



**Federal Aviation
Administration**

**Evaluación ambiental final escalonada
para actualizar los cierres del espacio
aéreo para otras trayectorias de
lanzamiento y los aterrizajes de Starship
Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-
Super Heavy en el sitio de lanzamiento
de SpaceX Boca Chica en el condado de
Cameron, Texas**

Febrero de 2026

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

AGENCIAS: Administración Federal de Aviación (FAA), agencia federal principal.

Esta evaluación ambiental final escalonada (EA) se preparó de conformidad con la Orden 1050.1G de la FAA, *Procedimientos de implementación de la Ley de política ambiental nacional de la FAA* (30 de junio de 2025) y la Orden 5610.1D del DOT, *Procedimientos del DOT para considerar los impactos ambientales* (1 de julio de 2025), para cumplir con las obligaciones de la agencia según la sección 102(2)(C) de la Ley de política ambiental nacional de 1969 (NEPA), §§ 4321-4336, modificada por la Ley de responsabilidad fiscal de 2023; sección 4(f) de la Ley del Departamento de Transporte de 1966 (49 USC § 303); sección 106 de la Ley de preservación histórica nacional (16 USC § 470); Orden ejecutiva 11988, *Gestión de llanuras aluviales*; y la Orden 5650.2 del DOT, *Gestión y protección de llanuras aluviales*.

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE, ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN: La FAA está evaluando las áreas de peligro de aeronaves necesarias para respaldar las operaciones propuestas por SpaceX del programa de lanzamiento Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica en el condado de Cameron, Texas. SpaceX debe obtener una modificación de su licencia de operador de vehículos actual de la FAA para operar Starship-Super Heavy para obtener trayectorias de lanzamiento adicionales y perfiles de misión de Retorno al Sitio de Lanzamiento del Starship. La modificación de una licencia se considera una acción federal importante (consulte la Sección 2.2 para obtener una descripción más detallada). La emisión por parte de la FAA de cierres temporales del espacio aéreo también es una acción federal importante. La finalización del proceso de revisión ambiental no garantiza que la FAA emitirá una modificación de la licencia a SpaceX para la Acción Propuesta. La solicitud de licencia de SpaceX también debe cumplir con los requisitos de seguridad, riesgo, política, carga útil y responsabilidad financiera de la FAA según el Capítulo III del Título 14 del CFR, partes 400 a 460.

PROCESO DE REVISIÓN PÚBLICA: La FAA inició un período de revisión y comentarios públicos para el Borrador de la EA escalonada. El período de comentarios públicos comenzó el 19 de septiembre de 2025 y finalizó el 20 de octubre de 2025.

INFORMACIÓN DE CONTACTO: Las preguntas relacionadas con la Evaluación Ambiental Escalonada se pueden dirigir a Environmental Program Operational Support Branch, ASA 140, Office of Commercial Space Transportation Federal Aviation Administration, 201 4th St. SE, Washington, DC 20003; dirección de correo electrónico del proyecto: SpaceXBocaChica@icf.com.

DECLARACIÓN RELACIONADA CON LOS LÍMITES DE PÁGINAS: La FAA ha considerado los factores exigidos por la NEPA y la EA escalonada representa el esfuerzo de buena fe de la FAA para priorizar la documentación de las consideraciones más importantes requeridas por el estatuto dentro de los límites de páginas exigidos por el Congreso. Esta priorización refleja el juicio experto de la FAA, y cualquier consideración abordada brevemente o dejada sin abordar fue, a juicio de la FAA, comparativamente no de naturaleza sustancial que informara de manera significativa la consideración de los efectos ambientales y la decisión resultante sobre cómo proceder.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

DECLARACIÓN RELACIONADA CON EL PLAZO: La EA escalonada representa el esfuerzo de buena fe de la FAA para cumplir con los requisitos de la NEPA del plazo establecido por el Congreso y está sustancialmente completo. En opinión de los expertos de la FAA, la FAA ha considerado exhaustivamente los factores exigidos por la NEPA. A juicio de la FAA, el análisis aquí contenido es adecuado para informar y explicar razonablemente la decisión final de la FAA con respecto a la acción federal propuesta.

Funcionario responsable de la FAA:

Fecha: _____

Katie L. Cranor

Directora Ejecutiva, Oficina de Seguridad Operacional, ASA-1

NOTA: La versión en inglés de este documento contiene la firma de la funcionaria. Las traducciones de cualquier material a idiomas que no sean el inglés están destinadas únicamente para la conveniencia del público que no lee inglés y no son legalmente vinculantes. Hemos intentado proporcionar una traducción precisa del material original en inglés, pero debido a los matices de la traducción a un idioma extranjero, pueden existir pequeñas diferencias.

CONTENIDOS

Acrónimos y Abreviaturas	ii
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Funciones de las agencias federales.....	2
1.2.1 Administración Federal de Aviación	2
1.3 Propósito y necesidad	2
1.4 Participación del público	3
2. Descripción de la acción propuesta y las alternativas.....	4
2.1 Alternativa de No Acción	4
2.2 Acción propuesta.....	4
2.2.1 Lanzamientos Orbitales	5
2.2.2 Cierres del espacio aéreo.....	5
3. Medio ambiente afectado y consecuencias ambientales.....	11
3.1 Ruido y uso del suelo compatible con el ruido.....	12
3.2 Emisiones de la aviación y calidad del aire.....	13
3.3 Materiales peligrosos, residuos sólidos y prevención de la contaminación	13
3.4 Socioeconomía	14
4. Conclusión	15
5. Literatura citada.....	15
APÉNDICE A	A-1

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Acrónimos y Abreviaturas

AHA	Área de Riesgo para Aeronaves
CEQ	Consejo de Calidad Ambiental
CFR	Código de Regulaciones Federales
DOT	Departamento de Transporte
EA	Evaluación Ambiental
EO	Orden Ejecutiva
FAA	Administración Federal de Aviación
FONSI	Determinación de No Impacto Significativo
GHG	Gas de Efecto Invernadero
NAS	Sistema Nacional de Espacio Aéreo
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
NEPA	Ley Nacional de Política Ambiental de 1969, según enmendada
NOTAM	Aviso a los Aviadores
PEA	Evaluación Ambiental Programática
ROD	Registro de Decisiones
U.S.C.	Código de los Estados Unidos
WR	Reevaluación escrita

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Space Exploration Technologies Corporation (SpaceX) busca obtener una modificación de su licencia de operador de vehículos actual de la FAA para tener en cuenta las actualizaciones de las operaciones Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica, en el condado de Cameron, Texas. Este EA escalonado analiza estas actualizaciones, que incluyen nueva información relacionada con el cierre del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento de Starship-Super Heavy y los perfiles de las misiones de regreso de Starship al sitio de lanzamiento en el sitio de lanzamiento de Boca Chica. El medio ambiente afectado y los impactos ambientales de las operaciones Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica se analizaron por primera vez en la *evaluación ambiental programática final de 2022 para el programa de vehículos de lanzamiento SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas (PEA 2022; FAA 2022)*. El 13 de junio de 2022, la FAA emitió una Determinación de No Impacto Significativo con Medidas de Mitigación (FONSI) /Registro de decisiones (ROD) basado en la PEA de 2022.

1.1 Antecedentes

La FAA preparó la PEA de 2022 para analizar los posibles impactos ambientales de la construcción de infraestructura relacionada con el lanzamiento y la operación del vehículo de lanzamiento Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica. Como se documenta en el FONSI/ROD del 2022 de la FAA y se detalla en la PEA de 2022, la FAA descubrió que el programa Starship-Super Heavy propuesto por SpaceX, en virtud del cual SpaceX planeaba realizar hasta 5 lanzamientos y aterrizajes orbitales de Starship-Super Heavy por año y hasta 5 lanzamientos suborbitales de Starship por año desde el sitio de lanzamiento de Boca Chica, e implementar las medidas de mitigación identificadas, no tendría un impacto significativo en el medio ambiente.

Tras esa decisión, la FAA emitió una reevaluación escrita (WR) en abril de 2023 en la que se evaluaba la información adicional recibida de SpaceX sobre su sistema de supresión de detonaciones en plataformas de lanzamiento y aterrizajes con Starship-Super Heavy en el océano (FAA 2023a). En noviembre de 2023, la FAA emitió una WR en la que evaluaba la información adicional recibida de SpaceX sobre el funcionamiento del sistema de diluvio, la adición de un escudo térmico delantero al vehículo Starship-Super Heavy y la expansión del área de posibles efectos para los recursos culturales (FAA 2023b). En marzo de 2024, la FAA emitió un FONSI basado en un EA escalonado de la PEA de 2022 que evaluaba los posibles impactos ambientales de la propuesta de SpaceX de aterrizar la Starship en el Océano Índico (FAA 2024a). En octubre de 2024, la FAA emitió un WR en el que se evaluaba la información adicional recibida de SpaceX sobre las actualizaciones de la zona de aterrizaje entre etapas del escudo térmico delantero, la cobertura del estampido sónico, el uso del sistema de diluvio durante los aterrizajes de regreso al lugar de lanzamiento y el uso de las zonas de seguridad de la Guardia Costera de los Estados Unidos (FAA 2024b). En abril de 2025, la FAA emitió un FONSI/ROD mitigado basado en un EA escalonado de la PEA de 2022 que evaluaba los posibles impactos ambientales de la propuesta de SpaceX de aumentar el número de operaciones Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica a 25 por año (EA escalonado de abril de 2025; FAA 2025). En mayo de 2025, la FAA emitió un FONSI/ROD basado en un EA escalonado de la PEA de 2022 que evaluaba los posibles impactos ambientales de las áreas de peligro de las aeronaves (AHAs) actualizadas asociadas con el perfil de la

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

misión del vuelo 9 (FAA 2025b). Este EA final escalonado del PEA final de 2022 y del EA escalonado de abril de 2025.

Según los análisis de seguridad preliminares de las trayectorias adicionales de lanzamiento de Starship-Super Heavy y los perfiles de las misiones de regreso de Starship al sitio de lanzamiento, un AHA y el Aviso a los Aviadores (NOTAM) correspondiente proporcionarían aviso sobre los planes de la FAA para cerrar el espacio aéreo sobre una parte de México y partes de los Estados Unidos, así como sobre áreas adicionales del océano Atlántico y Pacífico, el Golfo de América y el mar Caribe. Esta es una actualización de las operaciones existentes relacionadas con el Starship-Super Heavy descritas en la PEA de 2022 y en el EA escalonado de abril de 2025, tal y como se detalla a continuación.

1.2 Funciones de las agencias federales

1.2.1 Administración Federal de Aviación

Como agencia federal principal, la FAA es responsable de analizar los posibles impactos ambientales de la Acción Propuesta. La Ley de Lanzamientos Espaciales Comerciales de 1984, modificada y codificada en 51 U.S.C. §§ 50901—50923, autoriza al Secretario de Transporte a supervisar, licenciar y regular las actividades comerciales de lanzamiento y reingreso, y la operación de los sitios de lanzamiento y reingreso dentro de los Estados Unidos o realizados por ciudadanos estadounidenses. La sección 50905 ordena al Secretario que ejerza esta responsabilidad de manera coherente con la salud y la seguridad públicas, la seguridad de la propiedad y los intereses de seguridad nacional y política exterior de los Estados Unidos. Además, la Sección 50903 exige que el Secretario aliente, facilite y promueva los lanzamientos y reingresos de espacios comerciales por parte del sector privado. Según lo codificado en 49 CFR § 1.83 (b), el Secretario ha delegado la autoridad para llevar a cabo estas funciones en el Administrador de la FAA.

