

5.4.A ESTUDIO DE CALIDAD ESCÉNICA DEL PAISAJE



Transmisora Colombiana
de Energía S.A.S. E.S.P.



COMPLEMENTO DEL ESTUDIO DE IMPACTO
AMBIENTAL- MODIFICACIÓN 2 LICENCIA
AMBIENTAL RESOLUCIÓN No. 170 / 2021 –
INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red
en el área oriental: Línea de transmisión
La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV

UPME 07 2016

TCE-ET2W-GPB00-0003-1

Control de Cambios D R GEOMATICA SAS		
FECHA 20/05/2022 02/10/2022	VERSIÓN V0 V1	DESCRIPCIÓN Versión inicial Versión final
ELABORADO POR: Grupo especializado D R GEOMATICA SAS	REVISADO POR: D. Rubiano	APROBADO POR: Diego Rubiano
Control de Revisiones TCE		
FECHA 04/04/2022 01/10/2022	VERSIÓN V3 vf	DESCRIPCIÓN En revisión Revisado
ELABORADO POR: D R GEOMATICA SAS	REVISADO POR: L. Montenegro	APROBADO POR: E. Bordignon

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Tipos de funciones de la modelación en inVEST	7
Tabla 5-2 Categorías impacto visual.....	8
Tabla 5-3 Insumos o variables e información para el modelamiento en inVEST	8
Tabla 5-4 Torres de Proyectos de transmisión de energía en el área de modelamiento	9
Tabla 5-5. Torres con alto y muy alto impacto de la calidad escénica de la versión No Licenciada	13
Tabla 5-6 Comparación del impacto de la calidad escénica de la versión cero (V0) y la No Licenciada	16
Tabla 5-7 Comparación del impacto de la calidad escénica de la versión dos (V2) y la No Licenciada	18
Tabla 5-8. Comparación del impacto de la calidad escénica de la versión R0AE (V3) y la No Licenciada	20
Tabla 5-9 Comparación escenario actual y escenario Futuro No licenciado y VR0AE	22
Tabla 5-10. Alturas de torre 455.....	24
Tabla 5-11. Análisis comparado de la VR0AE con otras versiones	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5-1. Metodología para determinar la calidad escénica del paisaje de la Variante Nueva Esperanza, objeto de la Modificación No.2 de la Licencia Ambiental.....	6
Figura 5-2. Modelamiento recibido de la ANLA de la versión del trazado No Licenciado	11
Figura 5-3 Modelamiento replicado por TCE de la versión No Licenciada	12
Figura 5-4 Comparación modelamiento de la ANLA (izquierda) y modelamiento de TCE (derecha) del trazado no licenciado	1
Figura 5-5 Impacto de la calidad escénica del trazado de la versión No Licenciada.....	14
Figura 5-6 Trazados relevantes para el modelamiento de la calidad escénica.....	15
Figura 5-7 Impacto de la calidad escénica de la versión cero (V0)	16
Figura 5-8 Impacto de la calidad escénica de la versión dos (V2)	18
Figura 5-9 Impacto de la calidad escénica de la versión R0AE (V3)	20
Figura 5-10. Impacto de la calidad escénica de la versión Actual	23

5.4.2 Calidad Escénica del Paisaje

5.4.2.1 Introducción

De acuerdo a lo considerado por ANLA en la Resolución No. 170 del 15 de enero de 2021 y confirmado en la Resolución No. 1363 del 04 de agosto de 2021, no es viable ambientalmente el tramo del proyecto desde el vano adelante del sitio de torre 439NN hasta el sitio de torre 455 y toda su infraestructura asociada (brechas de riego, accesos, plazas de tendido, etc.), razón por la cual se presenta para evaluación de ANLA el presente Complemento del Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación No. 2 de la Licencia Ambiental, que contempla la modificación del trazado e infraestructura asociada desde el vano adelante del sitio de torre 439NN hasta el sitio de torre 455 (denominada en adelante **Variante Nueva Esperanza**), de manera que se interconecte el tramo licenciado (desde Pórtico Subestación La Virginia hasta el ST439NN) con el pórtico de la subestación Nueva Esperanza.

Las actividades ya licenciadas en la Resolución No. 170 del 15 de enero y las solicitadas en la Modificación No. 1 de la misma (la cual actualmente se encuentra en trámite), no serán objeto del presente Complemento del Estudio de Impacto Ambiental.

En virtud de lo anterior, este documento presenta el análisis de la calidad escénica dentro del Complemento del Estudio de Impacto Ambiental para la solicitud de la **modificación No. 2** de la Licencia ambiental del Proyecto “Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV” UPME 07-2016 que en adelante se nombra como Modificación No. 2, cuyo inversionista es la Empresa Transmisora Colombiana de Energía S.A.S. E.S.P”.

Partiendo del hecho de que el paisaje es uno de los recursos naturales que hoy en día tiene una mayor importancia ambiental, se debe considerar que las actuaciones sobre el mismo tienen una incidencia de ámbito territorial que trasciende la propia labor técnica. La correcta gestión del paisaje impone que las actuaciones que le afectan deban justificarse, y fijar unos criterios para que dichas actuaciones se adapten al medio sin cambiar o degradar su carácter. Esta importancia del paisaje fue abordada en el Convenio Europeo de Paisaje (2000) en el cual se establece la promoción, protección, gestión y ordenación de los paisajes, así como organizar la cooperación europea en ese campo¹.

En los últimos años el papel del derecho en relación con el paisaje ha tenido un cambio sustancial. Tradicionalmente, el concepto de paisaje se había situado en el campo de las artes (pintura, fotografía, poesía) o en disciplinas como la geografía, ecología, arquitectura, o el diseño y, por tanto, considerado como una noción que resultaba totalmente ajena e irrelevante al derecho. Hoy las cosas han cambiado y el paisaje ha alcanzado la categoría de bien jurídico, hasta el punto de hoy se reconoce, especialmente en el ámbito internacional, la existencia del “derecho al paisaje”².

En el contexto colombiano la consideración del análisis del paisaje como una variable ambiental ha sido incluido ya desde comienzo de siglo como un factor adicional que debe ser analizado en la caracterización de la línea base y en el análisis del impacto que el desarrollo de obras y actividades sujetos a licenciamiento ambiental

¹ Gonzales, Víctor et al. Calidad y fragilidad visual del paisaje: MCE, fuzzy logic y GIS, 2012.

² Zuluaga, Diana. 2015. El Derecho al paisaje en Colombia. Consideraciones para la definición de su contenido, alcance y límites

puedan causar sobre dicho factor y por lo cual dicho análisis se incluyó en los términos de referencia para la elaboración de los estudios de impacto ambiental sometidos a evaluación por la autoridad ambiental (MAVDT 2002). Mas recientemente (2018) la ANLA a través de la resolución 075 de enero de 2028 incorpora en los términos de referencia que la caracterización de la línea base se desarrollará para cinco componentes, a saber: abiótico, biótico, social, paisaje y servicios ecosistémicos.

Particularmente en el marco del proceso de licenciamiento ambiental del Proyecto Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07-2016 una vez evaluado el EIA por la ANLA, esta autoridad considera en el concepto técnico No. 07821 del 22 de diciembre de 2020, que el paisaje se interpreta desde dos puntos de vista: i) el paisaje como el conjunto integrado por el modelado físicobiótico del entorno y la percepción visual de dicho entorno, y, ii) la calidad escénica del paisaje, analizada esta como un modelo computarizado que permite analizar el Proyecto desde sus características técnicas de construcción dentro del paisaje en el cual éste se construirá, conjugando así el efecto que se acumula con otros proyectos de la misma naturaleza en ese entorno y analizado desde la comparación en el denominado “escenario actual” vs “el futuro”. El escenario actual se define como la condición preexistente en la calidad escénica del paisaje, en el cual, para el caso de las líneas de transmisión, hace referencia al conjunto de líneas de energía que se localizan en el área antes de construir el proyecto y como estas pueden afectar esa calidad escénica, y el escenario futuro, considera ese mismo conjunto de líneas más la nueva línea de transmisión. El análisis del efecto sobre la calidad escénica se interpreta mediante la comparación de los dos escenarios.

De tal forma que en el marco del Proyecto, la variable ambiental relacionada con la calidad escénica del paisaje cobra importancia y en especial en la llegada de la línea de transmisión a la subestación Nueva Esperanza, puesto que como es lógico para el entorno de una subestación de energía, en dicho paisaje confluyen varias líneas de energía eléctrica las cuales cumplen la función de proveer la energía necesaria para el desarrollo local y nacional del país y conectar los centros de generación (centrales hidroeléctricas) con los centros de distribución (subestaciones de energía), o entre subestaciones con el propósito de fortalecer el sistema interconectado del País, como el caso de las subestaciones La Virginia y Nueva Esperanza, conectadas a través de este proyecto.

Por tanto, en el concepto técnico No. 07821 del 22 de diciembre de 2020 la ANLA realizó la modelación de la calidad escénica del Proyecto e informa a TCE que el efecto acumulado de las líneas de transmisión que llegan a la subestación Nueva Esperanza es para ocho (08) sitios de torre alto y muy alto, y por consiguiente el efecto del Proyecto de TCE en dicho entorno debe mitigar. En consecuencia, el modelo empleado por la ANLA (a través del uso del software InVEST), la lleva a concluir que el impacto en la calidad escénica del paisaje causado no solo por la línea de TCE sino por las otras que ya existen (Empresas Públicas de Medellín, EPM y ENEL) y licenciadas (como el caso de la línea del Grupo Energía Bogotá, GEB) es tal, que no puede otorgar la licencia ambiental hasta tanto TCE muestre que ha mitigado dicho impacto; y en consecuencia, no otorgó la licencia ambiental para la construcción y operación del Proyecto en el tramo comprendido entre el vano adelante del sitio de torre 439NN hasta el sitio de torre 455, es decir, no licenció 15 sitios de torre junto con sus vanos y obras necesarias para la construcción, así como tampoco otorgó los permisos ambientales asociados al mismo tramo no licenciado.

