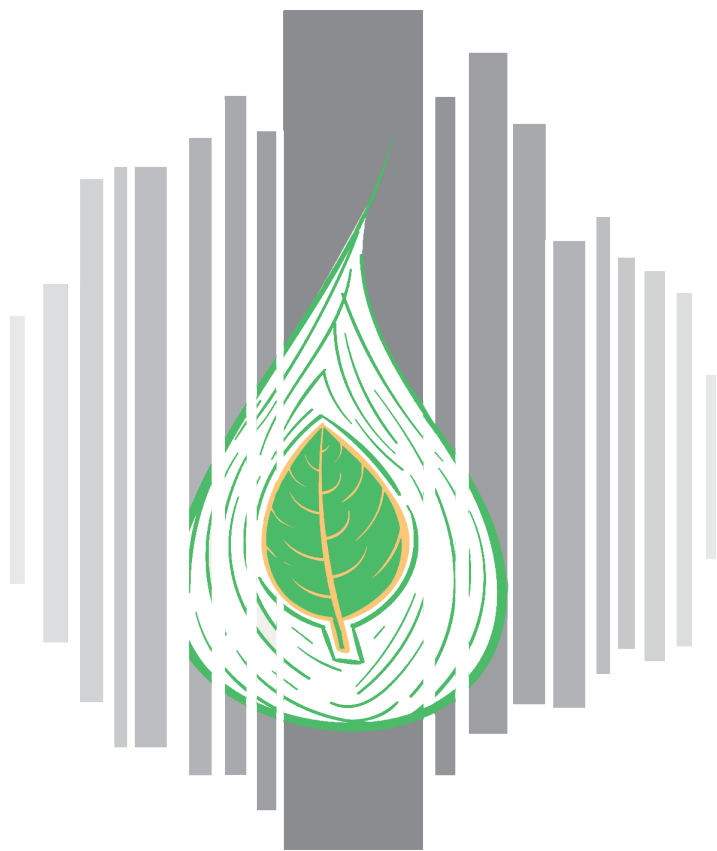


GESTIÓN AMBIENTAL

CASOS MEXICANOS



BLANCA ESTELA GUTIÉRREZ BARBA
MARÍA YOLANDA LEONOR ORDAZ GUILLÉN
COORDINADORAS





Altres Costa-Amic Editores
contacto.costaamic@gmail.com
2222003349 / 5538382383

© 2019, Derechos Reservados por los autores

Revisión y corrección académica: Dra. Blanca Estela Gutiérrez Barba y Dra. María Yolanda Leonor Ordaz Guillén.

Consejo Científico Editorial de Altres Costa-Amic Editores: Dr. Cuauhtémoc Calderón Villarreal, Dr. David Cienfuegos Salgado, Dr. Benito Ramírez Valverde, Dra. Rocío Rosas Vargas, Dra. Edit Hernández Flores y Dr. Víctor Job Paredes Cuahquentzi y Dra. María de Lourdes Cárcamo Solís.

Revisión y diseño editorial; diseño de portada: Bartomeu Costa-Amic Leonardo

Coordinador de impresos: Fidel Ángel Arrazola

Maquetación: José Isaías Velázquez García

Ilustración de la portada: Alice Stephanie Storey Villatoro

Corrección: Flor Daniela García Dávila y José Francisco Parra Miguel

Comentarios sobre la edición y contenido del libro a:

«bgutierrezb@ipn.mx», «mordazg@ipn.mx»

«contacto.costaamic@gmail.com»

Reservados todos los derechos. Ninguna parte del libro puede ser reproducida, archivada o transmitida, en cualquier sistema —electrónico, mecánico, de fotorreproducción, de almacenamiento en memoria o cualquier otro—, sin hacerse acreedor a las sanciones establecidas en las leyes, salvo con el permiso expreso del titular del *copyright*. Las características tipográficas de la composición, diseño, formato, corrección son propiedad del editor.

© 2019, Derechos Reservados

Altres Costa-Amic Editores, S. A. de C. V.