Los requisitos reglamentarios relativos a los lanzamientos comerciales y a los operadores de lanzamientos individuales se describen en 14 CFR, capítulo III, partes 400 a 460. SpaceX es el usuario exclusivo del sitio de lanzamiento de Boca Chica. Por lo tanto, SpaceX no está obligado a solicitar ni obtener una licencia de operador de sitio de lanzamiento para ese sitio.

La FAA también es responsable de crear áreas de cierre del espacio aéreo de conformidad con el mandato legal establecido en 49 U.S.C. § 40103 para garantizar el uso seguro y eficiente del Sistema Nacional de Espacio Aéreo. La FAA lleva a cabo este mandato de acuerdo con la Orden 7400.2R de la FAA, *Procedimientos para el manejo de asuntos del espacio aéreo, para garantizar la seguridad pública*.

Con respecto a los posibles impactos ambientales en México, Jamaica y las Islas Caimán, la FAA coordinó con el Departamento de Estado de los EE. UU. y con dichos países de conformidad con la Orden Ejecutiva 12114, *Efectos Ambientales en el Extranjero de Acciones Federales Mayores*, 44 Fed. Reg. 1957 (9 de enero de 1979).

1.3 Propósito y necesidad

El propósito de la acción propuesta por SpaceX es proporcionar mayor capacidad de misión a la NASA y al Departamento de Defensa. Las actividades de SpaceX seguirían cumpliendo la expectativa

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

estadounidense de que el aumento de las capacidades y la reducción de los costos de transporte espacial mejorarían la exploración (incluso dentro de los programas Artemis y del Sistema de Aterrizaje Humano), respaldarían la seguridad nacional de los Estados Unidos y harían que el acceso al espacio fuera más asequible. La sección de Transporte Espacial de la Política Nacional de Transporte Espacial de 1994 abordó el sector de los lanzamientos comerciales y afirmó que “garantizar un acceso confiable y asequible al espacio a través de las capacidades de transporte espacial de los Estados Unidos es un objetivo fundamental del programa espacial de los Estados Unidos”. Además, la Misión del Marco de Prioridades Espaciales de 2021 establece: “Los Estados Unidos reforzará la salud y la vitalidad de nuestros sectores espaciales - civil, comercial y de seguridad nacional - en beneficio del pueblo estadounidense y aprovechará esa fortaleza para liderar a la comunidad internacional en la preservación de los beneficios del espacio para las generaciones futuras” (Casa Blanca, 2021). Además, la Orden Ejecutiva 14335, *que permite la competencia en la industria espacial comercial*, establece lo siguiente: “Garantizar que los operadores estadounidenses puedan lanzar, llevar a cabo misiones en el espacio y volver a entrar en el espacio aéreo de los Estados Unidos de manera eficiente es fundamental para el crecimiento económico, la seguridad nacional y el logro de los objetivos espaciales federales .

La acción propuesta por SpaceX es necesaria para facilitar las operaciones frecuentes de lanzamiento y aterrizaje a fin de permitir el desarrollo iterativo de vehículos Starship-Super Heavy para lograr una capacidad de lanzamiento rápida y aumentar la eficiencia operativa, las capacidades y la rentabilidad del programa Starship-Super Heavy. La satisfacción de estas necesidades beneficia al gobierno y a los intereses públicos y reduce los costos operativos. La demanda de servicios de lanzamiento ha seguido aumentando en los últimos 20 años, y las proyecciones de crecimiento de la industria espacial indican que esto continuará en el futuro previsible. Al proporcionar un vehículo de lanzamiento reutilizable que regrese a su sitio de lanzamiento, la acción propuesta reduciría el costo del lanzamiento y aumentaría la eficiencia, brindando un mayor acceso al espacio y permitiendo la entrega rentable de carga y personas a la Luna y Marte. La acción propuesta por SpaceX cumpliría con los requisitos de métodos de transporte espacial más eficientes y efectivos y continuaría con el objetivo estadounidense de fomentar las actividades del sector privado para fortalecer y expandir la infraestructura de transporte espacial de los EE. UU.

1.4 Participación del público

Se inició un período de comentarios públicos de 30 días con la publicación del Borrador de la EA escalonada el 19 de septiembre de 2025. La FAA alentó al público, a los representantes de agencias y a otras partes interesadas a proporcionar comentarios. El período de comentarios públicos finalizó el 20 de octubre de 2025. La FAA recibió 27 comentarios públicos durante el período de comentarios públicos. Se programó una reunión pública virtual para el 7 de octubre de 2025, pero se canceló debido a la falta de fondos de la agencia. La EA final escalonada considera todos los aportes proporcionados en el borrador de la evaluación ambiental y aborda los comentarios recibidos, según corresponda. Todos los comentarios públicos presentados sobre el Borrador de la EA escalonada están disponibles en www.regulations.gov bajo el número de expediente FAA-2025-3124. El Apéndice A detalla los métodos utilizados para revisar los comentarios recibidos y resume las respuestas por tema.

2. Descripción de la acción propuesta y las alternativas

La NEPA exige que la FAA considere el propósito y la necesidad de la Acción Propuesta y, a partir de ahí, “estudie, desarrolle y describa alternativas técnica y económicamente factibles”.¹ Como se analiza en la sección 3, la FAA no ha identificado ningún conflicto no resuelto relacionado con los usos alternativos de los recursos disponibles asociados con la propuesta de SpaceX. Por lo tanto, de conformidad con la NEPA y la Orden 1050.1G, § 1.5(b)(ii) de la FAA, esta EA escalonada considera la alternativa de no acción y la acción propuesta.

2.1 Alternativa de No Acción

Bajo la alternativa de no acción, la FAA continuaría autorizando las actividades de SpaceX bajo su licencia actual, pero no la modificaría para incluir perfiles de misión de regreso al sitio de lanzamiento de Starship o trayectorias de lanzamiento adicionales de Starship-Super Heavy con actualizaciones de las áreas de cierre del espacio aéreo. Sin estas actualizaciones, SpaceX no podría continuar con el desarrollo iterativo de Starship-Super Heavy ni esforzarse por alcanzar su objetivo de proporcionar una mayor capacidad de misión para los sectores espacial comercial y gubernamental. Esta alternativa no satisface el propósito y la necesidad de la Acción Propuesta y proporciona la base para comparar las consecuencias ambientales de la Acción Propuesta.

2.2 Acción propuesta

SpaceX busca realizar operaciones para una variedad de perfiles de misión diferentes, lo que requeriría que la FAA emitiera una modificación de su licencia de operador de vehículos actual para actualizar las operaciones de trayectorias de lanzamiento adicionales y los perfiles de misión de regreso al sitio de lanzamiento de Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica. La acción federal también incluye la emisión por parte de la FAA de cierres temporales del espacio aéreo (es decir, AHAs).

Los siguientes aspectos de las operaciones de SpaceX permanecen sin cambios y se evalúan mediante la documentación ambiental existente que respalda el programa:

- Operaciones previas al vuelo (sección 2.1.3.2 de la PEA de 2022)
- Restricciones nominales de acceso operativo (sección 2.1.3.5 de la PEA de 2022)
- Niveles de personal (sección 2.1.3.6 de la PEA de 2022)
- Anomalías (sección 2.1.3.7 de la PEA de 2022)
- Operaciones de lanzamiento (sección 2.2 del EA escalonado de abril de 2025)
- Aterrizajes (sección 2.3 del EA escalonado de abril de 2025)
- Cierres de vías fluviales (sección 2.5 del EA escalonado de abril de 2025)

¹ 42 U.S.C. § 4332(2)(F).

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

La autoridad de la FAA bajo la Ley de Lanzamiento Espacial Comercial sólo se extiende a las actividades de lanzamiento autorizadas. En este análisis no se incluyen las actividades adicionales en el sitio de lanzamiento de Boca Chica y sus alrededores, como la producción y la fabricación, las pruebas de motores, escenarios y tanques que no estén dentro del alcance de la licencia.² Los efectos de tales actividades se consideran parte de la línea de base ambiental y junto con los efectos de la Acción Propuesta (consulte la Sección 3).

2.2.1 Lanzamientos Orbitales

Como se describe en la sección 2.1.3.4 de la PEA de 2022, los lanzamientos orbitales se realizarían principalmente a inclinaciones bajas con trayectorias de vuelo al norte o al sur de Cuba que minimizaran el sobrevuelo terrestre. SpaceX actualmente se lanza desde el sitio de lanzamiento de Boca Chica a través del estrecho de Florida, al norte de Cuba, en una trayectoria suborbital. Se necesitan trayectorias de lanzamiento adicionales para respaldar las trayectorias orbitales del Starship en los perfiles de misión de Regreso al Sitio de Lanzamiento. Este EA escalonado evalúa las trayectorias orbitales teóricas desarrolladas con un sobrevuelo limitado de la población.

2.2.2 Cierres del espacio aéreo

Como se describe en la sección 2.1.3.5 de la PEA de 2022, todas las operaciones de lanzamiento y reingreso cumplirían con los requisitos de notificación necesarios, incluida la emisión de NOTAM, según se define en los acuerdos requeridos para una licencia de lanzamiento emitida por la FAA. Un NOTAM notifica los cierres futuros imprevistos o temporales de componentes o peligros del Sistema Nacional de Espacio Aéreo (NAS). Específicamente, los NOTAM contienen información sobre las AHAs que definen el espacio aéreo cerrado temporalmente antes del lanzamiento/reentrada. El tamaño del AHA podría reducirse con el tiempo debido a un aumento en la confiabilidad del vehículo (como lo demostraron otros vehículos de lanzamiento, como Falcon) y la disponibilidad de datos empíricos. La ubicación y el tamaño de los cierres del espacio aéreo para operaciones espaciales comerciales también varían según cada tipo de misión.

Estos cierres temporales se determinan al menos 72 horas antes de una actividad de lanzamiento o reingreso en el espacio aéreo; posteriormente, se emite el NOTAM correspondiente para notificar a los pilotos y otras partes interesadas las condiciones temporales. Los proveedores de servicios de navegación aérea también utilizan NOTAMs para notificar cierres temporales del espacio aéreo en espacio aéreo extranjero. Aviso previo mediante NOTAMs e identificación de AHAs³ Ayudar a los pilotos

² See, e.g., *Seven Cnty. Infrastructure Coal. v. Eagle Cnty., Colo.*, 605 U.S., 145 S. Ct. 1497 (2025) (“Los efectos de un proyecto separado pueden ser factualmente previsibles, pero eso no significa que esos efectos sean relevantes para el proceso de toma de decisiones de la agencia o que sea razonable responsabilizar a la agencia por esos efectos.”)