Es así que TCE en busca mitigar el impacto visual de la calidad escénica del Proyecto y utilizando el software InVEST modeló sucesivos trazados detallados de la línea (n=6) del tramo no licenciado (denominado Variante Nueva Esperanza) hasta lograr un trazado que mitiga el efecto sobre la calidad escénica; por tanto, el nuevo trazado de la variante Nueva Esperanza es sometido a la Modificación No.2 de la licencia ambiental y se presenta para evaluación ambiental de la ANLA.

En este numeral del Complemento del estudio de impacto ambiental de la modificación No.2, TCE describe la metodología, la validación del modelo (comparando los resultados de modelo de TCE frente a los recibidos de la ANLA), los resultados comparados, el análisis actual y futuro y las conclusiones del análisis de la calidad escénica del paisaje asociados al trazado de la variante Nueva Esperanza.

5.4.2.2 Metodología

Estableciendo como punto de partida el modelamiento con el software inVEST, el cual se describe más adelante. La metodología se agrupa en cuatro pasos: los insumos de entrada, el procesamiento, los resultados y los productos.

Los insumos o variables cartográficas de entrada, son el DEM³ de 30 metros de resolución espacial, la definición del límite o área de modelación, la ubicación detallada de los sitios de torre de los proyectos existentes construidos y licenciados (EPM, ENEL y GEB) y de los proyectos futuros (TCE) además de sus alturas proyectadas. El trazado futuro de GEB corresponde a la línea compartida por la empresa en marzo de 2022 y se tomó una altura proyectada para el diseño. Para el caso del trazado de la variante Nueva Esperanza (de TCE), corresponden a los sitios de torres y alturas detalladas entregadas por el área de Ingeniería de diseño de la Empresa TCE. Los parámetros de modelación como la función, la refractividad y el radio máximo, se explican más adelante.

Estos insumos se preparan teniendo en cuenta la estructura ráster y vector de los mismos, el sistema de coordenadas, y sus atributos correspondientes. Una vez están listos los insumos se corre el modelo en el software inVEST, se edita la salida gráfica para el análisis detallado de los sitios de torre y comparación del resultado con las otras versiones de escenarios de trazados futuros y con el escenario actual. Para cada versión del trazado de TCE se itera el proceso, se analiza el resultado detallado para cada sitio de torre. Este análisis sirvió para sugerir al grupo de ingeniería y diseño de la línea el sentido para replantear la nueva localización de los sitios de torre en el caso en que el resultado mostrara valores Muy altos o Altos de la función del impacto visual. Este proceso se repitió sucesivas veces hasta lograr el mejor trazado que mitiga el efecto visual, lo cual se logró al comparar versiones del trazado hasta cuando el cambio no fue significativo respecto al trazado anterior.

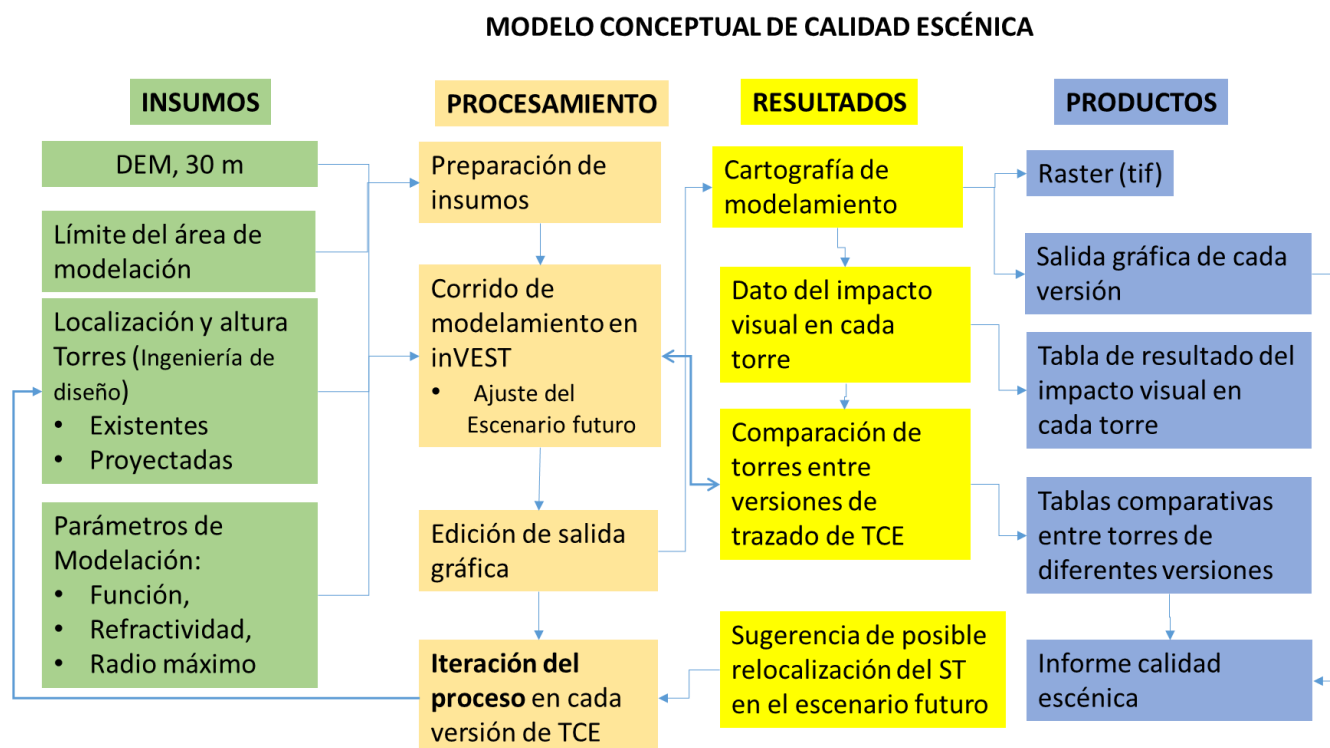
Como resultado se obtiene, la cartografía del modelamiento de cada versión, el dato de impacto visual de cada torre de cada versión modelada, las comparaciones en el resultado del impacto visual de las torres de las versiones de la variante Nueva Esperanza iteradas en cada diseño del trazado, y un informe del impacto por sitio de torre de cada versión.

Finalmente, se obtiene como productos, un ráster (tif) de cada versión, una tabla de resultado del impacto visual en cada torre, tablas comparativas entre torres de diferentes versiones futuras y la versión actual, y con la versión final obtenida se generó el presente informe.

A continuación, se explica en detalle cada paso en el desarrollo metodológico.

³ DEM: siglas en inglés de modelo digital de elevación del terreno

Figura 5-1. Metodología para determinar la calidad escénica del paisaje de la Variante Nueva Esperanza, objeto de la Modificación No.2 de la Licencia Ambiental



Fuente: D R GEOMATICA SAS, 2022

Definición del modelo, software utilizado y su justificación

La calidad escénica del paisaje se modeló utilizando el software InVEST⁴ el cual permite a los usuarios determinar las ubicaciones desde las que se pueden ver nuevas infraestructuras cercanas. Genera mapas de cuencas visuales que se pueden utilizar para identificar la huella visual de un nuevo desarrollo y calcula el valor de la visibilidad impactada. Las entradas al modelo de cuenca visual incluyen: topografía, ubicaciones de instalaciones de interés y califica las ubicaciones de los espectadores (por ejemplo, centros de población o áreas de interés como parques, senderos o miradores). El modelo no cuantifica los impactos económicos de alterar la cuenca visual, pero se puede adaptar para calcular métricas de la cuenca visual para su uso en un estudio de valoración más detallado.⁵

⁴ Universidad de Stanford, California, Estados Unidos. Versión 3.9.0.

⁵ Universidad de Stanford, California, Estados Unidos. Versión 3.9.0. Manuales virtuales.

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) realizó el análisis de calidad escénica para el Proyecto utilizando el software inVEST, de acuerdo con el concepto técnico 07821 del 22 de diciembre de 2020 de la resolución 170 del 15 de enero del 2021. Por tanto, TCE y la consultoría de calidad escénica realizada por D R GEOMATICA SAS, han decidido modelar el análisis de calidad escénica utilizando el mismo software, el cual permite obtener resultados de impacto de calidad visual de la calidad escénica, facilitando la identificación de un nuevo sitio de ubicación de las torres que impacten lo menos posible el paisaje con el nuevo trazado.

Funciones matemáticas que utiliza el software (lineal, logarítmico, exponencial)

inVEST, presenta tres (3) funciones de modelamiento, función lineal, logarítmica y exponencial, los cuales se rigen por las siguientes fórmulas, Tabla 5-1

Tabla 5-1 **Tipos de funciones de la modelación en inVEST**

Función	Fórmula
Lineal	$f(x) = a + b \cdot x$
Logarítmica	$f(x) = a + b \cdot \ln(x)$
Exponencial	$f(x) = a \cdot e^{(-b \cdot x)}$

Fuente: Universidad de Stanford, California, Estados Unidos. Versión 3.9.0. Manuales virtuales.

La función lineal es presentó resultados que dan un mejor ajuste del modelo sobre el impacto visual de la calidad escénica, puesto que presenta mayor cantidad de área en calificación de alto y muy Alto, con respecto a los otras dos funciones logarítmica y exponencial, de acuerdo con las pruebas realizadas por la consultoría.

Calificaciones del modelo

El modelamiento según inVEST presenta como resultado 5 categorías:

- Inafectado o nulo
- Impacto visual Bajo / calidad visual alta (<percentil 25), la ANLA lo denomina impacto Muy bajo
- Impacto visual Moderado / Calidad visual media (percentil 25-50), la ANLA lo denomina impacto Bajo
- impacto visual Alto / Baja calidad visual (percentil 50-75), la ANLA lo denomina Alto impacto
- Impacto visual Muy alto / Calidad visual deficiente (> percentil 75), la ANLA lo denomina Muy alto impacto

En síntesis, las categorías de impacto de calidad escénica, como resultado de la modelación realizada por TCE, corresponde a las categorías de la Tabla 5-2

Tabla 5-2 Categorías impacto visual

Categorías impacto visual por la Calidad Escénica del paisaje	Color ANLA	Color TCE
Nulo		
Muy bajo		
Bajo		
Alto		
Muy alto		

Fuente: D R GEOMATICA SAS, 2022

Insumos o variables e información de entrada al modelo:

Se hizo el modelamiento utilizando como insumo el DEM⁶ de 30 metros, DEM similar con el que modeló la ANLA. Se definió el área de análisis, o de modelamiento, el cual estuvo definido por el área de influencia físico-biótico del área de influencia del nuevo trazado de la variante Nueva Esperanza objeto de la modificación No.2 y un buffer adicional de 1 km tomando como centro el eje del trazado de la versión R0AE (V3) de TCE, y otro buffer de 1km desde el Salto de Tequendama y de la Casa Museo como un mirador concurrido en la región, y así poder analizar cómo el paisaje puede ser observado desde la casa museo con la posible afectación de la calidad escénica por la construcción de las torres asociados al Proyecto, objeto de la Modificación No.2.