Calle 35 Poniente, 302-A

Col. Chula Vista

Telcel 222 200 3349 y 553 838 2383

«contacto.costaamic@gmail.com»

Puebla, Puebla, 72420 México

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Registro 3869.

1ª edición, diciembre de 2019

ISBN: 978-607-8518-41-8

Impreso en México.

Índice

Dictaminadores.	9
Prólogo, Ives Enrique Gómez Salas.	11
Introducción. Talento humano orientado a la gestión ambiental, <i>María de la Luz Valderrábano Almegua y Blanca Estela Gutiérrez Barba</i>	17
1. Especialización en gestión y auditorías ambientales: problemáticas abordadas y línea de salida para nuevas incursiones, <i>María Guadalupe Peláez Gálvez y Antonio Benavides Rosales</i>	57
2. Unidades de paisaje, una innovadora manera para gestionar el parque nacional «Los Mármoles», Hidalgo, <i>María del Carmen Sánchez Hernández y Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita</i>	96
3. Seguimiento de las medidas de mitigación: Autopistas Salamanca-León (Guanajuato) y Necaxa-Tehuacán (Puebla), México. <i>Miguel Alvarado Cardona, María Concepción Martínez Rodríguez y Fátima Karmina Salas Salmerón</i>	123
4. Impactos ambientales en exploración y extracción de petróleo por fracturación hidráulica (<i>fracking</i>): recomendaciones de mitigación y gestión, <i>Enrique Muñoz Durán, Juan Manuel Sánchez-Núñez y María Elena Serrano Flores</i>	139

5. Diseño de un sistema de captación y aprovechamiento del agua pluvial de bajo costo, con certificación LEED, aplicado a casas-habitación en Tlalnepantla, México. <i>Leticia Balderrabano Aguilar, Jaime Castro Campos y Luz Arcelia García Serrano.</i>	168
6. Gestión ambiental a partir de diferentes marcos referenciales de la sustentabilidad. <i>Blanca Estela Gutiérrez Barba, Roberta Mendoza Reyes, Itandehui Castillo Rugerio y Luis Carlos Lozano Fortún.</i>	194
7. Manejo de residuos farmacológicos y medicamentos y su relación con el instrumento de destrucción fiscal en México. <i>Citlalli Arce Palacios, María Yolanda Leonor Ordaz Guillén y Carolina Alcibar Pérez.</i>	223
Índice de cuadros, diagramas y figuras.	261

3. Seguimiento de las medidas de mitigación: Autopistas Salamanca-León (Guanajuato) y Necaxa-Tehuacán (Puebla), México

3. Monitoring of mitigation actions in mexican highways: Salamanca-León (Guanajuato) and Necaxa-Tehuacán (Puebla)

Miguel Alvarado Cardona¹

María Concepción Martínez Rodríguez²

Fátima Karmina Salas Salmerón³

Resumen

La construcción de la infraestructura carretera generalmente sigue una secuencia, la cual puede variar de acuerdo con las características particulares de cada proyecto vial. Por ejemplo, los cortes en talud pueden ser un riesgo, su inestabilidad puede generar fallas o deslizamientos en cualquier momento; las causas por la que un corte puede deslizarse son diversas, y pueden presentarse desde que se inicia la construcción de una vía hasta varios años después, cuando la carretera ya se encuentra en operación, lo que genera gastos extra por las actividades de reparación y, de nueva cuenta, estabilización, más la aplicación de técnicas para evitar

¹ Profesor del Instituto Politécnico Nacional-CIEMAD, «maalvarado@ipn.mx».

² Profesora del Instituto Politécnico Nacional-CIEMAD, «mcmartinezr@ipn.mx».

³ Profesora del Instituto Politécnico Nacional-CIEMAD, «salasfatima@gmail.com».

que el talud vuelva a fallar. Las autopistas Salamanca-León y Necaxa-Tihuatlán fueron sometidas al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, autorizándolas de forma condicionada. El presente trabajo realizó un análisis del cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas para los cortes de talud establecidas en las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) de los proyectos carreteros, con el fin de identificar si dichas medidas se aplicaron y si funcionaron en los taludes en corte. Para la realización del estudio se utilizó una metodología mixta, se combinó trabajo de gabinete, así como recorridos en campo. El resultado fue un incumplimiento de las observaciones en ambos proyectos, lo cual puede tener serios impactos ambientales. Recomendamos que, en la MIA, debería considerarse los impactos residuales y realizar un análisis costo-beneficio de la aplicación de ciertas medidas de mitigación para compensar el daño ambiental.