³ Las áreas de peligro son cualquier región de tierra, mar o aire que debe inspeccionarse, publicitarse, controlarse o evacuarse para controlar el riesgo para el público. Incluye las regiones terrestres, marítimas y aéreas potencialmente expuestas a los desechos peligrosos generados durante los eventos de vuelo normales y todos los modos de falla razonablemente previsibles.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

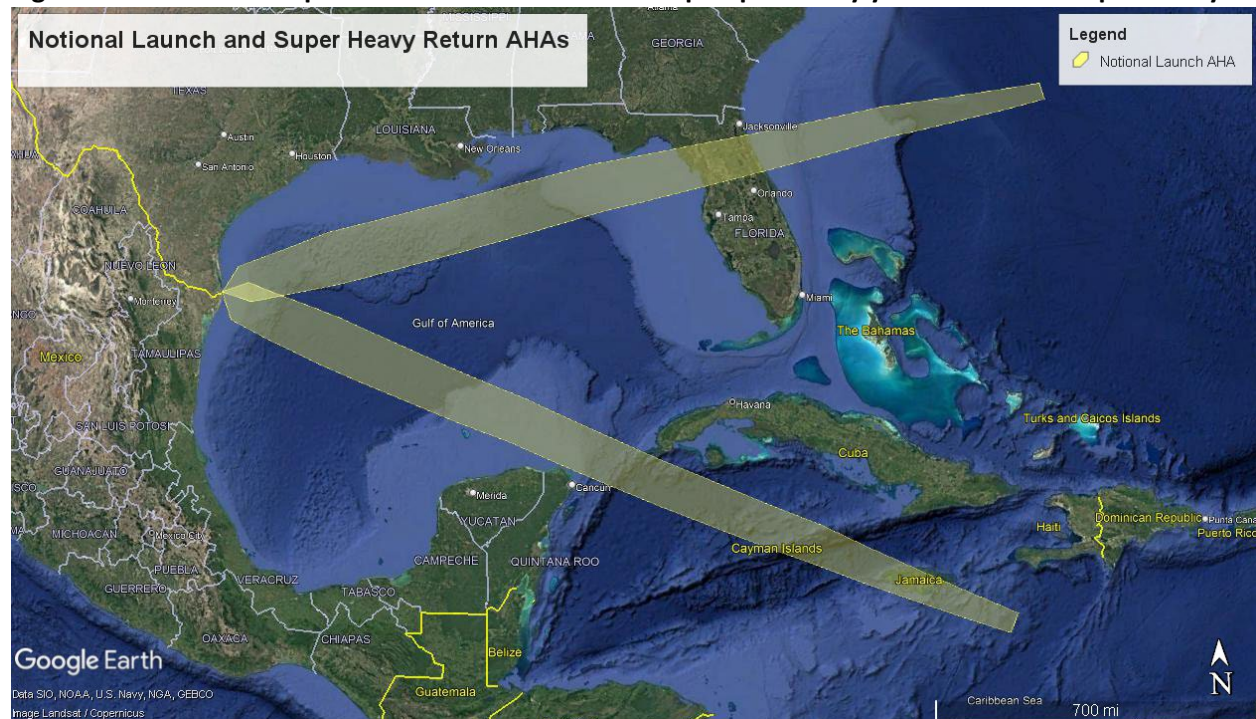
a planificar sus horarios en caso de interrupción temporal de las actividades de vuelo en el área de operación.

La FAA llevó a cabo una evaluación del NAS sobre las trayectorias de lanzamiento teóricas adicionales y las AHAs de regreso de Starship al sitio de lanzamiento, basándose en datos de aeronaves comerciales de 2024.

Trayectorias de lanzamiento adicionales

Los lanzamientos de Starship-Super Heavy y las reentradas de propulsores Super Heavy ⁴ con un sobrevuelo de Florida afectarían a las rutas aéreas que se extienden hacia el este desde el sitio de lanzamiento sobre partes del Golfo de América, el norte de Florida y el Océano Atlántico, y cubren aproximadamente 1,600 millas náuticas. Las AHAs pueden requerir el cierre de docenas de vías aéreas oceánicas costeras y de aguas profundas sobre el Golfo de América y el Océano Atlántico, lo que requiere un importante desvío de las aeronaves para evitar las AHAs. La trayectoria de lanzamiento más al sur y de reentrada del propulsor Super Heavy podría afectar el espacio aéreo de México, Cuba, Jamaica y las Islas Caimán. Se espera que México, Cuba, Jamaica y las Islas Caimán cierren sus respectivos espacios aéreos. Consulte la figura 1 para ver una descripción del alcance de los AHAs adicionales de lanzamiento y aterrizaje de propulsores Super Heavy.

Figura 1. AHAs Teóricos para el Lanzamiento del Starship-Super Heavy y el Retorno del Super Heavy



Sobrevuelo de Florida (AHA)

La FAA llevó a cabo una evaluación preliminar del NAS de los AHAs teóricos de lanzamiento y aterrizaje de propulsores Super Heavy, basándose en datos de aviones comerciales de 2024. Los AHAs de

⁴ Los aterrizajes de propulsores Super Heavy en el sitio de lanzamiento se incluyen en los AHAs de lanzamiento y se supone que se producen aproximadamente 10 minutos después del lanzamiento de Starship-Super Heavy.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

lanzamiento y aterrizaje de propulsores Super Heavy podrían afectar a un mínimo de 10 aviones comerciales por hora, durante el período más bajo de medianoche, o hasta un máximo de 200 aviones comerciales por hora, durante los períodos de mayor tráfico diario. El EA escalonado de abril de 2025 asumió que se producirían hasta 22 lanzamientos de Starship-Super Heavy y aterrizajes de Super Heavy durante el día (de 7:00 AM a 10:00 PM). El EA escalonado de abril de 2025 asumió que se producirían hasta 3 lanzamientos de Starship-Super Heavy durante las horas nocturnas (de 10:00 PM a 7:00 AM). No se realizarían aterrizajes de Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica durante las horas nocturnas; se supone que todos los aterrizajes nocturnos del Super Heavy ocurrirán en el Golfo de América. La tabla 1 muestra un rango del número aproximado de aeronaves comerciales impactadas por hora y por año para el total de operaciones propuestas. Se espera que los vuelos nacionales que normalmente toman rutas costeras se desvíen por rutas interiores, lo que provocaría un aumento de la congestión y del tiempo de viaje de los vuelos.

La duración prevista para los AHAs se extiende más allá del lanzamiento/reentrada e incluye:

- tiempo necesario para redirigir la aeronave fuera del AHA antes de que se produzca el lanzamiento o el reingreso, de modo que el AHA esté libre de aeronaves a la hora de activación programada del AHA; y
- tiempo necesario, una vez que el lanzamiento o reingreso ha pasado por el espacio aéreo afectado, para poner a la aeronave nuevamente en un curso hacia su destino previsto que puede o no pasar por el AHA previamente establecido.

El tiempo mínimo presentado en la Tabla 1 es para un lanzamiento o reentrada que ocurriría al comienzo de la ventana de lanzamiento o reentrada, y el tiempo máximo presentado es para un lanzamiento o reentrada que ocurriría hacia el final de la ventana de lanzamiento o reentrada. La FAA activa los AHAs de acuerdo con los tiempos de las ventanas de lanzamiento o reingreso aprobadas y desactiva el espacio aéreo afectado según sea necesario para garantizar la seguridad de las demás partes interesadas del NAS. La FAA minimiza el tiempo de redireccionamiento de aeronaves abriendo el espacio aéreo afectado a los pocos minutos de que el vehículo de lanzamiento o de reingreso salga de los sectores del espacio aéreo afectados.

Tabla 1. Aeronaves comerciales potencialmente afectadas por los AHA para el sobrevuelo de Florida en los Lanzamientos del Starship-Super Heavy y Aterrizajes del Super Heavy

Operaciones por año	Cronograma	Aeronaves por hora	Duración mínima de la AHA	Duración máxima de la AHA	Número de aeronaves impactadas por lanzamiento	Número de aeronaves afectadas por año
3	Período de viaje más bajo en horas de medianoche	10 (mínimo)	40 minutos	2 horas	7 a 120	21 a 360

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

22	Periodos de viaje diarios pico	200 (máximo)	40 minutos	2 horas	133 a 400	2,926 a 8,800
----	--------------------------------	--------------	------------	---------	-----------	---------------

AHA = zona de peligro para aeronaves, N/A = no aplicable

La integración de las operaciones de lanzamiento del Starship-Super Heavy sobre el vuelo de Florida y los aterrizajes de propulsores Super Heavy desde Boca Chica en el NAS requeriría que la FAA realice paradas en tierra proporcionales con el tiempo del AHA y las millas recorridas (distancia entre aeronaves) para controlar el espaciado y el volumen, así como para redirigir las aeronaves alrededor del AHA. Debido a la duración del lanzamiento y al aterrizaje de propulsores Super Heavy AHAs, algunos vuelos, especialmente los internacionales, pueden optar por retrasar la hora de salida debido a la incapacidad de aceptar un cambio de ruta debido a la falta de combustible o al tiempo de vuelo del cambio de ruta. Según la evaluación de la NAS, el retraso promedio esperado en los vuelos para los lanzamientos ⁵ duraría aproximadamente 40 minutos y podría durar hasta dos horas. Las operaciones de aviación general se verían afectadas de manera similar por los AHAs de lanzamiento y aterrizaje de propulsores Super Heavy; sin embargo, las operaciones de aviación general suelen tener más flexibilidad para la planificación de vuelos que los vuelos comerciales, debido a la naturaleza de los vuelos comerciales de conexión.

Sur de Cuba AHA

Según una evaluación preliminar de la NAS, se prevé que la AHA teórica para las operaciones de lanzamiento de Starship-Super Heavy y los aterrizajes de propulsores Super Heavy en el sur de Cuba afecte a más de 175 vuelos por hora, y que el 99% de las aeronaves identificadas participarán en rutas de conexión internacionales. Debido a la cantidad de espacio aéreo internacional afectado, no se puede proporcionar la misma fidelidad del alcance de los vuelos afectados que en la Tabla 1 porque la FAA no administra el espacio aéreo internacional.

La integración de las operaciones de lanzamiento de Starship-Super Heavy al sur de Cuba y los aterrizajes de propulsores Super Heavy en el NAS requeriría paradas en tierra proporcionales a la hora de la AHA y a las millas recorridas (distancia entre las aeronaves) para controlar el espaciado y el volumen, así como para desviar las aeronaves alrededor de la AHA. Debido a la duración de los AHAs de lanzamiento y aterrizaje del propulsor Super Heavy, ciertos vuelos, especialmente los internacionales, pueden optar por retrasar la hora de salida debido a la imposibilidad de aceptar un desvío causado por limitaciones de combustible o el tiempo de vuelo del desvío. Según la evaluación preliminar NAS de la FAA, el retraso promedio esperado del vuelo duraría aproximadamente 40 minutos.⁶ y podría durar hasta dos horas, similar a los efectos del propuesto AHA sobre Florida. Las operaciones de aviación general se verían afectadas de manera similar por la AHA; sin embargo, las operaciones de aviación general normalmente tienen más flexibilidad para la planificación de vuelos que los vuelos comerciales, debido a la naturaleza de los vuelos comerciales de conexión.

⁵ El retraso podría ser mayor de forma incremental en función de cualquier retraso en el inicio del lanzamiento dentro del supuesto período de lanzamiento de dos horas.