También se determinó la localización de las torres de los proyectos actuales (Líneas de EPM, ENEL, GEB) y futuras (líneas de diferentes versiones de TCE) dentro del área de modelamiento. La altura de las torres de EPM se tomó con base en la información de campo, las alturas de la línea futura de GEB se tomó como un promedio de altura de torre para un proyecto de 500kV y las alturas de las líneas de TCE se obtiene de la información del grupo de ingeniería que desarrolla el diseño de detalle del trazado de la variante Nueva Esperanza. Se aclara que se utiliza la información de las líneas que coexisten dentro del polígono definido para correr el modelamiento.

Estos insumos o variables e información para el modelamiento en inVEST, se observan en la Tabla 5-3

Tabla 5-3 Insumos o variables e información para el modelamiento en inVEST

Insumos o variables e información para el modelamiento en inVEST	Resolución espacial	Tipo de elemento	Fuente
DEM	30 m	Raster	NASA
Líneas de transmisión y alturas	NA	Vector	TCE, ANLA, e información de campo
Polígono de modelamiento	NA	Vector	TCE, D R GEOMATICA
Parámetros de modelación	NA	NA	TCE, D R GEOMATICA

Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Escenarios modelados (actual y futuro)

⁶ DEM: siglas en inglés de modelo digital de elevación, de distribución libre.

El escenario actual corresponde a la infraestructura existente, el cual está compuesto por las torres de los trazados que ya están construidos o licenciados a la fecha de realización del modelamiento (noviembre 2021 a marzo de 2022), y que es el trazado de EPM 230kv Lav005 2013, el de EPM 500kv Lav006 2013, ENEL 115kv Bosa – Nueva Esperanza, ENEL 115kv La Paz - Nueva Esperanza, ENEL 115kv CODENSA -MUÑA y GEB 500kv Lav033 2016. El escenario futuro en el cual, además de la infraestructura existente del escenario actual, se incluye en el modelamiento la infraestructura futura o torres que se planean construir para el trazado de la línea eléctrica a licenciar. Para este análisis, se tuvo en cuenta el trazado de cada una de las versiones del nuevo trazado de la variante Nueva Esperanza de TCE, objeto de la modificación No.2,

Tabla 5-4. El escenario futuro muestra la dimensión del impacto visual en su conjunto y permitió sugerir la nueva localización de sitios de torre de tal forma que se vaya mitigando el efecto de los sitios de torres en las sucesivas versiones del trazado, para poder compararlo con el trazado de la versión No Licenciada de TCE, hasta obtener la mejor versión con menor impacto visual de la calidad escénica.

Tabla 5-4 Torres de Proyectos de transmisión de energía en el área de modelamiento

Torres de línea eléctrica	Escenario Actual	Escenario Futuro	Fuente
EPM 230kv Lav005 2013	x		Plataforma Ágil de ANLA
EPM 500kv Lav006 2013	x		Plataforma Ágil de ANLA
ENEL 115kv Bosa – Nueva Esperanza	x		Plataforma Ágil de ANLA
ENEL 115kv La Paz - Nueva Esperanza	x		Plataforma Ágil de ANLA
ENEL 115kv CODENSA -MUÑA	x		Plataforma Ágil de ANLA
GEB 500kw Lav033 2016 Licenciada	x		GEB,(trazado compartido en versión 24 marzo de 2022)
TCE VR0AE 500 kV y versiones (V0, V1, V2, V3, V4 y V5) para evaluación		x	TCE

TCE, 2022

Escenarios iterados y diferentes versiones del trazado

Se partió del análisis de la calidad escénica entrega por la ANLA en el concepto Técnico técnico 07821 del 22 de diciembre de 2020 sobre el impacto de la versión no licenciada de la línea; este análisis identificó hacia dónde se podría trasladar algunos sitios de torre y TCE diseñó la versión V0; ésta se modeló y el resultado se comparó con la versión “no licenciada”, identificando la orientación de la nueva localización de los sitios de torre.

Esta nueva localización se denominó V1, para la cual también se modeló la calidad escénica, encontrando que algunos sitios de torre mitigaron el impacto comparado con la calidad escénica de la V0 y de la no licenciada. El resultado permitió sugerir la relocalización de los sitios de torre de mayor impacto y en consecuencia se generó la V2, la cual también se comparó con la V1 y el trazado no licenciado, arrojando como resultado que, sí hay una mitigación del impacto, porque menos torres quedan en zona roja (o de muy alto impacto) pero aún se debe relocalizar algunos sitios de torre, generando así la V3.

Esta versión (V3) se comparó con la V2 y la VNL (Versión No Licenciada) y del análisis se interpreta que muchos sitios de torre mejoraron la condición de impacto a la calidad visual previa, también se observa que el sitio de torre 455 no cambió su condición de alto impacto a la calidad visual, lo cual se puede explicar por el efecto de la subestación en el entorno de análisis. Se determinó que algunos sitios de torre podrían mejorar la condición de

impacto y en consecuencia se generó la V4 en la cual se observó que no hubo un cambio significativo respecto de la V3 en cuanto a calidad escénica del paisaje, no obstante se determinó que un nuevo ajuste aún podría darse y en consecuencia se generó la V5, que al compararla con la V3 y la versión no licenciada se obtiene que tampoco presentó una mejora significativa del impacto de la calidad escénica. Este resultado permitió concluir que sucesivas versiones del trazado no mejoran la condición de la calidad escénica del paisaje respecto de la versión V3 y por consiguiente se acogió esta como la versión sobre la cual se realizarán los estudios ambientales, el replanteo y plantillado y el diseño detallado.

De todos modos, siempre se toma como referencia la versión No Licenciada con las 15 torres, y se modelaron versiones con trazados de 16, 17 y hasta 18 torres. Quedando finalmente seleccionada la versión R0AE (V3) con 17 torres.

De las versiones con cambios más significativos, están las versiones V0, V2 y V3 (R0AE), las cuales en los resultados se comparan con la versión No Licenciada y se revisó cuanto cada versión mejora, hasta encontrar la versión con mejor resultado de calidad escénica, es decir, con menores impactos. La V4 y V5 no mostraron mejoramientos del impacto en la calidad escénica.

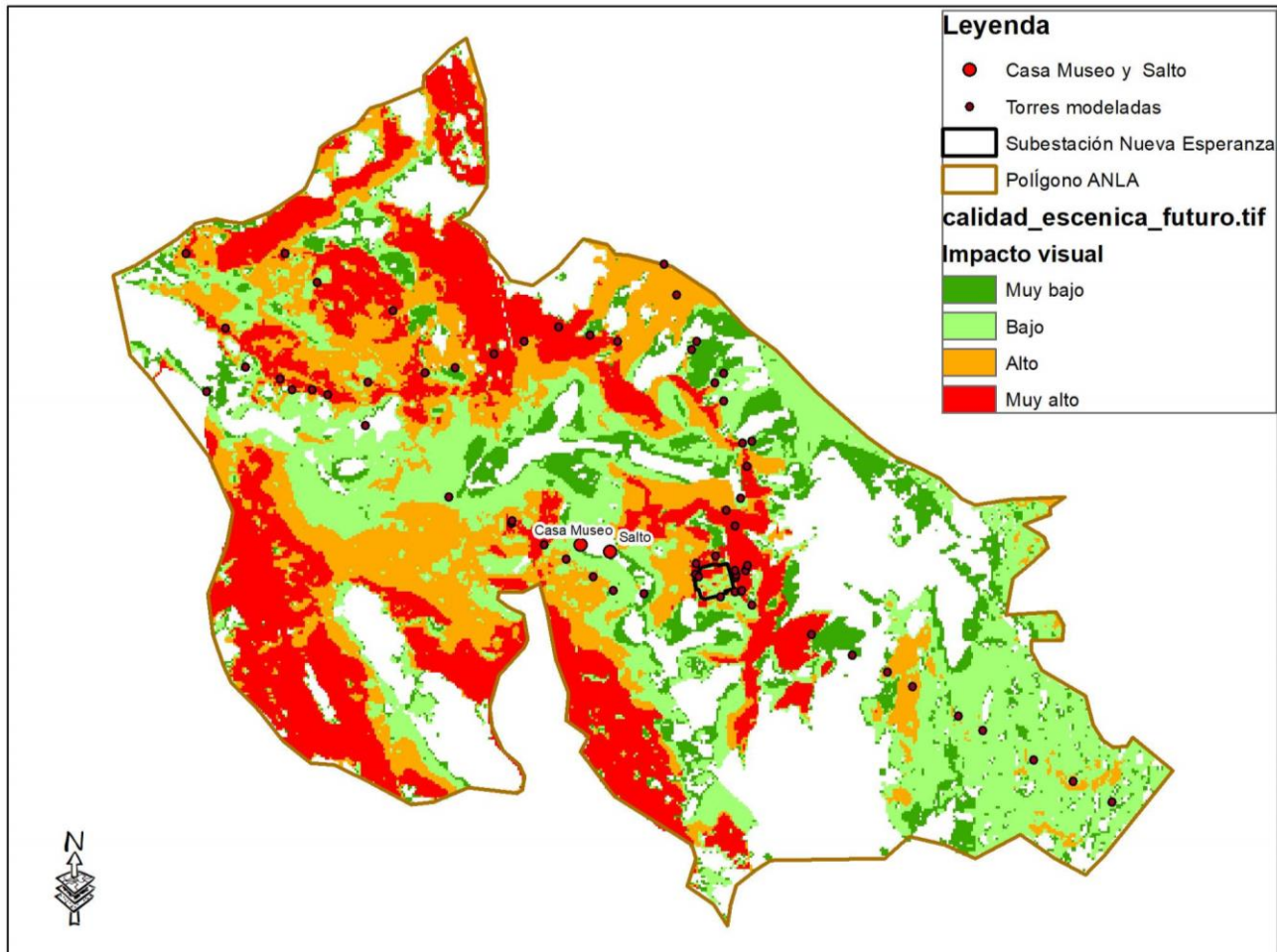
Más adelante, en el apartado de resultados, se describe de manera detallada las versiones del trazado y el análisis comparado.