Palabras clave: Gestión ambiental, Industria de la Construcción, Evaluación de impacto ambiental.

Abstract

The construction of the road infrastructure generally follows a sequence, which can vary according to the particular characteristics of each road project. For example, the cuts in slope may be a risk, because its instability can generate failures or landslides at any moment; the causes that provoke a cut sliding are diverse, and can occur from the beginning of the construction of a road until several years later when the road is already in operation, which generates extra costs for repair activities and new stabilization account and the application of techniques to prevent the slope from failing again. The Salamanca-León and Necaxa-Tihuatlán highways were submitted to the Environmental Impact Assessment process, authorizing them in a conditional manner. The present work carried out an analysis of compliance with mitigation measures proposed for the slope cuts established in the MIAs of highway projects in order to identify if said measures were applied and if they worked on the slopes in court. To carry out the present study, a mixed methodo-

logy was used, cabinet work was combined, as well as field trips; the result was a breach of the observations in both projects, which may have serious environmental impacts. We recommend that, in the MIAs, the residual impacts should be considered, as well as running a cost-benefit analysis of the application of certain mitigation measures to compensate the environmental damage.

Key words: Environmental management, Construction industry, Environmental impact assessment

3.1 Introducción

La infraestructura vial y los servicios de las vías de comunicación juegan un papel importante en la economía nacional y la calidad de vida de las personas. El crecimiento demográfico de las ciudades en el país ocasiona mayor demanda de servicios e infraestructura como vialidades y transporte, que permita la conexión urbana de las personas y los servicios de forma confiable y económica (ONU-Hábitat, 2014-2015). Una de las principales actividades que se realizan como medidas de mitigación durante y después de la construcción de vías de comunicación es la reforestación y reintroducción de algunas especies de vegetación (Gómez, 2004).

Garmendia (2005) planteó para el proceso de búsqueda, selección y evaluación de las posibles medidas, en primer lugar, identificarlas. Algunas de ellas resultarán inviables, bien por su costo o bien porque el efecto que se busca lograr no sea adecuado ni rentable.

El cuidado del medio ambiente ha adquirido importancia en diversos aspectos. En la industria de la construcción, la infraestructura carretera generalmente sigue una secuencia, la cual puede variar de acuerdo a las características particulares de cada proyecto vial, sin embargo, cada etapa tiene diferentes impactos naturales, sociales y económicos los cuales se deben evitar o minimizar desde el inicio de la construcción.

Entre los impactos que se generan durante la construcción de una carretera se pueden encontrar la pérdida de la cubierta del suelo y de la vegetación, la erosión hídrica y eólica del suelo, y la inestabilidad de taludes.

Los cortes en talud pueden ser un riesgo porque su inestabilidad puede generar fallas o deslizamientos en cualquier momento. Las causas por la que un corte se desliza son diversas, y pueden presentarse desde el inicio de la construcción de una vía hasta varios años después, cuando la carretera ya se encuentra en operación, generando gastos adicionales por las actividades de reparación y nueva estabilización, más la aplicación de técnicas para evitar que el talud vuelva a fallar.

La autopista Salamanca-León se ubica en el estado de Guanajuato y pasa por cinco municipios (Irapuato, León, Romita, Salamanca y Silao); por su parte, la autopista Necaxa-Tehuacán pasa por seis municipios del estado de Puebla (Huauchinango, Juan Galindo, Xicotepetec, Jalpan, Tlacuiletepec y Venustiano Carranza) y uno del estado de Veracruz (Tehuacán). Ambas carreteras fueron sometidas al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, y fueron autorizadas de forma condicionada por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

En el presente trabajo se realizó un análisis del cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas para los cortes de talud, establecidas en las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA), de los proyectos carreteros Necaxa-Tehuacán, Puebla, y Salamanca-León, Guanajuato, con el fin de identificar si dichas medidas se aplicaron y si funcionaron en los taludes en corte.