⁶ El retraso podría ser cada vez mayor en función de cualquier retraso en el inicio del lanzamiento dentro del período de lanzamiento de dos horas.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Operaciones de regreso de la nave espacial al sitio de lanzamiento

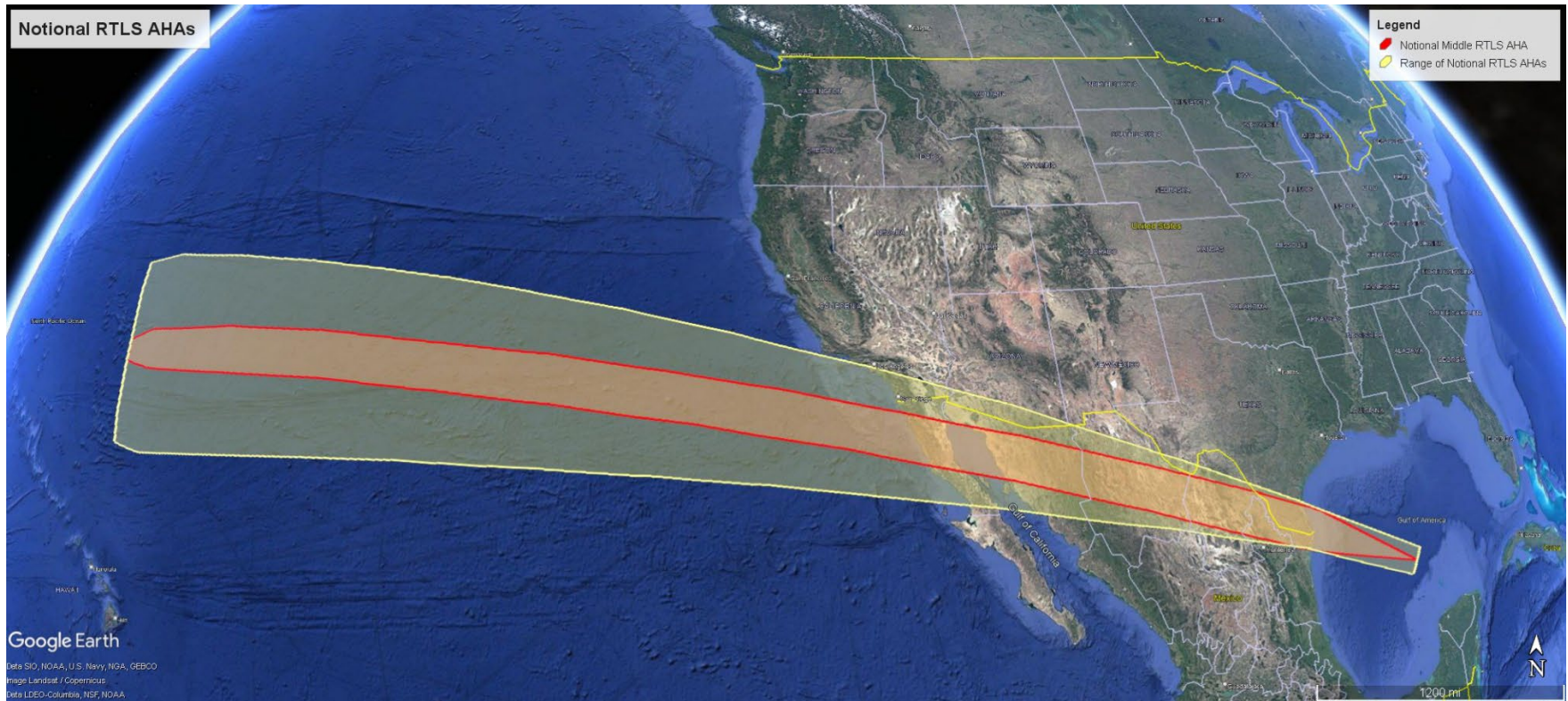
Las operaciones de regreso de Starship al sitio de lanzamiento afectarían las rutas aéreas que se extienden hacia el oeste desde el sitio de lanzamiento de Boca Chica a través de México y partes de Texas, Nuevo México y Arizona.⁷ y California, cubriendo aproximadamente 3,700 millas náuticas. Los reingresos de naves espaciales afectarían las rutas aéreas que se extienden desde el Océano Pacífico, atravesando el sur de California, México y el sur de Texas, y hasta el Golfo de América. Las AHAs pueden requerir el cierre de docenas de vías aéreas oceánicas costeras y de aguas profundas sobre el Océano Pacífico y el Golfo de América, lo que requiere el desvío de las aeronaves para evitar las AHAs. La utilización de paradas en tierra en los aeropuertos bajo los AHAs incluye, entre otros, el sur de California, Arizona, Nuevo México, el sur de Texas y México. Programas de flujo del espacio aéreo⁸ Podría ser necesario controlar el tráfico entre Estados Unidos y México. Consulte la figura 2 para ver el regreso teórico de Starship al sitio de lanzamiento AHA y el alcance potencial de los AHAs.

⁷ Las AHAs teóricas para las operaciones de regreso de Starship al sitio de lanzamiento incluyen partes del extremo sur de Arizona y Nuevo México y, por lo tanto, se incluyen en la lista de áreas impactadas en esta EA final escalonada. Sin embargo, las AHAs teóricas permanecen sin cambios con respecto al Borrador EA publicado anteriormente.

⁸ Un programa de flujo de espacio aéreo es una herramienta de gestión del tráfico que asigna franjas horarias de llegada específicas y los correspondientes tiempos de autorización del departamento esperados para gestionar la capacidad y la demanda de un área específica identificada por el área de restricción de vuelo.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Figura 2. Alcance teórico de las áreas de peligro de regreso de Starship al sitio de lanzamiento



Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Los AHAs de Starship Regreso al Sitio de Lanzamiento podrían afectar a un máximo de 200 aviones comerciales por hora, para todos los posibles AHAs dentro del alcance descrito, durante los períodos de mayor tráfico diario durante el día. La EA escalonada de abril de 2025 asumió que se producirían hasta 22 reingresos de Starship durante el día (de 7:00 AM a 10:00 PM). La EA escalonada de abril de 2025 asumió que no se producirían reingresos de Starship en el sitio de lanzamiento de Boca Chica durante las horas nocturnas (de 10:00 PM a 7:00 AM); los 3 reingresos nocturnos de Starship se realizarían en el Golfo de América. Los AHAs de Starship Regreso al Sitio de Lanzamiento podrían afectar a un total de hasta 4,400 vuelos al año. La Tabla 2 muestra un rango del número aproximado de aeronaves comerciales impactadas por hora, por reingreso y por año para el total de operaciones propuestas.

Tabla 2. Posibles aeronaves comerciales afectadas por los AHAs para el regreso de Starship al sitio de lanzamiento, aterrizajes y expansión nocturna en el Golfo de América

Operaciones por año	Cronograma	Aeronaves por hora	Duración mínima de la AHA	Duración máxima de la AHA	Número de aeronaves impactadas por lanzamiento o	Número de aeronaves afectadas por año
3 ^a	Período de viaje más bajo en horas de medianoche	30	40 minutos	60 minutos	20 a 30	60 a 90
22	Periodos de viaje diarios pico	200 (máximo)	40 minutos	60 minutos	133 a 200	2,926 a 4,400

^a No habrá reingresos nocturnos del Starship en el sitio de lanzamiento de Boca Chica. Todos los reingresos nocturnos se realizarían con destino al Golfo de América, el Océano Pacífico o el Océano Índico. Para fines de análisis conservador, se asume el Golfo de América debido a la disponibilidad de datos de actividad de aviación. AHA = zona de peligro para aeronaves, N/A = no aplicable

La integración de los perfiles de misión de retorno al sitio de lanzamiento del Starship en el NAS, así como los descensos del Starship en el Golfo de América, requeriría detenciones en tierra acordes con el momento de la AHA y con la distancia entre aeronaves (distancia entre la aeronaves) para el control del espacio y del volumen, además de desviar aeronaves alrededor del AHA. Debido a la longitud de la zona de peligro, algunos vuelos pueden optar por retrasar la hora de salida debido a la imposibilidad de aceptar un cambio de ruta debido al tamaño de la zona de peligro. Según la evaluación NAS de la FAA, el retraso promedio esperado del vuelo sería de aproximadamente 40 a 60 minutos.⁹ Las operaciones de aviación general se verían afectadas de manera similar por los AHAs; sin embargo, las operaciones de aviación general normalmente tienen más flexibilidad para la planificación de vuelos que los vuelos comerciales, debido a la naturaleza de los vuelos comerciales de conexión.

3. Medio ambiente afectado y consecuencias ambientales

El sitio de lanzamiento de Boca Chica está ubicado en un terreno propiedad de SpaceX en el condado de Cameron, Texas, cerca de las ciudades de Brownsville y South Padre Island. El área más grande alrededor del

⁹ El retraso podría ser gradualmente mayor en función de cualquier retraso en el inicio del reingreso dentro de la ventana de reingreso asumida de 60 minutos.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

sitio de lanzamiento de Boca Chica incluye varias industrias públicas y privadas, como el sitio de SpaceX conocido como Starbase, el puerto de Brownsville, la ciudad de Port Isabel, el parque eólico de San Roman, las instalaciones de gas natural líquido y los desarrollos en South Padre Island. Starbase incluye infraestructura, como viviendas, restaurantes y oficinas, para respaldar las instalaciones de producción y fabricación de SpaceX cerca de Starbase.

Partes del sur de California, el sur de Texas, Nuevo México, Arizona, Florida, México, Cuba, Jamaica y las Islas Caimán se encuentran dentro del entorno afectado ampliado de las trayectorias de lanzamiento adicionales y los perfiles de misión de regreso al sitio de lanzamiento. El cambio en la acción propuesta resulta en un cambio en el área de impacto potencial de estos recursos. El análisis de esta EA escalonada se centra en las categorías de impacto ambiental que potencialmente pueden verse afectadas por las actualizaciones de las áreas de cierre del espacio aéreo, incluidas: ruido y uso del suelo compatible con el ruido; emisiones de la aviación y calidad del aire; materiales peligrosos, residuos sólidos y prevención de la contaminación; y socioeconomía. No existen impactos potenciales que puedan afectar los recursos biológicos (incluidos peces, vida silvestre y plantas); recursos culturales; recursos de la Ley del Departamento de Transporte, sección 4(f); recursos naturales y suministro de energía; recursos visuales; recursos hídricos; riesgos para la salud y seguridad de los niños; o tierras de cultivo; por lo tanto, estas categorías de impacto ambiental no se analizan en esta EA escalonada.

La PEA y el FONSI/ROD mitigado de 2022 y el EA escalonado y el FONSI/ROD mitigado de abril de 2025 incluyeron medidas de mitigación para garantizar que los posibles impactos del programa de lanzamiento de SpaceX no tuvieran un impacto significativo en el medio ambiente.

3.1 Ruido y uso del suelo compatible con el ruido

La PEA de 2022 y la EA escalonada de abril de 2025 determinaron que no cabía esperar que la acción propuesta tuviera un impacto significativo en el ruido y en el uso del suelo compatible con el ruido, y que el estruendo sónico y otros ruidos no afectarían significativamente a ningún recurso, incluidos los recursos biológicos, culturales o de la Sección 4 (f).

Los cierres del espacio aéreo asociados con la acción propuesta podrían provocar que las aeronaves dejaran en tierra temporalmente en los aeropuertos afectados y que los vuelos en ruta cambiaran de ruta por rutas de vuelo alternativas establecidas, que a su vez son evaluadas por la FAA en virtud de la NEPA. La aeronave podría quedar temporalmente en tierra si el espacio aéreo por encima o alrededor del aeropuerto está cerrado. Los retrasos terrestres también se utilizan en algunas circunstancias para evitar desvíos aéreos. Si las aeronaves estuvieran en tierra, los niveles de ruido en el aeropuerto podrían aumentar temporalmente si los aviones permanecen inactivos; es probable que algunas aeronaves apaguen los motores por completo hasta que se levante el cierre. Además, dependiendo de la altitud a la que las aeronaves se acerquen a un aeropuerto, podría haber aumentos temporales en los niveles de ruido en las comunidades cercanas a los aeropuertos. Las aeronaves viajarían por las rutas y rutas de vuelo existentes que se utilizan a diario para tener en cuenta las restricciones meteorológicas y otras restricciones temporales. Cualquier aumento gradual de los niveles de ruido en los aeropuertos individuales solo duraría mientras dure el cierre del espacio aéreo y no se espera que cambie significativamente los niveles sonoros medios diurnos y nocturnos actuales en los aeropuertos afectados y las áreas circundantes. Por lo tanto, no se espera que los cierres del espacio aéreo debidos a la acción propuesta provoquen impactos de ruido significativos.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Sobre la base de las conclusiones anteriores, los datos y los análisis son consistentes con los analizados en la PEA de 2022 y en la EA escalonado de abril de 2025, y la acción propuesta no tendría un impacto significativo en el ruido ni en un uso del suelo compatible con el ruido.

