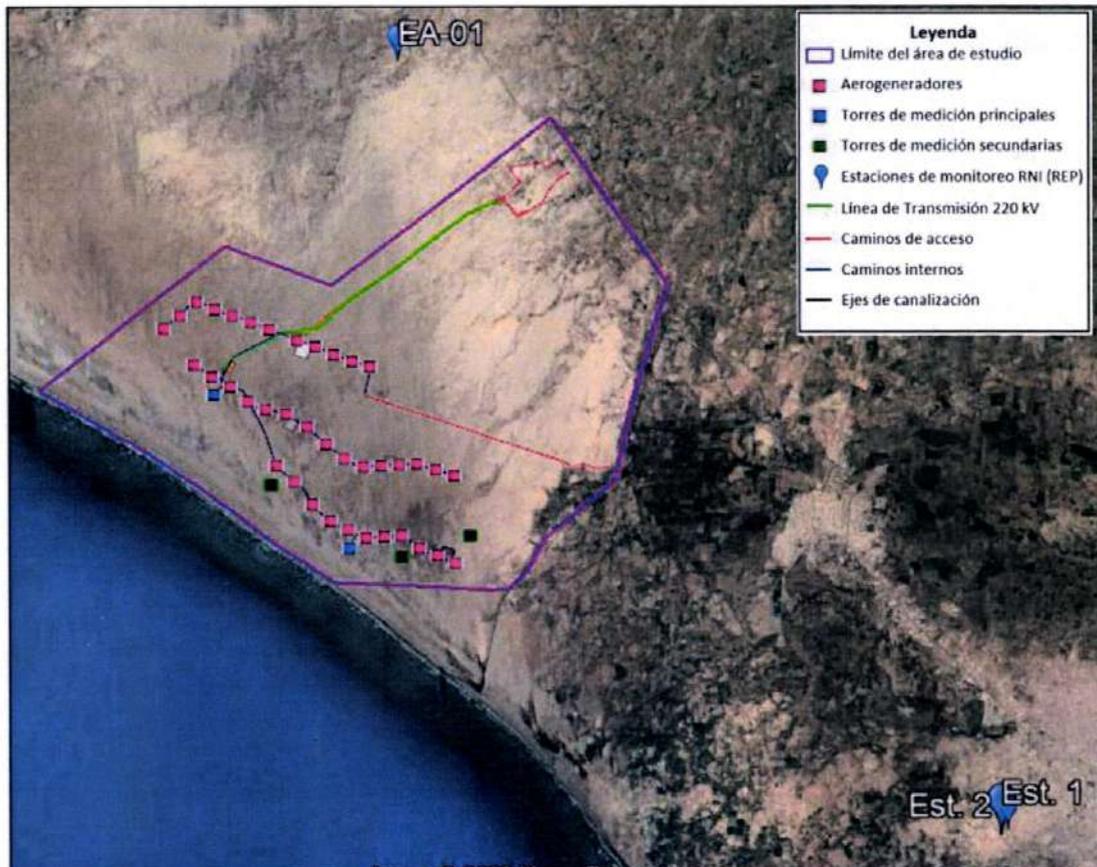
Nota: Códigos referenciales para las estaciones indicadas, ya que solo en el reporte de monitoreo correspondiente solo se indican la ubicación geográfica.

Fuente: Informe de Monitoreo de Parámetros Ambientales DT Norte - SE Chiclayo Oeste (2017) / Informe de Monitoreo de Parámetros Ambientales DT Norte - Línea de Transmisión 220 kV Chiclayo - Piura (L-2238) (Tercer Trimestre -2017).

Elaborado por: INSIDEO.

Ilustración 5.4.7

Ubicación de los puntos de monitoreo de la SE Chiclayo Oeste y de la LT de 220 kV Chiclayo Oeste – Piura Oeste con respecto al área de estudio



Fuente: Google Earth, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Se debe considerar que la faja de servidumbre para la línea de transmisión de 220 kV es de 25 m y que los extremos de la misma se encuentran a 12,5 m del eje de la línea. En tal sentido, la densidad de flujo magnético en la faja de servidumbre no debe ser mayor que el valor máximo admisible indicado en el estándar nacional para la densidad de flujo magnético. Por ello, los valores estimados se compararán con el estándar nacional de densidad de flujo magnético definido en el Decreto Supremo N° 010-2005-PCM para líneas de transmisión. Este valor es de 83,33 μT .