Para comenzar el estudio, se consultaron fuentes bibliográficas públicas y páginas de internet de dependencias oficiales, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), las leyes y reglamentos, así como las Normas Oficiales Mexicanas (NOM); lo anterior se complementó con recorridos en campo para establecer si se aplicaron las medidas de mitigación y se buscó información sobre cuáles de estas son las que generalmente se aplican en los taludes en corte durante la construcción de carreteras. En caso de incumplir la aplicación de las medidas de mitigación propuestas en las MIA de ambos proyectos, se observarían serios impactos al ya deteriorado ambiente en los 83 km de la autopista Necaxa-Tehuacán y en los 72 km de la autopista Salamanca-León.

En la SEMARNAT se consideran y aplican tres tipos de medidas de mitigación o minimización para subsanar los impactos ambientales según la forma en la cual se aplican; estas medidas pueden ser preventivas o protectoras, de mitigación y de compensación.

El utilizar vegetación es una de las medidas más económicas, sin embargo, no siempre funciona; es más, el peso de la vegetación puede favorecer el desplazamiento del talud por la captación de humedad.

3.2 Antecedentes

A finales de la década de 1960 e inicios de la de 1970, aparecen en Estados Unidos de América las Evaluaciones de Impacto Ambiental, en la Ley Nacional de Política Ambiental o NEPA (*National Environmental Policy Act*). En este periodo se funda también la Agencia de Protección del Medio Ambiente o EPA (*Environmental Protection Agency*).

En México, cinco secretarías se fundaron entre 1970 y 2019: de Salubridad y Asistencia (SSA), de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), de Desarrollo Urbano y Ecología (SE-DUE), de Desarrollo Social (SEDESOL), de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), y de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), las cuales se han encargado de la gestión del impacto ambiental (Alvarado, 2017).

El impacto ambiental se ha regulado por varias leyes: la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (H. Congreso de la Unión, 1971), la Ley Federal de Protección al Ambiente (H. Congreso de la Unión, 1982), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (H. Congreso de la Unión, 1988) y la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (H. Congreso de la Unión, 2013), entre otras.

3.3 Los problemas de las autopistas

3.3.1 Autopista Salamanca–León, Guanajuato

El Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (2008) realizó un informe ambiental de la zona del proyecto. Se presentaron

diversos problemas ambientales, que se mencionan a continuación: alta generación de residuos peligrosos y de manejo especial, contaminación por ruido, vibraciones, agua, suelo, tala inmoderada y sobreexplotación de acuíferos. Las aguas de la cuenca alta del río Turbio son de las más contaminadas del estado; lo mismo ocurre con el río Lerma en su tramo de Salamanca.

3.3.2 Autopista Necaxa-Tehuacán, Puebla

La autopista Necaxa-Tehuacán cruza en sus primeros kilómetros por la cuenca hidrográfica del Río Necaxa, declarada como Área Natural Protegida por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), denominada Zona Protectora Forestal Vedada (ZPFV). La CONANP, en el 2013, expuso que una de las principales problemáticas ambientales en la zona fue el cambio de uso de suelo, y los resultados exponen la pérdida de suelo por procesos de erosión y la pérdida de la flora y fauna local. La autopista presenta deterioro en el relieve de la zona, haciendo el sistema más susceptible a degradarse; el daño en ocasiones resulta irreversible y la recuperación inviable.

3.4 Acciones

Las medidas preventivas, de mitigación y de compensación contribuyen a que los cortes en talud no sean un riesgo, ya que por su inestabilidad pueden generar fallas o deslizamientos, inundaciones y accidentes automovilísticos.

En la construcción de carreteras y obras de infraestructura, se realizan gran cantidad de cortes y terraplenes, los cuales modifican los estados de esfuerzos y disminuyen los factores de seguridad al deslizamiento (Suarez, s.f.).