3.2 Emisiones de la aviación y calidad del aire

Los cierres del espacio aéreo asociados con la acción propuesta conducirían a un aumento de las emisiones de las aeronaves. Esto se debe principalmente a que las aeronaves tendrían que tomar rutas de vuelo alternativas preestablecidas, que a su vez son evaluadas por la FAA en virtud de la NEPA. Esto resultaría en un mayor uso de combustible y, por lo tanto, en un aumento de las emisiones. El redireccionamiento sería un escenario de corta duración para las aeronaves afectadas y acorde con el momento de los cierres del espacio aéreo. Las emisiones liberadas por encima de la altitud de la capa de mezcla atmosférica no afectan las concentraciones de contaminantes a nivel del suelo. Las directrices de la FAA establecen 3,000 pies como la altura nominal de la capa de mezcla.¹⁰ La mayoría de las emisiones adicionales de las aeronaves desviadas se producirían mientras se encuentran a una altitud superior a 3,000 pies; por lo tanto, los impactos en la calidad del aire a nivel del suelo serían insignificantes debido al cierre del espacio aéreo. Las emisiones de aeronaves en tierra o volando a menos de 3,000 pies podrían afectar la calidad del aire. Sin embargo, las aerolíneas buscan minimizar el consumo de combustible y probablemente compensarían los retrasos reteniendo los aviones en la puerta con los motores apagados. Por estas razones, los potenciales impactos en la calidad del aire por el cierre del espacio aéreo debido a los lanzamientos y reingresos, considerando el número de aeronaves afectadas, no serían significativos. Según los hallazgos anteriores, los datos y los análisis son consistentes con los analizados en la PEA de 2022 y en la EA escalonado de abril de 2025, y la acción propuesta no tendría un impacto significativo en la calidad del aire.

3.3 Materiales peligrosos, residuos sólidos y prevención de la contaminación

Un lanzamiento podría provocar la distribución de escombros y materiales peligrosos por debajo de los AHAs. El tamaño de las AHAs puede aumentar o disminuir a medida que la confiabilidad disminuye o aumenta con los resultados y los análisis de cada lanzamiento. Si se produjera alguna anomalía durante la operación, SpaceX respondería rápidamente a todas las liberaciones accidentales de sustancias contaminantes e implementaría las medidas de limpieza adecuadas de acuerdo con las leyes aplicables para minimizar los impactos en el medio ambiente.

Una explosión de un vehículo cerca de la superficie o una ruptura del vehículo a gran altitud (para Starship, Super Heavy o Starship-Super Heavy) crearía un campo de escombros compuesto principalmente de metales pesados y algunos materiales compuestos (por ejemplo, fibra de carbono). Si se depositan en el agua, la mayoría de estos materiales se hundirían rápidamente a través de la columna de agua, mientras que algunos objetos pueden permanecer flotando en la superficie o suspendidos en la columna de agua antes de hundirse hacia el fondo marino.

Starship está construido principalmente de acero inoxidable, que no es tóxico e inerte. Otros residuos incluyen baldosas térmicas compuestas de sílice, que tiene propiedades similares al vidrio y es muy resistente a la degradación. Las placas térmicas se consideran inertes. No se esperan impactos en la calidad del aire o la química del agua. Se sabe que el vidrio se rompe o se rompe en trozos más pequeños, y los

¹⁰ Manual sobre emisiones de la aviación y calidad del aire versión 4. Administración Federal de Aviación Julio de 2024.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

bordes afilados se vuelven redondeados y lisos con el tiempo. Es probable que las placas térmicas cambien de manera similar si estuvieran presentes las mismas condiciones ambientales. Los propulsores de Starship son oxígeno líquido y metano líquido, que no son peligrosos. Se prevé que el propulsor residual se evapore o se diluya rápidamente debido a las corrientes superficiales y la mezcla oceánica.

La nave espacial tendría aproximadamente 34 galones de fluido hidráulico, una sustancia peligrosa. En el caso de una anomalía, el fluido hidráulico puede permanecer contenido en el vehículo, encenderse o liberarse. Los materiales peligrosos restantes, como artefactos explosivos o productos químicos, se transportarían de vuelta a SpaceX de acuerdo con las normas para el transporte de sustancias peligrosas.

No hay cambios con respecto a la acción propuesta que puedan afectar los residuos sólidos o la prevención de la contaminación. Según los hallazgos anteriores, los datos y los análisis son consistentes con los analizados en la PEA de 2022 y la EA escalonado de abril de 2025, y la acción propuesta no tendría un impacto significativo en los materiales peligrosos, los residuos sólidos y la prevención de la contaminación.

3.4 Socioeconomía

Los impactos en el espacio aéreo y los retrasos en las escalas en tierra suponen un coste para las aerolíneas y los pasajeros cada año. Las causas típicas de retraso son el clima, problemas con el equipo, personal, etc.

Sin embargo, estimar el impacto económico que la acción propuesta puede tener sobre el espacio aéreo y las actividades marítimas es un desafío y es poco probable que permita obtener estimaciones razonables y defendibles. Cualquier estimación del impacto económico para los usuarios del espacio aéreo y marítimo resultante de la actividad de lanzamiento o reingreso espacial es sensible al momento de la notificación previa al lanzamiento, así como al momento y la duración del cierre, que a su vez puede verse afectado aún más por cualquier evento fuera de lo normal relacionado con el lanzamiento.

Los impactos económicos variarían significativamente según el tipo de aeronave o buque, la flexibilidad operativa, las opciones de rutas alternativas, las limitaciones de programación y cualquier margen dentro de estos escenarios operativos.

Además, a medida que las operaciones de Starship-Super Heavy se vuelven más confiables en el sitio de lanzamiento de Boca Chica, el efecto sobre el espacio aéreo y las actividades marítimas con cada operación de lanzamiento/reingreso puede disminuir debido a la implementación de numerosos protocolos y procedimientos, el cumplimiento de los requisitos de notificación necesarios (es decir, NOTAMS y NOTMARS) y las actividades de coordinación del espacio aéreo entre SpaceX, la FAA y la USCG. La teoría económica también reconoce que las entidades que buscan sus propios intereses y cuyas decisiones están motivadas principalmente por la ganancia, el análisis lógico y las preferencias pueden ajustar su comportamiento a restricciones recurrentes y predecibles. Como tal, las aerolíneas y otros usuarios del espacio aéreo pueden incorporar restricciones operativas conocidas de operaciones repetidas de lanzamiento y reingreso a medida que se vuelven más confiables y predecibles en sus decisiones de rutas, programación y precios.

Teniendo en cuenta estos factores y la alta sensibilidad de los impactos a variables operacionales impredecibles, la falta de relaciones causales estables y la posible adaptación de los usuarios afectados a lo largo del tiempo, cualquier intento actual de estimar el impacto económico a largo plazo de los cierres del espacio aéreo y marítimo para la acción propuesta puede ser exagerado y poco fiable y, como tal, demasiado especulativo para informar razonablemente la elección del responsable de la toma de decisiones entre posibles alternativas.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Si bien la Acción Propuesta incluiría estos impactos económicos por los cierres del espacio aéreo, no habría cambios en el número de personal operativo ni en los impuestos a las aerolíneas comerciales. Habría cambios en los gastos debido a las demoras y los ingresos asociados de las aerolíneas, pero no se esperaría ningún cambio en la actividad económica, los ingresos personales, el empleo, la población, el sustento, los servicios públicos y/o las condiciones sociales.

De acuerdo con los datos y análisis contenidos en la PEA de 2022 y la EA escalonada de abril de 2025, la acción propuesta no tendría un impacto socioeconómico significativo.

4. Conclusión

La PEA de 2022 y el EA escalonado de abril de 2025 examinaron el potencial de impactos ambientales significativos derivados de las operaciones de lanzamiento de Starship-Super Heavy en el polígono de lanzamiento de Boca Chica y definieron el marco regulatorio para los impactos asociados con Starship-Super Heavy. Las áreas evaluadas para los impactos ambientales en esta EA escalonada incluyen el ruido y el uso de la tierra compatible con el ruido; las emisiones de la aviación y la calidad del aire; los materiales peligrosos, los residuos sólidos y la prevención de la contaminación; y la socioeconomía. En cada una de estas áreas, la FAA ha concluido que no se producirían impactos significativos como resultado de la Acción Propuesta.

5. Literatura citada

- Administración Federal de Aviación (FAA). 2017. *Evaluación ambiental final y conclusión de que no hay impacto significativo para emitir una licencia a LauncherOne, LLC para los lanzamientos de LauncherOne en el puerto aéreo y espacial de Mojave, condado de Kern, California*. Julio. Disponible en: https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/space/environmental/nepa_docs/LauncherOne_Final_EA_and_FONSI.pdf. Consultado en octubre de 2023.
- Administración Federal de Aviación (FAA). 2022. *Evaluación ambiental programática final para el programa de vehículos de lanzamiento SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas*. Junio de 2022. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en junio de 2024.
- FAA. 2023a. *Reevaluación escrita de la evaluación ambiental programática final de 2022 para el programa del vehículo de lanzamiento Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica en el condado de Cameron, Texas. Sistema de supresión de detonaciones en la plataforma de lanzamiento y aterrizaje de vehículos Starship-Super Heavy*, abril de 2023. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en junio de 2024.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

FAA. 2023b. Reevaluación escrita de la evaluación ambiental programática final de 2022 para el programa del vehículo de lanzamiento Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica en el condado de Cameron. Texas. Funcionamiento del sistema de diluvio, adición de un escudo térmico delantero entre etapas y expansión del área de posibles efectos para los recursos culturales. Noviembre de 2023. Disponible en:

https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en junio de 2024.

FAA. 2024a. Evaluación ambiental escalonada para los aterrizajes de SpaceX Starship en el Océano Índico. Marzo de 2024. Disponible en: <https://www.faa.gov/media/76836>. Consultado en junio de 2024.

FAA. 2024b. Reevaluación escrita de la evaluación ambiental programática final de 2022 para el programa del vehículo de lanzamiento Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica en el condado de Cameron. Texas. El área de aterrizaje entre etapas con protección térmica delantera, la cobertura del estampido sónico, el uso del sistema de diluvio durante los aterrizajes de regreso al lugar de lanzamiento y el uso de las zonas de seguridad de la Guardia Costera de los EE. UU. Octubre de 2024. Disponible en:

https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en mayo de 2025.

FAA. 2024c. Manual sobre emisiones de la aviación y calidad del aire versión 4. Julio de 2024.

FAA. 2025a. La evaluación ambiental final escalonada del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy aumentó la cadencia en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas. Abril de 2025. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en septiembre de 2025.

FAA. 2025b. Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para el perfil de misión del vuelo 9 del SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas. Mayo de 2025. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en septiembre de 2025.

FAA. 2025c. Información Económica para el Análisis de Inversiones. Versión 1.4. Abril de 22 de 2025.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

APÉNDICE A

Comentarios y respuestas del público

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

1. Introducción

La Administración Federal de Aviación (FAA) está evaluando la propuesta de Space Exploration Technologies Corporation (SpaceX) de actualizar los cierres del espacio aéreo para trayectorias de lanzamiento adicionales y aterrizajes del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas. SpaceX debe obtener una nueva licencia o una modificación de licencia de la FAA para actualizar los cierres de espacio aéreo asociados y agregar trayectorias de lanzamiento adicionales que se analizaron previamente en la *Evaluación Ambiental Programática Final de 2022 para el Programa de Vehículos de Lanzamiento Starship-Super Heavy de SpaceX en el Sitio de Lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el Condado de Cameron, Texas* (PEA 2022; FAA 2022). La FAA evaluó los posibles efectos ambientales de las actividades asociadas con la acción federal de modificar la licencia de operador de vehículos de SpaceX en una evaluación ambiental escalonada (EA).