De acuerdo a lo expuesto en la Línea Base Ambiental (ver **Capítulo 4**) y los resultados de los reportes consultados (REP, 2017), las máximas densidades de campo magnético proyectadas para la línea durante la vida útil del proyecto se encuentran muy debajo del límite establecido por el ECA, como se observa en el cuadro a continuación:

Cuadro 5.4.31
Valores de densidad de campo magnético

Situación	Estación	Parámetro (μT)	Punto de máxima densidad de campo magnético promedio anual ⁽²⁾
Línea base (EIASd CE Mórrope)	Estación RNI-02 (A 500 m de la SE La Arena proyectada)	Campo magnético	0 μT
Programa de monitoreo REP ⁽¹⁾	Estación EA-01 (ubicada a 4.9 km al noroeste de la S.E. La Arena proyectada)	Campo magnético	1,08 μT
ECA - Radiaciones No Ionizantes	--	Campo magnético	83,33 μT

Nota: (1) Valor máximo tomado de los registros de medición de RNI para la SE Chiclayo Oeste y de la LT de 220 kV Chiclayo Oeste – Piura Oeste (año 2017).

Fuente: Informe de Monitoreo de Parámetros Ambientales DT Norte - SE Chiclayo Oeste (2017) / Informe de Monitoreo de Parámetros Ambientales DT Norte - Línea de Transmisión 220 kV Chiclayo - Piura (L-2238) (Tercer Trimestre -2017).

Elaborado por: INSIDEO.

Es importante mencionar que la Organización Mundial de la Salud (OMS), en referencia a los campos electromagnéticos (CEM), establece en su estudio Marco para el desarrollo de Estándares de CEM basados en la salud, que los estándares de exposición, como el desarrollado por la Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), son estándares básicos para la protección personal que se refiere a niveles máximos hasta los cuales es permitida la exposición de cuerpo total o parcial proveniente de cualquier dispositivo emisor de campo electromagnético (CEM) y que normalmente incorpora factores de seguridad. Asimismo, la ICNIRP estableció los lineamientos para los límites de exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables (hasta 300 GHz), documento que contempla los niveles de referencia para la exposición a CEM para público en general, los mismos que coinciden con los establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2005-PCM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes.

En otras palabras, los niveles de exposición de campos magnéticos a los cuales se llegaría en presencia de la infraestructura de la futura línea de transmisión en los lugares evaluados para la línea base, no deberían generar ninguna preocupación con respecto a la salud de las personas. Esta conclusión se refuerza en el hecho que no existirán viviendas por debajo de la línea de transmisión, tal y como se establece por la normativa nacional.

Las densidades de flujo del campo electromagnético esperadas para la línea de transmisión en operación (condición base natural + Programa de monitoreo de REP) se encuentran por debajo del valor recomendado por el ECA correspondiente según el D.S. N° 010-2005-PCM, tal como se observa en el cuadro anterior.

Una vez calculados los valores del indicador en cuestión para los escenarios «sin» y «con» proyecto en unidades heterogéneas, se definió la función de transformación con la finalidad de obtener valores en unidades homogéneas (**Gráfico 5.4.4**).

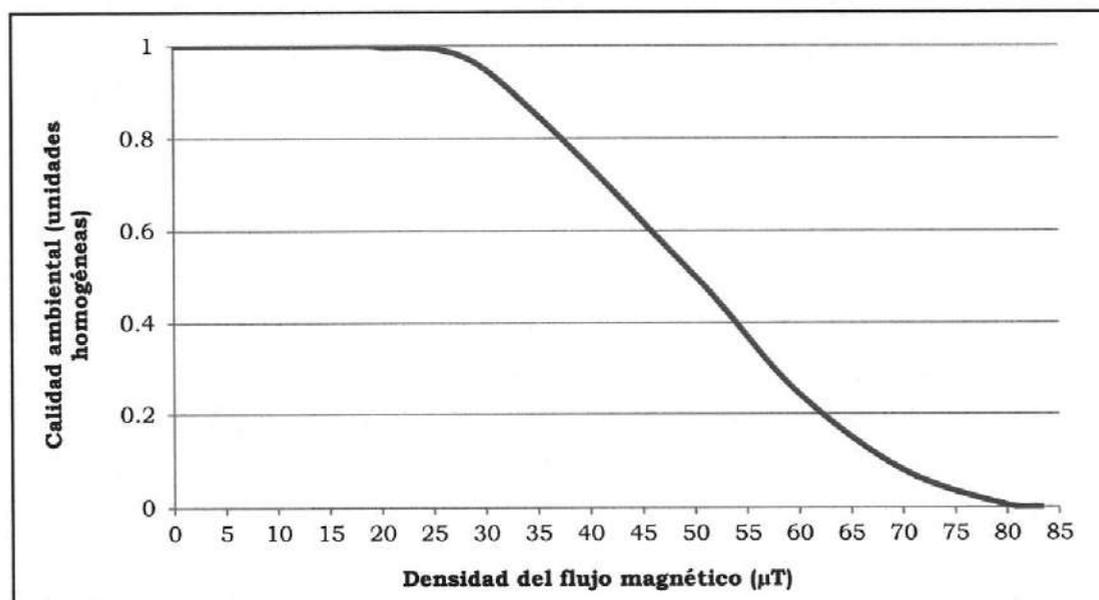
De acuerdo a estudios previos y la literatura especializada, las funciones de transformación para impactos sobre los niveles de radiaciones no ionizantes dan mucha importancia a las variaciones en la parte central de la variación del aspecto, es decir se magnifica en los valores intermedios y se ralentiza en los extremos.