El trabajo estuvo guiado por dos objetivos centrales. El primero fue identificar si las medidas propuestas se aplicaron, y si éstas funcionaron como se estableció en la manifestación; el segundo, proponer acciones para las medidas que no se aplicaron o no fueron efectivas.

Como método general de trabajo, en la primera fase se realizó una recopilación de información, en fuentes bibliográficas públi-

cas y páginas de internet de dependencias oficiales; posteriormente se elaboró una caracterización del Sistema Ambiental Regional de los municipios por donde pasa el trazo de las autopistas. La segunda fase consistió en el análisis de los impactos ambientales y las medidas de mitigación de ambas MIA. En la tercera, se procedió a efectuar el trabajo de campo, verificando si se aplicaron las medidas y cuáles funcionaron, y revisando el estado en que se encuentran los taludes de las autopistas: se tomaron fotografías de los taludes y se registró el kilometraje; a continuación, se realizó un análisis de las alternativas ambientalmente más adecuadas para las que no funcionaron los cortes en talud.

3.5 Caracterización del sistema ambiental

3.5.1 Autopista Salamanca-León

Se localiza en la Región Centro-Oeste del estado de Guanajuato, con coordenadas 20°33'19.08" latitud Norte y 101° 6'3.10"0 longitud Oeste (al inicio del trazo, en Salamanca) y 21°3'40.54" latitud Norte y longitud Este 101°35'40.72" (al final de trazo, en León).

La zona tiene un clima semi-seco cálido, con temperatura anual promedio de 22 °C, y una precipitación anual que va de 600 a 800 mm. Se ubica en la cuenca Hidrológica Lerma-Chapala. La altura promedio sobre el nivel del mar es de 2,015 metros, sus materiales geológicos son aluviales del cuaternario riolita-toba ácida, basalto y arenisca-conglomerado. Los principales tipos de suelo son Vertisol y Feozem, tipo Vertisol y Feozem, Chernozem y Leptosol, con vegetación de mezquital, huizachales, pastizal inducido, vegetación secundaria y reptiles, anfibios y aves como fauna.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en el censo 2010, la población total de los municipios del área de estudio es de 1 836 321 habitantes. El grado promedio de escolaridad de las personas de 15 años y más en Guanajuato es de 7.73 años. El porcentaje de derechohabientes a recibir prestaciones sanitarias públicas es de 69.7% del total del estado. El total de hogares y viviendas particulares habitadas, en el estado de Guanajuato, es de 1 266 772. El Producto In-

terno Bruto (PIB) del estado de Guanajuato a 2015 representó el 6.40% del total nacional.

3.5.2 Autopista Necaxa-Tihuatlán

Se ubica entre las coordenadas 20°3'50.21" latitud Norte y 97°57'50.69" longitud Oeste (al inicio del trazo, en Huachinango) y 20°39'4.65" latitud Norte y 97°26'48.30" longitud Oeste (al final del trazo, en el entronque Tihuatlán).

Los climas de la zona son el semi-cálido, con una temperatura media anual de 18 a 24°C y una precipitación anual de 2500 a 2900mm; y el muy cálido, donde la temperatura media anual va de 18 a 26 °C y existe una precipitación anual promedio de 2277.1 mm. El proyecto se ubica en la región hidrológica Tuxpan-Nautla y los ríos Tecolutla, Cazones y Tuxpan. Cuenta con relieve de lomeríos medios, formado de fluvios e interfluvios, donde las unidades de relieve están constituidas por un sistema de laderas y pie de monte medios y coluviales; las elevaciones van de una altura de 1155 a 1575 msnm.

Las rocas de esta zona son sedimentarias, como calizas del cretácico inferior, lutitas y areniscas. Los suelos dominantes son Cambisoles, Feozem, Regosoles, Litosoles y Vertisoles. La vegetación dominante es el pastizal, algunos relictos de selva mediana subcaducifolia. Como fauna se tiene anfibios, reptiles, aves, mamíferos e invertebrados.

El PIB del estado de Puebla a 2015 representó el 2.19% del total nacional. El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más es de 8.5 años, lo que equivale a poco más de segundo año de secundaria. El total de hogares y viviendas particulares habitadas es de 1 373 772.