Se inició un período de comentarios públicos de 30 días con la publicación del Borrador de la Evaluación Ambiental Escalonada (EA) el 19 de septiembre de 2025. La FAA invitó al público, a los representantes de agencias y a otras partes interesadas a brindar comentarios. El período de comentarios públicos finalizó el 20 de octubre de 2025. La FAA recibió 27 comentarios públicos durante el período de comentarios públicos. Se programó una reunión pública virtual para el 7 de octubre de 2025, pero se canceló debido a la falta de fondos de la agencia. Todos los comentarios públicos presentados sobre el Borrador de la EA escalonada están disponibles en www.regulations.gov bajo el número de expediente FAA-2025-3124. La EA final escalonada considera todos los aportes proporcionados en el borrador de la evaluación ambiental y aborda los comentarios recibidos, según corresponda.

2. Metodología

La Sección 10.f de la Orden 5610.1D del DOT establece: “Cuando [la FAA] publica un borrador de EA para comentarios públicos, debe considerar los comentarios sustanciales recibidos sobre el borrador de EA”. La FAA revisó cada presentación pública escrita recibida durante el período de comentarios públicos del Borrador del EA. La FAA identificó comentarios individuales dentro de cada envío (es decir, una parte del envío de comentarios que aborda un tema específico) y agrupó los comentarios sustanciales por tema. La FAA definió los comentarios sustanciales como comentarios: (1) sobre la exactitud fáctica y el análisis, las metodologías o la información en la EA; (2) que identifiquen efectos no analizados o desarrollados y evalúen alternativas razonables o medidas de mitigación factibles no consideradas por la FAA; o (3) que ofrezcan información específica que pueda tener incidencia en la decisión, como diferencias en las interpretaciones de la importancia y las conclusiones científicas y técnicas. La FAA también recibió comentarios no sustanciales (es decir, comentarios que expresaban una preferencia u opinión personal no sustancial no vinculada a un tema específico) y comentarios no pertinentes (es decir, comentarios fuera del alcance de la Acción Propuesta).

3. Comentarios y respuestas del público

3.1. Cierres del espacio aéreo

Resumen de comentarios

Los comentaristas expresaron su preocupación por el impacto de las operaciones de lanzamiento de SpaceX en el Sistema Nacional del Espacio Aéreo (NAS). Los comentaristas destacaron los riesgos potenciales para la seguridad del tráfico aéreo debido a la falta de sistemas adecuados de seguimiento y alerta en tiempo real para la caída de escombros durante los lanzamientos y reingresos de cohetes, el tiempo requerido para posibles cierres y los comentaristas también destacaron la necesidad de un mayor análisis utilizando datos del mundo real, así como herramientas de automatización avanzadas para proporcionar vigilancia en tiempo real y alertas inmediatas a las tripulaciones de vuelo sobre los peligros potenciales de las operaciones espaciales. Las solicitudes específicas de EA incluyeron información adicional sobre: (1) la cantidad de tiempo involucrado en la operación desde el despegue, reingreso y aterrizaje; (2) los impactos en el espacio aéreo de los aeropuertos circundantes o adyacentes, según las trayectorias de los vehículos; y (3) los impactos operativos de los cierres del espacio aéreo, como rutas de vuelo más largas, consumo adicional de combustible/emisiones de carbono, mayor duración de los vuelos y demoras para acceder a los aeropuertos.

Los comentaristas también discutieron y recomendaron medidas de mitigación para los posibles impactos en el espacio aéreo. Las medidas de mitigación recomendadas incluyen sugerencias para reducir las perturbaciones del espacio aéreo, medidas para mejorar la previsibilidad y la planificación de los lanzamientos, acciones para proteger las necesidades de todos los usuarios del espacio aéreo, estrategias de comunicación con otras instalaciones operativas y aeropuertos asociados, innovaciones como el desarrollo de nuevas rutas y tecnologías para gestionar los cierres y el aumento de la actividad espacial futura, y la publicación de datos de vuelo claros que describan los tiempos reales de cierre del espacio aéreo y las perturbaciones asociadas al NAS, ayudando a los aeropuertos y operadores afectados a refinar futuras estrategias de mitigación.

Respuesta al comentario

Según la parte 450 del título 14 del CFR, la FAA exige que los operadores de lanzamiento y reingreso proporcionen análisis de seguridad detallados y demuestren el cumplimiento de los umbrales de riesgo para el público no involucrado y el Sistema Nacional del Espacio Aéreo (NAS). SpaceX debe desarrollar análisis sólidos de riesgo de desechos tanto para eventos nominales como no nominales, incluidas fallas de reingreso, para cumplir con los estándares de seguridad regulatorios. Las comunicaciones en tiempo real se producen mediante el uso de la línea directa de misión de operaciones espaciales de la Organización de Tráfico Aéreo (ATO), que incluye al operador espacial, la ATO, incluidas las instalaciones que trabajan activamente en los sectores que rodean el espacio aéreo cerrado y cualquier otra entidad cuya presencia pueda facilitar la gestión en tiempo real de la liberación y devolución del espacio aéreo

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

asociado con la entrada. Algunos operadores, incluido SpaceX, transmiten la telemetría del vehículo al Integrador de Datos Espaciales (SDI) de la FAA, que proporciona la ubicación en tiempo real del vehículo a las Operaciones Espaciales de la ATO.

Como se señala en la sección 2.2.2 Cierres del espacio aéreo de la EA, la integración de las operaciones de lanzamiento de Starship-Super Heavy, los aterrizajes de los propulsores Super Heavy y los reingresos de Starship al NAS requeriría que la FAA realice paradas en tierra proporcionales con el tiempo del Área de peligro para aeronaves (AHA) y las millas de recorrido (distancia entre aeronaves) para el espaciado y el control del volumen, así como el redireccionamiento de las aeronaves alrededor del AHA. Debido a la duración de los AHAs de lanzamiento/aterrizaje y reingreso, ciertos vuelos, especialmente los internacionales, pueden optar por retrasar la hora de salida debido a la imposibilidad de aceptar un cambio de ruta causado por limitaciones de combustible o el tiempo de vuelo del cambio de ruta.

La FAA gestionaría las operaciones de Starship-Super Heavy de una manera que minimice las interrupciones a las operaciones de aviación existentes y garantice la seguridad de todos los usuarios del espacio aéreo. Una integración exitosa requiere una estrecha colaboración entre los operadores espaciales, la FAA, las aerolíneas comerciales, la aviación general y las partes interesadas en la defensa. Los factores clave que contribuyen a la viabilidad incluyen sistemas de comunicación mejorados en tiempo real y procedimientos de programación y resolución de conflictos bien definidos. Si bien los cierres temporales del espacio aéreo pueden afectar a otras partes interesadas, las estrategias de mitigación como los desvíos precoordinados, la programación dinámica y la gestión del flujo de tráfico en función del tiempo podrían reducir las cargas operativas. La FAA trabajará con SpaceX y la industria de la aviación para minimizar los impactos operativos en la industria de la aviación de los lanzamientos y reingresos de Starship-Super Heavy.

3.2. Basura/Polvo

Resumen de comentarios

Un comentarista expresó su preocupación por la dispersión de polvo y basura en la estela del motor, los impactos visuales que esto causaría y el malestar emocional que provocaría la basura arrastrada por el viento.

Respuesta al comentario

No se espera la creación de una columna de polvo ni de basura en la estela del motor, y se espera que SpaceX tome medidas correctivas y modifique la plataforma de lanzamiento para evitar impactos de polvo (partículas).

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

3.3. Ruido/Daños estructurales

Resumen de comentarios

Los comentaristas expresaron su preocupación de que los niveles de ruido podrían causar impactos negativos a los residentes locales y la vida silvestre. Más específicamente, los comentaristas expresaron preocupación por los daños a la propiedad personal (por ejemplo, rotura o traqueteo de casas y ventanas) debido al ruido, las vibraciones y los estampidos sónico, así como posibles daños a sitios históricos y monumentos culturales dentro de los centros comunitarios y otra infraestructura crítica.

Respuesta al comentario

La PEA de 2022 y la EA escalonada de abril de 2025 determinaron que no se espera que los lanzamientos y aterrizajes de Starship-Super Heavy en Boca Chica resulten en impactos significativos en el ruido y el uso de la tierra compatible con el ruido, y que el estampido sónico y otros ruidos no afectarían significativamente las áreas circundantes, incluidos los impactos a la propiedad personal.

La FAA exige que SpaceX cuente con un seguro por el importe de la “Pérdida Máxima Probable”, que la FAA determina en cada lanzamiento y que es de hasta \$500,000,000 por lanzamiento. La FAA exige que SpaceX mantenga un seguro en el improbable caso de que se produzcan reclamos por daños a la propiedad como resultado de operaciones autorizadas de Starship/Super Heavy. Los propietarios pueden comunicarse directamente con SpaceX (insurance@spacex.com) para presentar reclamos y evidencia de respaldo.

3.4. Consulta

Resumen de comentarios

Los comentaristas enfatizan la necesidad de consultar con el gobierno mexicano debido a la cuenca atmosférica compartida entre Matamoros, Tamaulipas, México, y Brownsville, Texas. Algunos comentaristas mencionaron la responsabilidad fiduciaria del gobierno federal hacia los pueblos indígenas, afirmando que la FAA estaba violando esta responsabilidad fiduciaria al no realizar consultas. Otros comentaristas estaban preocupados por la falta de consulta con la tribu Carrizo/Comecrudo en Texas.

Respuesta al comentario

La FAA consideró los efectos para México como parte de su revisión de la licencia nueva o modificada de SpaceX para estos perfiles de misión en esta EA. Según la parte 450, los operadores de lanzamiento como SpaceX deben realizar análisis de riesgo sólidos, incluidas simulaciones de trayectoria y probabilidades de falla, para garantizar que los riesgos para el público en general y el medio ambiente permanezcan dentro de límites aceptables. Estos análisis tienen en cuenta los posibles impactos transfronterizos, especialmente en zonas cercanas al sitio operativo. La FAA se comunicó con las autoridades mexicanas a través de los canales diplomáticos establecidos para alinear los esfuerzos en materia de seguridad y gestión ambiental de conformidad con la Orden Ejecutiva 12114, *Efectos Ambientales en el Extranjero de Acciones Federales Mayores*, 44 Fed. Reg. 1957 (9 de enero de 1979).

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Si bien la tribu Carrizo/Comecrudo no está reconocida a nivel federal, la FAA invitó previamente a la tribu Carrizo/Comecrudo a consultas en múltiples ocasiones para discutir las operaciones propuestas en este sitio y no ha recibido una respuesta. Los cierres son necesarios para la seguridad pública durante las actividades de lanzamiento y prueba, y SpaceX ha trabajado para minimizar estas interrupciones y equilibrar las consideraciones de acceso a los recursos culturales para la comunidad, incluida la tribu Carrizo/Comecrudo.

3.5. Recursos culturales

Resumen de comentarios

Los comentaristas expresaron su deseo de proteger los sitios sagrados de la tribu Carrizo/Comecrudo de Texas. Los comentaristas también enfatizan la necesidad de realizar estudios y prospecciones arqueológicas en áreas impactadas por las actividades de SpaceX para evitar que se perturben o destruyan importantes sitios culturales e históricos, como el Monumento Histórico Nacional del Campo de Batalla de Palmito Ranch y el Monumento Nacional Marino Papahānaumokuākea, que es un sitio de patrimonio mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Los comentaristas afirmaron que la falta de consulta tribal y la falta de evaluación de la posible pérdida de patrimonio cultural constituyen una violación de la Ley de Protección y Repatriación de Tumbas de Nativos Americanos y la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, y que la FAA y SpaceX deben respetar la importancia cultural e histórica de las tierras.