Esto es similar a la curva de transformación para impactos sobre el nivel de ruido, debido a que las características de los impactos son similares. Sin embargo, es importante mencionar que, para el nivel de radiaciones no ionizantes, la calidad ambiental igual «1» permanece constante hasta cierto nivel de densidad de flujo magnético (μT), el cual denominaremos «umbral». Esto se debe a que por debajo del «umbral» no se estima una alteración sobre el entorno. De acuerdo a datos de la OMS, se consideró un valor de 16,7 μT a campos de 60 Hz (o 20 μT a campos de 50 Hz)⁶¹, el cual representa el nivel medio de exposición bajo la línea de transmisión. Se llevó el valor de densidad de flujo magnético a 60 Hz, ya que el Estándar de Calidad Ambiental se ha calculado para dicho campo, mientras que la OMS considera los valores a 50 Hz.

Por otro lado, con el objetivo de definir los valores máximos aceptables, es decir valores límites superiores para la situación inadmisibles, se tomaron los valores del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes que establece el D.S. N° 010-2005-PCM como punto medio o situaciones donde la calidad ambiental es media. Asimismo, según la función de transformación para los impactos sobre el nivel de radiaciones no ionizantes, el valor máximo de densidad de flujo magnético es de 83,3 μT . De lo mencionado anteriormente, a continuación, se presenta la función de transformación para el impacto sobre el nivel de radiaciones no ionizantes.

⁶¹ De acuerdo a la OMS, los límites recomendados para la protección del público en general y niveles medios de exposición a campos de 50 Hz generados por líneas de transmisión eléctricas, corresponden a 100 μT como nivel de referencia y 20-22 μT como nivel medio de exposición bajo la línea.

Gráfico 5.4.4
Curva de transformación para la evaluación de impactos sobre el nivel de radiaciones no ionizantes



Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental (Gómez Orea, 2010).
 Modificado por: INSIDEO.

Como se aprecia en el anterior gráfico, la calidad ambiental varía entre 0 y 1, en donde «0» representa una calidad ambiental sub-estándar y «1» identifica a la mejor calidad ambiental potencial. En el ejemplo, estar por encima del ECA para Radiaciones no ionizantes (83,3 μT) representa una situación sub-estándar, por lo que la calidad ambiental tiende a «0», mientras que valores menores al «umbral» (16,7 μT) representan la mejor calidad ambiental posible y, por lo tanto, corresponde a «1».

En el **Cuadro 5.4.32** se presentan los valores relativos (heterogéneos) y a escala (homogéneos) de los indicadores en las situaciones «sin proyecto» y «con proyecto».

Cuadro 5.4.32
Magnitud de la afectación del nivel de radiaciones no ionizantes – Etapa de operación y mantenimiento

Indicador	Unidades heterogéneas		Unidades homogéneas		Magnitud
	Sin Proyecto	Con Proyecto	Sin Proyecto	Con Proyecto	
Densidad del flujo magnético del campo electromagnético	0	1,08	0,9196	0,9297	0,010

Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Valoración final

Una vez calculadas las unidades homogéneas, se procedió a calcular la magnitud a través de la resta de las unidades homogéneas bajo la situación «sin proyecto» y «con proyecto», respectivamente. Finalmente, se calculó la valoración final del impacto mediante la multiplicación del índice de incidencia y magnitud estimadas según lo indicado en los párrafos precedentes.

Como se observa en el siguiente cuadro, el impacto que será generado por las acciones a desarrollar durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto ha sido catalogado como ***Negativo compatible*** con el entorno.

Cuadro 5.4.33

Valoración final del impacto sobre radiaciones no ionizantes – Etapa de operación y mantenimiento

Impacto	Indicador	Incidencia	Magnitud	Valoración final	Relevancia
Incremento en la densidad de flujo magnético del campo electromagnético como consecuencia de la operación del sistema de transmisión	Densidad del flujo magnético del campo electromagnético	0,412	0,010	0,004	Negativo Compatible

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

5.4.3.3 Etapa de abandono

Nivel de radiaciones no ionizantes

No existen actividades generadas por el proyecto durante la etapa de abandono que presenten efectos o impactos sobre el nivel de radiaciones no ionizantes, puesto que no habrá ningún componente energizado en esta etapa.