5.4.2.3 Validación

Una validación de la modelación de la ANLA utilizada en el trazado No Licenciado de las 15 torres, fue comparar el análisis recibido de la ANLA con un polígono de análisis también definido por la ANLA y replicarlo, para poder así, establecer que se estaría haciendo un mismo tipo de análisis de modelamiento de la calidad escénica con inVEST,

Lo anterior permitió validar, entender y definir los modelamientos con tres variables: 1) la mejor función del modelo inVEST es la función lineal, 2) el coeficiente de refractividad adecuado es el estándar (0,13), y 3) un radio máximo de 8 km, aunque, haciendo pruebas para el límite de modelamiento de calidad escénica (color morado) los resultados entre 3 y 8 kilómetros no presentan diferencias significativas, por lo tanto, las modelaciones siguientes se realizaron a 3km.

Figura 5-2. Modelamiento recibido de la ANLA de la versión del trazado No Licenciado

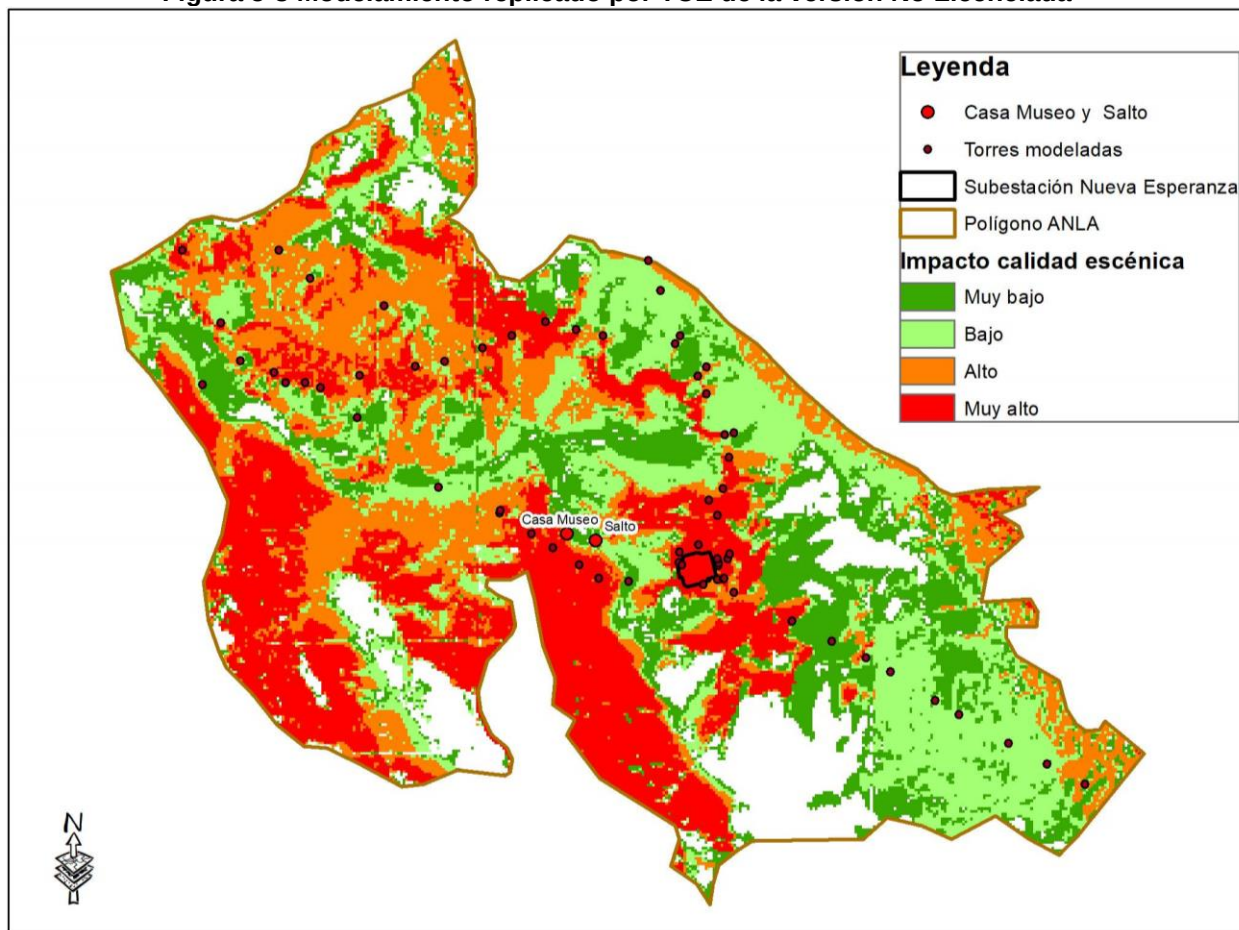


Fuente: ANLA, 2021

En la réplica del modelamiento del ANLA, para validar y entender la mejor forma de disminuir el impacto visual de la calidad escénica, se observa en la

Como las tendencias son similares y por tanto, se puede validar el modelamiento realizado por TCE, ya que sus áreas coinciden con el 86% en impacto visual Muy alto, 83% en Alto y el 97% en Bajo, entendiendo que no necesariamente se utilizaron las mismas torres y alturas para el modelamiento que utilizó la ANLA y el polígono es similar mas no exacto. De todos modos, se pudo validar, entender y potenciar la manera de como orientar las sucesivas versiones del trazado de la variante Nueva Esperanza objeto de la modificación No.2 que se presenta para evaluación ambiental de la ANLA.

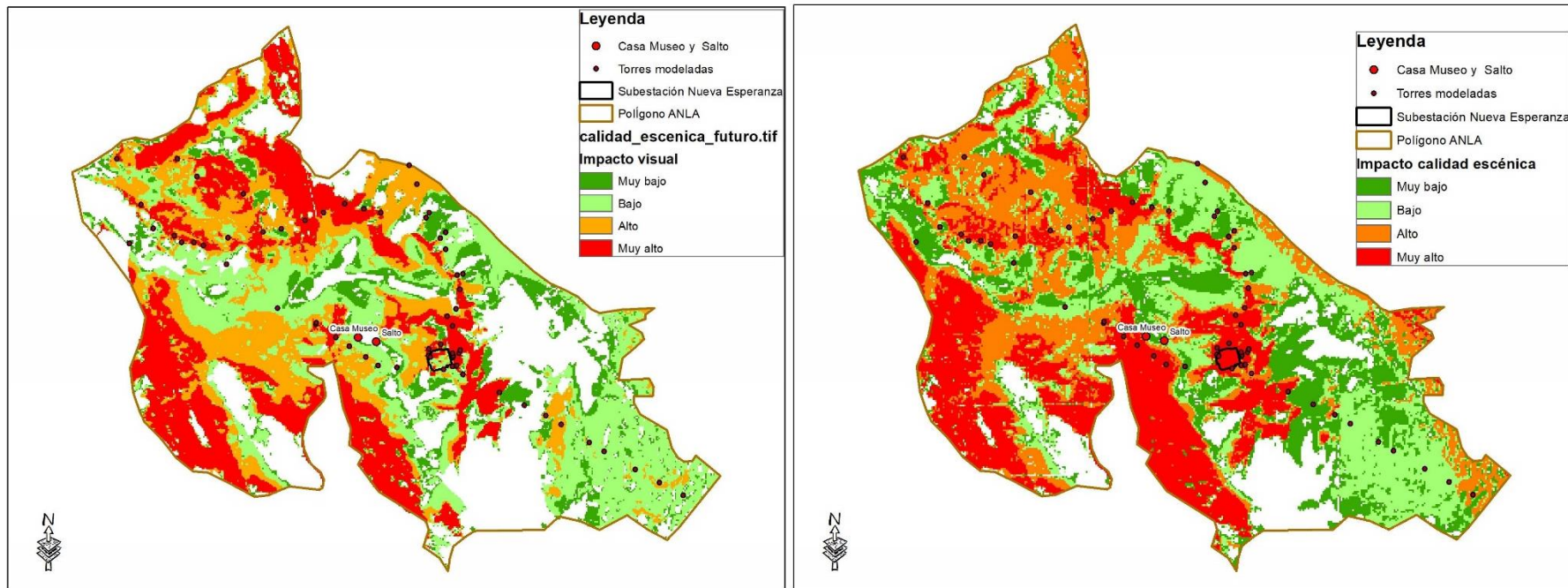
Figura 5-3 Modelamiento replicado por TCE de la versión No Licenciada



Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Se observa la Comparación modelamiento de la ANLA (izquierda) y modelamiento de TCE (derecha), para el trazado no licenciado, y para un polígono similar; observando mayores áreas color rojo (impacto visual Muy alto) y áreas color naranja (Alto) pero en general las tendencias muy similares en ambos modelos.

Figura 5-4 Comparación modelamiento de la ANLA (izquierda) y modelamiento de TCE (derecha) del trazado no licenciado



Fuente: ANLA, 2021 (izquierda) y D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022 (Derecha)

La resolución 170 del 15 de enero del 2021, en la página 402, indica un impacto visual de la calidad del paisaje o escénico Alto y Muy alto en las torres 440NN, 441NN, 442NN, 444, 450AN, 452, 453, 454, 455, de la versión del trazado No Licenciado. Haciendo un modelamiento con el software InVEST con las torres de las líneas actuales y futuras dentro de un polígono de análisis definido previamente y explicado en la metodología, permite obtener una segunda validación, como se explica a continuación.