Respuesta al comentario

La Acción Propuesta no incluiría la construcción para operaciones de lanzamiento más allá del límite analizado en la PEA de 2022, y SpaceX no propone ninguna restricción de acceso adicional que pueda afectar las visitas a los recursos culturales. Como se explica en la sección 3.7 de la PEA de 2022, de conformidad con el 36 CFR § 800.4(a)(1), la FAA, en consulta con el Oficial de Preservación Histórica del Estado de Texas (SHPO), determinó un Área de Efectos Potenciales (APE) en consideración de los posibles efectos del proyecto sobre los recursos culturales. Al definir el APE, la FAA consideró los posibles efectos visuales, auditivos y vibratorios sobre las propiedades históricas debido a los lanzamientos y las operaciones diarias, incluidos el ruido de los motores y los estampidos sónico, los posibles efectos directos de las actividades que perturban el suelo debido a posibles anomalías y construcciones, el aumento del tráfico y de los visitantes, y las restricciones temporales de acceso para operaciones de lanzamiento o anomalías. El APE es un área de 10 millas centrada en el Área de Lanzamiento Vertical. Dentro del APE, la FAA, en consulta con la SHPO, identificó un área de estudio de recursos arqueológicos para las actividades de perturbación del suelo, incluidas las actividades de construcción y posibles anomalías de lanzamiento. Carrizo/Comecrudo comentó que dentro de un área conocida como Pasto García (Garcia Pasture) se encuentra un sitio de la aldea Esto'k Gna. El Pasto García se encuentra fuera del área de estudio de recursos arqueológicos para las actividades de perturbación del suelo. El Pasto García no se vería afectado por actividades que alteren el suelo ni por posibles anomalías en el lanzamiento. Por lo tanto, la Acción Propuesta no tendría efectos adicionales sobre los recursos culturales más allá de los descritos en la Evaluación Ambiental Programática (PEA) de 2022, y

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

no se consideraron necesarios estudios adicionales. Las restricciones de acceso se analizan en M. Uso del suelo, más adelante.

3.6. Fauna Silvestre

Resumen de comentarios

Los comentaristas plantearon preocupaciones específicas sobre los efectos de los desechos en los entornos marinos que provocan la muerte de delfines y peces.

Respuesta al comentario

Como se analizó en la Evaluación Ambiental Final Escalonada de abril de 2025, los niveles de ruido impulsivo de un solo evento y los estampidos sónicos no afectarían a las especies marinas ni al hábitat esencial de los peces (EFH, por sus siglas en inglés), ya que se transfiere poca energía a la columna de agua como resultado de estos eventos (FAA 2017). La FAA también se ha asegurado de que las zonas de aterrizaje minimicen la superposición con hábitats marinos protegidos y corredores de migración de ballenas. Las medidas de mitigación incluyen áreas de evitación designadas y seguimiento de la presencia de vida silvestre marina para ajustar las operaciones cuando sea necesario.

3.7. Oposición general

Resumen de comentarios

Los comentaristas afirmaron que no apoyan los lanzamientos de SpaceX debido al impacto humano y ambiental. Otros comentaristas expresaron su desconfianza general hacia SpaceX o Elon Musk, no apoyan la privatización de la exploración espacial o afirmaron en general que el proyecto afectaría negativamente la calidad de vida y las condiciones económicas de la comunidad local.

Respuesta al comentario

La FAA reconoce la contribución del público al proyecto propuesto.

3.8. Apoyo General

Resumen de comentarios

Los comentaristas afirmaron que apoyan la propuesta de SpaceX. Destacan los beneficios económicos y la mejora ambiental.

Respuesta al comentario

La FAA reconoce la contribución del público al proyecto propuesto.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

3.9. Material Peligroso

Resumen de comentarios

Los comentaristas expresaron su preocupación de que agregar trayectorias de vuelo sobre el condado de Alachua y el centro norte de Florida aumentaría el riesgo público de que desechos espaciales caigan sobre áreas pobladas, incluida la Universidad de Florida, la ciudad de Gainesville y la zona de recarga del acuífero de Florida. Los comentaristas afirmaron que los escombros, que incluyen materiales peligrosos como combustible no gastado y fragmentos de metal, pueden representar amenazas importantes para la seguridad pública y podrían contaminar los manantiales alimentados por los acuíferos. El comentario también establece que la FAA debe evaluar completamente los riesgos de enviar vehículos de lanzamiento masivos alimentados con metano sobre áreas pobladas y recursos hídricos sensibles, lo que incluiría consultas con agencias de emergencia locales, modelos hidrológicos y mapas de exposición de la población.

Los comentaristas también expresaron su preocupación por los peligros asociados con las terminales de LNG recién construidas en Brownsville.

Respuesta al comentario

La FAA exige que SpaceX evalúe y mitigue los riesgos asociados con las anomalías y la caída de escombros y cumpla con los requisitos de seguridad de la Ley de Lanzamiento Espacial Comercial (CSLA). Se consideran cuidadosamente las posibles áreas de aterrizaje de escombros para evitar regiones pobladas, y se han establecido protocolos de recuperación de escombros. En caso de anomalía, la FAA analiza cada una para refinar las medidas de seguridad y garantizar que se incorporen acciones correctivas en las operaciones futuras. El propulsor Starship-Super Heavy no es un material peligroso.

Respecto de la evaluación de los efectos del peor escenario posible en operaciones cercanas, como las terminales de LNG, la NEPA no requiere la evaluación de los peores escenarios que no sean razonablemente previsible. Otras regulaciones espaciales comerciales de la FAA requieren que la FAA se coordine con operaciones vecinas potencialmente peligrosas, incluidas instalaciones industriales como terminales de LNG, para evaluar y mitigar cualquier riesgo que planteen las operaciones espaciales. Este proceso de coordinación incluye la evaluación de los riesgos de seguridad y propiedad causados por los lanzamientos y reingresos espaciales y el cumplimiento de requisitos de seguridad conservadores, con especial atención a las zonas de seguridad, los impactos del ruido (incluidos los estampidos sónicos) y otros riesgos operativos. Pero cualquier consideración de los peores escenarios está fuera del alcance de la revisión de la NEPA.

3.10. Nivel de Revisión Ambiental/Proceso NEPA

Resumen de comentarios

Algunos comentaristas señalaron que una evaluación ambiental es insuficiente y solicitaron un análisis más sólido de los impactos ambientales de la acción propuesta o la preparación de una declaración de impacto ambiental (EIS). Los comentaristas que no estaban satisfechos con la revisión ambiental actual

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

afirmaron que la EA se basa en datos obsoletos y no refleja el alcance y la escala propuestos de las operaciones de SpaceX, no tiene en cuenta completamente los impactos ambientales que los comentaristas consideran significativos, no proporciona medidas de mitigación suficientes y no cumple con los requisitos legales de la NEPA y otras regulaciones ambientales relevantes. Los comentaristas también solicitaron un EIS, señalando que nunca se preparó un EIS para las operaciones de lanzamiento del Starship Super Heavy en Boca Chica.

Algunos comentaristas afirmaron que una EA no es apropiada si se “desconoce” si los impactos serían significativos, o porque los comentaristas sintieron que la FAA debería haber concluido que los impactos eran significativos. Los comentaristas también afirmaron que la EA no analizó suficientemente los escenarios de falla del lanzamiento. Algunos comentaristas solicitaron un análisis de los impactos a largo plazo.

Otros comentaristas hicieron referencia a que la EA excluye varias áreas (biológicas, de salud infantil, culturales y de recursos marinos) y afirmaron que, con áreas de riesgo más grandes, lanzamientos frecuentes y anomalías recientes, es necesario un análisis adicional.

El comentarista afirmó que la EA ofrece conclusiones sin publicar datos de modelos, supuestos o archivos de entrada.

Respuesta al comentario

La EA se preparó de conformidad con la NEPA y los procedimientos de implementación de la NEPA de la FAA, Orden 1050.1G de la FAA, *Procedimientos de implementación de la Ley de Política Ambiental Nacional de la FAA*. La EA final escalonada se basa en la PEA de 2022 y la EA escalonada de abril de 2025 al incorporar información sobre los efectos y evaluar los efectos que cambiarían bajo la Acción propuesta.

El Borrador de una evaluación ambiental escalonada evalúa las actualizaciones de los cierres del espacio aéreo para trayectorias de lanzamiento adicionales y los aterrizajes del Starship en Boca Chica del vehículo Starship-Super Heavy de SpaceX en el sitio de lanzamiento de SpaceX en Boca Chica, condado de Cameron, Texas. La construcción analizada en documentos ambientales anteriores relacionados con las actividades de SpaceX en el sitio de lanzamiento de Boca Chica ya se ha completado y, por lo tanto, no se llevaría a cabo como parte de la Acción Propuesta en la EA Final Escalonada actual.

A medida que el programa Starship-Super Heavy pasa de la fase de pruebas a la fase de operaciones completas, no se espera que aumente la probabilidad de que ocurra una anomalía debido al aumento de la confiabilidad y la capacidad del vehículo. Para responder a las anomalías que afecten a las propiedades adyacentes, SpaceX ha implementado un sistema de extinción de incendios y un sistema de diluvio para prevenir el riesgo de incendio y la supresión de escombros en la plataforma de lanzamiento (analizado en las reevaluaciones escritas de abril de 2023 y noviembre de 2023), que continuará como parte de la Acción propuesta y mitigará los impactos en el improbable caso de futuras anomalías.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

La FAA consideró los comentarios proporcionados sobre el Borrador de la EA escalonada durante el período de revisión pública y desarrolló respuestas a ellos en este Apéndice. Como se explica en el capítulo Medio ambiente afectado y consecuencias ambientales de la EA final escalonada (sección 3), la acción propuesta no introduciría efectos ambientales nuevos o significativamente diferentes que alcanzarían el nivel de importancia bajo la NEPA. Por lo tanto, no se ha elaborado un EIS para este proyecto.

La FAA está preparando EIS para las operaciones de Starship/Super Heavy en el Centro Espacial John F. Kennedy y la Estación de la Fuerza Espacial de Cabo Cañaveral debido al alcance de esas Acciones Propuestas y los potenciales impactos significativos en comparación con los umbrales de significancia establecidos por la FAA.

Con respecto a los posibles impactos ambientales en México, la FAA coordinó con el Departamento de Estado de los EE. UU. y con el Gobierno de México, conforme a la Orden Ejecutiva 12114, *Efectos Ambientales en el Extranjero de Acciones Federales Mayores*, 44 Fed. Reg. 1957 (9 de enero de 1979).

3.11. Participación del público

Resumen de comentarios

Los comentaristas afirmaron que el proceso de participación pública es inadecuado dado el cierre del gobierno y cómo afectó la reunión pública previamente programada. Los comentaristas también solicitaron que se amplíe el período de comentarios públicos. Un comentarista también señaló que los comentarios anteriores no fueron abordados ni respondidos.

Respuesta al comentario

La FAA publicó el Borrador de la EA escalonada en el sitio web de la FAA el 19 de septiembre de 2025, y el período de comentarios finaliza el 20 de octubre de 2025. La FAA envió notificaciones por correo electrónico (E-blasts) a agencias federales, gobiernos extranjeros y miembros interesados del público notificándoles sobre la publicación.

Se había programado una reunión pública para el 7 de octubre de 2025, pero se canceló debido a la falta de fondos de la agencia.

La FAA revisó cada presentación pública escrita recibida durante el período de comentarios públicos del Borrador del EA. La FAA identificó comentarios individuales dentro de cada envío (es decir, una parte del envío de comentarios que aborda un tema específico) y agrupó los comentarios sustanciales por tema. La FAA comúnmente utiliza esta metodología para abordar los comentarios recibidos durante la revisión pública.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

3.12. Socioeconomía

Resumen de comentarios

Un comentarista expresó su preocupación por los datos de la FAA que muestran que hasta 200 aviones comerciales por hora podrían retrasarse entre 40 minutos y 2 horas durante las operaciones de Starship, pero la EA descarta esto como "no significativo" sin cuantificar la pérdida económica, el riesgo de seguridad del vuelo o la interrupción de los pasajeros. La Orden 1050.1G § 4-101(e) de la FAA exige el análisis de la eficiencia y la seguridad del espacio aéreo. Los incidentes documentados — como la activación por parte de la FAA en enero de 2025 de un Área de Respuesta a Escombros y los desvíos de Qantas sobre el Océano Índico — demuestran que las operaciones de lanzamiento pueden afectar materialmente a la aviación mundial.