5.4.4 Suelos

5.4.4.1 Etapa de construcción

La evaluación de impactos sobre el suelo se ha enfocado en el sub-factor ambiental que se verá alterado como consecuencia del proyecto:

- Capacidad agrológica de los suelos.

Capacidad agrológica del suelo

La pérdida de la capacidad agrológica de los suelos se dará como consecuencia del movimiento de tierras (excavación, corte y relleno) de las áreas a ser intervenidas durante

las actividades previas al emplazamiento de la infraestructura del proyecto en la etapa de construcción. A continuación, se presentan las actividades que generarán impactos al suelo:

- Habilitación y operación de las instalaciones auxiliares y frentes de trabajo (HOIAFT)
- Movimiento de tierras y compactación (MTC)
- Adecuación de caminos de acceso y habilitación de caminos internos (ACHC)
- Canalización subterránea en media tensión (CSMT)
- Plataformas para el montaje de los aerogeneradores (PMA)
- Construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento (CIOM)
- Construcción de la SE Mórrope, SE La Arena y línea de transmisión (CSEM, CSELA y CLTE)

Es importante indicar que se han considerado las actividades de canalización subterránea para el cableado, debido a que esta actividad será realizada en áreas contiguas a los caminos internos, las cuales tendrán un ancho variable entre 0,5 m y 1,8 m, tal como se indicó en el **Capítulo 2**. A fines de un análisis conservador, se trabajará con el ancho de 1,8 m para todo el cableado subterráneo, de tal forma que se contabilizaron ambas áreas para el efecto del análisis. El área total de remoción de suelos es de aproximadamente 131,95 ha.

Es preciso mencionar que los componentes del proyecto se encontrarán emplazados en zonas desérticas, sobre suelos con una capacidad de uso mayor para tierras de protección (X) en su mayoría, seguido de tierras aptas para cultivos en limpio (A3) en menor proporción.

Por otro lado, se han identificado riesgos durante el desarrollo de actividades relacionadas con el movimiento de tierras, tal como erosión inducida por la disgregación de las partículas de suelo y la consecuente pérdida de recurso, además de los riesgos por derrames de combustible sobre el suelo por el uso de maquinaria, equipos y transporte. En cuanto a la erosión inducida, el área en donde se ubica el proyecto difícilmente puede ser susceptible a la pérdida de suelos por causas hídricas, debido a sus características de pavimento desértico (alta estabilidad) y bajas pendientes. Sin embargo, los eventos de El Niño podrían generar algunas pérdidas de suelo, las cuales solo se verían limitadas a la zona en donde se formaría alguna laguna temporal y en periodos de ocurrencia espontánea. Asimismo, se ha determinado la presencia de dinámicas eólicas que se consideraron en el análisis.

De esta manera, considerando que los riesgos sobre el suelo se evalúan en la **Sección 5.5**, el impacto esperado sobre los suelos como consecuencia de las actividades antes señaladas será el siguiente:

- Pérdida de la capacidad agrológica del suelo.

En el área de estudio se evaluó el factor suelo durante los estudios de línea base donde se identificaron veintidós (22) unidades cartográficas. Consecuentemente, se determinó la capacidad de uso mayor de los suelos de acuerdo al procedimiento establecido en el D.S. N° 017-2009-AG, identificando un total de seis (06) unidades de capacidad de uso mayor representadas en (03) grandes grupos: tierras aptas para Cultivos en limpio (A), que representan el 23,11% del área de estudio, tierras aptas para Cultivos permanentes (C), que representan el 4,16% y tierras de protección (X), que equivalen al 72,73%. Dentro de esta última se considera el área de la delimitación de núcleos poblacionales, que equivale al 0,16% del área de estudio (esta última no representa en sí un tipo de suelos, sino que está categorizada como Otras áreas). Aun cuando las tierras de protección (X) presentan una baja calidad agrológica, en forma conservadora también han sido incorporadas al análisis. De esta manera, la magnitud del cambio sobre la capacidad agrológica del suelo se ha calculado en función del área de ocupación de los componentes del proyecto.