3.6 Medidas de mitigación propuestas en ambos proyectos

3.6.1 Autopista Salamanca-León

Se recomienda arrope de taludes en la misma obra, conformación del talud, recubrimiento de la superficie, control de agua su-

periférica y subterránea, estructuras de contención y mejoramiento del suelo. Con la finalidad de garantizar la estabilidad, deberán respetarse los ángulos de reposo de los materiales involucrados, procurando dejar, al finalizar la jornada, taludes tendidos para evitar derrumbes. Evitar dejar árboles a bordo de talud o inestables en la zona del proyecto en virtud de que podrían desenraizarse, provocando derrumbes y obstrucción. La capa fértil del suelo retirada como producto del despalme se incorporará para el arroje de taludes, por lo que este material no será manejado como residuo.

3.6.2 Autopista Necaxa-Tehuacán

En los taludes de los cortes no se dejarán fragmentos rocosos o porciones considerables de material que pudiese desplazarse hacia el camino. Se debe propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes, con vegetación para evitar la erosión de los mismos.

Se propone acamellonar suelo descapotado para posterior reforestación de taludes, así como reforestar terraplenes y taludes con vegetación del sitio; en los tramos donde se requiera de taludes por la configuración del terreno, estos tendrán que ser recubiertos con tierra vegetal del área.

3.6.3 Principales impactos ambientales

Los impactos ambientales pueden estudiarse utilizando diferentes metodologías, como las listas de cotejo, las matrices de causa-efecto y los diagramas de redes; incluso se cuenta con programa de computación o software para identificarlos.

En México, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RMIA, 2015) define tres principales tipos de impacto ambiental:

- **Acumulativo:** resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- **Residual:** persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

- Sinérgico: se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor a la suma de los impactos individuales.

Los impactos ambientales encontrados en ambas autopistas, junto con las medidas de mitigación propuestas pueden observarse en los cuadros 3.1 y 3.2:

Cuadro 3.1
Impactos ambientales encontrados
en la Autopista Salamanca-León, Guanajuato

<i>Elemento del sistema ambiental afectado</i>	<i>Impacto ambiental</i>	<i>Medida de mitigación propuesta</i>
Flora	Pérdida de cobertura vegetal	Fumigar los árboles plagados enfermos una vez que sean derribados.
Suelo	Contaminación por derrames accidentales de combustibles	Cumplimiento del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de residuos peligrosos.
Geomorfología	Modificaciones al relieve por cortes y excavaciones	Respetar los ángulos de reposo de los materiales.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.2
Impactos ambientales encontrados
en la Autopista Necaxa-Tehuacán, Puebla

<i>Elemento del sistema ambiental afectado</i>	<i>Impacto ambiental</i>	<i>Medida de mitigación propuesta</i>
Flora	Pérdida de cobertura vegetal	Fumigar los árboles plagados enfermos una vez que sean derribados
Suelo	Pérdida de capa fértil del suelo	Utilizar la capa fértil para realizar actividades de restauración o arroyo de taludes.
Agua	Azolve de ríos	Revegetar las laderas de los cerros.

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Vigilancia ambiental. Seguimiento a las Medidas de Mitigación

3.7.1 Autopista Necaxa-Tehuacán

Para llevar a cabo el seguimiento a las medidas de mitigación, se realizó trabajo de campo, el cual consistió en recorridos por ambas autopistas para observar si se aplicaron las medidas de mitigación que fueron propuestas en ambas MIA en los taludes de corte.

Medida propuesta: Reforestación de talud.

Clasificación de la medida Restauración y mitigación

Tipo de impacto ambiental Pérdida de cobertura vegetal

Etapa del proyecto: Construcción **Ubicación:** km 40+600 aprox.

Descripción de la medida: Deberán respetarse los ángulos de reposo de los materiales involucrados, procurando dejar taludes tendidos para evitar derrumbes.

Escenario esperado: Talud estabilizado y cubierto con vegetación de la zona.