Respuesta al comentario

Los impactos en el espacio aéreo y los retrasos en las escalas en tierra suponen un coste para las aerolíneas y los pasajeros cada año. Las causas típicas de retraso son el clima, problemas con el equipo, personal, etc.

Sin embargo, estimar el impacto económico que la acción propuesta puede tener sobre el espacio aéreo y las actividades marítimas es un desafío y es poco probable que permita obtener estimaciones razonables y defendibles. Cualquier estimación del impacto económico para los usuarios del espacio aéreo y marítimo resultante de la actividad de lanzamiento o reingreso espacial es sensible al momento de la notificación previa al lanzamiento, así como al momento y la duración del cierre, que a su vez puede verse afectado aún más por cualquier evento fuera de lo normal relacionado con el lanzamiento.

Los impactos económicos variarían significativamente según el tipo de aeronave o buque, la flexibilidad operativa, las opciones de rutas alternativas, las limitaciones de programación y cualquier margen dentro de estos escenarios operativos.

Además, a medida que las operaciones de Starship-Super Heavy se vuelven más confiables en el sitio de lanzamiento de Boca Chica, el efecto sobre el espacio aéreo y las actividades marítimas con cada operación de lanzamiento/reingreso puede disminuir debido a la implementación de numerosos protocolos y procedimientos, el cumplimiento de los requisitos de notificación necesarios (es decir, NOTAMS y NOTMARS) y las actividades de coordinación del espacio aéreo entre SpaceX, la FAA y la USCG. La teoría económica también reconoce que las entidades que buscan sus propios intereses y cuyas decisiones están motivadas principalmente por la ganancia, el análisis lógico y las preferencias pueden ajustar su comportamiento a restricciones recurrentes y predecibles. Como tal, las aerolíneas y otros usuarios del espacio aéreo pueden incorporar restricciones operativas conocidas de operaciones repetidas de lanzamiento y reingreso a medida que se vuelven más confiables y predecibles en sus decisiones de rutas, programación y precios.

Dados estos factores y la alta sensibilidad de los impactos a variables operacionales impredecibles, la falta de relaciones causales estables y la posible adaptación de los usuarios afectados a lo largo del tiempo, cualquier intento actual de estimar el impacto económico a largo plazo de los cierres del

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

espacio aéreo y marítimo para la acción propuesta probablemente sea exagerado y poco confiable y, como tal, demasiado especulativo para informar razonablemente la elección del tomador de decisiones entre alternativas potenciales.

Si bien la Acción Propuesta incluiría estos impactos económicos por los cierres del espacio aéreo, no habría cambios en el número de personal operativo ni en los impuestos a las aerolíneas comerciales. Habría cambios en los gastos debido a las demoras y los ingresos asociados de las aerolíneas, pero no se esperaría ningún cambio en la actividad económica, los ingresos personales, el empleo, la población, el sustento, los servicios públicos y/o las condiciones sociales.

3.13. Uso de la tierra

Resumen de comentarios

Los comentaristas expresaron su preocupación por que se reduciría el acceso a las áreas de acceso público, incluida la playa de Boca Chica.

Respuesta al comentario

Las actualizaciones propuestas a los cierres del espacio aéreo y trayectorias de lanzamiento adicionales no cambian el número total de horas de restricción de acceso autorizadas, que se mantienen en 500 horas por año para operaciones generales y 300 horas para respuesta a anomalías. Las restricciones de acceso reales no han excedido estos límites autorizados, y las eficiencias operativas han llevado a una disminución del 95% en las horas necesarias por lanzamiento en comparación con los lanzamientos anteriores del programa. SpaceX también ha implementado medidas para reducir las restricciones de acceso, incluido el traslado de ciertas operaciones de prueba al sitio de pruebas de Massey, lo que aumenta el acceso a la playa de Boca Chica. Las restricciones de acceso temporal también siguen sujetas a un Memorando de Acuerdo existente entre el Condado de Cameron y la Oficina General de Tierras de Texas y los requisitos del Plan de Control de Tráfico de Cierre de Carreteras de SpaceX.

Si bien los cierres son necesarios para la seguridad pública durante las actividades de lanzamiento y prueba, la FAA ha trabajado para minimizar estas interrupciones y equilibrar las consideraciones de acceso para la comunidad.

La FAA ha trabajado con agencias locales para comunicar los cronogramas de cierre de manera efectiva, garantizando que el público esté informado y pueda planificar sus visitas en consecuencia.

Como se discutió en la PEA de 2022, estos cierres se han llevado a cabo y se seguirán llevando a cabo de conformidad con todas las leyes y regulaciones aplicables, incluida la Ley de Playas Abiertas de Texas, la Constitución de Texas, la Ley de Gestión de la Zona Costera y la Ley de Mejora del Sistema Nacional de Refugios de Vida Silvestre. Al igual que en la PEA de 2022, la FAA ha determinado que las restricciones de acceso no constituyen una violación de estos estatutos, ya que son temporales, están legalmente autorizadas para la seguridad pública y se implementan en coordinación con las agencias estatales y federales pertinentes.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

3.14. Calidad del aire/clima

Resumen de comentarios

Los comentaristas expresaron su preocupación por los impactos ambientales y de salud de las emisiones del proyecto. Los comentaristas afirmaron que las emisiones de la aviación no deben ser la única consideración, y que hay mucha más materia particulada que ingresa al aire durante cada lanzamiento y cuando comienzan los aterrizajes, incluso si son "exitosos", se producirá aún más agitación y tendrá repercusiones ambientales a largo plazo para el ecosistema.

Los comentaristas también expresaron inquietudes con los aumentos de GHG en comparación con los totales nacionales/globales (parte 1, pág. 4) y solicitaron inventarios de emisiones, análisis de sensibilidad o emisiones incrementales por desvíos y operaciones adicionales. La falta de una evaluación acumulativa de varios años impide una revisión informada. Los comentaristas también plantearon preocupaciones específicas sobre los efectos acumulativos de los lanzamientos de cohetes en los entornos atmosféricos.

Respuesta al comentario

Si bien el cambio de ruta sería un escenario efímero para las aeronaves afectadas y acorde con el momento en que se cerraron los espacios aéreos, las emisiones derivadas de los efectos de los lanzamientos y devoluciones de los vehículos, teniendo en cuenta el número de aeronaves impactadas, no serían significativas. Como se muestra en la sección 3.2 de la EA escalonada final, los datos y análisis son consistentes con los discutidos en la PEA de 2022 y la EA escalonada de abril de 2025, y la Acción propuesta no resultaría en impactos significativos en la calidad del aire.

La FAA está al tanto de las discusiones científicas en curso sobre los efectos acumulativos de la actividad de los cohetes en los entornos atmosféricos. Sin embargo, muchos de los estudios se refieren a diferentes tecnologías de cohetes (como los cohetes propulsores sólidos, que producen óxido de aluminio) que causan emisiones diferentes a las de Starship-Super Heavy. Starship y Super Heavy utilizan metano y oxígeno líquido, que no generan partículas de aluminio. El metano y el oxígeno líquidos se vuelven gaseosos y se evaporarían rápidamente y no afectarían el medio ambiente marino. Como se mencionó anteriormente, no se espera que las emisiones de metano asociadas con los lanzamientos de Starship-Super Heavy afecten significativamente la calidad del aire ni tengan efectos climáticos significativos.

Además, el análisis de los entornos atmosféricos está limitado por los datos disponibles. No existe un método generalmente aceptado para analizar los impactos del agotamiento del ozono estratosférico, porque no existen los datos ni las herramientas necesarias para estimar con precisión las emisiones de carbono negro de los cohetes y los efectos de forzamiento radiativo asociados, ni una forma de identificar posibles medidas de mitigación para abordar dichas emisiones si los efectos fueran previsibles. No es factible realizar un análisis detallado ni un esfuerzo para cuantificar los efectos atmosféricos de este proyecto. Cualquier cuantificación se basaría en suposiciones e hipótesis especulativas más que en datos reales.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

3.15. Alternativas

Resumen de comentarios

Los comentaristas solicitaron que se considerara una gama más amplia de alternativas para minimizar los efectos ambientales asociados con las operaciones de SpaceX. Las alternativas recomendadas incluyeron:

Reducir el número de lanzamientos de cohetes de SpaceX permitidos

Límites de hora del día

Utilizar otros sitios de amerizaje en mar abierto ubicados más lejos de ecosistemas sensibles y sitios culturales o lugares que eviten completamente los aterrizajes en el agua

Respuesta al comentario

La evaluación ambiental final escalonada evalúa las actualizaciones de los cierres del espacio aéreo y las trayectorias de lanzamiento en Boca Chica en función de las necesidades programáticas declaradas de SpaceX, la viabilidad operativa y los requisitos reglamentarios. La consideración de alternativas por parte de la FAA es coherente con los requisitos de la NEPA de que las agencias sólo necesitan revisar alternativas que satisfagan el propósito y la necesidad de la acción propuesta. En la EA escalonada de abril de 2025, la FAA evaluó las alternativas para su consideración según los siguientes criterios:

1. Capacidad para cumplir con la tasa y frecuencia de lanzamiento necesarias exigidas por las obligaciones contractuales del Departamento de Defensa y la NASA para 2025, incluidos los contratos del Sistema de Aterrizaje Humano y de Carga de Cohetes.
2. Capacidad para soportar trayectorias de órbita terrestre baja y de órbita de transferencia geoestacionaria. Para alcanzar estas trayectorias, el sitio de lanzamiento debe tener la capacidad de soportar lanzamientos hacia el este para evitar una maniobra “dogleg”, una trayectoria curva que compromete severamente el desempeño en órbita.
3. La ubicación debe estar en una latitud baja para maximizar la masa de carga útil que el vehículo de lanzamiento puede colocar en órbita.
4. Capacidad de proporcionar diversidad geográfica a partir de instalaciones de lanzamiento existentes o propuestas en Florida para diversificar el riesgo y las operaciones. La diversidad geográfica es necesaria para permitir que el programa continúe operando/existiendo/brindando capacidad si un sitio queda inhabilitado (por ejemplo, en caso de ataque terrorista, desastre natural o anomalía en un vehículo). SpaceX debe diversificar el riesgo y las operaciones operando desde múltiples ubicaciones ubicadas en diferentes regiones geográficas.

Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

3.16. Salud y seguridad

Resumen de comentarios

Los comentaristas enfatizaron su preocupación por el hecho de que el Proyecto de EA escalonado no consideró cómo las operaciones propuestas impactarán la salud y la seguridad humanas. Los comentaristas también expresaron su preocupación de que las operaciones propuestas disminuirían la calidad de vida de los seres humanos y expondrían a las comunidades a peligros relacionados con anomalías y escombros. Además, los comentaristas señalaron que el borrador de la EA escalonada no incluía un análisis de riesgos integral ni un plan de preparación para emergencias.

Respuesta al comentario

Este EA escalonado final se basa en la PEA final de 2022 y el EA escalonado de abril de 2025. Como se analiza en la sección 3.3 de esta EA escalonada final, los efectos de la Acción propuesta relacionados con la salud y la seguridad son consistentes con los efectos discutidos y analizados en estos documentos anteriores. Consulte la sección 3.13 de la PEA de 2022 y la sección 3.2.10 de la EA escalonada de abril de 2025.