Es importante indicar que esta evaluación es bastante conservadora, puesto que se está evaluando la potencialidad de usos de suelos, sin embargo, no se debe perder de vista la perspectiva del uso actual. El área sujeta a mayor intervención (zona de emplazamiento de aerogeneradores) no presenta un uso actual, puesto que la ausencia de cuerpos de agua cercanos, así como la precipitación escasa del lugar, no hacen propicio el desarrollo de actividades con fines de aprovechamiento agrícola. Asimismo, la mayor parte del área está conformada por tierras de protección con serias limitaciones (suelo y salinidad) para el desarrollo de agricultura y ganadería bajo márgenes económicos aceptables, tal como se indicó en el **Capítulo 4**. Sin embargo, es preciso indicar que el desarrollo de actividades asociadas a la agricultura se da, en menor medida, en la zona norte y este del proyecto, la que involucra una muy baja intervención por parte de las actividades e infraestructuras de la central eólica, principalmente a los caminos de acceso, los cuales se realizarán sobre caminos ya existentes y no supondrán la intervención de terrenos adicionales para su habilitación.

Incidencia

Como parte de esta metodología, se evaluarán los atributos o características del impacto sobre el aspecto ambiental "suelos" a través del índice de incidencia. De acuerdo con la **Cuadro 5.4.34**, se calificó a la incidencia del impacto sobre la capacidad agrológica del suelo de la siguiente manera.

Cuadro 5.4.34

Evaluación de atributos del impacto sobre la capacidad agrológica del suelo

Atributo	Carácter del atributo	Descripción	Valoración
Signo	Negativo o perjudicial	El impacto involucra la intervención y pérdida puntual de suelos. Aun cuando los suelos son muy pobres y con serias limitaciones para el desarrollo de actividades económicas y la intervención de la central es limitada en términos de las propiedades edáficas, se considera como negativo.	-1
Inmediatez	Directo	El impacto tiene repercusión inmediata sobre los suelos al ejercerse una afectación por emplazamiento directo de la infraestructura eólica, principal y auxiliar	3
Acumulación	Simple	Una acción dada, al ser realizada de forma constante, no genera efectos aditivos sobre el subcomponente ambiental de suelos. El suelo se pierde directamente y en forma simple como consecuencia de las excavaciones, no hay algún efecto que pueda ser magnificado en el tiempo sobre el sustrato.	1
Sinergia	Leve	No se espera que el efecto actúe como efecto multiplicador en sinergia con otros factores. Dado que el efecto es simple y no acumulativo, no se espera tampoco que sea sinérgico.	1
Momento	Corto	El impacto se manifiesta inmediatamente luego de la acción causante (ocupación directa del suelo por emplazamiento de componentes del proyecto)	3
Persistencia	Permanente	El impacto sobre los suelos originales permanecerá luego de transcurrida la etapa de construcción	3
Reversibilidad	No reversible	Mediante procesos naturales ⁶² no es posible recuperar la condición original de los suelos	3
Recuperabilidad	Recuperabilidad media	Las áreas podrán ser recuperables en términos de las condiciones iniciales. No existen grandes retos ambientales para la recuperación, puesto que aun cuando no se recupera totalmente la estructura de los suelos, esta es simple debido a la ausencia de capas notoriamente diferentes como los suelos orgánicos.	2
Periodicidad	Periódico	El efecto no se manifiesta de manera irregular o aleatoria	3
Continuidad	Continuo	La alteración de los suelos es una alteración que se presentará a lo largo de la etapa de construcción y perdurará durante la etapa de operación y mantenimiento	3

Elaborado por: INSIDEO.

En base a la justificación detallada de los valores numéricos otorgados a cada uno de los atributos del impacto (Tabla 5.4.1), el valor de incidencia y del índice de incidencia sobre

el aspecto de suelos (capacidad agrológica) es de 40 y 0,676, respectivamente. Tales valores se obtienen de las siguientes expresiones:

$$Incidencia = (I + 2A + 2S + M + 3P + 3R + 3Rc + Pr + C)$$

$$Incidencia = (3 + 2 \times 1 + 2 \times 1 + 3 + 3 \times 3 + 3 \times 3 + 3 \times 2 + 3 + 3) = 40$$

$$Indice\ de\ incidencia = \frac{Incidencia - Incidencia_{min}}{Incidencia_{max} - Incidencia_{min}} = \frac{40 - 17}{51 - 17} = 0,676$$

Magnitud

Dado que el principal impacto sobre la capacidad agrológica del suelo es el retiro de la capa superficial como consecuencia del movimiento de tierras y dado que este indicador guarda estrecha relación con la capacidad de uso mayor (CUM) y que cada una de ellas presenta atributos distintos que identifican su potencialidad, el indicador seleccionado para la cuantificación del impacto en cuestión corresponde a:

- Media ponderada del valor de potencialidad de las distintas unidades de capacidad de uso mayor (CUM).