Escenario encontrado: En el talud existe el crecimiento de vegetación secundaria; también se aprecian algunos ejemplares de pinos. En las medidas de mitigación se propuso la reforestación con especies de la región. Sí se aplicó la medida de mitigación propuesta; el talud se encuentra estable, sin embargo, no se dio seguimiento, ya que los elementos que se encuentran plantados en el talud son pocos, lo cual hace pensar que la reforestación se debe a la sucesión ecológica natural.

Por las condiciones en que se observó el talud, sí funcionó la medida de reforestación.



3.7.2 Autopista Salamanca-León

En esta autopista el kilometraje se encuentra bien señalizado, sin embargo, por la longitud de los taludes se indica un kilometraje aproximado.

Medida propuesta: Reforestación de talud.

Clasificación de la medida Restauración y mitigación

Tipo de impacto ambiental Aumento de procesos erosivos

Etapas del proyecto Operación **Ubicación:** km 128+080 aprox.

Descripción de la medida: Se considera recuperar la capa fértil para realizar actividades de restauración o arroje de taludes.

Escenario esperado: Talud cubierto con vegetación de la zona.

Escenario encontrado: En este talud no se aplicaron medidas de mitigación, por lo que tiene una eficiencia de 0%. Si las condiciones del lugar no permitieron realizar reforestación, por lo menos se debió arrojar el talud con el suelo orgánico cuando se realizó el despalme para facilitar la sucesión ecológica de algunas especies.

El talud tiene una altura aproximada de tres metros; se observó vegetación secundaria. Por la época de estiaje, la vegetación se encontraba seca. No se contemplaron especies reforestadas, como se estableció en las medidas de mitigación.



3.8 Medidas de mitigación propuestas para el caso fallido

La pendiente del talud no siempre permite el establecimiento de la vegetación, por lo que se propone la construcción ya sea de

escalones o bermas, para que la vegetación se pueda establecer en superficies horizontales, o bien de muros gavión, que permiten el establecimiento de especies arbustivas o herbáceas.

3.9 Resultados

En ambas autopistas el seguimiento de las medidas de mitigación fue mínimo; además, no se llevó a cabo un monitoreo ambiental.

3.9.1 Autopista Salamanca-León

En los cortes en talud se observan los impactos más significativos en la etapa de construcción, y las medidas de mitigación son respetar el ángulo de reposo del material y la reforestación. De los 74.5 km que comprenden la autopista Salamanca-León, después del recorrido se estimó que, de las medidas de mitigación que debían aplicarse, solo se aplicó el 10% en los taludes.

3.9.2 Autopista Necaxa-Tehuacán

Por ubicarse en un clima cálido húmedo, con pendientes mayores de 40°, suelos húmedos y altura de 20 m, los taludes son muy propensos a un deslizamiento. Los principales impactos encontrados fueron la pérdida de cobertura vegetal y suelo. En los taludes sin medidas de mitigación los suelos se están deslizando y erosionando. Por otra parte, en los 83 km de la autopista Necaxa-Tehuacán, se estimó que la proporción de las medidas de mitigación aplicadas fueron del 35%.

3.10 Conclusiones

Con base en los resultados, se observa que solamente en algunos casos se aplicaron las medidas de mitigación en los taludes en corte, ya sea porque no se les dio seguimiento o porque las características del terreno después de la construcción de la autopista no permitieron que se aplicaran las medidas; actualmente no se cuenta con una metodología para identificar y establecer las medidas

de mitigación que sean funcionales para cada proyecto. La estabilidad de los taludes depende de varios factores, desde el ángulo de inclinación hasta el clima de una región; el colocar ciertas estructuras reduce los riesgos de un deslizamiento y los daños a terceros. Varios autores coinciden en que la revegetación de las zonas afectadas por la construcción puede minimizar el daño, sin embargo, esta no siempre es la mejor opción.

En el caso de la autopista de Necaxa-Tihuatlán, la altura y ángulo de los taludes no permitieron proponer el arroje de los taludes con el suelo producto del despalme, el cual es rico en materia orgánica. Las condiciones de humedad en esta autopista favorecieron la propagación de especies invasoras, y aunque algunos pastos fueron colocados, no se observó que se colocara vegetación nativa, como se indicó en la MIA.