Por tanto, se obtiene una segunda validación de los modelamientos de calidad escénica, que permite mostrar que el modelo generado por la ANLA y el modelo calculado por TCE, aunque con límites diferentes, coincide en cinco de las nueve torres con resultados de impacto Alto y Muy alto (450A, 452, 453, 454 y 455) y se adicionan seis torres más en estas categorías de impacto visual Muy alto y Alto en el modelamiento de TCE (445,446, 447, 448N,450 y 451N) y aunque 4 torres con Bajó impacto en el modelamiento de TCE con respecto al modelamiento de la ANLA que presenta Alto y Muy alto (440NN, 441NN, 442NN, y 444), que sin embargo, al contrario son 6 torres como se explicó, es decir, dos torres más, que pasaron de Bajo impacto de calidad escénica a Alto o Muy alto en el modelamiento de TCE, por consiguiente, se puede indicar que se permite validar el modelamiento realizado, puesto que en cantidad de torres es más severo el modelamiento de TCE (Tabla 5-5, muy probablemente por incluir todas las torres en el escenario futuro de la versión no licenciada (VNL) de TCE. Se aclara que los impactos Bajos y Muy bajos se agruparon para facilitar y simplificar la lectura en la tabla. También se aclara que cuando se indican dos impactos en un sitio de torre en esta tabla en los impactos visuales, por ejemplo, Alto-Bajo, el primer dato es el impacto visual que presenta la torre en el sitio específico y el segundo dato, el impacto visual de sitios cercanos (menores a 100m), como dato complementario.

Tabla 5-5. Torres con alto y muy alto impacto de la calidad escénica de la versión No Licenciada

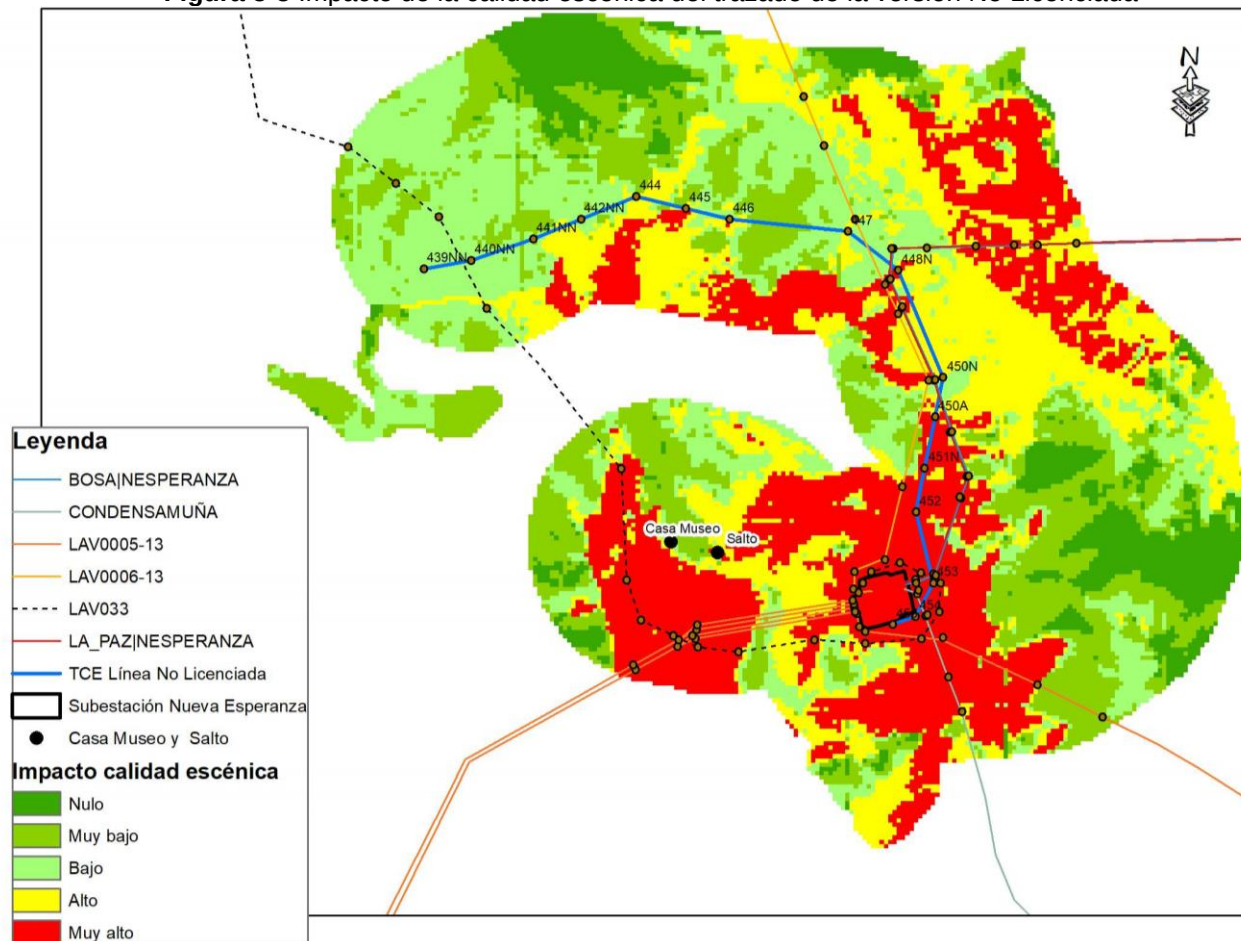
ST (VNL)	Impacto visual TCE	Impacto visual ANLA	Comparación
440NN	Bajo	Alto - bajo	Más severo en ANLA
441NN	Bajo	Muy alto	Más severo en ANLA
442NN	Bajo	Muy alto - alto	Más severo en ANLA
444	Bajo - alto	Muy alto	Más severo en ANLA
445	Muy alto - alto	Bajo - alto	Más severo en TCE
446	Alto - bajo	Bajo - alto	Más severo en TCE
447	Alto	Bajo	Más severo en TCE
448N	Muy alto	Bajo	Más severo en TCE
450	Alto - bajo	Bajo	Más severo en TCE
450A	Muy alto - alto	Alto - muy alto	Coincide
451N	Muy alto	Bajo	Más severo en TCE
452	Muy alto	Muy alto	Coincide
453	Muy alto	Muy alto	Coincide
454	Muy alto	Alto	Coincide
455	Muy alto	Alto	Coincide

Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Por lo anterior, en síntesis, de la segunda validación del trazado No licenciado, con el modelamiento de TCE sólo 4 de las 15 torres del trazado No licenciado por la ANLA, están con impacto visual de calidad escénica Bajo (440NN, 441NN, 442NN y la 444) y en el modelamiento de la ANLA son 6 sitios de torre (445,446, 447, 448N,450 y 451N). Las demás están en impacto visual Alto y Muy alto de la calidad escénica. En general se muestra que el modelamiento del impacto visual de la calidad escénica es más severo en el modelamiento de TCE que en el modelamiento de la ANLA, puesto que en 6 sitios de torre se presenta Alto y Muy alto en el modelamiento de TCE

y lo contrario solo ocurre cuatro sitios de torre (445, 446, 447, 448N, 450 y 451N), lo que demuestra, que es más conservador ambientalmente el modelo de TCE, lo que apunta a un menor impacto visual de la calidad escénica.

Figura 5-5 Impacto de la calidad escénica del trazado de la versión No Licenciada



Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

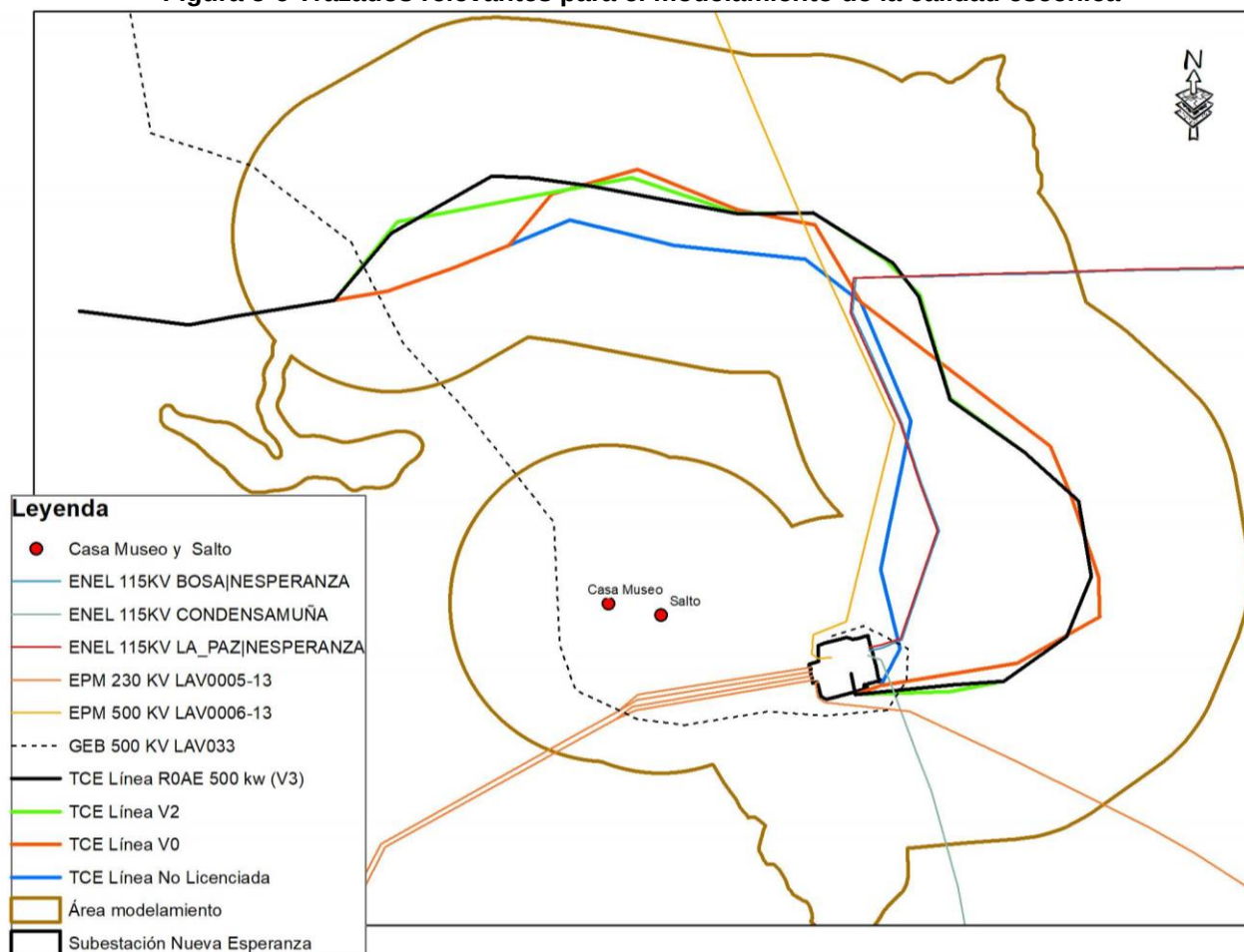
5.4.2.4 Resultados

En búsqueda de disminuir los impactos mencionados en la tabla anterior, conllevaron a TCE hacer varias pruebas e iteraciones para que mediante la relocalización de sitios de torres se disminuyera el impacto visual de la calidad escénica, creando 3 versiones más, la llamada versión cero (V0), la versión dos (V2) y la versión R0AE (o versión 3) y versión sin proyecto o escenario actual

Entre estas versiones también se diseñaron versiones intermedias, las cuales no se presentan en este documento, por considerar que fueron internas para ajuste de diseño de uno o dos sitios de torre y con el objeto de presentar sólo los resultados más importantes, relevantes y concluyentes. Cada una de estas versiones ha

permitido encontrar el camino hacia un trazado y localización de torres con el menor impacto visual de la calidad escénica posible. También hubo modelaciones posteriores (V4 y V5) las cuales no arrojaron cambios significativos en el trazado por eso se regresó y se mantuvo la V3 que luego se llama versión ROAE.

Figura 5-6 Trazados relevantes para el modelamiento de la calidad escénica



Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Comparando los resultados de los modelos en cada torre de la versión No Licenciada (VNL) con la versión cero (V0), los cuales se observan en Tabla 5-6 se detalla como 5 sitios de torre mejoran su impacto Muy alto a impactos visuales menores, los 5 sitios cambian a impactos visuales Bajo, siendo estas los sitios de torre 445, 450A, 451N, 452 y 453 (de acuerdo a la numeración de la versión No Licenciada en la tabla mencionada). Por otro lado, en esta versión cero (V0) se encuentra en impacto visual Bajo 10 torres frente a 4 torres de la versión No Licenciada, igualmente en impacto visual Bajo; lo cual marcó un gran avance en la disminución del impacto visual de la calidad escénica del nuevo trazado de la versión cero (V0), con respecto a la versión No Licenciada (VNL). Otras dos torres cambiaron de impacto visual Alto-Bajo a Bajo-alto (446, y 450), aunque también se aumentó el impacto

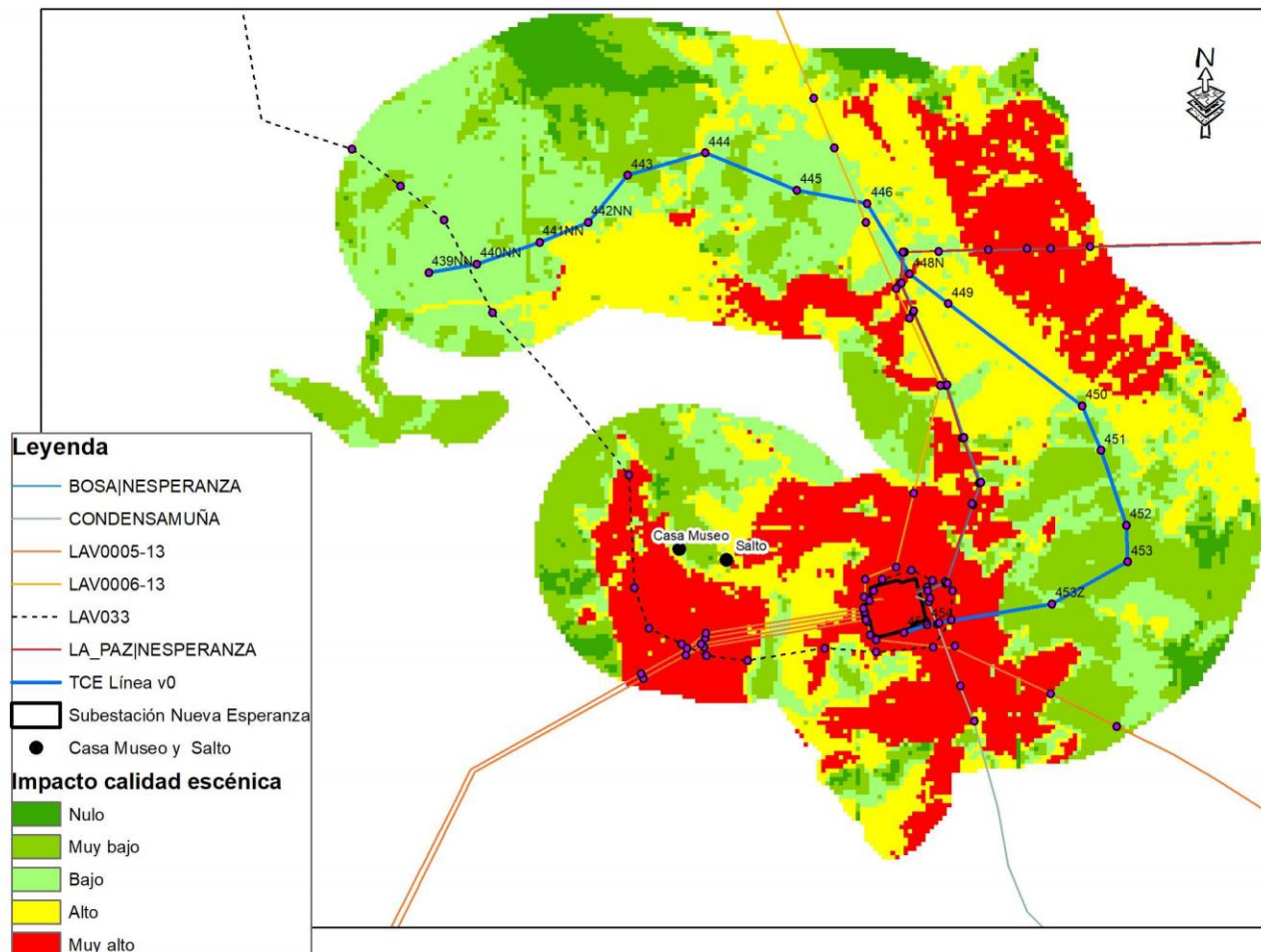
visual en dos torres (441NN y 444) de Bajo a Alto, en la versión cero (V0), las cuales se buscarán mejorar en las siguientes versiones

Tabla 5-6 Comparación del impacto de la calidad escénica de la versión cero (V0) y la No Licenciada

Versión No Licenciada (VNL)		Versión cero (V0)	
ST (VNL)	Resultado	ST (V0)	Resultado
440NN	bajo	440NN	bajo
441NN	bajo	441NN	alto-bajo
442NN	bajo	442NN	bajo
		443	bajo
444	bajo-alto	444	alto
445	muy alto-alto	445	bajo
446	alto-bajo	446	bajo-alto
447	alto		
448N	muy alto	448N	muy alto
		449	alto
450	alto-bajo	450	bajo-alto
450A	muy alto-alto	451	bajo
451N	muy alto	452	bajo
452	muy alto	453	bajo
453	muy alto	453z	bajo
454	muy alto	454	muy alto
455	muy alto	455	muy alto

Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Figura 5-7 Impacto de la calidad escénica de la versión cero (V0)



Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

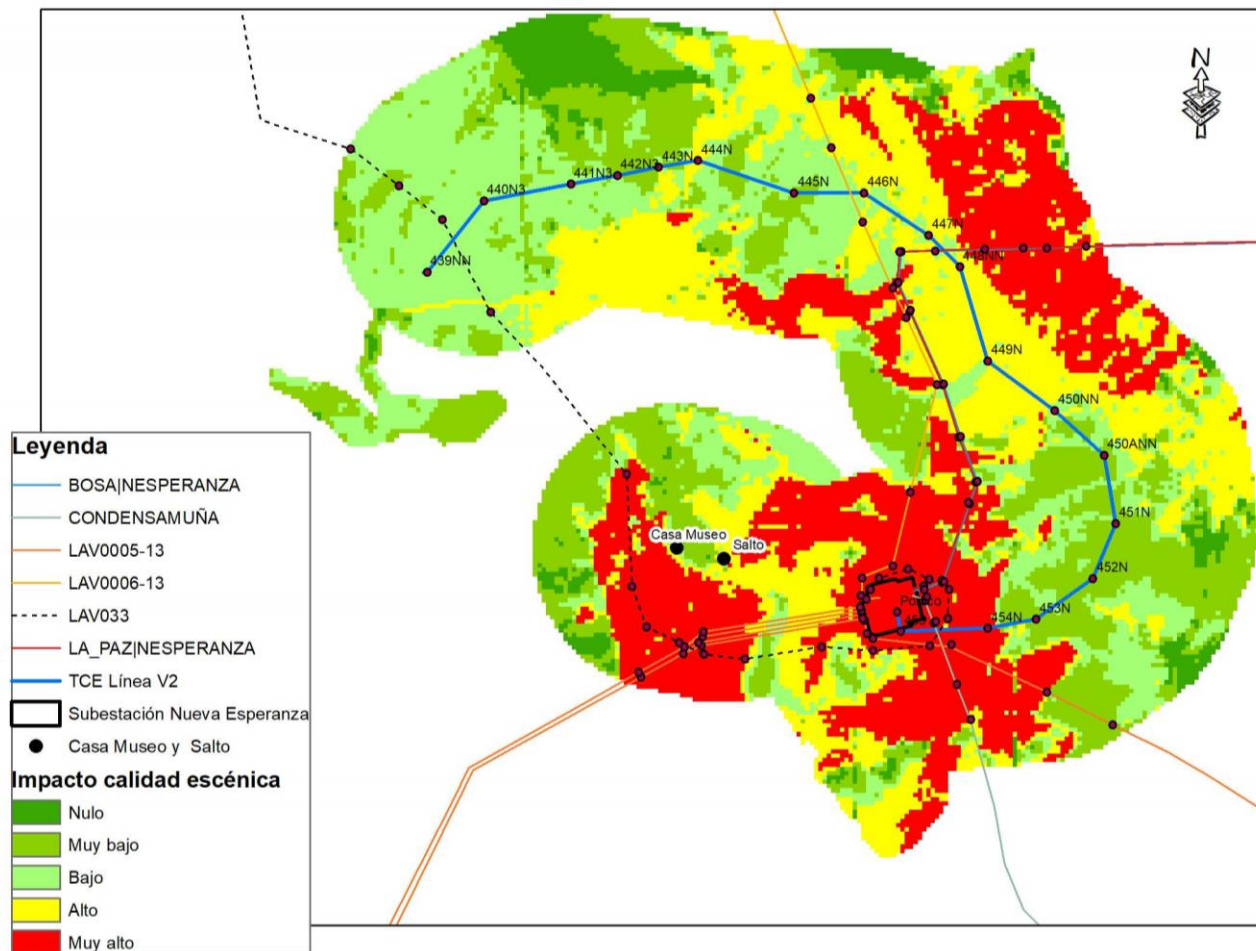
Con el objetivo de ir observando los avances de mejoramiento del trazado, en el sentido de disminuir su impacto de calidad escénica y continuando con la comparación de la versión dos (V2) con la versión No Licenciada (VNL), la cual se observa en la Tabla 5-7 , y como en la versión dos (V2), 8 torres mejoran su impacto visual Muy alto o Alto a impactos menores, 7 sitios de torre a impactos Bajos (las torres 445, 447, 450, 450A, 451N, 452 y 453, de acuerdo a la numeración de la versión No Licenciada de la misma tabla), y comparado con la versión No Licenciada (VNL). Sin embargo, una torre empeora la 444 de Bajo-alto a Alto. Además, En esta versión dos (V2) se encuentran en Bajo impacto visual 11 torres frente a 4 torres de la versión No Licenciada (VNL), lo cual sigue marcando un mejor avance en la mitigación del impacto de la calidad escénica con el nuevo trazado de la versión dos (V2), si se compara con los resultados de la versión cero (V0). La otra torre pasó de Muy alto a Alto (448N), mostrando así también una mitigación del impacto.

Tabla 5-7 Comparación del impacto de la calidad escénica de la versión dos (V2) y la No Licenciada

Versión No Licenciada		Versión dos (V2)	
ST (VNL)	Resultado	ST (V2)	Resultado
440NN	bajo	440N3	bajo
441NN	bajo	441N3	bajo
442NN	bajo	442N3	bajo
		443N	bajo-alto
444	bajo-alto	444N	alto
445	muy alto-alto	445N	bajo
446	alto-bajo	446N	alto
447	alto	447N	bajo-alto
448N	muy alto	448NN	alto
		449N	alto-bajo
450	alto-bajo	450NN	bajo-alto
450A	muy alto-alto	450ANN	bajo
451N	muy alto	451N	bajo
452	muy alto	452N	bajo
453	muy alto	453N	bajo
454	muy alto	454N	muy alto
455	muy alto	455	muy alto

Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Figura 5-8 Impacto de la calidad escénica de la versión dos (V2)



Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Comparando la versión V3 (ROAE) y la versión no Licenciada (VNL), se observa en la Tabla 5-8, como 8 torres mejoran su impacto visual de Muy alto o Alto a impactos menores, 7 de ellas a impactos visuales Bajos (las torres 445, 447, 448, 450A, 451N, 452 y 453, numeración de la versión No Licenciada, de la misma tabla). En esta versión V3 (ROAE) se encuentran en Bajo impacto visual 12 torres frente a 4 sitios de torre de la versión No Licenciada, lo cual mejoró hacia una disminución del impacto visual de la calidad escénica con el nuevo trazado de la versión ROAE (V3), con respecto a las versiones cero (V0) y versión dos (V2). Las otras 7 torres mantienen el mismo impacto de calidad escénica. La torre 455 se mostró en todos los trazados modelados con un impacto Muy alto, y considerando que definitivamente no es susceptible de cambiar su localización puesto que es una torre de llegada y sitio obligado para la conexión a la subestación Nueva Esperanza y por el hecho de ser el único punto disponible desde el punto de vista eléctrico para la conexión de la línea a la subestación. Entendiendo que donde coinciden varias torres siempre el impacto visual será Muy alto, como se observa alrededor de la subestación. Esta torre sin embargo fue objeto de modificación en el diseño, de tal forma que disminuyendo su altura el impacto también se mitiga.

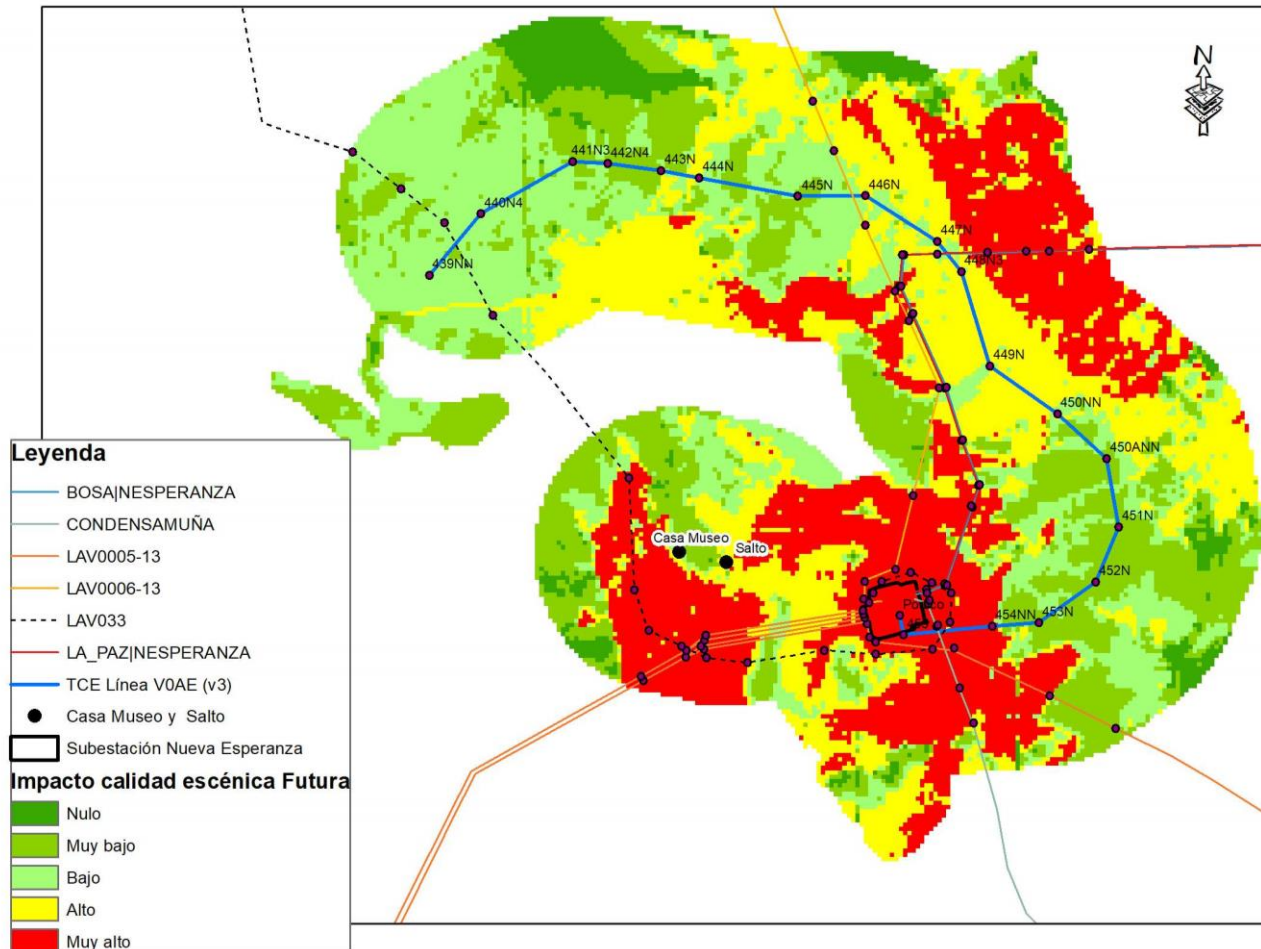
Tabla 5-8. Comparación del impacto de la calidad escénica de la versión R0AE (V3) y la No Licenciada

Versión No Licenciada		Versión R0AE (V3)	
ST (VNL)	Resultado	ST (V3)	Resultado
440NN	bajo	440N4	bajo
441NN	bajo	441N3	bajo
442NN	bajo	442N4	bajo
		443N	bajo-alto
444	bajo-alto	444N	bajo-alto
445	muy alto-alto	445N	bajo
446	alto-bajo	446N	alto-bajo
447	alto	447N	bajo-alto
448N	muy alto	448N3	alto
		449N	alto-bajo
450	alto-bajo	450NN	bajo-alto
450A	muy alto-alto	450ANN	bajo
451N	muy alto	451N	bajo
452	muy alto	452N	bajo
453	muy alto	453N	bajo
454	muy alto	454NN	muy alto
455	muy alto	455	muy alto

Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Figura 5-9 Impacto de la calidad escénica de la versión R0AE (V3)

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07-2016



Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

5.4.2.5 Escenario actual y futuro

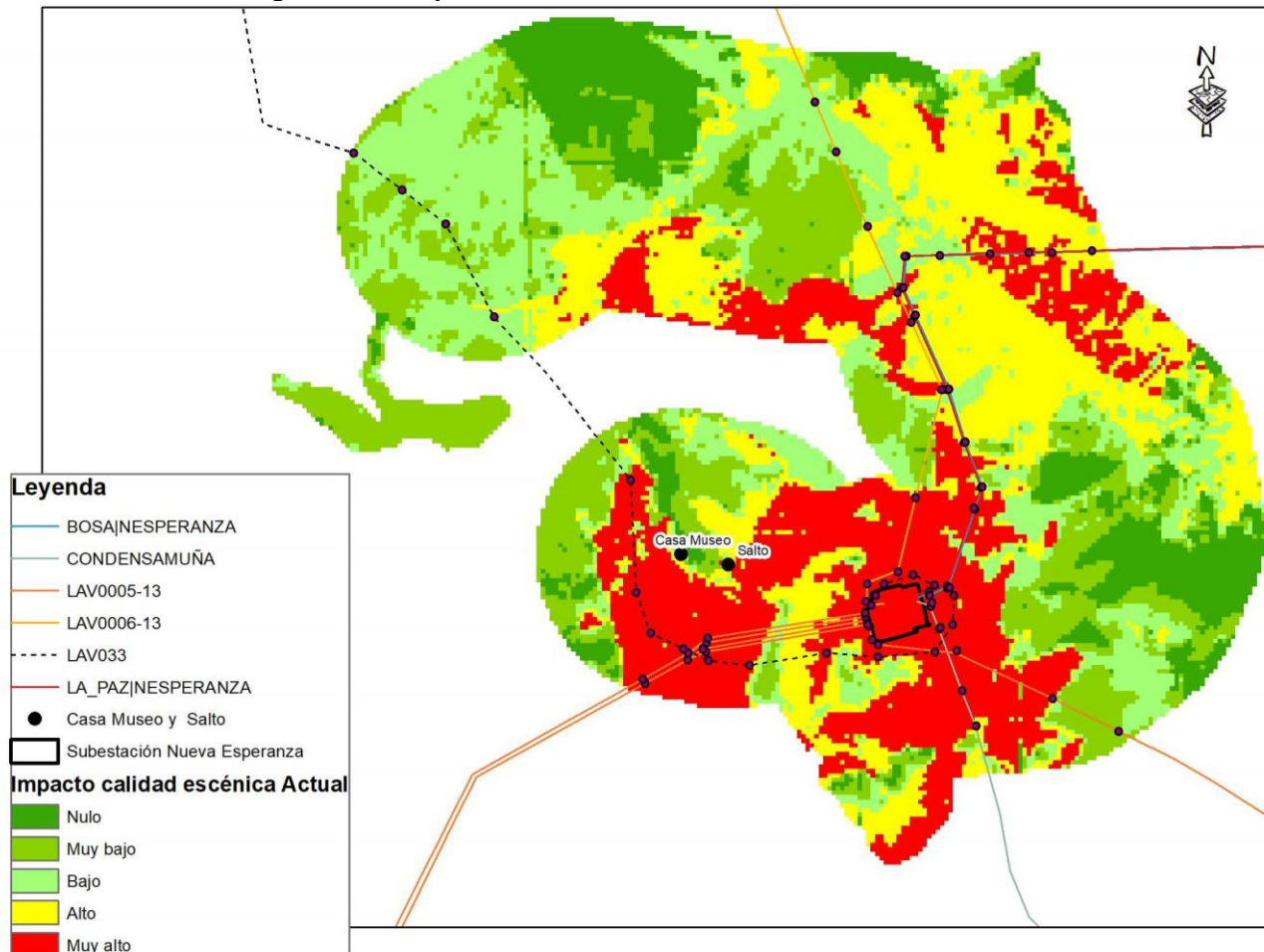
En el escenario actual, es decir sin el proyecto de TCE, ver Tabla 5-4 anterior. Se hizo el modelamiento con el mismo límite, DEM (30 m) y parámetros, ver

Para que fueran comparables con las versiones Futuras que incluyen las mismas torres más las aportadas por el proyecto de TCE, en versión No licenciada y en versión R0AE, ver Tabla 5-9 observa que con la versión No licenciada se aumenta el impacto de la calidad escénica en 9 torres (445, 446, 447, 448N, 450, 450A, 451N, 452, y 453, mientras que con la versión R0AE, tan solo se aumenta en una torre (446N), lo cual es muy positivo ya que el impacto de la calidad escénica con el proyecto se ha minimizado al máximo, así como también se explicó y demostró en el capítulo anterior.

Tabla 5-9 Comparación escenario actual y escenario Futuro No licenciado y VR0AE

Versión Actual		Versión NL Futura		Versión R0AE (V3) Futura		Resultados	
ST (V3)	Resultado	ST (VNL)	Resultado	ST VR0AE (V3)	Resultado	Análisis comparado de la versión actual y futura VNL	Análisis comparado de la versión actual y futura VR0AE
440N4	bajo	440NN	bajo	440N4	bajo	Se mantiene	Se mantiene
441N3	bajo	441NN	bajo	441N3	bajo	Se mantiene	Se mantiene
442N4	bajo	442NN	bajo	442N4	bajo	Se mantiene	Se mantiene
443N	bajo			443N	bajo-alto	No aplica	Se mantiene
444N	bajo-alto	444	bajo-alto	444N	bajo-alto	Se mantiene	Se mantiene
445N	bajo	445	muy alto-alto	445N	bajo	Se aumenta	Se mantiene
446N	bajo	446	alto-bajo	446N	alto-bajo	Se aumenta	Se aumenta
447N	bajo	447	alto	447N	bajo-alto	Se aumenta	Se mantiene
448N3	alto	448N	muy alto	448N3	alto	Se aumenta	Se mantiene
449N	alto-bajo			449N	alto-bajo	No aplica	Se mantiene
450NN	bajo	450	alto-bajo	450NN	bajo-alto	Se aumenta	Se mantiene
450ANN	bajo	450A	muy alto-alto	450ANN	bajo	Se aumenta	Se mantiene
451N	bajo	451N	muy alto	451N	bajo	Se aumenta	Se mantiene
452N	bajo	452	muy alto	452N	bajo	Se aumenta	Se mantiene
453N	bajo	453	muy alto	453N	bajo	Se aumenta	Se mantiene
454NN	muy alto	454	muy alto	454NN	muy alto	Se mantiene	Se mantiene
455	muy alto	455	muy alto	455	muy alto	Se mantiene	Se mantiene

Figura 5-10. Impacto de la calidad escénica de la versión Actual



Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

5.4.2.6 Conclusiones

En síntesis, se puede resumir, que en la versión V3 (ROAE) con 17 sitios de torre, seis (6) de estos mejoran comparativamente con respecto a la versión cero (V0), cuatro (4) torres mejoran con la versión dos (V2), una (1) torre mejora con la versión V3, y siete (7) se mantienen igual condición, entendiendo que las dos últimas torres (454NN y 455) con impacto de calidad escénica Muy alto, permanecen sin el proyecto o escenario actual, Tabla 5-11 Sin embargo, dado que es torre de llegada obligada, se aclara que TCE ha buscado en sus diseños de ingeniería disminuir la altura de la torre con respecto a las versiones anteriores Tabla 5-10

Tabla 5-10. Alturas de torre 455

Versión	Altura torre (m)	Diferencia
Versión No Licenciada	66,58	-
Versión dos (V2)	57,95	-8,63
Versión R0AE (V3)	56,95	-1,0

Fuente: TCE, 2022

Tabla 5-11. Análisis comparado de la VR0AE con otras versiones

Versión No Licenciada		Versión R0AE (V3)		Análisis
ST (VNL)	Resultado	ST (V3)	Resultado	Análisis comparado de la VR0AE con otras versiones anteriores
440NN	bajo	440N4	bajo	Se mantiene
441NN	bajo	441N3	bajo	Mejora a partir de la versión 2
442NN	bajo	442N4	bajo	Se mantiene
		443N	bajo-alto	Se mantiene
444	bajo-alto	444N	bajo-alto	Mejora a partir de la VR0AE
445	muy alto-alto	445N	bajo	Mejora a partir de la versión 0
446	alto-bajo	446N	alto-bajo	Se mantiene
447	alto	447N	bajo-alto	Mejora a partir de la versión 2
448N	muy alto	448N3	alto	Mejora a partir de la versión 2
		449N	alto-bajo	Mejora a partir de la versión 2
450	alto-bajo	450NN	bajo-alto	Mejora a partir de la versión 0
450A	muy alto-alto	450ANN	bajo	Mejora a partir de la versión 0
451N	muy alto	451N	bajo	Mejora a partir de la versión 0
452	muy alto	452N	bajo	Mejora a partir de la versión 0
453	muy alto	453N	bajo	Mejora a partir de la versión 0
454	muy alto	454NN	muy alto	Se mantiene
455	muy alto	455	muy alto	Se mantiene

Fuente: D R GEOMATICA SAS - TCE, 2022

Adicionalmente, se modelaron las versiones 4 y 5, sin embargo, no se encontró mejoramiento en el impacto de la calidad escénica, como se mencionó en la metodología, se hicieron modelos sucesivos hasta encontrar que una nueva localización de los sitios de torre no aporta cambios significativos en la calidad escénica, por tanto, se concluyó que la mejor opción de localización de torres es la versión V3.

Esta versión del trazado se acogió con la numeración VR0AE, y con esta versión se desarrolló el trabajo de campo para el replanteo y la validación del trazado por el área de ingeniería y por consiguiente esta versión (V3) es la mejor localización de los sitios de torre desde el punto de vista del impacto a la calidad escénica.

Con esta versión se realizó el trabajo de campo de las diferentes áreas y se validó como el diseño final del proyecto en la variante Nueva Esperanza objeto de la modificación No.2 que se presenta para evaluación ambiental de la ANLA. Este trazado es el que comparativamente con el trazado No licenciado, genera el menor impacto visual de la calidad escénica.

Finalmente, se concluye que el mirador del salto de Tequendama, el cual es de gran importancia para sus habitantes y visitantes, en la versión ROAE presenta impacto visual de calidad escénica Bajo.