Dicho indicador responde a la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\sum(1\ a\ n)\ Superficie\ de\ CUM\ i\ sin\ afectar * valor\ de\ potencialidad\ de\ i}{Superficie\ del\ área\ de\ influencia}$$

Donde:

I = Indicador de capacidad de uso mayor.

i = Unidad de capacidad de uso mayor.

Una vez identificado el indicador adecuado, se procedió a calcular el valor del mismo para las situaciones «sin» y «con» proyecto, en unidades heterogéneas:

$$Situación\ «sin»\ proyecto = Línea\ Base\ Socioambiental$$

$$Situación\ «con»\ proyecto = Línea\ Base\ Socioambiental + Proyección\ del\ EIAsd$$

Es importante mencionar que la ubicación de los componentes no se realizará en toda la extensión de la futura central eólica. Como se puede observar en la **Figura 2.2.2**, gran

⁶² Se entiende que esta reversibilidad tiene como base al tiempo ecológico, el cual tiene como escalas temporales a las décadas o centurias y no se refiere al tiempo geológico, el cual comprende unidades de medida mucho mayores (millones de años). Esto es en extremo conservador, teniendo en cuenta la baja calidad agrológica del suelo.

parte del área queda libre de intervención directa, puesto que los aerogeneradores se encuentran distantes entre sí debido a su disposición estratégica para evitar interferencias.

Asimismo, la real intervención de este territorio corresponde a 131,95 ha, puesto que se están contabilizando únicamente las zonas que ameritan un real movimiento de tierras para la instalación de estructuras durante las actividades indicadas anteriormente. Asimismo, en este cálculo se incluye al emplazamiento de las torres asociadas a la Línea de Transmisión, pero no a toda la faja de servidumbre propiamente dicha puesto que no representa una intervención real del terreno.

Por otro lado, las áreas consideradas para los aerogeneradores comprenderán la cimentación por una zapata circular, la cual constituirá el área real de emplazamiento y, de manera adicional, se considerarán las áreas que corresponderán a las plataformas de montaje, que serán habilitadas al lado de cada aerogenerador, y las cuales se mantendrán durante la etapa de operación y mantenimiento para las maniobras de mantenimiento o eventuales reemplazos de componentes. De esta manera, considerando el área de intervención para la instalación de las zapatas circulares y las plataformas de montaje, se obtiene que 0,60 ha, aproximadamente, corresponden al emplazamiento directo por aerogenerador, valor que se ha utilizado en el cálculo de los impactos.

Tomando en cuenta lo anterior, en el **Cuadro 5.4.35** a continuación se muestran las extensiones de las diferentes unidades de capacidad de uso mayor que serían afectadas por el proyecto.

Cuadro 5.4.35

Capacidad de uso mayor presente en el área de estudio y superficie de las mismas a afectar como consecuencia de la implementación de la infraestructura del proyecto

Capacidad de uso mayor	Área a ser afectada por el proyecto (ha)	Superficie de CUM «sin» proyecto (ha)	Superficie de CUM «con» proyecto (ha)
Tierras aptas para Cultivos en limpio (A)	2,58	2 876,47	2 873,89
Tierras aptas para Cultivos permanentes (C)	10,14	518,16	508,02
Tierras de protección (X)	119,22	9 052,79	8 933,57
Total	131,95	12 447,42	12 315,47

Elaborado por: INSIDEO.

Para la determinación de los valores de potencialidad de la unidad de capacidad de uso mayor del suelo presentada en el cuadro anterior, se tomaron en cuenta las características que representan a cada unidad existente, de acuerdo al D.S. N° 017-2009-AG. En el **Cuadro 5.4.36** se presentan los valores de potencialidad otorgados a cada unidad, siendo «1,0» el valor de potencialidad más alto y «0,1» el más bajo.

Cuadro 5.4.36

Capacidad de uso mayor presente en el área de estudio y superficie de las mismas a afectar como consecuencia de la implementación de la infraestructura del proyecto

Capacidad de uso mayor	Valor de potencialidad
Cultivos en limpio (A)	0,85 ¹
Cultivos permanentes (C)	0,62 ²
Protección (X)	0,08 ³

Nota: (1) Valor asignado por ser tierras para cultivos en limpio de calidad agrológica baja. (2) Valor asignado por ser tierras para cultivos permanentes de calidad agrológica baja. (3) Valor asignado para las tierras de protección. Elaborado por: INSIDEO.

A continuación, se presenta el sustento para la determinación de los valores de potencialidad de la unidad de capacidad de uso mayor del suelo.