En la MIA debería considerarse los impactos residuales y realizar un análisis costo-beneficio de la aplicación de ciertas medidas de mitigación. En la actualidad, existen diversas metodologías con las que se puede introducir vegetación a zonas de difícil acceso, como los biorrollos, geomallas o incluso las mantas orgánicas.

En la autopista Salamanca-León no se propuso reforestar taludes debido a que el clima de la zona tiende a ser árido. Para mejorar la eficiencia de las medidas de mitigación que se proponen en las MIA, el consultor debería considerar combinar varias técnicas.

Reconocimientos

El presente capítulo fue desarrollado en el marco de los proyectos con financiamiento SIP 20160652 y SIP 20160912.

Bibliografía

- Alvarado, C. M. (2017). *Evaluación del Impacto Ambiental en México*. México: IPN. 137 pp.
- Garmendia, A.; Salvador, A.; Crespo, C.; Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Pearson Educación. 416 pp.

- Gómez Orea, Domingo (2004). *Recuperación de espacios degradados*. Madrid: Mundi Prensa. 583 pp.
- ONU-Hábitat y Grupo Mexicano de Parlamentarios para el Hábitat. (s/f). *Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015*. México: ONU-Hábitat. ISBN 978-92-1-132651-2. 100 pp.
- Quintero Juan D. (s/f). *Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables*. Latinoamérica y el Caribe: The Nature Conservancy. 104 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología (INE). (2012). *La evaluación del impacto ambiental*. México: INE-SEMARNAT. 160 pp.

Cibergrafía

- Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2007). *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. Recuperado de «www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0962007.pdf». Consultado el 16 septiembre 2016. 91 pp.
- H. Congreso de la Unión (1971). *Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental*. Recuperado de «www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA.pdf». Consultado el 16 de septiembre de 2016. 17 pp.
- (1978). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, Recuperado de «www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf». Consultado de 22 de septiembre de 2016. 114 pp.
- (1982). *Ley Federal de Protección al Ambiente*, Recuperado de «www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4709428&fecha=11/01/1982». Consultado 16 de septiembre de 2016. 98 pp.
- (2013). *Ley Federal de Responsabilidad Ambiental*, Recuperado de «www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA.pdf». Consultado el 22 de septiembre de 2016. 17 pp.
- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (2008). *Informe Ambiental del Estado de Guanajuato*. Gobierno de Guanajuato, Recuperado de «<https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/biblioteca-en-linea>». Consultado el 14 octubre de 2016.

- Reglamento de la Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental (2015, 2 de marzo). Diario Oficial de la Federación . Recuperado de «www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf». Consultado el 22 de septiembre de 2016. 29 pp.
- Sánchez, L. E. (2010). *Evaluación del impacto ambiental: conceptos y métodos*. Bogotá, Colombia, Ecoe Ediciones, Recuperado de «www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2016/08/Evaluacion-de-impacto-ambiental-taco.pdf». Consultado el 15 de septiembre de 2016. 458 pp.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte (1999). Catálogo de impacto ambiental, técnica 1333, México, tomado de. Recuperado de «www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt133.pdf». Consultado el 3 septiembre de 2016. 85 pp.
- Suárez Díaz, Jaime (2013). *Deslizamiento. Tomo I: Análisis Geotécnico. Geotecnología. S.A.S*. Recuperado de «www.erosion.com.co/libros.html». Consultado el 1 de septiembre 2016. 581 pp.



*Gestión ambiental,
Casos mexicanos*

coordinado por las doctoras,
Blanca Estela Gutiérrez Barba
María Yolanda Leonor Ordaz Guillén

se terminó el 26 de diciembre de 2019 por
Altres Costa-Amic Editores, S.A. de C.V., Ca-
lle 35 Poniente 302-A, Col Chula Vista, Pue-
bla, Puebla 72420, México, tel 222 200 3349
y 553 838 2383. La edición electrónica estu-
vo al cuidado de las doctoras Blanca Estela
Gutiérrez Barba y María Yolanda Leonor
Ordaz Guillén y de Bartomeu Costa-Amic
Leonardo

ISBN 978-607-8518-41-8