Tal y como se indicó líneas arriba, se tomaron en cuenta las características que representan a cada unidad existente, de acuerdo al D.S. N° 017-2009-AG. Este sistema de clasificación considera tres (03) categorías de uso: Grupo de Capacidad de Uso Mayor, Clase de Capacidad de Uso Mayor y Subclase de Capacidad de Uso Mayor. Los grupos que establece el reglamento son:

- Tierras aptas para cultivo en limpio (Símbolo A)
- Tierras aptas para cultivo permanente (Símbolo C)
- Tierras aptas para pastos (Símbolo P), esta categoría incluye pastos naturales
- Tierras aptas para producción forestal (Símbolo F)
- Tierras de protección (Símbolo X), significa que estas tierras no son apropiadas para cultivos en limpio, permanentes, pastos o producción forestal

De acuerdo con el reglamento, las características edáficas consideradas son las siguientes: pendiente, profundidad efectiva, textura, fragmentos gruesos, pedregosidad superficial, drenaje interno, pH, erosión, salinidad, peligro de anegamiento y fertilidad natural superficial. Esto permite establecer que la capacidad de uso mayor es la síntesis de todos estos atributos y por lo tanto un buen indicador de las características edáficas en forma integrada.

- (a) Tierras Aptas para Cultivo en Limpio (Símbolo A): Reúne a las tierras que presentan características climáticas, de relieve y edáficas para la producción de cultivos en limpio que demandan remociones o araduras periódicas y continuadas del suelo. Estas tierras, debido a sus características ecológicas, también pueden destinarse a otras alternativas de uso, ya sea cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección.
- (b) Tierras Aptas para Cultivos Permanentes (Símbolo C): Reúne a las tierras cuyas características climáticas, de relieve y edáficas no son favorables para la producción de cultivos que requieren la remoción periódica y continuada del suelo (cultivos en

limpio), pero permiten la producción de cultivos permanentes, ya sean arbustivos o arbóreos (frutales principalmente). Estas tierras también pueden destinarse a otras alternativas de uso, ya sea producción de pastos, producción forestal, protección en concordancia a las políticas e interés social del Estado, y privado, sin contravenir los principales del uso sostenible.

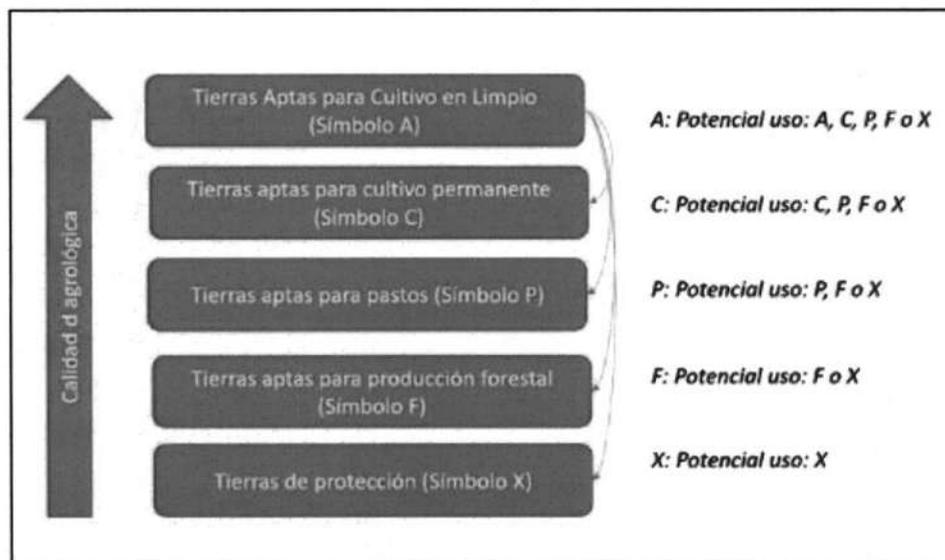
- (c) Tierras Aptas para Pastos (Símbolo P): Reúne a las tierras cuyas características climáticas, de relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, ni permanentes, pero sí para la producción de pastos naturales o cultivados que permitan el pastoreo continuado o temporal, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso suelo. Estas tierras según su condición ecológica (zona de vida), podrán destinarse también para producción forestal o protección.
- (d) Tierras Aptas para Producción Forestal (Símbolo F): Agrupa a las tierras cuyas características climáticas, de relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, permanentes, ni pastos, pero, si para la producción de especies forestales maderables. Estas tierras, también pueden destinarse, a la producción forestal no maderable o protección.
- (e) Tierras de Protección (Símbolo X): Están constituidas por tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas ni de relieve mínimas requeridas para la producción sostenible de cultivos en limpio, permanentes, pastos o producción forestal. En este sentido, las limitaciones o impedimentos tan severos de orden climático, edáfico y de relieve determinan que estas tierras sean declaradas de protección.

Estos grupos a su vez se subdividen en clases de capacidad para el uso de tierras basadas en su calidad agrológica, que viene a ser la síntesis de las propiedades de fertilidad, condiciones físicas, relaciones suelo-agua y las características de relieve y climáticas dominantes:

- Clase 1: Calidad Agrológica Alta
- Clase 2: Calidad Agrológica Media
- Clase 3: Calidad Agrológica Baja

En síntesis, tal y como lo explica el reglamento, la calidad agrológica del suelo va de mayor a menor por grupos y, dentro de estos grupos, por categoría de calidad, puesto que los suelos de categoría A, tienen las mejores condiciones para el establecimiento de cultivos y pueden ser destinadas al uso contemplado en el resto de categorías (**Imagen 5.4.1**).

Imagen 5.4.1
Escala comparativa de la calidad agrológica del suelo, de acuerdo con su capacidad de uso mayor



Fuente: D.S. N° 017-2009-AG.
 Elaborado por: INSIDEO.

Como se aprecia en el gráfico anterior, mientras existe una mejor calidad de suelo (CUM A), es posible que sea utilizado para fines de todas las unidades inferiores. De esta manera, los suelos de capacidad de uso A, pueden ser utilizados para todo el resto de usos potenciales, mientras que las unidades inferiores, únicamente para la propia potencialidad y las de menor calidad. No todos los suelos a ser afectados como consecuencia de un impacto de emplazamiento tienen la misma potencialidad, la cual es reflejo de su calidad. De esta manera, se podría subestimar o sobreestimar el valor de la calidad del suelo si se uniformizan los valores, motivo por el cual se debe realizar una ponderación. De acuerdo con la metodología de Gómez Orea (Gómez Orea, 2010), la capacidad agrológica del suelo se expresa en forma de clases o sectores territoriales homogéneos con respecto al significado del factor. Entre estas clases, existen equivalencias de acuerdo con su calidad agrológica. Los coeficientes de equivalencia entre estas clases deben establecerse en cada caso concreto atendiendo a criterios de productividad, tomando como referencia una escala que compare la calidad con un índice de calidad que varía entre 0 y 1. El valor 0 representa la menor calidad o suelos no aptos para cultivo ni para el desarrollo de otras actividades humanas como la ganadería (pasturas) o forestería (equivalentes a los suelos de categoría X en la legislación peruana) y el valor de 1 a los suelos de mayor calidad, (equivalentes a los suelos A con Calidad Alta en la legislación peruana). Este ejercicio ha sido realizado para fines del análisis para las categorías existentes, dando valores extremos a los de mayor y menor calidad agrológica y valores medios a los de media calidad agrológica de acuerdo con el siguiente cuadro. Es importante indicar que esta calificación de calidad del suelo es

eminentemente agrológica o de relación suelo – planta como lo interpreta la legislación peruana. La importancia biológica del suelo se evalúa en la sección de impactos biológicos. Asimismo, de modo conservador, no se ha considerado a la calidad del suelo de categoría X como un “cero” absoluto, pues en la práctica no habría impactos. Por este motivo, aun cuando las condiciones sean deficientes para el desarrollo de actividades humanas, se considera un valor cercano a 0,1.

El **Cuadro 5.4.37** muestra la escala de valores de todos los grupos y calidades, disminuyendo proporcionalmente el valor de potencialidad, conforme se disminuye la calidad del suelo. Es importante indicar que esta escala sigue teniendo un componente de arbitrariedad o subjetividad, sin embargo, son valores aproximados que permiten representar adecuadamente la esencia de la metodología de evaluación de impactos.

Cuadro 5.4.37

Escala comparativa de la calidad agrológica del suelo, de acuerdo con su capacidad de uso mayor

Grupo de Capacidad de uso mayor	Clase de capacidad por Calidad	Valor de potencialidad
Cultivos en limpio (A)	Calidad Alta	1,00
	Calidad Media	0,92
	Calidad Baja	0,85
Cultivos permanentes (C)	Calidad Alta	0,77
	Calidad Media	0,70
	Calidad Baja	0,62
Pastos (P)	Calidad Alta	0,55
	Calidad Media	0,47
	Calidad Baja	0,40
Producción Forestal (F)	Calidad Alta	0,32
	Calidad Media	0,25
	Calidad Baja	0,17
Protección (X)	---	(Entre 0 y 0,1) 0,08

Elaborado por: INSIDEO.

Tomando como referencia el cuadro precedente, se presenta el **Cuadro 5.4.38**, el cual incluye las razones por las cuales se consideraron los valores de potencialidad: