

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN PARA IMPACTOS  
AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EMPLEADAS  
EN ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS  
CARRETEROS, BASADO EN REGISTROS HISTÓRICOS**

PRESENTADO POR:

**ELENA BERALICE RAMÍREZ FRANCO**

**MAYRELIN LYSBETH SANTOS LARA**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERA CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2023

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

**SECRETARIO :**

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DIRECTOR :**  
**(Interino)**

**ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERA CIVIL**

Título :

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN PARA IMPACTOS  
AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EMPLEADAS  
EN ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS  
CARRETEROS, BASADO EN REGISTROS HISTÓRICOS**

Presentado por :

**ELENA BERALICE RAMÍREZ FRANCO  
MAYRELIN LYSBETH SANTOS LARA**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

**ING. EDWIN SANTIAGO ESCOBAR RIVAS  
ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA  
ING. IVÁN DE JESÚS OSORIO  
(Asesor Externo)**

San Salvador, mayo 2023

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

ING. EDWIN SANTIAGO ESCOBAR RIVAS

ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA

ING. IVÁN DE JESÚS OSORIO  
(Asesor Externo)

## DEDICATORIA

### **Dedicatoria por: Elena Beralice Ramírez Franco.**

A Dios por protegerme, guiarme y brindarme la fuerza necesaria durante todos mis años de estudio.

A mi querida madre María Elena Franco por ser un pilar fundamental en mi desarrollo académico, creyendo en mi en cada momento a pesar de mis altas y bajas, brindándome las palabras adecuadas en los momentos más difíciles encontrados en mi carrera, por los consejos para mis técnicas de estudio durante mis primeros años de la universidad y también por los consejos para ser una mejor persona, por transmitirme esa paciencia que la caracteriza como persona, gracias por el esfuerzo que ha realizado durante años para poder formarme profesionalmente, uno de sus anhelos se está cumpliendo. Sin duda alguna este logro es para usted.

A mi hermano Alex Manzano a pesar de la distancia siempre ha estado presente, con su apoyo moral y esfuerzo para culminar mis estudios.

A mi novio Henry Noé Ramírez por su apoyo incondicional en cada momento, ayudándome a fortalecer mis pensamientos en el presente y a futuro, gracias por la paciencia y el cariño que tienes conmigo.

A mis pequeños Teo y Felson por ser mi felicidad y mi fuerza por el cual luchar para cumplir mis metas, gracias por esas sonrisas que transmiten energía para esos momentos difíciles.

A mi prima Sonia Maricela Orellana por estar presente siempre en cada momento de dificultad, dándome ánimos y alegrías, por esos detalles que han sido parte para fortalecer mi bienestar durante mi hospedaje lejos de casa.

A Jenny Guerra por ser una personal especial en la cual confiar durante muchos años de amistad, valoro mucho el tener con quien compartir aventuras y tristezas, gracias por ser como eres.

A mis amigas y compañeras de los últimos años cursados en la universidad Ingrid González, Verónica Pérez y Cesia Arias, han sido una pieza fundamental en mi formación, con su apoyo en trabajos, tiempo de estudio en grupo y su paciencia, gracias por formar parte de los tiempos difíciles y que a pesar de eso siempre han sonreído. También a Katherine González y Ángel Gracia por compartir sus conocimientos.

A mi compañera de Tesis y amiga Mayrelin Santos por darme ánimos y fuerzas para seguir durante los últimos ciclos de la carrera, sin duda tu energía y positivismo fueron fundamentales para llegar a culminar un sueño, gracias por la perseverancia y la decisión de aventurarte a este proceso de trabajo de graduación, se aprecia lo especial que has sido conmigo.

A todos los docentes y personas que han estado presentes en mi formación académica en especial a los docentes asesores Ing. Edwin Escobar e Ing. Mauricio Valencia, por llevar las riendas de esta investigación y compartir sus grandes conocimientos.

A nuestro asesor externo el Ing. Iván Osorio, por el apoyo incondicional en el desarrollo de esta investigación, brindándonos tiempo y sus conocimientos, tanto en procesos para obtener información como también explicaciones para aclarar dudas.

**Dedicatoria por: Mayrelin Lysbeth Santos Lara.**

Quiero dedicar todos estos años de lucha, sacrificio, esfuerzo, perseverancia y mucha voluntad, pero también de esperanza, fe, satisfacción, pequeños logros y alegrías:

A papito **Dios**, que fue y es la fuerza principal que me sostiene cada día, quién me lleva de su mano sin soltarme en cada paso que doy, y me demuestra que puedo y voy a poder si creo en él y en mí.

A mis padres **José Gilberto Santos Chinchilla** y **Lysbeth Arely Lara Ramírez**, que, con su sacrificio, esfuerzo, entrega y amor incondicionales, hicieron más sencillo mi camino; por acompañarme en cada paso que avancé y también retrocedí, y tener las palabras que necesité cuando quise flaquear. Por ser un ejemplo e inspiración para mí, y la razón principal de que esto sea posible. Hoy cumplimos este sueño y agradezco tenerlos para verlo, los amo.

A mis abuelitos,

**Enrique Santos** (Q.E.P.D.), quién fue y sigue siendo una enseñanza diaria para mí desde siempre, deseo que esté orgulloso y disfrutando conmigo este y todos los sueños que me faltan por cumplir; atesoro mucho ese último beso, confío en que me va a dar muchos más, lo extraño.

**Julia Chinchilla**, por su amor, preocupación, y las oraciones que sé que son las que me han levantado cuando yo sola no he podido, y las que han protegido mi camino.

**Virginia Ramírez** (Q.E.P.D.) y **Humberto Lara** (Q.E.P.D.), por su amor, apoyo, entrega, y ser ejemplo de superación, perseverancia y lucha, y hacer posible mi realización personal y profesional.

A mis hermanos,

**Boris Santos**, por ser mi apoyo, compañía y mejores recuerdos desde siempre, por creer en mí, cuidarme y estar siempre que he necesitado.

**Jessica Santos**, por todo el apoyo y compañía a lo largo del tiempo.

A mis sobrinos,

**Axel Santos**, el gordo que, sin imaginarse que, siendo tan pequeño, con sus palabras y amor genuino me ha sacado sonrisas en momentos que lo necesité.

**Yadhany Santos**, por convertirme en tía por primera vez, y por ver en mí a alguien a quién seguir, cuando yo no lo he visto.

A **Elsy Campos** y **Estefany Alvarenga**, por escucharme, apoyarme, alegrarse por mí, siempre estar y formar parte de mi formación profesional. Demás familia, tíos y primos, que de una u otra forma han aportado en mi crecimiento.

A mis mejores amigos,

**Patricia López** y **Melisa Palma**, por todos esos años de amistad, compañía, y brazos extendidos a cuáles correr cuando las cosas se volvían difíciles; también las risas, aventuras, experiencias, crecimiento y amor que nos ha mantenido unidas.

**Boris Orellana**, por ser un gran apoyo para mí, por siempre estar y comprenderme cuando nadie más lo hacía, por la incondicionalidad, el amor, y recordarme todo lo que soy capaz de lograr, por creer en mí y quererme tanto, y ese granito de tranquilidad que aportas a mi vida y tanta falta le hace, todo mi cariño para vos.

**Lucía Canales**, por ser mi compañía las noches que me sentí sola, por creer en mí y hacerme sentir que podía lograr todo, por escucharme y compartir tantas risas conmigo.

**Sergio Tax**, uno de mis primeros amigos y compañeros de la universidad, agradezco tu cariño y el de tu familia, y hacérmelo sentir aún en la distancia, por abrirme las puertas de su casa y recibirme como una más de ustedes.

Vladimir Quinteros, Evelin Amaya, y demás amigos, por su cariño y compañía.

A mi compañera de sueños, **Beralice Franco**, agradezco la paciencia, comprensión, apoyo, perseverancia y lucha, por dar el 80% cuando yo solo podía dar el 20, complementamos esfuerzos y hoy cosechamos los resultados, sé que no hubiera podido elegido mejor compañera. Mi admiración y cariño para vos.

Gustavo Ruiz, Dennis Martínez, Alvin Montano, Oscar Aguirre, y demás compañeros con los que compartí a lo largo de la carrera, por su aliento y compañerismo.

Agradecimientos especiales:

Al **Ing. James Linares**, por confiar y creer en mí en mi primer empleo, por todas las enseñanzas que aportaron a mi conocimiento y crecimiento profesional.

Al **Ing. Wilfredo Amaya**, por creer y confiar en mí, y darme oportunidades sin decirlo, y abrirme muchas puertas.

Al **Ing. Iván Osorio**, por ser la motivación para elegir el tema de este trabajo de graduación y con su vocación promover el interés al área medioambiental en la ingeniería, por todo el apoyo incondicional desde el inicio, por su entrega, tiempo, dedicación y esfuerzo, que sin duda han sido indispensables para lograr el objetivo.

A los docentes asesores, **Ing. Edwin Escobar** e **Ing. Mauricio Valencia**, por ser nuestros guías en este camino, su entrega, su paciencia, y todos los conocimientos aportados para formarnos como profesionales.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	XVIII
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Alcances.....	4
1.5. Limitaciones.....	5
1.6. Justificación.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Introducción.....	7
2.2. Marco Conceptual.....	8
2.2.1. La Ecología.....	8
2.2.2. El Medio Ambiente.....	9
2.2.3. Evaluación del Impacto Ambiental (EIA).....	58
2.2.4. Estudios de Impacto Ambiental (EsIA).....	75
2.2.5. Predicción de Impactos Ambientales.....	78
2.2.5. Valoración de Impactos Ambientales.....	84
2.2.6. Medidas de Prevención y Mitigación.....	85
2.2.7. Monitoreo Ambiental.....	87
CAPÍTULO III: LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN EL SALVADOR.....	90

3.1. Introducción .....	90
3.2. Antecedentes históricos de la legislación ambiental en Centroamérica. 90	
3.3. Legislación ambiental en la Región Centroamericana.....	92
3.4. Legislación Ambiental en El Salvador.....	111
CAPÍTULO IV: GENERALIDADES DE LAS CARRETERAS.....	123
4.1. Introducción .....	123
4.2. Situación actual de la red carretera de El Salvador.....	123
4.2.1. Historia del desarrollo y construcción de carreteras en El Salvador. 130	
4.2.2. Clasificación y tipos de caminos en El Salvador.....	136
4.2.3. Proyectos futuros.....	139
4.3. Tipos de proyectos carreteros.....	143
4.4. Características técnicas de las carreteras.....	145
4.4.1. Diseños.....	150
4.4.2. Proceso de construcción de una carretera.....	155
4.4.3. Tipos de materiales.....	163
4.4.4. Maquinaria utilizada.....	165
CAPITULO V: IMPACTOS AMBIENTALES EN PROYECTOS CARRETEROS. .....	171
5.1. Introducción .....	171
5.2. Impactos Ambientales positivos.....	172
5.2.1. Tipos de Impactos Ambientales Positivos.....	172
5.3. Impactos Ambientales Negativos.....	175

5.3.1. Tipos de Impactos Negativos.....	175
5.3.2. Medidas de Manejo de Impactos Ambientales.....	176
5.3.3. Medidas de Mitigación.....	178
5.3.4. Programa de Manejo Ambiental (PMA).....	179
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	181
6.1. Introducción.....	181
6.2. Etapas de un Proyecto Carretero.....	182
6.3. Matriz de Impactos Ambientales Negativos y Medidas de Mitigación.....	184
6.3.1. Descripción de las Medidas de Mitigación.....	224
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	281
CONCLUSIONES.....	281
RECOMENDACIONES.....	284
BIBLIOGRAFÍA.....	289

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: El medio Ambiente en la Evaluación Ambiental.....	10
Figura 2: Factores Bióticos.....	13
Figura 3: Interacciones dentro del Medio Ambiente.....	14
Figura 4: Homo Sapiens y el uso del fuego.....	18
Figura 5: Revolución industria.....	19
Figura 6: Impacto Ambiental de la primera guerra mundial.....	20
Figura 7: Impacto Ambiental de la segunda guerra mundial.....	22
Figura 8: Impacto Ambiental en la actualidad.....	23
Figura 9: Impacto Ambiental de proyecto carretero.....	26
Figura 10: Categorización de actividades, obras y proyectos, 2017.....	34
Figura 11: Impacto Ambiental Positivo.....	39
Figura 12: Actividad industrial.....	40
Figura 13: Incendio Forestal.....	40
Figura 14: Destrucción de la Capa de Ozono.....	41
Figura 15: Ejemplo de Deforestación.....	42
Figura 16: Ejemplo de formación de lluvia ácida.....	43
Figura 17: Áreas naturales protegidas terrestres.....	47
Figura 18: Superficie forestal como proporción de la superficie total.....	49
Figura 19: Índice de cobertura verde en las montañas.....	50
Figura 20: Población con acceso a servicio de saneamiento mejorados.....	52
Figura 21: Población que dispone de servicios de suministro de agua potable gestionados de manera segura.....	55
Figura 22: Porcentaje de ríos con calidad de agua buena.....	57
Figura 23: Porcentaje de ríos con calidad de agua buena.....	58
Figura 24: Número de ríos con calidad de agua buena y no buena.....	58
Figura 25: Matriz Clásica de Leopold.....	66
Figura 26: Parámetros ambientales del método Battelle-Columbus.....	69
Figura 27: Secuencia del proceso del EsIA.....	77

Figura 28: Contaminación de la atmósfera .....	78
Figura 29: Contaminación del agua superficial .....	79
Figura 30: Contaminación del suelo y agua subterránea.....	80
Figura 31: Ruido a causa de la obra civil .....	81
Figura 32: Destrucción de hábitat de fauna. ....	82
Figura 33: Destrucción de hábitat de flora .....	82
Figura 34: Inundación en patrimonio cultural, Venecia, Italia.....	83
Figura 35: Deterioro del paisaje.....	84
Figura 36: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de Guatemala en diversas áreas ambientales .....	94
Figura 37: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de El Salvador en diversas áreas ambientales .....	97
Figura 38: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de El Salvador en diversas áreas ambientales .....	103
Figura 39: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de Nicaragua en diversas áreas ambientales .....	106
Figura 40: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de Costa Rica en diversas áreas ambientales .....	108
Figura 41: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de Panamá en diversas áreas ambientales. ....	111
Figura 42: Primera línea ferroviaria de El Salvador, entre San Salvador y Santa Tecla, 1876.....	131
Figura 43: Construcción de carretera al Puerto de La Libertad, 1916.....	133
Figura 44: Construcción de carretera Panamericana, 1940.....	134
Figura 45: Construcción de túneles en carretera litoral, 1959.....	135
Figura 46: Sección transversal típica de una carretera de doble carril.. ....	146
Figura 47: Sección transversal típica de una carretera de doble carril con medianera. ....	147
Figura 48: Esquema básico de la estructura de un pavimento flexible.. ....	161

Figura 49: Esquema básico de la estructura de un pavimento rígido..	162
Figura 50: Tractor de Orugas con Bulldozer.	165
Figura 51: Motoniveladora.	166
Figura 52: Mototrailla.	167
Figura 53: Retroexcavadora	167
Figura 54: Palas Mecánicas.	168
Figura 55: Camiones.	169
Figura 56: Pavimentadora de asfalto	169
Figura 57: Rodillo.	170
Figura 58: Humectación en frentes de trabajo, By Pass San Miguel	224
Figura 59: Humectación a lo largo del proyecto.	225
Figura 60: Uso de equipo de protección para trabajadores	226
Figura 61: Uso de equipo de protección para trabajadores, By Pass San Miguel	227
Figura 62: Regulación de tránsito local, By Pass San Miguel	228
Figura 63: Regulación de tránsito local, By Pass San Miguel	229
Figura 64: Camión con cobertura de lona	230
Figura 65: Disposición final de material excedente, By Pass San Miguel	231
Figura 66: Viviendas cercanas al área del proyecto, By Pass San Miguel.	232
Figura 67: Establecimiento de oficina de Gestion Social	233
Figura 68: Informaciond de medida de prevencion contra incendios	234
Figura 69: Arboles en viveros preparados para poder sembrarse en zona afectada	235
Figura 70: Arboles sembrados en zona afectada por proyecto	236
Figura 71: Colocación de nido artificial para aves.	237
Figura 72: Esquema de nido y sus medidas. Diseño adaptado por I. Vega y O. Bolaños	238
Figura 73: Ejemplo de madriguera de mamíferos en paredón	239
Figura 74: Información y comunicación social	240

Figura 75: Información y comunicación social .....	241
Figura 76: Depósitos para colocación de desechos sólidos, By Pass San Miguel .....	242
Figura 77: Servicios sanitarios portátiles, By Pass San Miguel .....	243
Figura 78: Canaleta parabólica y caja de rebalse conformados en el terreno de la traza del proyecto y canaleta en plantel.....	244
Figura 79: Ejemplo de cunetas conformadas en el terreno de manera provisional. ....	245
Figura 80: Suministro de agua potable .....	246
Figura 81: Baño portátil con cubeta para el lavado de manos, By Pass San Miguel .....	247
Figura 82: Pilas de plástico colocadas en la zona de hospedaje provisional de trabajadores, By Pass San Miguel .....	248
Figura 83: Carteles informativos sobre el hostigamiento sexual laboral, By Pass San Miguel.....	249
Figura 84: Talud artificial y Ladera natural .....	251
Figura 85: La conformación de un talud requiere de un análisis para determinar las pendientes y bermas .....	251
Figura 86: Corte de Talud en el Proyecto Carretera Longitudinal del Norte ....	252
Figura 87: Aplicación de riego para suspensión de partículas .....	255
Figura 88: Utilización de letrinas portátiles .....	256
Figura 89: Señalización y dispositivos de seguridad temporales a utilizar la explotación de sitios de disposición final .....	256
Figura 90: Zanjas de corona .....	257
Figura 91: Drenaje superficial, disipadores.....	258
Figura 92: Ejemplo del uso de una cortina impermeable para estabilizar un deslizamiento (Cornforth, 2005).....	259
Figura 93: Subdren interceptor de zanja en el terraplén de una vía. ....	259

Figura 94: Uso de un subdren horizontal como colector de un dren interceptor en una vía (Barrett, 1979) .....	260
Figura 95: Barbacanas en Talud de concreto lanzado, By Pass San Miguel ...	260
Figura 96: Revestimiento Vegetal en Talud.....	261
Figura 97: Obras verdes en Talud.....	262
Figura 98: Obras verdes en Talud By Pass San Miguel.....	263
Figura 99: Revestimiento de concreto lanzado en Talud, By Pass San Miguel .....	263
Figura 100: Revestimiento de Geotextil en Talud By Pass San Miguel.....	264
Figura 101: Taller del Plantel, By Pass San Miguel.....	267
Figura 102: Taller del Plantel, By Pass San Miguel.....	268
Figura 103: Tanque de almacenamiento de combustible, By Pass San Miguel .....	269
Figura 104: Lechada del lavado de maquinaria de concreto hidráulico. ....	270
Figura 105: Oficina de Gestión Social, By Pass San Miguel Paquete III .....	272
Figura 106: Reubicación de postes eléctricos en proyectos carreteros .....	273
Figura 107: Mejoras de Conectividad, By Pass San Miguel Paquete III.....	274
Figura 108: Letreros de Protección de animales, By Pass San Miguel.....	275
Figura 109: Monitoreo de ruido, By Pass San Miguel .....	276
Figura 110: Instalaciones provisionales, dormitorios de trabajadores, By Pass San Miguel .....	278
Figura 111: Riego de grama en Talud .....	279
Figura 112: siembra de árboles alrededor de carretera .....	280

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de Impactos Ambientales de acuerdo con sus atributos.	37
Tabla 2: Conjunto preliminar de indicadores ambientales.....	45
Tabla 3: Categorización del Impacto Ambiental. ....	120
Tabla 4: Extensión de las carreteras pavimentadas y no pavimentadas por departamentos de El Salvador. ....	125
Tabla 5: Extensión de las carreteras pavimentadas por categoría y por departamentos de El Salvador. ....	126
Tabla 6: Extensión de las carreteras no pavimentadas por categoría por departamentos de El Salvador. ....	127
Tabla 7: Valoración de parámetro OPI para evaluación del estado de las vías. ....	128
Tabla 8: Condición de la red vial pavimentada por departamentos de El Salvador para el año 2018, 2020 y 2021. ....	129
Tabla 9: Proyectos carreteros a corto, mediano y largo plazo .....	142
Tabla 10: Consolidación de Impactos y Medidas Ambientales, Etapa de Construcción, Preparación del Sitio .....	194
Tabla 11: Consolidación de Impactos y Medidas Ambientales, Etapa de Construcción .....	219
Tabla 12: Consolidación de Impactos y Medidas Ambientales, Etapa de Cierre .....	221
Tabla 13: Consolidación de Impactos y Medidas Ambientales, Etapa de Funcionamiento .....	223
Tabla 14. Descripción de Humectación.....	225
Tabla 15: Descripción uso de equipo de protección para trabajadores.....	227
Tabla 16: Descripción regulación de tránsito local .....	229
Tabla 17: Descripción manejo adecuado del almacenamiento y traslado de material particulado.....	231
Tabla 18: Descripción trabajos en horarios que no afecten a la población .....	232

Tabla 19: Descripción información de actividades para prevenir riesgos .....	234
Tabla 20: Descripción revegetación .....	236
Tabla 21: Descripción colocación de madrigueras y nidos.....	239
Tabla 22: Descripción gestión social y ambiental del proyecto .....	241
Tabla 23: Descripción manejo de desechos sólidos y aguas residuales.....	243
Tabla 24: Descripción drenajes temporales .....	245
Tabla 25: Descripción medidas de seguridad ocupacional .....	246
Tabla 26: Medidas de prevención de manejo de impactos, malos hábitos de higiene e interrelación de personas que afecten a la salud .....	250
Tabla 27: Descripción manejo de taludes .....	255
Tabla 28: Descripción control y manejo de terracería .....	256
Tabla 29: Descripción obras de drenaje en taludes .....	260
Tabla 30: Descripción revestimiento de taludes .....	264
Tabla 31: Descripción monitoreo, rescate y/o salvamento de sitios de interés cultural .....	266
Tabla 32: Descripción mantenimiento de maquinaria y equipo .....	268
Tabla 33: Descripción control de derrames.....	272
Tabla 34: Descripción información a la población sobre afectación de servicios públicos.....	272
Tabla 35: Descripción reubicación de servicios básicos .....	273
Tabla 36: Descripción mejoras en conectividad .....	274
Tabla 37: Descripción protección de fauna .....	275
Tabla 38: Descripción monitoreo de ruido.....	276
Tabla 39: Descripción plan de comunicación durante la construcción .....	277
Tabla 40: Descripción contratación de mano de obra local.....	277
Tabla 41: Descripción retiro del proyecto de cualquier instalación provisional, servicios utilizados, limpieza del corredor vial, al finalizar la construcción del proyecto. (etapa de cierre).....	278
Tabla 42: Descripción mantenimiento de grama y zacate.....	279

Tabla 43: Descripción mantenimiento de la arborización llevada a cabo en el proyecto .....	280
--	-----

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El acelerado proceso de urbanización, debido principalmente a la gran tasa de aumento en la población del país, demanda en igual medida un rápido desarrollo de la infraestructura de vivienda, carreteras, comercio, industria y todas aquellas áreas involucradas en el desarrollo y bienestar de la población.

La red de carreteras es uno de los pilares fundamentales del país, ya que facilita el transporte de personas y mercancías por toda la región; por esta razón, en El Salvador se ha visto un notable incremento de proyectos carreteros de diferentes índoles, como apertura, mejoramiento vial, ampliaciones, obras de paso, y otros, ocasionando en el proceso impactos negativos al Medio Ambiente; tales como, explotación de recursos naturales tanto renovables como no renovables, generación de residuos, contaminación por vertidos, alteración de ecosistemas naturales, entre otros.

Esto, a su vez, conlleva una serie de afectaciones no solo al medio ambiente, sino también a la calidad de vida de las personas; es por esta razón, que en los años 70s, surgen las iniciativas ambientalistas y, en consecuencia, los Estudios de Impacto Ambiental (EslA), que consisten en una evaluación exhaustiva de los impactos ambientales, principalmente negativos, que produce cualquier obra, actividad o proyecto, y las medidas que se emplean para disminuir y contrarrestar estos impactos. Los EslA, su aprobación, y obtención del permiso ambiental para la ejecución de la obra, son regidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), mediante la Legislación Ambiental de El Salvador, con el fin de preservar el medio ambiente y los recursos naturales, para garantizar el bienestar de la población y las futuras generaciones.

A razón de esta problemática, se prevé la necesidad de crear un instrumento de Evaluación para Impactos Ambientales y medidas de mitigación, empleados en Estudios de Impacto Ambiental de proyectos carreteros, basado en registros

históricos; con el fin de facilitar la Evaluación de los Impactos Ambientales negativos generados por cualquier tipo de proyecto carretero, y las medidas de mitigación que los contrarresten, obtenidos del análisis de una serie de Estudios de Impacto Ambiental de diversos proyectos carreteros realizados a nivel nacional y aprobados por el MARN.

La presente investigación, se realizará en siete Capítulos, inicialmente se presenta un marco conceptual que define toda la terminología relacionada a la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), seguido se presenta la Legislación Ambiental de El Salvador y de la Región Centroamericana; también las características generales de las carreteras, su historia y desarrollo, su clasificación, proceso constructivo, y otros; luego se profundiza en los Impactos Ambientales en los distintos proyectos carreteros, y por último se abordan el análisis del Impacto Ambiental, que presenta la evaluación de los impactos ambientales negativos y sus medidas de mitigación, y las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

### **1.1. Antecedentes.**

Todo proyecto de obra civil genera más de un impacto negativo en el medio ambiente, entre los cuales se pueden mencionar, la disminución de las poblaciones de flora y fauna, cambios en el ciclo hidrológico, cambios microclimáticos, ruido, contaminación del agua y del suelo, degradación del paisaje, disminución de áreas permeables, y otros.

A lo largo del tiempo, se ha buscado la manera de reducir estos impactos, empleando algunas medidas de mitigación, con el fin de proteger el medio ambiente; sin embargo, mediante una evaluación y análisis de las medidas existentes, podrían replantearse algunas de estas, y proponerse otras, con el fin de mejorar sus condiciones.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), luego de una primera evaluación general y caracterización de los proyectos en proceso de solicitud de permisos ambientales para construcción, determina si un proyecto específico requiere estudio de impacto ambiental, siendo este el caso de la mayoría de los proyectos carreteros; por lo que, es indispensable que el solicitante presente un plan de adecuación ambiental con los impactos ambientales que el proyecto implicará, y la propuesta de las medidas de mitigación a emplear para reducirlos, con el fin de agilizar la resolución de los permisos ambientales.

Por esta razón, se considera construir y facilitar una herramienta que contenga los impactos mínimos a considerar en un determinado proyecto carretero, y las medidas de mitigación que los minimicen de manera certera y oportuna, respaldados por los registros históricos y la investigación abordada, para que sean utilizados como base o parámetro para futuros Estudios de Impacto Ambiental de esta índole.

## **1.2. Planteamiento del problema.**

El proceso de solicitud y aprobación de los permisos ambientales de un proyecto de cualquier tipo es largo y minucioso, en especial cuando se requiere un Estudio de Impacto Ambiental.

En el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, existe una gran demanda de aprobación de Permisos Ambientales de diferentes proyectos de obra civil, como viviendas, carreteras, urbanizaciones, obras de paso, etc., y un Estudio de Impacto Ambiental deficiente o incompleto, retrasa la aprobación de los permisos, y, por lo tanto, la ejecución del proyecto.

Algunas de las medidas de mitigación empleadas para reducir el impacto ambiental negativo ocasionado por los proyectos carreteros, pudieran no ser suficientes o adecuadas para contrarrestar el impacto que se está generando, por lo que, es necesario profundizar más en sus causas.

Cada proyecto carretero tiene particularmente sus propias condiciones, por lo que, sus impactos y medidas de mitigación, serán acordes a esto; sin embargo, mediante la recopilación histórica de todos los impactos generados y medidas de mitigación empleados en proyectos carreteros desarrollados a lo largo de los años, podrá tenerse un parámetro fundamentado para considerar los impactos mínimos que pueden presentarse y las medidas de mitigación a emplear en un determinado proyecto carretero.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Construir y facilitar un instrumento de evaluación para impactos ambientales y medidas de mitigación que puedan ser empleadas en nuevos estudios de impacto ambiental de proyectos carreteros.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Identificar los posibles impactos, positivos y negativos, directos e indirectos, que deriven de la ejecución de la obra carretera.
- Determinar la idoneidad de un proyecto carretero, basándose en los efectos ambientales que genera, con el fin de lograr una sostenibilidad ambiental.
- Generar una recopilación de datos históricos referentes a Estudios de Impacto Ambiental de proyectos carreteros ya ejecutados (antiguos).
- Verificar la razón de las medidas de mitigación recopiladas, para que, de ser necesario, puedan ser modificadas, mejoradas, reemplazadas o descartadas, y si fuera el caso, proponerse nuevas.

#### **1.4. Alcances.**

- Se presentará una recopilación de datos históricos de los proyectos carreteros para generar este instrumento de evaluación.
- Se estudiarán y analizarán una serie de Estudios de Impacto Ambiental de distintos proyectos carreteros realizados a lo largo del tiempo a nivel nacional, que también obran en poder del Ministerio de Obras Públicas y Transporte y que fueron aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Se realizarán visitas a las instituciones correspondientes, tal como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, para consultar toda la información que se requiera para la elaboración del presente proyecto.
- Para el presente estudio, se realizará la evaluación únicamente de los impactos ambientales negativos generados por los diferentes tipos de proyectos carreteros.

### **1.5. Limitaciones.**

- El propósito de la presente investigación, es que sirva como guía y consulta, para todo aquel que se vea inmerso en procesos de realización de Estudios de Impacto Ambiental en proyectos carreteros, y la matriz de impactos ambientales y medidas de mitigación sea un parámetro base para el mismo, y no sea considerada tal cual se presenta en el desarrollo del trabajo, ya que ésta puede variar de un proyecto a otro y también según las evaluaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- El trabajo de investigación se realizará únicamente para proyectos de carreteras, quedarán fuera de esta, el resto de proyectos de otras áreas de la ingeniería.
- El desarrollo de la investigación se verá regida por la legislación de El Salvador, por lo tanto, sólo será válida para el país.
- El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, luego de un proceso de solicitud de Estudios de Impacto Ambiental para diferentes proyectos carreteros desarrollados a nivel nacional a lo largo de los años, no brindó respuesta, a pesar de la insistencia, mediante visitas personales a la institución y correos oficiales del Ministerio. Por esta razón se consideró en esta investigación una cantidad mínima de ocho Estudios de Impacto Ambiental, proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), pero que han sido aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

## **1.6. Justificación.**

Realizar evaluaciones ambientales sin una base previa, se vuelve un trabajo tedioso y difícil; por esa razón, se optó por generar un Instrumento de Evaluación para Impactos Ambientales y Medidas de Mitigación empleadas en Estudios de Impacto Ambiental de proyectos carreteros ya aprobados y finalizados (antiguos). Este instrumento tendrá como fin identificar posibles debilidades en los Estudios de Impacto Ambiental que ingresan al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y con ello fortalecer y mejorar la evaluación de proyectos en el área de medio ambiente.

Para llevar a cabo este estudio, se gestionará ante el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), que es el ente principal ejecutor de los proyectos carreteros de carácter público en el país, el uso de la información sobre los EsIA que han sido aprobados por el primero; así como, visitas a otras entidades estatales o privadas, para formar la base de datos a analizar. También se elaborará una matriz de impactos ambientales y medidas de mitigación, a fin de consolidar la información analizada.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.**

### **2.1. Introducción.**

Las grandes obras de ingeniería, como los proyectos de carreteras y obras de paso, son sumamente útiles para la comunicación, la industria y el comercio; sin embargo, también en sus procesos constructivos se generan grandes desequilibrios en el medio ambiente, destruyendo en la mayoría de los casos, importantes ecosistemas, y en otros también, dividiéndolo y propiciando migraciones de fauna de un lado a otro de las vías, generando atropellamiento de las especies, por el paso de los vehículos a altas velocidades.

Otras problemáticas que la ejecución de proyectos carreteros puede generar son, el ruido de los motores, el humo, los derrames de aceite; la modificación de la geomorfología y el paisaje del lugar, los patrones naturales de drenaje del terreno y otros.

En este capítulo se hará una amplia investigación y recopilación de información relacionada con el Medio Ambiente y la Gestión Ambiental, que ayudará a comprender la importancia de los factores y atributos ambientales, el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales que lo conforman, la Ecología, la relación de los seres vivos y su ambiente, la Calidad Ambiental, la influencia y presión Antropogénica, detallando los efectos y procesos en el medio ambiente, resultado de actividades humanas; además, de la línea de tiempo en la que han ocurrido estos proyectos de Ingeniería y su Impacto sobre el Medio Ambiente.

## 2.2. Marco Conceptual.

### 2.2.1. La Ecología.

La ecología es la ciencia que estudia a los seres vivos en sus distintos niveles de organización y sus interacciones entre ellos y el medio ambiente.

Formalmente el término “Ecología” fue creado en 1869, por el naturalista alemán Ernst Haeckel, quien la definió como: “Aquella ciencia (Rama de la Biología) que estudia las relaciones de los seres vivos y su ambiente”. El término Ecología proviene de las palabras Griegas Oikos (“hogar”) y logos (“Estudio”).

Ciencia que estudia las relaciones que existen entre los seres vivos y entre estos y su ambiente; pudiéndose trabajar en diferentes niveles de integración (poblaciones, comunidades y ecosistemas).

Gracias a la ecología es que sabemos no solamente como proteger el medio ambiente, sino también como se puede sacar el máximo provecho de actividades como la agricultura, los tipos de paisajes que existen y qué papel juega cada uno en el equilibrio ambiental.

La **ecología** se ocupa de la biología de grupos de organismos y sus relaciones con el medio ambiente. El término **autoecología** se refiere a estudios de organismos individuales, o de poblaciones de especies aisladas, y sus relaciones con el medio ambiente. El término contrastante, **sinecología**, que designa estudios de grupos de organismos asociados formando una unidad funcional del medio ambiente. Los grupos de organismos pueden estar asociados a niveles de organización:

- **Organismo** (las interacciones de un ser vivo dado con las condiciones abióticas directas que lo rodean).

- **Población** (las interacciones de un ser vivo dado con los seres de su misma especie).
- **Comunidad** (las interacciones de una población dada con las poblaciones de especies que la rodean).
- **Ecosistema** (las interacciones propias de las biocenosis sumadas a todos los flujos de materia y energía que tienen lugar en ella).
- **Biosfera** (el conjunto de todos los seres vivos conocidos).

Dos conceptos fundamentales útiles para describir las relaciones ecológicas de los organismos son el **hábitat** y el **nicho ecológico**.

El **hábitat** de un organismo es el lugar donde vive, su área física, alguna parte específica de la superficie de la tierra, aire, suelo y agua. Puede ser vastísimo, como el océano, o las grandes zonas continentales, o el planeta mismo; y/o muy pequeño, y limitado por ejemplo una gota de agua, pero siempre es una región bien delimitada físicamente. En un hábitat particular pueden vivir varios animales o plantas.

En cambio, el **nicho ecológico** es el estado o el papel de un organismo en la comunidad o el ecosistema. Depende de las adaptaciones estructurales del organismo, de sus respuestas fisiológicas y su conducta. Puede ser útil considerar al hábitat como la dirección de un organismo (donde vive) y al nicho ecológico como su profesión (lo que hace biológicamente). El nicho ecológico no es un espacio demarcado físicamente, sino una abstracción que comprende todos los factores físicos, químicos, fisiológicos y bióticos que necesita un organismo para vivir.

### 2.2.2. El Medio Ambiente.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente desarrollada en Estocolmo (1972) lo define como: "El conjunto de componentes físicos, químicos,

biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas”,

En los estudios ambientales se interpreta a través de dos medios: el físico (que comprende lo abiótico, lo biótico y lo perceptual) y el socioeconómico, conformado por el territorio, lo económico y lo sociocultural (ver Figura 1).

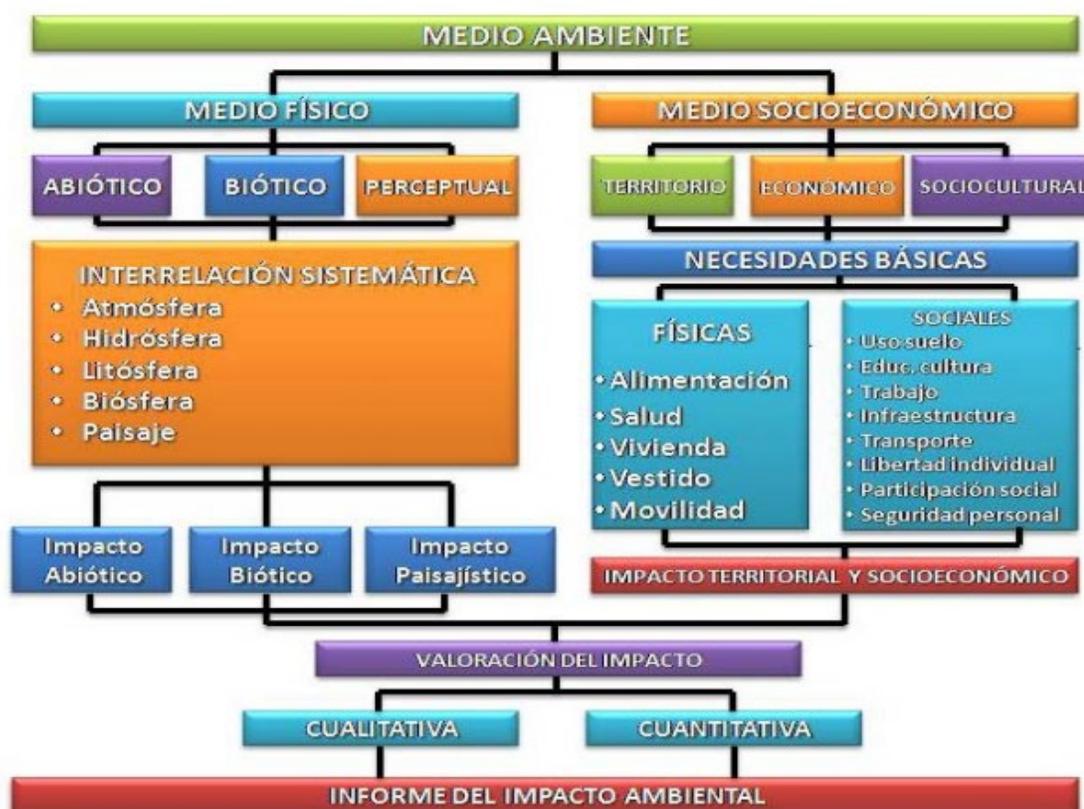


Figura 1: El medio Ambiente en la Evaluación Ambiental.  
Fuente: (Adaptado de CONESA, 1997, Pág. 58).

El medio ambiente es el producto de la interacción dinámica de todos los elementos, objetos y seres vivos presentes en un lugar. Todos los organismos viven en medio de otros organismos vivos, objetos inanimados y elementos, sometidos a diversas influencias y acontecimientos. Este conjunto constituye su medio ambiente.

Plantas y animales dependen de los componentes y características del medio para crecer y reproducirse. A lo largo de su evolución, muchas especies han desarrollado una tolerancia para resistir ciertas limitaciones. Esta tolerancia o adaptación es un proceso que les permite vivir sometidas a condiciones ambientales que pueden no ser adecuadas para otras especies.

Los seres vivos se ajustan al medio mediante con adaptaciones producidas por cambios genéticos que han aparecido a lo largo de muchos siglos; a su vez, las plantas y animales actúan sobre el ambiente en el que se desarrollan, modificándolo.

En el medio ambiente hay dos aspectos básicos, que se influyen recíprocamente y que podemos separar únicamente para definirlos mejor:

1. Los aspectos físicos y biológicos (naturaleza), divisibles en factores abióticos y bióticos.
2. Los aspectos sociales (creados por el ser humano): economía, política, tecnología, cultura, historia, moral, estética.

- **Aspectos físicos y biológicos**

**Factores abióticos.**

Entre los factores físicos figuran elementos del clima (como la insolación, el viento, la temperatura, la lluvia y otros), la composición del suelo y del agua, la altitud, la latitud y la existencia de protección y sitios de cría. Como estos factores son inertes, se los llama factores abióticos.

Muchas funciones vitales dependen de los factores abióticos. Si estos factores coinciden con las condiciones óptimas para determinado ser vivo, éste despliega el máximo de su actividad. Por el contrario, cuando estos factores no se adaptan a sus requisitos, se producen efectos perjudiciales para su vida.

### **Factores bióticos.**

Las relaciones entre los seres vivos también condicionan las posibilidades de vida de una determinada planta o animal. Son los factores bióticos, en los que se incluyen animales, plantas y microorganismos. Puede tratarse de la presencia o ausencia de representantes de su misma especie o de otras especies.

En las plantas, intervienen:

- Los microorganismos que enriquecen el suelo.
- Otras plantas que les brindan protección o compiten por la luz, agua y nutrientes.
- Los animales que las consumen y los que contribuyen a la polinización y a la diseminación de las semillas.

En los animales influye:

- La disponibilidad de alimento (existencia de plantas en el caso de los herbívoros y de otros animales en el caso de los carnívoros y de los que se alimentan de insectos).
- La presencia de otras especies que compiten por el alimento o los lugares de protección y cría. Existen, además, relaciones depredador-presa, parásito-huésped, comensalismo (cuando organismos de dos especies conviven sin perjudicarse) y simbiosis (cuando la asociación es beneficiosa para ambos).

En la Figura 2 se ilustran los factores Bióticos.

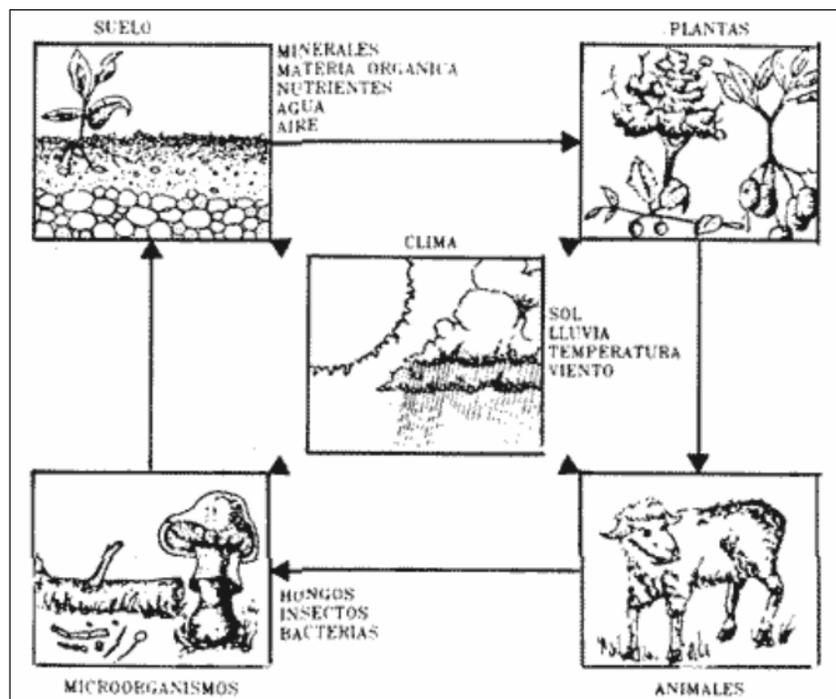


Figura 2: Factores Bióticos.

Fuente: <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s09.htm>

- **Aspectos sociales**

También los seres humanos forman parte de los ecosistemas. Han conseguido adaptarse a distintos ambientes, pero, a su vez, son un importante factor que interviene modificando el medio en el que viven.

Las personas se organizan en sociedades muy estructuradas que comparten normas culturales, relaciones económicas, utilización de tecnología, instituciones políticas y sociales, tradiciones y costumbres.

Mujeres y hombres usan sus herramientas, su inteligencia y su destreza para obtener, a partir de los recursos naturales, los bienes que necesitan (alimento, vivienda, vestido, medicinas, combustible, diversión, etc.).

Para procurarse dichos bienes, modifican la naturaleza con cultivos, ganadería, extracción de minerales, transformación de materias primas, deforestación (o forestación), utilización de combustibles y construcción de edificios, carreteras, canales de riego.

Las interacciones fundamentales en el medio ambiente son las relaciones alimentarias, la transformación de la energía y el intercambio de materiales entre los seres vivos y las sustancias no orgánicas. Este intercambio se realiza a través de los ciclos de la materia. Algunos ciclos tienen fundamental importancia para la vida, como los ciclos del agua, el oxígeno, el carbono, el nitrógeno, el fósforo y de algunos otros nutrientes (ver Figura 3).

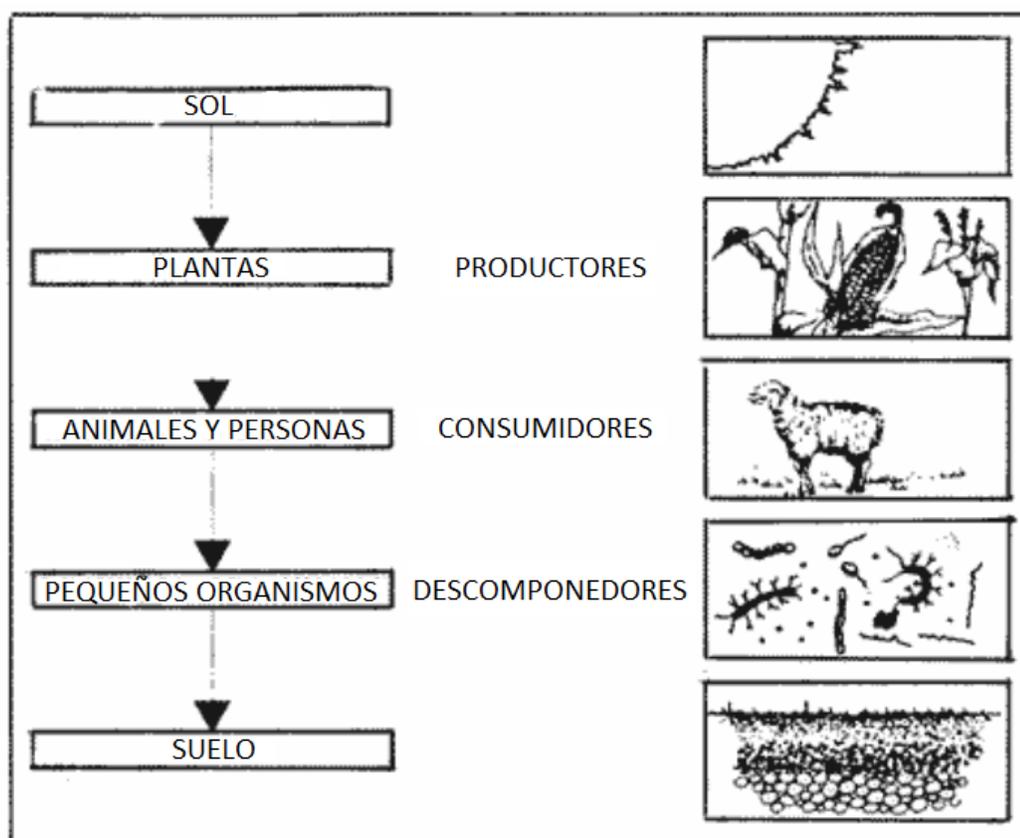


Figura 3: Interacciones dentro del Medio Ambiente.  
Fuente: <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s09.htm>

### **2.2.2.1. La Calidad Ambiental.**

Representa las características cualitativas y cuantitativas del medio ambiente. La Calidad ambiental es el conjunto de características ambientales, sociales, culturales y económicas, que califican el estado, la disponibilidad y el acceso a componentes de la naturaleza (agua, suelo, aire y seres) y la presencia de posibles alteraciones del ambiente.

Calidad ambiental es el grado de conservación de los ecosistemas, de la biodiversidad y del paisaje, a la pureza del aire, a la cantidad y calidad del agua, al estado y limpieza del suelo y a las condiciones de escena urbana. El grado de conservación se caracteriza por ser positiva y negativa. La Calidad de vida de los seres humanos es técnicamente la calidad ambiental como un conjunto de características del ambiente, en función a la disponibilidad y facilidad de acceso a los recursos naturales y a la ausencia o presencia de agentes nocivos; todo esto necesario para el mantenimiento y crecimiento de la calidad de vida de los seres humanos.

La Calidad ambiental se puede asimilar al mantenimiento de una estructura y una función similar a la que se encuentra en ecosistemas naturales equivalentes; es decir, para que la composición de especies, la diversidad y los ciclos de materia y flujos de energía que se producen, mantengan una estructura equilibrada. Para realizar estas valoraciones es muy importante la conservación de cada uno de los tipos de ecosistemas, al menos en una muestra suficientemente amplia, para utilizarlos como puntos de referencia libres de las interferencias humanas.

### **2.2.2.2. Factores naturales que afectan al Medio Ambiente.**

A través de millones de años de la evolución del planeta Tierra se han producido innumerables fenómenos naturales, como sismos, inundaciones y muchos

fenómenos más. Es con la presencia del hombre que se produce la vulnerabilidad a los desastres naturales y éstos afectan sus actividades socioeconómicas y su entorno ambiental.

Los desastres naturales traen consigo trastornos ambientales, pues contaminan el suelo y el agua; destruyen parte de la flora y fauna; y crean casi siempre focos de infección y otros, afectando el hábitat del hombre.

Los sismos, vulcanismo, deslizamiento de rocas, deslizamiento de tierra, hundimientos y sumideros, aluviones, crecientes de río, desbordes e inundaciones son los principales desastres que afectan el medio ambiente.

Todos los desastres naturales deterioran el entorno ambiental del hombre porque degradan la calidad de vida de sus habitantes, la calidad de los recursos naturales renovables existentes y producen un desequilibrio ecológico sustancial. Luego de la ocurrencia de un desastre cualquiera, hay un deterioro ambiental en el entorno del hombre, ya que hay destrucción de viviendas, aparición de insectos, plagas, enfermedades y muchos hechos colaterales que afectan directamente el hábitat del hombre, como se muestra:

- Destrucción y deterioro de la vivienda, tierras de cultivo, etc.
- Suspensión del servicio de agua y desagüe, lo cual crea focos de infección.
- Contaminación del aire por descomposición de la materia orgánica, desechos que trae el río y también por animales muertos que existían en la población.
- Propagación de epidemias.
- Destrucción de la flora y fauna, aparición de insectos como zancudos y otros.
- Destrucción de centros escolares y diversos locales públicos.
- Cortes en las vías de tránsito.

- Pérdidas de patrimonio cultural y natural.

### **2.2.2.3. La influencia Antropogénica sobre el Medio Ambiente.**

Los efectos antropogénicos se refieren a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.

Para conocer la influencia antropogénica sobre el medio ambiente se detallan diferentes tiempos ocurridos en la humanidad:

#### **Línea de tiempo de los últimos 2.59 millones de años.**

Fue durante el Cuaternario cuando apareció el Homo Sapiens sobre la Tierra; a su vez, se extinguieron grandes especies, tanto vegetales como animales, y fueron las aves y mamíferos vertebrados que dominaron la Tierra. En síntesis, hubo un gran predominio de los mamíferos, una gran expansión del ser humano, y la presencia de una flora y una fauna muy parecida a la actual, por lo que también se han apuntado las migraciones de grandes mamíferos o el origen del hombre como posibles criterios. Por eso, a veces es denominada etapa Antropozoica.

Mientras el ser humano fue Nómada y se movía constantemente hacia tierras más fértiles, el medio ambiente se conservó sin mayores problemas; no obstante, todo cambió cuando se estableció en asentamientos, descubrió el fuego y se dedicó al pastoreo, iniciando la tala de bosques para el cuidado y alimentación del ganado. En la Figura 4 se ilustra el descubrimiento y uso del fuego por el Homo Sapiens.



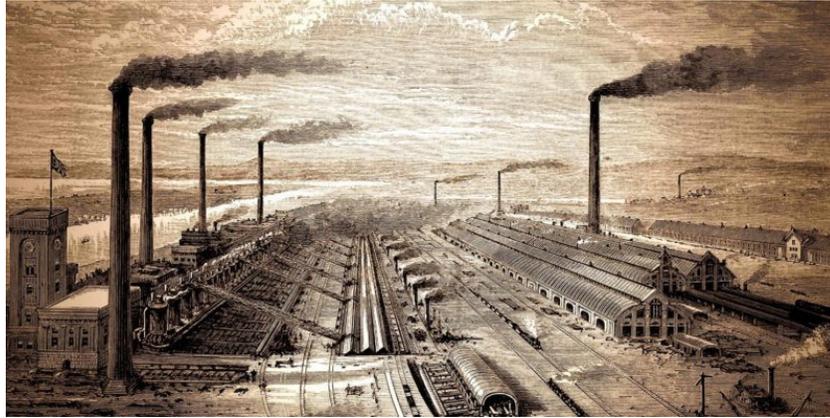
*Figura 4: Homo Sapiens y el uso del fuego*

Fuente: <http://evolucionhumanaantropologia.blogspot.com/2015/04/el-uso-del-fuego-las-herramientas-el.html>

## **Siglo XVIII La Revolución Industrial**

La Revolución Industrial fue el cambio fundamental que se produjo en la sociedad cuando la economía dejó de basarse en la agricultura y la artesanía (fuerza humana) para depender de la industria (fuerza motriz de las máquinas); nació en Gran Bretaña y se extendió luego al resto de Europa y el mundo.

La principal consecuencia económica fue la implantación del capitalismo, que de industrial pasó a ser financiero. Se produjo, además, un aumento de la producción que impulsó las exportaciones y el comercio (ver Figura 5).



*Figura 5: Revolución industria.*

Fuente: <https://www.diariodevalderrueda.es/texto-diario/mostrar/2876132/consecuencias-revolucion-industrial>

## **Siglo XX La Primera guerra mundial (1914-1918)**

La Primera Guerra Mundial, también denominada la Gran Guerra, fue uno de los conflictos más mortíferos de la historia y preparó el terreno para otra guerra mundial sólo 20 años después.

Un conflicto por tierra, aire y mar fue tan terrible que dejó más de ocho millones de víctimas militares y 7 millones de víctimas civiles.

A pesar del uso de avances tecnológicos como el gas tóxico, los aviones de guerra o los tanques blindados, la guerra se centró en las trincheras, con lo cual se cobró un gran número de víctimas.

Para entonces, el mundo estaba en manos de una pandemia de gripe (La Gripe Española), que afectaría a un tercio de la población mundial.

Gran parte de Europa estaba en ruinas; la «neurosis de guerra» y las secuelas de la intoxicación por gas se cobrarían miles de vidas más.

Cuando se produce una guerra o un conflicto armado, las víctimas se suelen contabilizar en términos de soldados y civiles muertos y heridos y de ciudades

destruidas, pero el medio ambiente es siempre una víctima más, a la que no se le presta tanta atención.

Los pozos de agua fueron contaminados, los cultivos quemados, los bosques talados, los suelos envenenados y los animales sacrificados para obtener una ventaja militar (ver Figura 6).



*Figura 6: Impacto Ambiental de la primera guerra mundial.*

Fuente: <https://elordenmundial.com/lo-que-nos-enseno-la-primera-guerra-mundial/>

## **Siglo XX La Segunda guerra mundial (1939-1945)**

El 1 de septiembre de 1939, Alemania invadió Polonia y su avance por conquistar Europa parecía incontenible.

Hitler pronosticó incorrectamente la respuesta occidental, ya que dos días después Francia e Inglaterra le declararon la guerra dando inicio a la Segunda Guerra Mundial en Europa. Estados Unidos ingresó en la Segunda Guerra Mundial, el 8 de diciembre de 1941, a raíz del ataque del Imperio japonés a la flota norteamericana del Pacífico basada en Pearl Harbor.

En la segunda guerra mundial, los avances tecnológicos no se hicieron esperar:

- Motores a reacción

- Linternas de dínamo
- Cabinas presurizadas en aviones
- Sofisticados sistemas de navegación
- Radares
- Misiles balísticos
- Computadoras
- Bombas Atómicas (Una en Hiroshima (06/08/1945) y otra en Nagasaki (09/08/1945), cuya destrucción total generada en ambas ciudades, hizo rendirse a Japón)

Los efectos de la segunda guerra mundial en el medio ambiente, se generalizó con el fallecimiento de 50 a 60 millones de personas, cientos de miles de animales muertos, sordera y otros males en la población civil, pérdidas económicas incalculables por la destrucción de ciudades enteras por bombardeos, etc.

Grandes cantidades de humo (CO<sub>2</sub>) liberado en el ambiente por incendios y explosiones provocados por los combates o la quema de petróleo en el mar u otras zonas que afectaron a la atmósfera y contaminaron el agua y el aire de buena parte del mundo (ver Figura 7).



*Figura 7: Impacto Ambiental de la segunda guerra mundial.*

Fuente: <https://www.atmosfera.unam.mx/francisco-estrada-porrúa-segunda-guerra-inicio-cambio-climatico/>

## **En la actualidad.**

### **Deforestación y Desertificación.**

Actualmente una de cada cinco partes del Planeta Tierra está amenazadas con la desertificación provocada por deforestación. Las principales causas de la deforestación son la conversión de tierras para la agricultura (ganado vacuno, y diversos cultivos) prácticas en su mayoría ilegales. Las selvas representan un ecosistema muy vulnerable, mucho más difícil de recuperar que un pastizal.

### **Aumento de la temperatura global.**

El aumento de la temperatura global, debido al efecto invernadero provocado por los gases que se emiten durante la combustión. Las consecuencias del aumento de temperatura son de una enorme magnitud comprometen el descongelamiento de glaciares y capas de hielo polares.

### **Efecto de la Contaminación del Aire sobre las Plantas y otros seres vivos.**

Se conoce el efecto de algunos gases, producto de actividades como la combustión de carbón, sobre las plantas. Los niveles de los dos principales

óxidos de nitrógeno, óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) son muy altos en la atmósfera del entorno urbano y en las proximidades del tráfico automovilístico y aeroportuario. Los óxidos de nitrógeno dan lugar a otros contaminantes fitotóxicos como el ozono, que también son dañinos para la salud de las plantas; producen lesiones no visibles que se reflejan en una disminución del crecimiento de la vegetación perdiendo productividad (ver Figura 8).



*Figura 8: Impacto Ambiental en la actualidad.*

Fuente: <https://www.ceupe.com/blog/problemas-ambientales-nos-enfrentaremos-futuro.html>

#### **2.2.2.4. Los Proyectos de Ingeniería y su Impacto sobre el Medio Ambiente.**

Las grandes obras de ingeniería, como presas, carreteras, canales, túneles o hasta ríos artificiales, provocan tremendas sacudidas en el equilibrio del medio ambiente. Estas construcciones humanas destruyen especies vegetales y animales, modifican los patrones naturales de drenaje del terreno, cambian el curso de las corrientes de agua, contaminan el aire y obligan a desplazarse de sus hogares, a miles de personas (ver Figura 9); pero con ello, siempre se busca el desarrollo, el bienestar del hombre, la reducción de la pobreza y mejorar el nivel de vida del entorno.

Entre los impactos relevantes y conocidos de las grandes obras civiles, destaca la alteración del medio natural. La mayoría de las grandes obras se someten, en su fase de proyecto, a la evaluación de su impacto ambiental. La ejecución de grandes obras civiles tiene otro importante impacto sobre poblaciones y cultivos próximos, así como sobre el medio natural, que se deriva de la emisión de grandes cantidades de polvo y partículas.

Cualquier proyecto de desarrollo para mejorar la calidad de vida conlleva impactos más negativos que positivos. Los proyectos de desarrollo deberían planificarse de manera que produzcan la mayor cantidad de impactos positivos y un mínimo de impactos negativos sobre el medioambiente. La predicción de los impactos medioambientales causados por la construcción en las primeras etapas del proyecto puede conducir al mejoramiento del comportamiento medioambiental de los proyectos y obras de construcción. Se espera que la construcción produzca daños en el frágil medioambiente debido a los impactos adversos de la construcción, entre los que se encuentran el agotamiento de los recursos, pérdida de la diversidad biológica debido a la extracción de materias primas, vertido de residuos, menor productividad laboral, efectos adversos para la salud humana debido a la mala calidad del aire interior, calentamiento global, lluvia ácida y smog causado por las emisiones generadas por la fabricación de productos para la construcción y el transporte que consume energía. Los impactos medioambientales están clasificados en tres categorías: impactos sobre los ecosistemas, sobre los recursos naturales y sobre la comunidad.

### **¿Cuándo una obra de ingeniería produce un Impacto Ambiental?**

- Cuando presentan un riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- Cuando produce efectos adversos significativos, sobre la cantidad y la calidad de los recursos naturales renovables; incluidos el suelo, el agua y el aire.

- Cuando es necesario un reasentamiento de comunidades humanas, o alteraciones significativas de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- Cuando existen poblaciones, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectadas; así como, el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Cuando existe una alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Cuando se produce una alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y en general los pertenecientes al patrimonio cultural de una nación y el mundo.

En cada obra ya no sólo deben considerarse los aspectos físicos naturales, sino que el concepto de desarrollo sustentable debe trasladarse con un equilibrio entre los factores económicos, sociales, ambientales, físicos y naturales. Por lo tanto, cualquier obra civil que se ejecute en la zona de influencia del proyecto, debe intentar dañar lo menos posible el ambiente durante el periodo de tiempo en el que se está ejecutando, evitar un perjuicio para la vida animal y vegetal durante la vida útil de la obra, y minimizar el impacto visual, de cara a que se pueda seguir disfrutando en el futuro los recursos existentes en el sitio.



*Figura 9: Impacto Ambiental de proyecto carretero.*

Fuente: <https://es.linkedin.com/pulse/impacto-ambiental-de-obras-civiles-cristian-roosel-campos-palacios>

## **El Impacto sobre el Ecosistema**

Teniendo en cuenta el gran número de proyectos de construcción en curso, el impacto sobre el ecosistema se ha convertido un asunto de importancia. Los impactos adversos para el medioambiente son: desechos, ruido, polvo, residuos sólidos, generación de tóxicos, contaminación del aire y del agua, malos olores, cambio climático, uso del suelo, operaciones con remoción de la vegetación y emisiones peligrosas. Las emisiones al aire son generadas por los gases de los escapes de los vehículos y el polvo durante la etapa de construcción. Estas emisiones contienen CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>. Las emisiones de ruidos son generadas por los diversos equipos, compresores de aire y vehículos. Los equipos para la construcción y otras fuentes generan ruidos en el rango de los 70 a 120 DB en los alrededores de la obra. Los residuos son generados por las actividades de la construcción, campamentos, plantas de tratamiento de residuos u otras fuentes. Los residuos sólidos generados durante la fase operacional se clasifican como: biodegradables, reciclables, inertes/reciclables y peligrosos. Del total de residuos generados, el 50% debería ser biodegradable, el 20% reciclable, el 30% inerte y se asume que una pequeña cantidad (0,3%) es peligrosa.

Las aguas residuales son generadas por las actividades constructivas, alcantarillado, actividades comerciales y otras fuentes.

### **Los Impactos en los Recursos Naturales**

Durante un proceso constructivo normal se usan diversos recursos naturales tales como energía, suelo, materiales y agua. Además, la operación de los equipos consume gran cantidad de recursos naturales, como electricidad y/o combustibles fósiles. El sector de la construcción es responsable de consumir un gran volumen de recursos naturales y de generar una gran cantidad de contaminantes como resultado del consumo de energía durante la extracción y transporte de la materia prima. Este sector genera importantes impactos medioambientales adversos en todo el mundo, contribuye con cerca de la mitad del consumo energético total de los países de altos ingresos y es el responsable de un gran porcentaje de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo los países en vías de desarrollo.

### **El Impacto en la Comunidad o Impacto Social**

La mayoría de los proyectos de construcción se ubican en una zona altamente poblada. Por lo tanto, las personas que viven en las cercanías de los sitios en construcción están expuestos a efectos dañinos para su salud como polvo, vibraciones y ruido causados por cierto tipo de actividades constructivas como excavaciones e hincado de pilotes. Durante la fase de construcción, el polvo, el ruido y los accidentes por maquinaria pesada son los principales factores que afectan la salud humana.

### **El Impacto Medioambiental provocado por la Construcción**

#### **Efectos Sobre El Ecosistema**

Existen 3 tipos de partículas en suspensión (Polvo) que afectan el medio ambiente:

**Polvo producido por los vehículos:** la entrada y salida de vehículos de la obra es una tarea muy importante, que genera una gran cantidad de contaminantes. El transporte de los materiales al lugar de la obra provoca mucho polvo o material particulado. Las ruedas de los vehículos contienen gran cantidad de material particulado adherido, tales como polvo, arena, arcilla y cemento. Estas materias quedan suspendidas y adheridas en el aire, suelo y agua. Además, los vehículos transportan este material particulado fuera de la obra, lo que implica que no sólo se pueden enfermar los trabajadores, sino también personas de la comunidad.

**Polvo provocado por las actividades de la construcción:** La mayoría de las actividades de la construcción como excavaciones, rellenos, movimientos de tierra, blanqueo, pintura, azulejado, mezcla de hormigón y trabajos de acabado provocan un efecto adverso sobre el entorno, pues generan una gran cantidad de material particulado.

**Polvo provocado por los materiales de la construcción:** Estos materiales son cemento, áridos, arena, grava, arcilla, cal, madera y carbonato de calcio. La fabricación de estos materiales provoca una exposición cautiva a esas emisiones. Lo anterior significa que los trabajadores, administradores de fábricas y vecinos de esas industrias son los más perjudicados; además, los trabajadores que laboran en la obra y emplean esos materiales tienen una alta exposición al polvo emitido por ellos.

El riesgo de exposición al polvo provocado por los vehículos, actividades de la construcción, fabricación o entrega de los materiales de construcción se debe a que producen problemas de salud, especialmente para quienes sufren problemas respiratorios, provoca la degradación del entorno, contaminación del aire, suelo y agua, nubla la visión, daña o ensucia las propiedades y pertenencias, y crea condiciones inseguras de trabajo.

### **Los Impactos Ambientales en el Medio Abiótico**

La industria de la construcción asociada al desarrollo de los países, la generación, mejora y transformación de estructura, indudablemente busca satisfacer las necesidades que la sociedad presenta.

Por otro lado, su gestión ambiental tiene como objetivo dar tratamiento a los impactos o cambios, ya sean adversos o beneficiosos, derivados de las diferentes prácticas en las distintas etapas del desarrollo de una construcción (ISO 14001, 2004). En este contexto se resaltan los aspectos del medio humano y natural y sus interacciones con los proyectos de construcción.

La industria en mención incluye varias fuentes de contaminación que se pueden enmarcar en los distintos aspectos e impactos ambientales propios del sector económico y que modifican el componente abiótico de los ecosistemas, es decir, el suelo, el aire y el agua, tal como se describe a continuación:

**Suelo:** presenta alteración fundamentalmente por los residuos, ya sean sólidos, líquidos, gaseosos y/o peligrosos, generados en la industria y que están asociados a actividades de desmonte, limpieza, descapote, excavaciones, demoliciones, obras hidráulicas y construcción de vías, entre otras.

El vertido de desechos y escombros de la construcción tiene numerosos efectos negativos en el medio ambiente, entre otros: contaminación, utilización excesiva de materiales con la consecuente pérdida de recursos naturales, degradación de la calidad del paisaje y alteración de drenajes naturales. Por otra parte, el despilfarro de material, mano de obra y transporte que implican los residuos, tiene así mismo consecuencias negativas, puesto que eleva los costos finales de construcción.

Así como, los residuos tienen importante influencia en el suelo, el uso de la tierra, la acidificación, la eutrofización y ecotoxicidad también lo hacen, y se caracterizan fundamentalmente por la modificación generada al ecosistema.

Los movimientos de tierra generan alteración de la geomorfología, la pérdida de cobertura vegetal, ocasionan procesos de erosión más rápidos y en ocasiones, cuando se usan explosivos para excavaciones en la industria de la construcción, se pueden generar inestabilidad de los taludes lo que conllevaría a un riesgo de deslizamientos y derrumbes que pueden generar tanto pérdidas en la infraestructura como de vidas humanas.

**Aire:** sus alteraciones están asociadas al polvo, al ruido, a las emisiones de CO<sub>2</sub> como consecuencia de, entre otras actividades, el uso de combustibles fósiles, uso de minerales, realización de excavaciones, corte de taludes y operación de máquinas y herramientas. Para el caso específico del dióxido de azufre,

Si bien los combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) hacen parte de las principales fuentes de energía, las emisiones de su combustión provocan cambios climáticos, pues al ser quemados se presenta liberación de dióxido de carbono a las capas más bajas de la atmósfera en donde se forma una barrera que atrapa el calor liberado por la tierra, generando lo que se conoce como efecto invernadero. Entre más dióxido de carbono hay en la atmósfera, más calor se acumula y este calentamiento es uno de los factores que provocan el cambio climático.

El aporte de la contaminación que el ruido hace al aire es producto, principalmente, de la operación de máquinas y equipos utilizados en actividades de excavación, apertura de vías, transporte y descargue de materiales. Los elevados niveles de contaminación por ruido alteran a trabajadores y al entorno. Teixeira (2005), en este sentido, plantea que el ruido producido por una obra de construcción puede afectar el derecho al silencio, la comodidad y la salud de residentes y la población visitante, y puede influir en la actividad normal de las escuelas cercanas, hospitales y otros servicios, y que las principales fuentes de ruido en una obra de construcción son martillos neumáticos, compresores, hormigoneras y maquinaria pesada en general.

**Agua:** el recurso hídrico está asociado a los movimientos de tierra, excavaciones y eliminación de la cubierta vegetal, generando así alteración de los cuerpos de agua, que en ocasiones son atravesados por la construcción de vías y, en consecuencia, se presenta la modificación de los flujos y calidad de agua. El agua de lavado de las obras de construcción contiene una cantidad considerable de sólidos suspendidos, hecho que altera los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento. Lo anterior también está acompañado de los consumos de agua que se presentan en la preparación de materiales, lavado de máquinas y equipos, y en el proceso en general.

### **Relación de la Industria de la Construcción y el Desarrollo Sostenible**

Hay muchas definiciones e interpretaciones del desarrollo sostenible, la más citada es la del informe Brundtland (“Nuestro futuro común”, 1987), de la Organización de las Naciones Unidas que lo define como “aquel que garantiza las necesidades del presente, sin comprometer las posibilidades de generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”.

En los últimos años, han surgido iniciativas a nivel mundial para que la industria de la construcción considere el respeto y la protección del medio ambiente en toda su cadena de valor. En el lenguaje que hoy se utiliza en el contexto de la sostenibilidad, se encuentran términos como la construcción sostenible, construcción energética, edificios verdes y arquitectura pasiva entre muchos otros, que indican que la industria de la construcción tiene acciones concretas e interés en desarrollos que demuestran el compromiso con la conservación del medio ambiente.

Sin embargo, para el tratamiento de la contaminación ambiental y la minimización de los impactos ambientales, es importante considerar que la sostenibilidad se debe tener en cuenta desde el diseño y en las demás etapas de los proyectos de construcción.

En distintos países existen estrategias de evaluación del impacto ambiental de los edificios, que permiten observar la forma cómo se ha incorporado el concepto de sostenibilidad. Entre las estrategias se encuentran el análisis por medio de indicadores del ciclo de vida, evaluación por medio de ecopuntos o ecoeficiencia y otros que; además, permiten determinar el cálculo del equilibrio entre el gasto económico y el beneficio ecológico.

Teniendo presente los intereses y estrategias de la industria de la construcción, la visión de sostenibilidad, se debería considerar en los ámbitos ambientales, económicos, sociales, en la prevención de riesgos laborales, funcionales e incluso, estéticos, como se muestra:

**Medioambiente:** en este ámbito se debería tener presente el uso de materiales con un bajo impacto ambiental a fin de lograr ahorro de energía, el consumo de agua, el uso de materiales reciclados, evitar el uso del suelo virgen y más bien, mejorar las condiciones del que ha sido usado.

**Económico:** en términos económicos se debería considerar tanto la etapa de construcción como el funcionamiento y mantenimiento, es decir, el ciclo de vida de las construcciones, a fin de reducir los costos financieros de la industria que les permite a las compañías constructoras, además, la maximización del beneficio que es fundamental en todo negocio.

**Social:** en términos sociales se incluye, principalmente, la generación de empleo tanto directo como contratado y el uso final que se dará a las obras como por ejemplo hospitales, restaurantes, parques de recreación, centros comerciales, entre otras.

**Prevención de riesgos laborales:** las medidas y estrategias de prevención de riesgos se deben incluir desde el diseño, con la intención de que estas se desarrollen en las distintas etapas de la construcción y permanezcan durante la vida útil de la estructura construida.

**Funcionalidad:** es importante tener presente la conservación de la funcionalidad de los edificios, de tal manera que las características de diseño inicial se conserven y no se alteren. En los casos en los que el edificio y/o construcciones sean susceptibles a modificaciones futuras, estas se deben tener presente desde el diseño.

**Estética:** la estética cobra importancia en la industria de la construcción siempre que se pretenda conservar la imagen de las empresas y las características arquitectónicas del sector en el que se encuentra ubicada la construcción e infraestructura, siendo así un factor de permanencia y sostenibilidad.

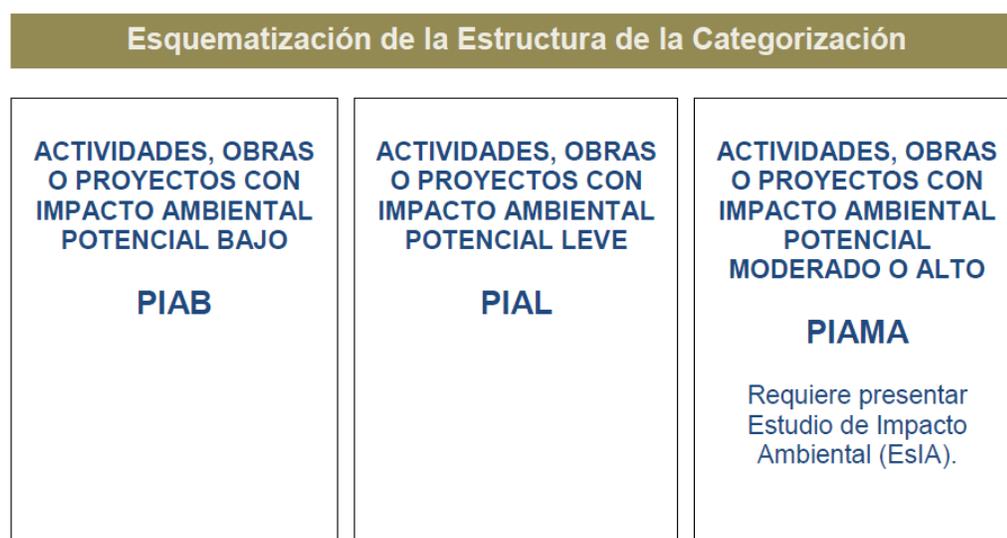
En El Salvador se categorizan los diferentes proyectos de ingeniería civil según el Impacto Ambiental que generen, siendo controlados por especificaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

#### **Categorización de actividades, obras o proyectos.**

Se define como Categorización al proceso técnico por medio del cual el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, determina si una actividad, obra o proyecto, requiere o no de la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, en función de la naturaleza de la actividad, su envergadura y a la naturaleza del impacto potencial a generar. Se establece el nivel de evaluación ambiental requerido. Es de recalcar que la versión que se está utilizando de esta categorización es versión 2017, se espera que para el año 2023 se utilice una nueva categorización, pero aún no se tiene el aval ni la publicación para ser utilizada.

Las actividades, obras o proyectos, se clasificarán en tres categorías, de acuerdo con el impacto ambiental potencial previsto, requiriendo en cada caso, medidas ambientales (medidas de cumplimiento obligatorio) para poder prevenir, atenuar o compensar dichos impactos ambientales.

En cada categoría se establecerán criterios de categorización, primero los generales, que aplican a todos los proyectos y están asociados a las condiciones del sitio; además de los criterios específicos, asociados al tipo de actividad, obra o proyecto. Por último, se realizará una evaluación combinada de los criterios de categorización, para establecer la significancia del impacto global.



*Figura 10: Categorización de actividades, obras y proyectos, 2017.  
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).*

### **Categoría de actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial Bajo (PIAB).**

En esta categoría se establecen aquellas actividades, obras o proyectos cuyos impactos ambientales potenciales a ser generados en los componentes del medio receptor (suelo, aire y agua) y a la salud de la población o bienestar humano, se prevé serán **bajos**, es decir, aquellos cuyos impactos potenciales en el medio, sean simples e inmediatos, por tanto “No Requieren Presentar Documentación Ambiental”.

### **Categoría de actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial Leve (PIAL).**

En esta categoría se establecen aquellas actividades, obras o proyectos que generen impactos ambientales potenciales **leves**, es decir, aquellos que por su relación causa-efecto, interacción de acciones, su persistencia y capacidad de recuperación del medio receptor, se prevé no deterioraran el medio ambiente ni pondrán en peligro la salud humana y la calidad de vida de la población.

#### **Grupo de actividades, obras o proyectos con potencial impacto ambiental Moderado o Alto (PIAMA)**

En esta Categoría se establecen aquellas actividades, obras o proyectos que generen impactos ambientales potenciales **moderados o altos**, es decir, aquellos cuyos impactos potenciales en el medio, son de gran extensión, permanentes, irreversibles, acumulativos, sinérgicos, debiendo determinar respectivas medidas ambientales que los prevengan, atenúen y compensen según sea el caso.

#### **2.2.2.5. Los Impactos Ambientales**

Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida generalmente por una actividad humana o por la misma naturaleza; sin embargo, para reforzar el concepto, a continuación, se listan autores, con las definiciones siguientes:

**Ortega y Rodríguez (1997)**, manifiestan que el impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, resultado de una actividad y entendida como la diferencia del entorno con y sin proyecto.

**Zúñiga (2004)**, identifica al impacto ambiental como el resultado de una acción o actividad humana o fenómeno natural, interpretada como la valoración de una alteración favorable o desfavorable sobre el medio ambiente o sobre algunos componentes del medio ambiente.

**Sanz (1991)**, define al Impacto Ambiental (IA), como la alteración producida en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida, ocasionada por un proyecto o actividad dados.

El IA tiene una clara connotación de origen humano, dado que son las actividades, proyectos y planes desarrollados por el hombre, los que inducen las alteraciones mencionadas, las cuales pueden ser o bien positivas, cuando impliquen mejoramiento de la calidad ambiental, o bien negativas cuando ocurra la situación contraria; no obstante, lo anterior, también la misma naturaleza puede generar impactos negativos: Erupciones volcánicas, terremotos, tsunamis, etc.

Los IA se caracterizan por varios factores, los cuales son usualmente considerados, entre otros, en las técnicas de valoración de impactos (Sanz, 1991):

- **Magnitud:** calidad y cantidad del factor ambiental afectado.
- **Importancia:** condicionada por la intensidad, la extensión, el momento y la reversibilidad de la acción.
- **Signo:** si es benéfico (+), o si es perjudicial (-).

### **Tipos de Impactos Ambientales.**

Existen diversos tipos de Impactos ambientales, pero fundamentalmente se pueden clasificar, de acuerdo con su origen, en los provocados por:

- **El aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables.** Renovables como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, como la extracción del petróleo o del carbón.
- **Contaminación.** Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.

- **Ocupación del territorio.** Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como desmonte, compactación del suelo y otras.

De igual manera, existen diversas clasificaciones de Impactos Ambientales de acuerdo con sus atributos, por ejemplo:

<b>Positivo o negativo</b>	En términos del efecto resultante en el ambiente.
<b>Directo o indirecto</b>	Si es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción.
<b>Acumulativo</b>	Es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
<b>Sinérgico</b>	Se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.
<b>Residual</b>	El que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
<b>Temporal o permanente</b>	Si por un período determinado o es definitivo.
<b>reversible o irreversible</b>	Dependiendo de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.
<b>Continuo o periódico</b>	Dependiendo del período en que se manifieste.

*Tabla 1: Clasificación de Impactos Ambientales de acuerdo con sus atributos.*

Fuente: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>

**Ejemplos de Impactos Ambientales:**

**Positivos.**

- **El reciclaje y el adecuado tratamiento de los residuos.**
- **El cuidado de los parques y zonas verdes:** reforestar, mantener y cultivar.
- **El crecimiento por el interés ecológico:** Supermercados dotados de productos ecológicos o biodegradables, los cuales son altamente solicitados. Empresas, las cuales han diseñado planes de gestión ambiental para reducir sus impactos en la naturaleza.
  
- **El uso de la tecnología en pro del medioambiente:** uno de los impactos ambientales ejemplos de tipo positivo ha sido el aprovechamiento de los conocimientos tecnológicos para crear procesos más respetuosos con el medio ambiente. Dentro de los proyectos ambientales innovadores que se han creado en el planeta, gracias a la tecnología, se encuentra la invención de la bioconstrucción, un término que llega al sector a través de métodos de construcción sostenible, comprometidos con el ahorro de agua y con la disminución del consumo energético. En la Figura 11 hace referencia a la construcción sostenible.



Figura 11: Impacto Ambiental Positivo.

Fuente: <https://talcualdigital.com/empresas-que-crean-impacto-ambiental-y-social-positivo-por-david-somoza-mosquera/>.

## Negativos.

- **La actividad industrial:** las actividades industriales han supuesto la alteración de la naturaleza, afectando el hábitat de un sinnúmero de especies (ver Figura 12).
- **La falta de interés por la educación ambiental:** existe una importante cifra de la población que simplemente no está interesada en aprender a evitar impactos ambientales.
- **Los desastres naturales:** la naturaleza también tiene parte de culpa del impacto ambiental negativo, debido a los cambios, movimientos y alteraciones bruscas que realiza la Tierra de forma natural.
- **La contaminación:** la contaminación ambiental, causada por el inadecuado tratamiento de los residuos, los derrames o accidentes industriales y la falta de conciencia ambiental por parte de los ciudadanos.



*Figura 12: Actividad industrial.*

Fuente: <https://www.arenapublica.com/economia/actividad-industrial-la-libro-en-junio-y-crecio-006-pero-riesgos-seguirian-aumentando>

## **Directos.**

Desastres naturales cuyo paso arrasa de inmediato con las zonas afectada, percibiéndose rápidamente. En la Figura 13 se muestra un ejemplo de Impacto Ambiental directo



*Figura 13: Incendio Forestal.*

Fuente: <https://www.lavanuardia.com/vida/junior-report/20190917/47319733724/incendios-cambio-climatico-amazonia-africa-siberia.html>

### Indirectos.

Tardan más tiempo en notarse un ejemplo indirecto es la destrucción de la capa de ozono, la cual ha ido acumulando problemas ambientales y de manera progresiva se ha destruido su estructura (ver Figura 14).

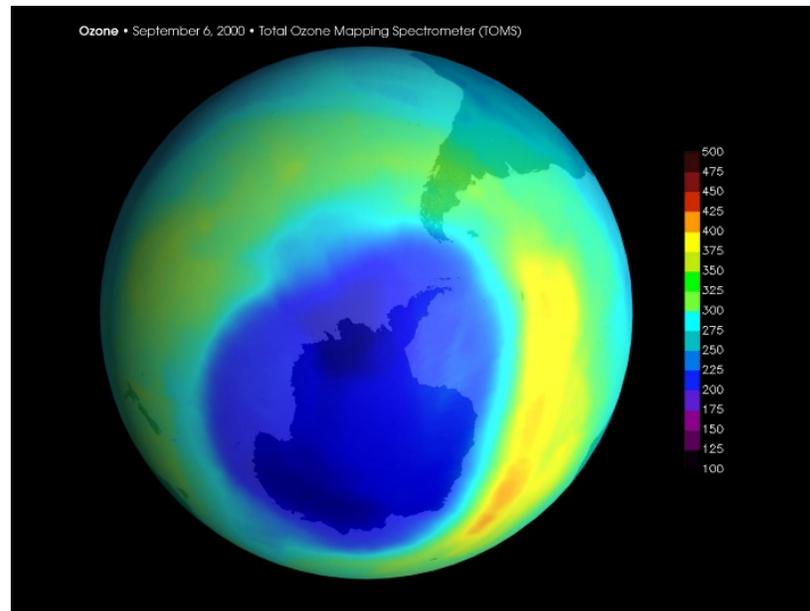


Figura 14: Destrucción de la Capa de Ozono.

Fuente: <https://www.ecologiaverde.com/destruccion-de-la-capa-de-ozono-definicion-causas-y-consecuencias-1916.html>

### Acumulativos.

- Degradación de la calidad de aire como resultado de emisiones contaminantes provenientes de múltiples fábricas localizadas en la misma zona o unidad de gestión de calidad de aire.
- Aumento en las concentraciones de contaminantes en un cuerpo de agua o en el suelo o sedimentos, o su bioacumulación, como consecuencia de múltiples descargas de efluentes industriales no tratados.
- Reducción del caudal de agua en una cuenca hidrográfica debido a múltiples extracciones.

- Aumento de la carga de sedimentos en una cuenca hidrográfica como resultado de una mayor erosión generada por la deforestación, pérdida de cobertura vegetal, cambio de uso de la tierra y/o la construcción indiscriminada de vías de acceso.
- Interferencia con las rutas migratorias o el movimiento de la fauna silvestre por la construcción de múltiples obras de infraestructura lineal o de campos de generación eólica adyacentes.
- Reducción de la población de fauna silvestre causada por un aumento de la caza, los atropellamientos viales, y las operaciones forestales.
- Agotamiento de un bosque como resultado de múltiples concesiones madereras.
- Impactos sociales secundarios o inducidos tales como la inmigración, o una mayor congestión del tráfico y accidentes en las carreteras comunitarias debido a un aumento de la actividad de transporte en el área de influencia del proyecto.



*Figura 15: Ejemplo de Deforestación.*

Fuente: <https://www.diariosustentable.com/2015/06/6-medidas-para-proteger-y-restaurar-los-bosques/>

## Sinérgicos.

La contaminación de cuerpos de agua por sustancias peligrosas. Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) + oxígeno = Trióxido de azufre + agua = lluvia ácida (ver Figura 16).

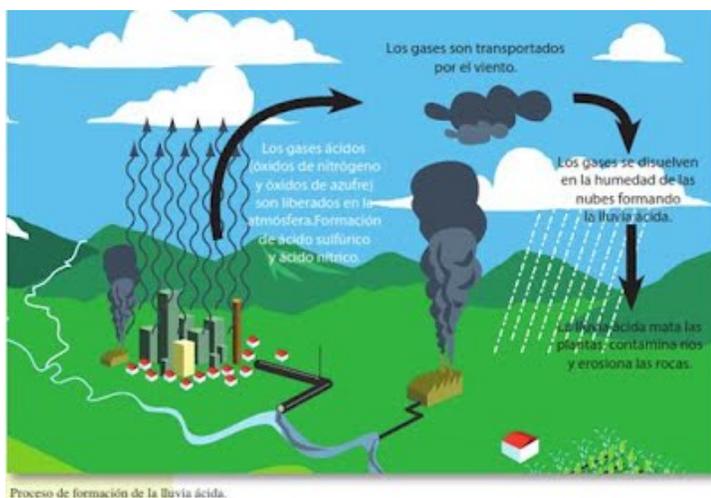


Figura 16: Ejemplo de formación de lluvia ácida.

Fuente: <https://sites.google.com/site/lecciondeciencianaturales/el-calentamiento-global/la-lluvia-acida>

### 2.2.2.6. Indicadores Ambientales e Indicadores de Impactos.

Un indicador ambiental es el conjunto de datos clave, que se usa para conformar un parámetro, con el fin de conocer el estado en que se encuentra el medio ambiente en un tiempo y lugar determinado.

Los indicadores se refieren a medidas simples de factores o especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema biofísico o socioeconómico. Se han usado indicadores ecológicos durante muchas décadas (Hunsaker y Carpenter, 1990). Por ejemplo, en los Estados Unidos del Oeste se han utilizado plantas como indicadores de las condiciones del agua y del suelo, especialmente, porque estas condiciones afectan el potencial agroganadero

también se ha recurrido al uso de animales vertebrados y plantas como indicadores de las zonas térmicas.

Se ha sugerido que los indicadores ambientales pueden utilizarse como herramientas para el seguimiento del estado del medio con relación al desarrollo sostenible o a amenazas ambientales (Organization for Economic Cooperation and Development, 1991). Se ha considerado el uso de indicadores para poder medir el funcionamiento del medio respecto a niveles de calidad y sus cambios, la integración de los intereses ambientales en las políticas sectoriales y la integración de las consideraciones ambientales en las políticas económicas generalmente mediante la contabilidad ambiental, particularmente a nivel macro.

La Tabla 2 contiene un conjunto preliminar de 25 indicadores, incluyendo 18 indicadores ambientales y 7 indicadores claves que reflejan los cambios económicos y sociales significativos para el Medio Ambiente.

---

### INDICADORES AMBIENTALES BIOFISICOS

---

1. Emisiones de  $CO_2$
2. Emisiones de gases invernadero
3. Emisiones de  $SO_x$
4. Emisiones de  $NO_x$
5. Uso de recursos hídricos.
6. Calidad del río
7. Tratamiento de aguas residuales.
8. Cambios en los usos del suelo
9. Áreas protegidas.
10. Uso de fertilizantes nitrogenados.
11. Uso de recursos forestales.
12. Comercio de madera tropical.

13. Especies amenazadas.
14. Volúmenes de pesca.
15. Producción de residuos.
16. Residuos municipales.
17. Accidentes industriales
18. Opinión pública.

---

### **INDICADORES DEL MEDIO AMBIENTE SOCIAL Y ECONOMICO**

---

19. Crecimiento de la actividad económica.
  20. Energía disponible Intensidad de energía
  21. Producción industrial
  22. Intensidad de energía.
  23. Tendencia del transporte.
  24. Consumo privado del combustible.
  25. Población
- 

*Tabla 2: Conjunto preliminar de indicadores ambientales.*

*Fuente: Organization for Economic Cooperation and Development, 1991, pág. 9*

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de El Salvador, en 2017, presenta el Primer informe de indicadores ambientales, que tiene como objetivo principal proporcionar un conjunto de indicadores los cuales contribuyan a conocer y dar seguimiento a la situación actual del país en las principales áreas relacionadas con el medio ambiente, tales como: biodiversidad, cambio climático, recurso hídrico y saneamiento ambiental. Así mismo, sirvan de insumo para la toma de decisión y para la implementación de planes estratégicos que permitan salvaguardar los recursos naturales y su sostenibilidad.

A continuación, se presentan algunos de los indicadores presentados por el MARN:

- **Biodiversidad**

### **Áreas Naturales Protegidas: Terrestres**

Entre las principales amenazas a la biodiversidad de El Salvador se encuentran:

- La Reducción y fragmentación del hábitat provocado por el cambio de uso de suelo y la deforestación.
- La sobre explotación de los recursos biológicos.
- Invasiones biológicas que experimentan los humedales.

### **Porcentaje de áreas naturales protegidas terrestres.**

#### **Metodología de cálculo**

$$\text{Porcentaje de áreas terrestres protegidas} = \frac{AP_t}{A} \times 100$$

Dónde:

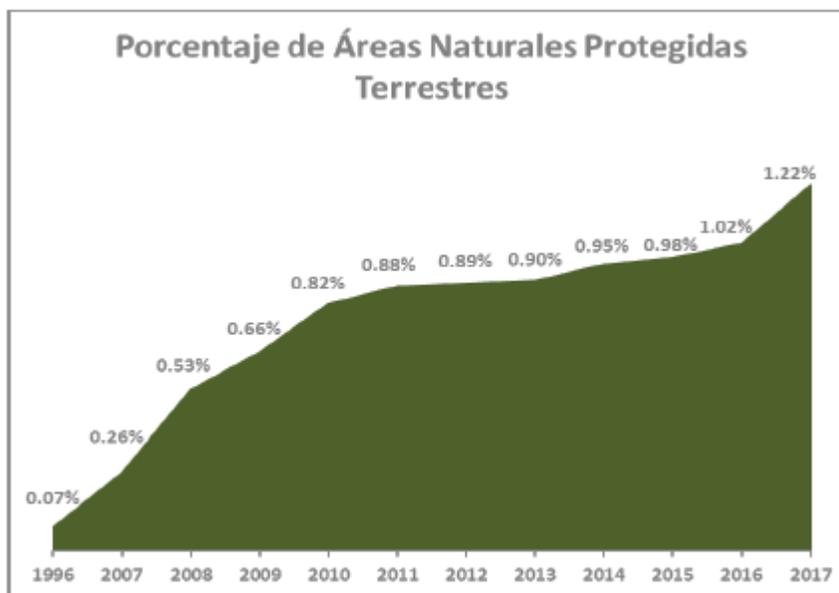
APt: superficie total de áreas protegidas terrestres en el año [km<sup>2</sup>]

A: superficie total del territorio del país en el año, [km<sup>2</sup>]

**Definición de las variables que componen el indicador:** las áreas protegidas, como se definen por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; Dudley 2008), son espacios geográficos claramente definidos, reconocidos, dedicados y manejados, a partir de medios legales u otros que sean efectivos, para lograr la conservación en el largo plazo de la naturaleza con servicios ecosistémicos asociados o con valor cultural.

**Finalidad/propósito para ILAC (Iniciativa Latinoamericana y del Caribe):** el indicador señala la importancia que se le asigna en el país a la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los recursos naturales. Dependiendo de

las características de las áreas protegidas en cada país, también puede ser indicativo de la protección de otros valores, mediante la protección de las áreas de usos incompatibles como la herencia cultural, la investigación científica (incluyendo monitoreo de línea base), recreación, entre otros.



*Figura 17: Áreas naturales protegidas terrestres.*

*Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).  
1996-2017*

- **Superficie forestal**

Superficie forestal como proporción de la superficie total

### **Metodología de cálculo**

La fórmula para el cálculo de este indicador es la siguiente:

$$\text{Proporción de la superficie cubierta por bosques} = \frac{A_b}{A} \times 100$$

$$A_b = A_{bn} + A_{bc}$$

**Dónde:**

Ab: superficie del país cubierta por bosques en el año, [km<sup>2</sup>]

A: superficie total del territorio del país en el año, [km<sup>2</sup>]

Abn: superficie de bosques naturales

Abc: superficie de bosque de plantación o con fines productivos (exceptuando frutales)

Nota: A significa la superficie nacional sin cuerpos de agua.

### **Definición de las variables que componen el indicador.**

Este indicador señala el porcentaje de la superficie cubierta por bosques en relación a la superficie total del territorio del país.

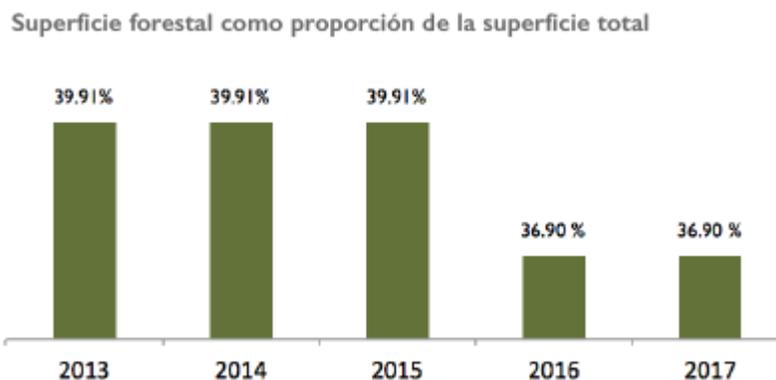
**Los Bosques** se definen como las tierras que se extienden por más de 0.5 hectáreas, dotadas de árboles de una altura superior a los 5 m y una cubierta de copas superior al 10 %, o de árboles capaces de alcanzar una altura mínima de 5 m *in situ*. La definición comprende los bosques naturales y las plantaciones forestales, así como los bosques utilizados fundamentalmente con fines de producción, conservación o usos múltiples. No incluye superficies con árboles dentro de áreas predominantemente agrícolas o en zonas urbanas.

La superficie total del territorio del país corresponde a la superficie total de las tierras del país, con exclusión de la superficie ocupada por masas de agua interiores (principales ríos y lagos).

### **Bosques productivos.**

Bosque de plantación o con fines productivos es el conjunto de árboles (normalmente monoespecie) que han sido plantados para su aprovechamiento económico, es decir, bosque que será talado.

**Finalidad/propósito para ILAC:** velar por la conservación y el restablecimiento de los bosques naturales y sus servicios ambientales; contribuir al mantenimiento de los sumideros de carbono, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales.



*Figura 18: Superficie forestal como proporción de la superficie total.*

*Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).*

*2013-2017*

- **Índice de cobertura verde en las montañas.**

### **Metodología de cálculo**

Índice de cobertura verde en las montañas = Área cubierta por bosque

### **Definición de las variables que componen el indicador**

El Índice de cobertura verde de las montañas, para el caso de El Salvador mide los cambios de la cobertura área de bosque en las zonas de montaña para proporcionar información sobre el estado de conservación de estos ecosistemas.

Este índice contribuye al logro ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible):

Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, administrar los bosques de manera sostenible, luchar contra la desertificación,

obstaculizar y revertir la degradación de la tierra y detener la pérdida de biodiversidad

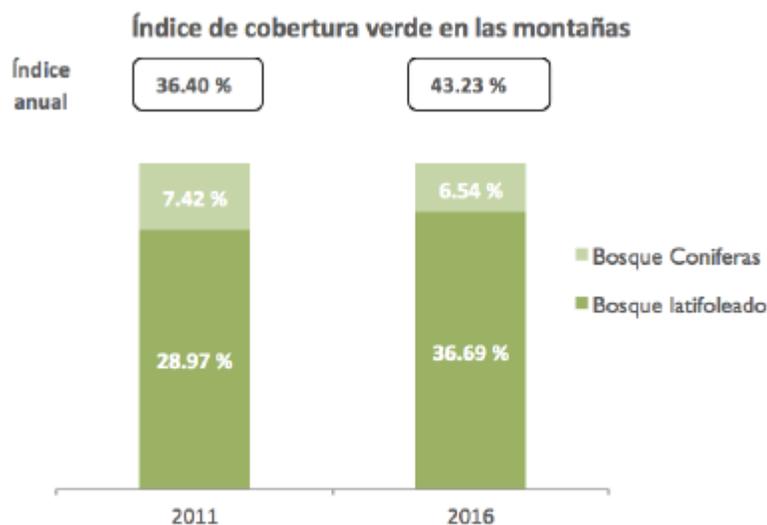
Para 2030, garantizar la conservación de los ecosistemas de montaña, incluida su biodiversidad, al fin de incrementar su capacidad de proporcionar los beneficios esenciales para el desarrollo sostenible.

**Finalidad/propósito:** el objetivo del Índice de cobertura verde de las montañas es monitorear los cambios en la vegetación de las montañas y ofrecer informaciones sobre los bosques y el cubrimiento leñoso/vegetal en general.

Su finalidad es llegar a detener informaciones más detalladas sobre los ecosistemas de montaña a nivel mundial y regional, ya que existe una gran falta de datos desglosados necesarios para monitorear y la analizar las tendencias ambientales en las zonas de montaña.

#### **Comentarios generales del Indicador.**

Las zonas de montañas se delimitaron tomando como base la curva de nivel de los 800 msnm.



*Figura 19: Índice de cobertura verde en las montañas.*

*Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2011, 2016.*

- **Recurso hídrico**

### **Acceso a servicios de saneamiento mejorado**

Porcentaje de la población con acceso a servicios de saneamientos mejorados.

#### **Metodología de cálculo.**

Se calcula como el cociente entre el número de personas con acceso a servicios de saneamiento mejorados, en un área geográfica y período de tiempo determinado (numerador), dividido por el número total de personas residentes en esa misma área y período de tiempo (denominador). El resultado se multiplica por 100.

La fórmula para el cálculo de este indicador es la siguiente:

$$\% P_H = \frac{P_{HA}}{P_A} \times 100$$

Dónde:

% PH: porcentaje de la población con acceso a servicios de saneamiento mejorados [%]

PHA: número de personas que cuenta con servicio de saneamiento mejorado de un área determinada

PA: población total del área determinada

#### **Definición de las variables que componen el indicador.**

- Instalaciones de saneamiento mejorado: las conexiones con alcantarillas públicas, conexiones a un sistema séptico, letrina de sifón, letrina de pozo simple, letrina de pozo mejorada con ventilación.
- Instalaciones de saneamiento no mejoradas: letrina pública o compartida, letrina de pozo abierta, letrina de cubo.

**Nota:** cada país tiene definiciones diferentes de servicios mejorados. Se podrán usar las definiciones nacionales a este respecto exceptuando aquellas que se consideran: instalaciones de saneamiento no mejoradas, en la definición general. Se deberá indicar qué se incluye en la sección de metodología de cálculo (por país).

**Finalidad/propósito para ILAC:** la finalidad del indicador es seguir los progresos en el acceso de la población a instalaciones de saneamiento. Se trata de un indicador básico de gran utilidad para evaluar el desarrollo sostenible, especialmente en lo que respecta a la salud humana. El acceso a unas instalaciones adecuadas de eliminación de excrementos es fundamental para reducir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces y la frecuencia de esas enfermedades. Asimismo, la recolección segura de las aguas de saneamiento trae beneficios para el medio ambiente, por ejemplo, reduciendo las descargas de aguas contaminadas a cuerpos de agua superficiales.



Figura 20: Población con acceso a servicio de saneamiento mejorados.  
Fuente: ANDA 2011-2017.

**Porcentaje de la población que dispone de servicios de suministro de agua potable gestionados de manera segura.**

Ajustes nacionales-metodología de cálculo para El Salvador

Para el cálculo del porcentaje global:

$$P_{CD} = \frac{P_{TCD}}{P_{TP}}$$

Dónde:

PCD: porcentaje de la población con servicio de Agua Potable por conexión Domiciliar.

PTCD: población total con servicio de Agua Potable por conexión Domiciliar

PTP: población Total del País.

Para calcular el indicador por zona (urbana/rural), se utiliza la fórmula anterior, con la diferencia que la población que se toma tanto en el numerador como en el denominador será la población que corresponda a la zona que se está calculando.

### **Definición de las variables que componen el indicador**

Este Indicador se está midiendo actualmente por la proporción de población que utiliza una fuente mejorada de agua potable que se encuentra en el sitio, que está disponible cuando es necesario y libre de contaminación fecal y de otros químicos prioritarios.

**Fuentes mejoradas de agua para consumo humano:** son aquellas que tienen el potencial de distribuir agua segura por sus características de diseño y construcción. En esta categoría se incluyen el suministro de agua corriente en la vivienda, el patio o la parcela; Grifos públicos o fuentes; Pozos entubados o perforados; Pozos excavados cubiertos; Manantiales protegidos, agua embotellada, agua entregada por camión cisterna y agua de lluvia. El agua

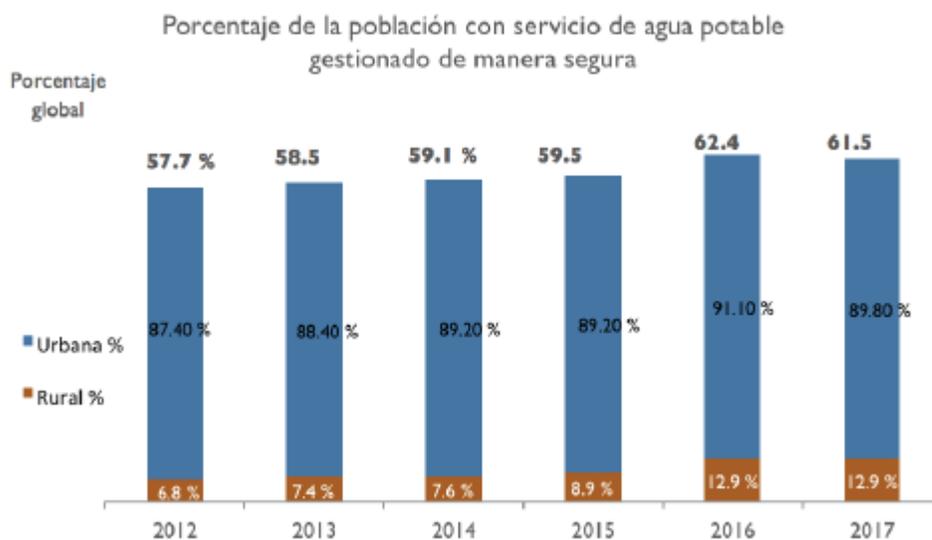
potable envasada se considera mejorada si los hogares usan una fuente de agua mejorada para otros fines domésticos.

**Nota 1:** Los países podrán considerar como mejoradas otras fuentes que no aparezcan en la lista anterior, siempre y cuando no aparezcan en la definición de no mejoradas. Fuentes no mejoradas: pozo o manantial no protegido.

**Nota 2:** Los países no podrán considerar como mejoradas las fuentes que se indican como no mejoradas en esta hoja metodológica. En el sitio: el punto de acceso al agua está dentro de la vivienda, patio o terreno. Disponible cuando sea necesario: los hogares pueden acceder a cantidades suficientes de agua cuando son necesarias. Ya sea que hubo suficiente agua durante la semana anterior al muestreo o que hay agua disponible al menos 12 h/día.

**Libre de contaminación fecal y contaminación química prioritaria:** el agua cumple las normas nacionales o locales pertinentes. En ausencia de tales normas, se hace referencia a las Directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la Calidad del Agua Potable. E. coli o coliformes termo tolerantes son el indicador preferido para la calidad microbiológica y, el arsénico y el fluoruro, son los productos químicos prioritarios para la presentación de reportes mundiales.

**Finalidad/propósito para ILAC:** supervisar los progresos alcanzados en el acceso de la población al agua potable. Este indicador está relacionado con otras características socioeconómicas, como la educación y los ingresos, lo que hace de él un buen indicador universal del desarrollo humano.



*Figura 21: Población que dispone de servicios de suministro de agua potable gestionados de manera segura.  
Fuente: ANDA 2012-2017*

## Porcentaje de masas de agua de buena calidad

### Metodología de cálculo

La clasificación se usa para computar el indicador como la proporción de los cuerpos de agua clasificados con buena calidad del número total de cuerpos de agua clasificados, expresado en porcentaje.

$$WBGQ = \frac{n_g}{n_t} \times 100$$

Donde:

WBGQ: porcentaje de cuerpos de agua clasificados con buena calidad.

$n_g$ : es el número de cuerpos de agua que tienen buena calidad ambiental.

$n_t$ : es el número total de cuerpos de agua del país monitoreados y clasificados.

**Definición de las variables que componen el indicador:** los conceptos aquí definidos están basados en marcos de trabajo y glosarios internacionales (WMO, 2012) a menos que se indique otra cosa.

La calidad de agua ambiental se refiere al agua dulce, sin tratamiento, de ríos, lagos y aguas subterráneas y, representa una combinación de influencias naturales junto con los impactos de todas las actividades antropogénicas.

La calidad se evalúa con parámetros físicos y químicos que reflejan la calidad del agua con relación a factores climatológicos y geológicos, junto a impactos importantes en la calidad del agua.

La calidad de cada cuerpo de agua se clasifica basado en el cumplimiento de los datos de monitoreo de calidad de agua disponibles para los parámetros clave definidos por el país.

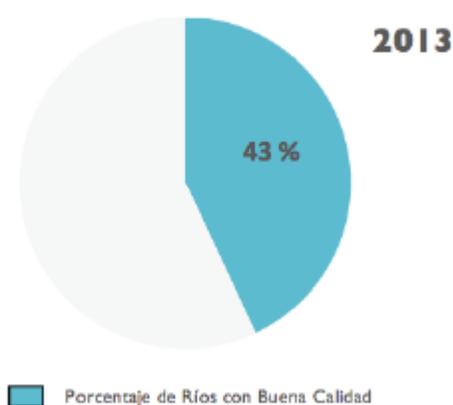
**Clasificación de calidad del agua:** el cuerpo de agua se clasifica con estado de buena calidad del agua si al menos el 80 % de los valores de monitoreo para los parámetros prescritos para un cuerpo de agua cumple con sus respectivos valores meta. Cada cuerpo de agua se clasifica con estado de buena o no buena.

**Finalidad/propósito para ILAC:** la buena calidad del agua ambiental es esencial para proteger los ecosistemas acuáticos y los servicios que proveen, incluyendo: la preservación de la biodiversidad; la protección de la salud humana durante el uso recreacional y en la provisión de agua para beber; el soporte a la nutrición humana con la provisión de peces y agua para riego; la posibilitación de varias actividades económicas; y el fortalecimiento de la resiliencia de las personas contra desastres relacionados al agua. Por lo tanto, una buena calidad del agua ambiental está muy relacionada al logro de muchos otros Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Este indicador provee un mecanismo para determinar cómo, y hasta qué punto, las medidas de gestión de la calidad del agua están contribuyendo a la mejora de la calidad del agua en el tiempo.

En consecuencia, permite que el impacto del desarrollo humano en la calidad del agua ambiental sea evaluado a lo largo del tiempo, y proporciona una indicación de los servicios que pueden obtenerse de los ecosistemas acuáticos, como agua limpia para beber, preservación de la biodiversidad, empresas pesqueras sostenibles, agua para riego, etc.

Porcentaje de ríos con calidad de agua buena



*Figura 22: Porcentaje de ríos con calidad de agua buena.*

*Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).*

2013

### Porcentaje de ríos con calidad de agua buena

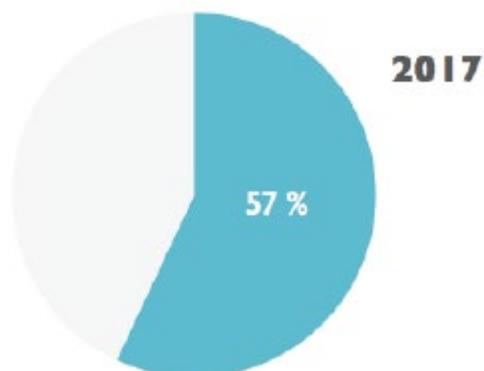


Figura 23: Porcentaje de ríos con calidad de agua buena.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017.

### Número de ríos con calidad de agua buena y no buena

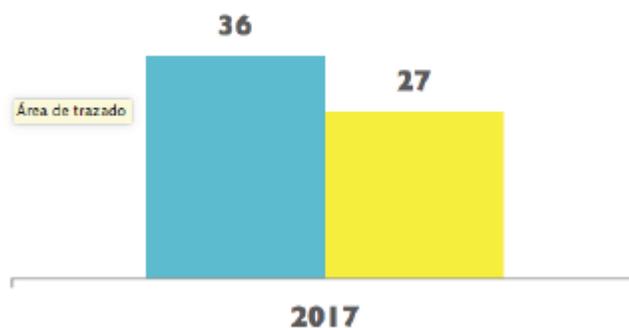


Figura 24: Número de ríos con calidad de agua buena y no buena.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017.

### 2.2.3. Evaluación del Impacto Ambiental (EIA).

La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) puede definirse como la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes,

programas o acciones normativas relativos a los componentes fisicoquímicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno. El propósito principal del proceso de la EIA es animar a que se considere el medio ambiente en la planificación y en la toma de decisiones para, en definitiva, acabar definiendo actuaciones que sean más compatibles con el medio ambiente.

La EIA se introduce por primera vez en la Ley Nacional de Política Ambiental de los Estados Unidos (National Environmental Policy Act-NEPA), que entró en vigor en 1970 y establece que cuando una Agencia Federal se proponga llevar a cabo una acción importante, que tenga un efecto significativo sobre la calidad del medio ambiente humano, debe preparar una estimación de los efectos ambientales y ponerla a disposición del presidente del Congreso y de los ciudadanos americanos.

A partir de este precedente se extendió a numerosos países que la han aplicado con distinto rigor; la experiencia muestra a la EIA como una poderosa herramienta que obliga a que se considere el hecho ambiental en los proyectos potencialmente dañinos, su eficacia aumenta cuando se integra en los procedimientos de planeamiento existentes a condición de que no alarguen en exceso los procesos de toma de decisiones.

En general la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) es un proceso de análisis, más o menos largo y complejo, encaminado a que los agentes implicados formen un juicio previo, lo más objetivo posible, sobre los efectos ambientales de una acción humana prevista y sobre la posibilidad de evitarlos, reducirlos a niveles aceptables o compensarlos (ver Anexo 1).

#### **2.2.3.1. Metodologías para Evaluar Impactos Ambientales.**

Actualmente existe un gran número de métodos para la evaluación de impactos ambientales, muchos de los cuales han sido desarrollados para proyectos específicos, impidiendo su generalización a otros. Sanz (1991) afirma que, hasta esa fecha, eran conocidas más de cincuenta metodologías, siendo muy pocas las que gozaban de una aplicación sistemática. Dichos métodos se valen de instrumentos, los cuales son agrupados por el autor en tres grandes grupos, así:

- **Modelos de identificación** (Listas de verificación causa-efecto ambientales, cuestionarios, matrices causa-efecto, matrices cruzadas, diagramas de flujo, otras).
- **Modelos de previsión** (Empleo de modelos complementados con pruebas experimentales y ensayos “in situ”, con el fin de predecir las alteraciones en magnitud).
- **Modelos de evaluación** (Cálculo de la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los mismos).

Por su parte, Magrini (1990) diferencia dos grandes grupos de técnicas para la evaluación de impactos:

- Métodos tradicionales para la evaluación de proyectos.
- Métodos cuantitativos.
- Métodos Integrales

Los primeros corresponden a técnicas que hacen sus mediciones en términos monetarios (caso relación Beneficio/Costo), cuya principal limitante es la dificultad que representa el establecer valoración económica a los distintos factores que definen la calidad del medio (polución, aire, contaminación de aguas, etc.).

Los métodos cuantitativos consisten en la aplicación de escalas valorativas para los diferentes impactos, medidos originalmente en sus respectivas unidades

físicas. En estos se diferencian dos grupos, el primero permite la identificación y síntesis de los impactos (listas de chequeo, matrices, redes, diagramas, métodos cartográficos), y un segundo grupo incorpora, de forma más efectiva, una evaluación pudiendo explicitar las bases de cálculo (Battelle, hoja de balance y matriz de realización de objetivos).

Se tienen además métodos integrales que hacen posible la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales, mediante adopción y medición de indicadores ambientales y funciones de transformación que permiten su comparación directa.

A continuación, se hace una breve descripción de algunos de los métodos mencionados en las categorías anteriores:

**Métodos cartográficos.** Se desarrollaron en el ámbito de la planificación territorial para la evaluación de los impactos ambientales de uso del territorio. También se les conoce como métodos de transparencias y gráficos. Básicamente consisten en la superposición -sobre un mapa del área de estudio, convenientemente subdividida- de transparencias dedicadas a un factor ambiental e identificadas con códigos (color, números, otros) que indican el grado de impacto previsible de cada subzona en caso de llevarse a cabo un proyecto o actividad. La gradación de tonos de color se utiliza para dar idea de la mayor o menor magnitud del impacto (Sanz, 1991). Sin embargo, sus resultados son limitados, principalmente por el número de impactos que pueden ser analizados en una misma operación.

El alto grado de versatilidad y desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) permiten hoy día darle mayor aplicación a esta metodología. Las técnicas cartográficas pueden ser buenas herramientas de comunicación, especialmente en estudios del medio físico; son de gran utilidad en las reuniones con el público y en actividades para la difusión o aclaración de conceptos a éste en el proceso de planificación (Estevan, 1999).

**Listas de chequeo, control o verificación.** Son relaciones categorizadas o jerárquicas de factores ambientales a partir de las cuales se identifican los impactos producidos por un proyecto o actividad específica. Existen listas de chequeo elaboradas según el tipo de proyecto, haciendo identificación expresa de los elementos del medio que en forma particular resultan impactados por las actividades desarrolladas en el marco del mismo. Además de permitir la identificación, bien podrían asimismo incorporar escalas de valoración y ponderación de los factores, ante lo cual Magrini (1990) anota que a pesar de que constituyen una forma concisa y organizada de relacionar los impactos, no permiten la identificación de las interrelaciones entre los factores ambientales. La mayor ventaja que presentan las listas de chequeo es que ofrecen cubrimiento o identificación de casi todas las áreas de impacto; sin embargo, representan básicamente un método de identificación cualitativo, limitándose su alcance en el proceso de EIA, a un análisis previo.

**Métodos matriciales:** las matrices usadas para la identificación de impactos están constituidas por una lista de las actividades necesarias para la ejecución de la obra la cual se enfrenta - en una tabla de doble entrada - a otra lista de indicadores de impacto. Se forma así una matriz que puede usarse para detectar las relaciones causa-efecto, aunque también tienen un importante campo de aplicación en la definición cualitativa de las relaciones causa-efecto. Cuando una determinada acción provoca una alteración en un factor ambiental se anota en el punto de intersección de sus correspondientes líneas - fila y columna - para luego proceder a un análisis más minucioso y describirlo en términos de magnitud e importancia. Se puede recurrir a matrices proporcionadas por autores u organismos - Leopold, Sphere, Matriz de Procedimiento del Banco Mundial, etc. - o bien desarrollar la apropiada para cada caso. Las matrices listadas en el párrafo anterior presentan como inconveniente su carácter generalista, por lo que en ocasiones puede no apreciarse con suficiente exactitud la problemática que nos interesa. Este carácter "no selectivo" es debido a la carencia de mecanismos

que concentren la atención del evaluador en los puntos de interés más sobresalientes de cada caso. Una alternativa frente a estas restricciones viene dada por las denominadas "matrices de interacción". Esta matriz se caracteriza por presentar, tanto en filas como en columnas, las mismas componentes ambientales y en ella las señales o signos en las celdas denotan la existencia de relaciones de dependencia entre dichos componentes. Es conveniente mantener un criterio de dependencia y en este esquema las componentes horizontales suelen considerarse dependientes de las verticales asegurándose de este modo una dirección de dependencia común a todos los componentes.

**Redes.** Las redes representan un avance en relación con las técnicas anteriores, ya que establecen relaciones de tipo causa-efecto, permitiendo una mejor identificación de los impactos y de sus interrelaciones. Estos diagramas son métodos que integran las causas de los impactos y sus consecuencias, mediante la identificación de las interrelaciones existentes entre las actividades o acciones causales y los factores ambientales impactados, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios (Canter, 1998).

**Método de Battelle-Columbus.** Fue desarrollado en el laboratorio Battelle-Columbus, por encargo de la oficina de Reclamaciones del Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América, para proyectos hídricos, aplicable tanto en micro como en macro proyectos. El método permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos.

Se puede usar con dos fines:

- Medir el impacto ambiental sobre el medio de diferentes proyectos de uso de recursos hídricos (análisis de proyectos, escala micro).
- Planificar a medio y largo plazo proyectos con el mínimo impacto ambiental posible (evaluación ambiental estratégica de planes y programas, escala

macro). Se basa en una lista de indicadores de impacto, con 78 parámetros o factores ambientales, que representan una unidad o un aspecto del medio ambiente que merece considerarse por separado y cuya evaluación es representativa del impacto ambiental derivado de las acciones o proyectos.

**Calificación ambiental.** Esta propuesta metodológica, desarrollada por Arboleda (1994), busca identificar y evaluar los impactos generados por la construcción y realización de obras de diferente magnitud, sobre las condiciones medioambientales que pueden resultar afectadas. Ha sido empleada por las Empresas Públicas de Medellín (EPPM) en diversos proyectos, y aprobada por organismos tanto nacionales como internacionales, cuyas funciones se relacionan con el manejo y/o regulación del medio ambiente.

**Modelos integrales para la EIA.** Dentro del conjunto de técnicas disponibles para la EIA, se tienen algunas que van más allá de la identificación y cuantificación de impactos; se trata de estructuras formales, que, valiéndose de procedimientos estandarizados de tratamiento de la información, permiten en forma sintética identificar, predecir, valorar, e incluso analizar medidas correctoras, de impactos producidos por un proyecto, en una cualquiera de sus fases.

- **Metodología para la Evaluación de Impactos Ambientales más utilizada En El Salvador.**

Los métodos más utilizados para la Evaluación de Impacto Ambiental en El Salvador son: Método de la Matriz de Leopold, Método de Battelle-Columbus, Método MEL-ENEL y Método de Criterios Relevantes Integrados (VIA). Se describen a continuación estos métodos:

- **Método de la Matriz de Leopold**

La Matriz de Leopold fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental, la cual consiste en un cuadro de doble entrada -matriz- en el que se disponen como "filas" los factores ambientales que pueden ser afectados y como "columnas" las acciones que vayan a tener lugar y que serán causas de los posibles impactos (ver Figura 25).

En este método se fijan como número de acciones 100 y 88 el número de factores ambientales, con lo cual el número de interacciones posibles viene dado por el producto entre  $100 \times 88 = 8,800$ .

Conviene destacar que se tiende a trabajar con una matriz más reducida, con las interacciones más relevantes, de modo tal de operar con una matriz que no supere las 50 interacciones.

Cada cuadrícula de interacción se divide en diagonal. En la parte superior se indica la **Magnitud M** (extensión del impacto precedida de un signo positivo o negativo según el impacto sea de uno u otro signo en una escala de 1 a 10), asignándole el valor 1 a la alteración mínima y el valor 10 a la máxima alteración.

En el triángulo inferior se indica la **Importancia I** (intensidad o grado de incidencia) también en una escala de 1 a 10.

La sumatoria por filas expresa la incidencia del conjunto sobre cada factor ambiental, parámetro indicador de su **Fragilidad** frente al proyecto.

La sumatoria por columnas nos da una valoración relativa del efecto que cada acción provocará en el medio y por ende de su **Agresividad**.

Resumiendo, puede decirse que la matriz se convierte en un resumen y en el eje de la Evaluación de Impacto Ambiental adjunta a la misma.

COMPONENTES		MATRIZ CLÁSICA DE LEOPOLD													
		FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES											
				MODIFICACION DEL REGIMEN			ALMACENAMIENTO		TRANSFORMACION DEL SUELO			CAMBIOS EN EL TRAFICO		LOCALIZACION DE VERTIDOS	
Tala y Desborde	Introducción de flora y fauna	Alteración de la cobertura vegetal	Almacenamiento de insumos de habitaciones	Almacenamiento de alimentos	Construcción de edificios	Líneas de comunicación tendidos eléctricos	Desmonte y Terraplen	Efectos Mecánicos del pisoteo	Ruidos y emanaciones de vehículos	Descarga del efluente líquido	Construcción de fosas sépticas	Manejo de residuos sólidos	Manejo de residuos peligrosos		
FISICO	AGUA	Calidad del agua superficial	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Calidad del agua subterránea	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SUELO	Erosión	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Calidad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
ECONOMIA	POBLACIÓN	Salud	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Generación de Vectores	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	ECONOMÍA	Generación de empleos	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Turismo	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Biológicos	FAUNA	Especies en extinción	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Mamíferos	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Aves	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	FLORA	Deforestación	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Zonas verdes	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Utilización del terreno	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Promedios Negativos															
Promedios Positivos															

**Figura 25: Matriz Clásica de Leopold.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

### o **Método de Battelle-Columbus**

El modelo elaborado por los Laboratorios Battelle Columbus de USA, ideado para la planificación de actividades relacionadas con los recursos hídricos, constituye uno de los pocos métodos de valoración cuantitativa que existen por el momento.

Este permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos, siendo factible conseguir una planificación a mediano y largo plazo con el mínimo impacto ambiental posible.

El sistema incluye una serie de componentes de calidad ambiental agrupados en cuatro categorías: ecología, contaminación ambiental, aspectos estéticos y aspectos de interés humano.

Los 78 parámetros se ordenan, en primera instancia, según 18 componentes ambientales generando una distribución en forma de árbol (ver Figura 26).

El 1<sup>er</sup> nivel corresponde a las **categorías** -ecología, contaminación ambiental, etc.-, el 2<sup>o</sup> nivel corresponde a los **componentes** - especie y población, contaminación del agua, etc.-, el 3<sup>er</sup> nivel son los **parámetros** -terrestres, DBO, pH, etc.- y el 4<sup>o</sup> nivel **medidas** (vegetación natural, cadenas alimentarias, etc.).

Estos niveles van en orden creciente a la información que aportan constituyendo el 3<sup>er</sup> nivel la clave del proceso de evaluación en lo que cada parámetro representa un aspecto ambiental significativo debiendo considerarse especialmente.

Para cada parámetro se desarrolla un índice de valores -mediante la aplicación de técnicas de transformación siendo una de las más usadas la que emplea funciones de transformación- y ponderaciones adjudicadas a especialistas.

La suma ponderada de los valores de los componentes significa el impacto total del proyecto.

Esta metodología tiene las mismas deficiencias que las otras de índole cualitativa en el sentido que no permite considerar interacciones dinámicas.

Sin embargo, es superior a los otros métodos entre otros motivos, porque alerta sobre la existencia de incertidumbres y con relación a la potencial ocurrencia de impactos extremos.

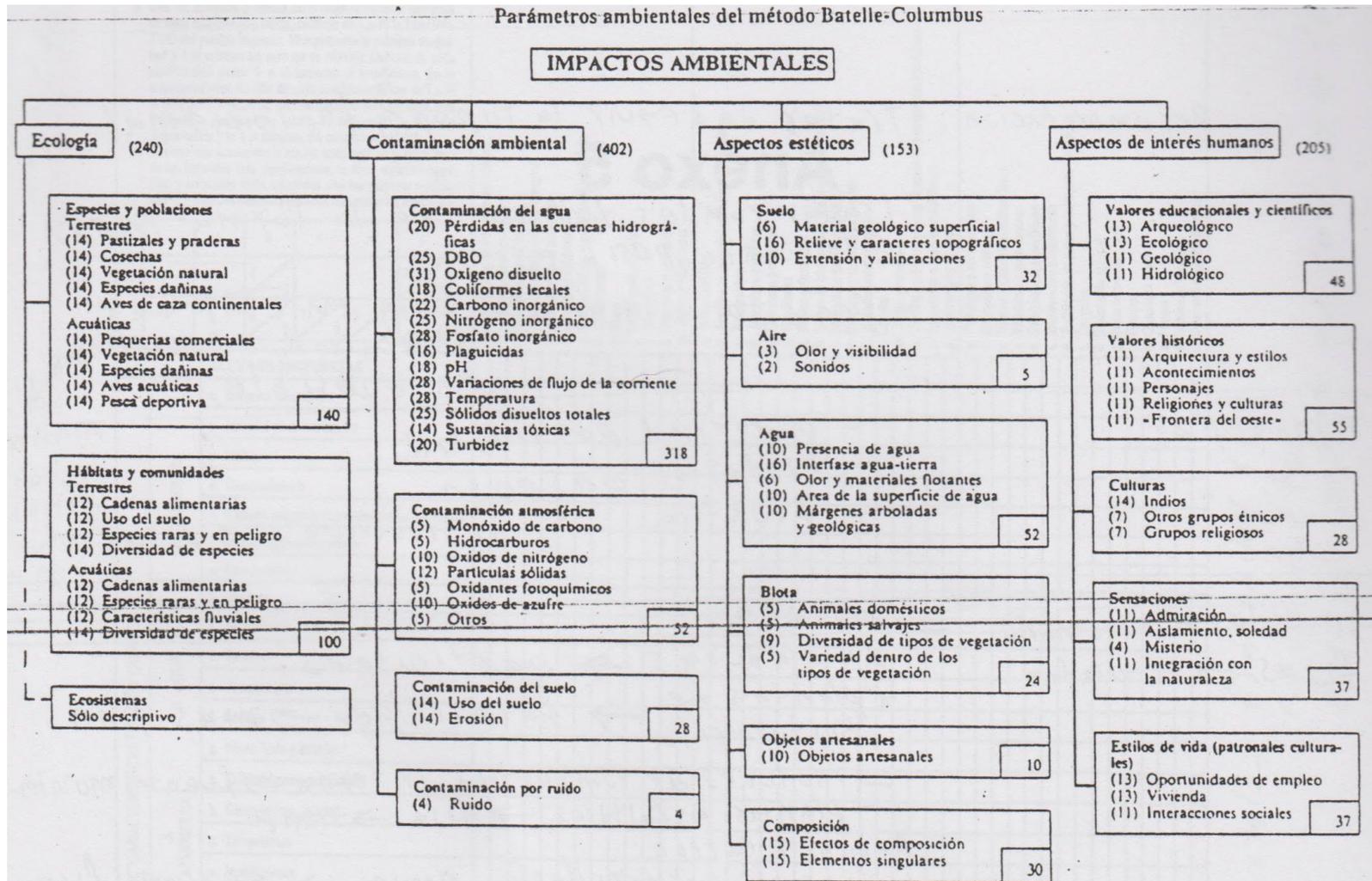


Figura 26: Parámetros ambientales del método Battelle-Columbus. Fuente: Separata del Curso III evaluación de proyectos e impacto ambiental, Universidad Nacional de San Juan, Chile.

- **Método MEL-ENEL**

El método fue desarrollado entre 1993 y 1997 en Costa Rica por el Ing. Manuel E. López, ha sido aplicado en gran cantidad de proyectos, tanto a nivel académico como profesional.

El panorama en Centroamérica es bastante crítico, en primer lugar, porque no se incorpora el análisis de viabilidad ambiental, principal objetivo de una EIA, y, en segundo lugar, porque a pesar de esta deficiencia, los estudios adolecen de gravísimas y múltiples anomalías en cuanto a las técnicas y procedimientos empleados. Durante el período 1998-2000, MEL-ENEL fue ampliamente difundido en Centroamérica a través del Proyecto Regional de Energía Eléctrica del Istmo Centroamericano, PREEICA. Estudios de diagnóstico ambiental de los dos proyectos geotérmicos más importantes de El Salvador (Berlín y Ahuachapán), actividad que permitió someter a prueba el método, coadyuvando a su fortalecimiento.

El método MEL-ENEL es un sistema racional de generación, manejo y procesamiento de datos ambientales, aplicable como herramienta para la evaluación ambiental de proyectos en etapa de preinversión o en operación, que garantiza al equipo interdisciplinario el conocimiento exhaustivo del proyecto y del medio ambiente interactuante, la identificación completa de sus impactos potenciales, una adecuada evaluación y priorización de acuerdo con su significancia ambiental y los criterios para definir el límite entre el nivel significativo y no significativo, para efectos de justificar cuáles impactos negativos requieren de medidas de control ambiental.

El método consta de seis etapas secuenciales, que se enlistan a continuación:

- Desglose de acciones del proyecto (etapa I)
- Desglose de factores ambientales (etapa II)

- Matriz de identificación de impactos (etapa III)
- Categorías por impactos genéricos (etapa IV)
- Evaluación de los impactos genéricos (etapa V)
- Priorización por significancia (etapa VI).

### **Etapa I: Desglose de Acciones del Proyecto.**

De acuerdo con MEL-ENEL, el éxito en la elaboración de un estudio ambiental descansa en el claro conocimiento del proyecto y del medio ambiente interactuante. Para el primer caso, el grupo evaluador deberá conocer a fondo el proyecto o acción propuesta, tanto en su fase de ejecución como de operación, de tal forma que pueda desglosarlo en sus componentes, acciones o actividades potencialmente impactantes. El método propone para esta primera etapa cuatro pasos secuenciales, trabajados en forma interdisciplinaria por parte del equipo evaluador.

### **Etapa II: Desglose de Factores Ambientales.**

**Paso 1:** Visita de reconocimiento de campo, a la cual se deberá llevar la lista de acciones del proyecto surgida de la primera etapa del Método. Deberá efectuarse por el equipo multidisciplinario completo y deberán contar con transporte y un guía conocedor de la zona (preferiblemente con el representante técnico del Titular del proyecto), de tal forma que el equipo evaluador pueda ubicarse exactamente en cada uno de los sitios geográficos en que se llevarán a cabo las acciones del Proyecto.

**Paso 2:** El listado de factores ambientales finalmente decidido por consenso y discusión interdisciplinaria del equipo, permitirá definir en forma preliminar el "Área de Influencia" o "Entorno" del proyecto, esto es, aquella parte del medio ambiente que interactúan potencialmente con el proyecto y por ende, es la receptora potencial de sus impactos.

**Paso 3:** Como producto de esta etapa del Método, se elaborará una tabla resumen con los factores ambientales potencialmente impactados, que deberán cumplir los requisitos de colectividad y exclusividad. También deberá incluir un número de referencia de cada factor, un nombre clave que resuma y permita al equipo evaluador multidisciplinario hacer referencia en forma ágil a este factor o condición del ambiente durante el proceso posterior de identificación matricial de impactos, y una explicación general del contenido de cada elemento.

### **Etapa III: Matriz de Identificación de Impactos.**

**Paso 1:** Método MEL-ENEL propone la elaboración de una matriz específica de interacción, con un máximo de 400 celdas para la condición más crítica ( $M = 20$  filas x  $N = 20$  columnas), la cual servirá como herramienta técnica para la identificación de los impactos potenciales, gracias a la interacción entre las filas y las columnas, que deberán asignarse de la siguiente forma:  $N =$  número de acciones de proyecto, y  $M =$  número de factores ambientales.

**Paso 2:** Revisión una a una, en forma descendente, de las interacciones entre el primer componente del proyecto y cada uno de los factores ambientales. Cada vez que el grupo evaluador dictamine por consenso, que existe una interacción causa/efecto, se anotará en la celda un número en el orden ascendente (1, 2, 3, +...). Este número de referencia corresponde a un impacto directo, determinado por el equipo evaluador mediante tormenta de ideas. Cuando no se determine interacción se dejará la celda en blanco y se continuará con la siguiente.

**Paso 3:** Cada impacto directo deberá identificarse con un nombre clave, que sea fácilmente reconocible por todo el equipo para las siguientes tareas del Método. Se debe elaborar una tabla de cuatro columnas que respalde el proceso de identificación en la matriz específica: en la primera columna se pondrá el número de referencia, asignado dentro de cada celda en que existe interacción directa junto con el signo (positivo o negativo) del impacto; en la segunda se asignará un nombre clave (resumen) del impacto directo; en la tercera columna se describirá

brevemente el significado de este impacto según el consenso del equipo evaluador, y en la cuarta se procederá a listar al menos tres posibles impactos indirectos que se generan en el medio ambiente a partir del directo identificado en la matriz.

#### **Etapa IV: Categorización por Impactos Genéricos.**

**Paso 1:** De acuerdo con MEL-ENEL, una vez que se tiene la identificación y descripción de impactos directos e indirectos, se procede a efectuar mediante un trabajo interdisciplinario, una agrupación u ordenamiento de los mismos utilizando como criterio de agrupación el factor ambiental impactado. (López, 2001).

Por lo tanto, el proceso de identificación de impactos según el Método MEL-ENEL inicia con un proceso de análisis (desglose del proyecto en todos sus posibles impactos individuales) y continúa con un proceso de síntesis (agrupación de los impactos puntuales en categorías genéricas), las cuales corresponderán precisamente a los "impactos genéricos" que serán evaluados y priorizados posteriormente.

#### **Etapa V: Evaluación de Impactos Genéricos.**

El proceso de evaluación es un análisis profundo de la significancia ambiental de los impactos genéricos y, por ende, requiere de un análisis multidisciplinario más que interdisciplinario.

Por lo tanto, en esta etapa cobra fuerza la participación individual de los especialistas que conforman el equipo evaluador y el director técnico del estudio deberá asignar tareas específicas de evaluación a cada uno de los miembros, ya sea en forma individualizada o en pequeños grupos. (López, 2001).

La lista de impactos genéricos deberá dividirse según su signo ambiental:

- Positivos, aquellos que se refieren a modificaciones que resultan en ganancias o beneficios para el medio ambiente. Para la aplicación típica en nuestro medio, estos impactos quedarán a nivel descriptivo, sin requerirse su evaluación.
- Negativos, los que provienen de modificaciones que resultan en pérdidas o costos para el medio ambiente. Estos impactos deberán evaluarse en cuanto a su significancia ambiental, para proceder posteriormente a su priorización.

#### **Etapas VI: Priorización de Impactos por significancia.**

Se deberá construir una matriz cuadrada, de F filas x F columnas, en donde F es el número de impactos genéricos negativos a priorizar de acuerdo con su significancia (se recomienda que el valor máximo de F sea quince) (López, 2001).

##### **o Método de Criterios Relevantes Integrados (VIA)**

En forma específica este método considera en una primera fase la calificación de los efectos según los siguientes criterios:

**Tipo de acción** que genera el cambio.

**Carácter del impacto.** Se establece si el cambio en relación al estado previo de cada acción del proyecto de cosecha es positivo o negativo.

**Intensidad.** Se refiere al vigor con que se manifiesta el cambio por las acciones del proyecto. Basado en una calificación subjetiva se estableció la predicción del cambio neto entre las condiciones con y sin proyecto. El valor numérico de la intensidad se relaciona con el índice de calidad ambiental del indicador elegido, variando entre 0 y 10.

**Extensión o influencia espacial.** Es la superficie afectada por las acciones del proyecto tanto directa como indirectamente o el alcance global sobre el componente ambiental.

**Duración del cambio.** Establece el periodo de tiempo durante el cual las acciones propuestas involucran cambios ambientales.

**Magnitud.** Es un indicador que sintetiza la intensidad, duración e influencia espacial.

**Reversibilidad.** Capacidad del sistema de retornar a una situación de equilibrio similar o equivalente a la inicial.

**Riesgo.** Se refiere a la probabilidad de ocurrencia del efecto sobre la globalidad del componente.

**El índice integral de impacto ambiental VIA.** El desarrollo del índice de impacto se logra a través de un proceso de amalgamiento, mediante matemática que integra los criterios anteriormente explicitados.

**Significado.** Se refiere a la importancia relativa o al sistema de referencia utilizado para evaluar el impacto.

#### **2.2.4. Estudios de Impacto Ambiental (EsIA)**

Los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) son el conjunto de estudios técnicos, objetivos y de carácter multidisciplinario realizados a proyectos, obras o actividades, con el objeto de predecir los impactos ambientales que se pueden producir por la ejecución de ellos o actividades relacionadas (Sanz, 1991). Puede ser asimismo considerado como (SCI, 1993) un estudio de factibilidad o como una parte de ellos, cuyo objeto es determinar si un proyecto dado es viable tanto técnica y económicamente, como ambientalmente. Estos estudios deben incluir una valoración del impacto ambiental, de forma tal que permitan establecer comparaciones entre las diferentes alternativas de un mismo proyecto.

De manera similar, el EsIA puede ser definido como (Conesa, 1993) el “Estudio técnico de carácter interdisciplinar que, incorporado en el procedimiento de la

EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno..., deberá identificar, describir y valorar de manera apropiada, y en función de las particularidades de cada caso concreto, los efectos notables previsibles que la realización del proyecto produciría sobre los distintos aspectos ambientales”.

En consecuencia, y de conformidad con las definiciones anteriores, el EsIA es la herramienta que operativiza la EIA, y que se fundamenta en dos principios básicos de la política y la ética ambiental (Martín, 1999): la prevención y la cautela o precaución. A través del primero han sido sentadas en buena parte del mundo, las bases de la política ambiental; éste fue claramente consagrado inicialmente en los Estados Unidos de América en la NEPA, y posteriormente en el seno de la Comisión Europea a comienzos de la década de los 70.

El principio de la prevención tiene como objetivo central evitar la aparición de problemas o efectos adversos en el medio, antes que tener que proceder a su remediación o corrección, y es en el fondo la razón de ser de la EIA. Por su parte, el principio de cautela o de precaución, responde a la incertidumbre existente en la respuesta del medio a determinadas acciones o intervenciones, siendo necesario, por tanto, demostrar la inexistencia de riesgos para el ambiente, antes que adoptar como criterio decisor para la limitación de una actividad, los perjuicios derivados de ésta.

Este proceso evaluativo, en términos generales, responde a un desarrollo secuencial de pasos, que van desde la toma de la decisión de realizar la EIA, pasando por la identificación y valoración de impactos, hasta la formulación de medidas correctoras inscritas en programas de manejo ambiental (ver Figura 27).

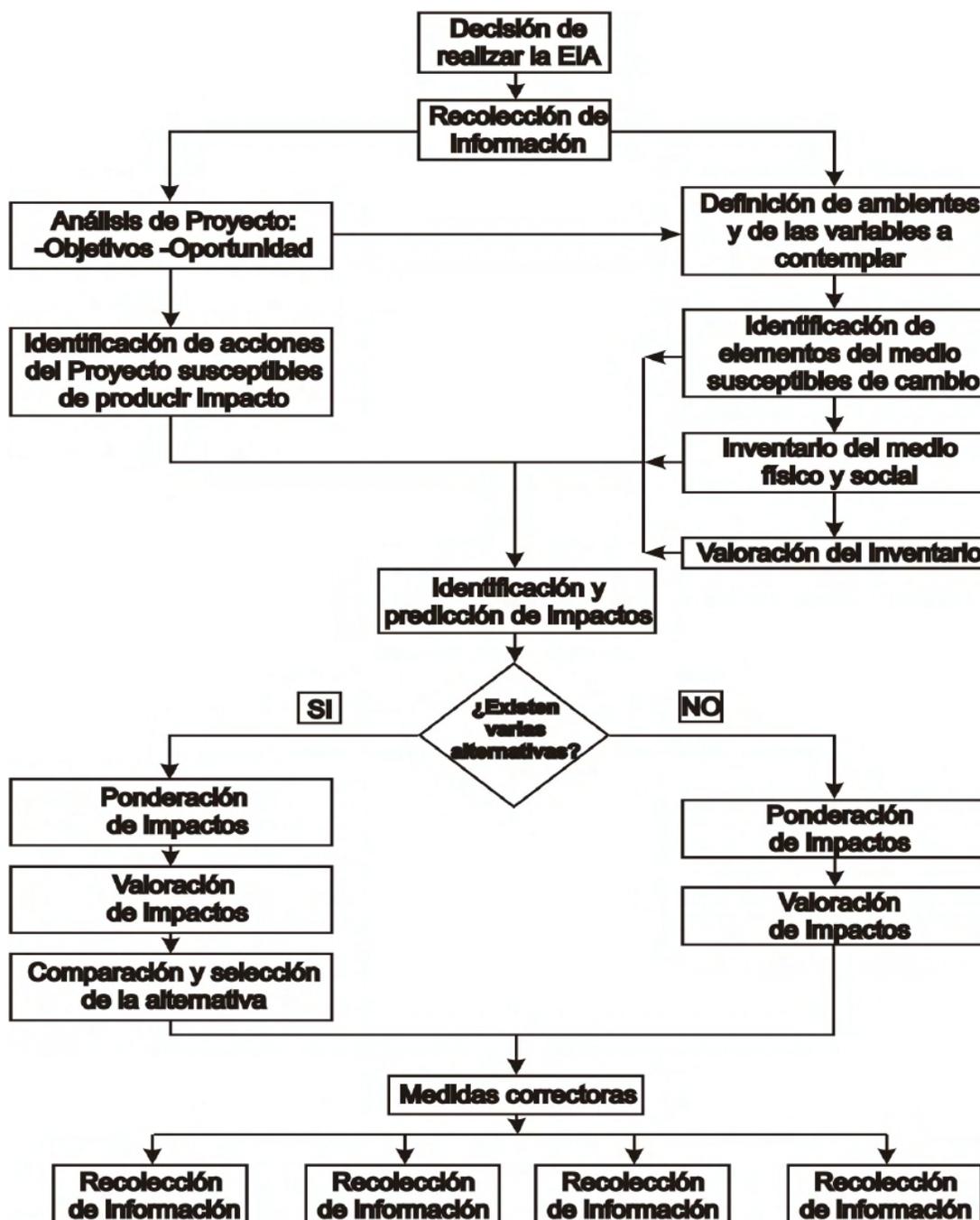


Figura 27: Secuencia del proceso del EIA.

Fuente: (León, J.D.), Evaluación del Impacto Ambiental de proyectos de desarrollo.

### 2.2.5. Predicción de Impactos Ambientales

Se refiere a la cuantificación de los impactos anticipados del proyecto sobre diversos factores ambientales, que conllevan a realizar estudios o ensayos de laboratorios para determinar concentraciones de uno o varios elementos.

- **Predicción de impactos sobre el medio ambiente atmosférico.**

La predicción de impactos en la calidad del aire puede basarse en uno o varios planteamientos, incluyendo los balances de masa, utilización de modelos matemáticos simples o detallados y otras consideraciones. Los planteamientos más utilizados para la predicción de impactos en la calidad del aire son el planteamiento de balances de masa, planteamiento de modelos de caja y planteamientos para modelizar la dispersión de calidad del aire, entre otros.



*Figura 28: Contaminación de la atmósfera.*

Fuente: <https://www.alamy.es/estado-de-asure-venezuela-construccion-de-carreteras-rurales-equipos-pesados-y-contaminacion-del-aire-de-escape-diesel-image412014973.html>

- **Predicción de impactos en las aguas superficiales.**

La predicción de impactos se refiere básicamente a la cuantificación (o por lo menos, a la descripción cualitativa), si es posible, de los impactos anticipados del

proyecto sobre diversos factores ambientales de las aguas superficiales. Dependiendo del impacto particular, podrían necesitarse para la predicción modelos matemáticos exigentes desde el punto de vista técnico. Otros planteamientos incluyen la realización de ensayos de laboratorio, tales como ensayos de lixiviado para material dragado (Brannon, 1978) y para residuos sólidos o peligrosos (EPA, 1986) o fangos (Deeley y Canter, 1986). También pueden ser apropiados otros estudios de laboratorio; por ejemplo, ensayos de toxicidad crónica (Canter, Robertson y Hargrave, 1990). Otras técnicas incluyen la utilización de información parecida o análoga sobre los impactos de proyectos en zonas geográficas similares. Finalmente, también pueden considerarse los métodos de los índices medioambientales como el WQI (índice de calidad del agua) u otro tipo de técnicas sistemáticas para predecir los impactos anticipados.



*Figura 29: Contaminación del agua superficial. Fuente:*  
[https://sites.google.com/site/blogdeeducacionambiental/contaminacion-del-agua:](https://sites.google.com/site/blogdeeducacionambiental/contaminacion-del-agua)

- **Predicción de impactos en el suelo y aguas subterráneas.**

La predicción de los impactos de una actividad o proyecto sobre el medio ambiente del suelo y/o agua subterránea o, por el contrario, la influencia potencial del medio ambiente sobre un proyecto propuesto puede plantearse de tres perspectivas: (1) cualitativa, (2) cuantitativa simple y (3) cuantitativa específica.

En general, se debe intentar cuantificar los impactos previstos; sin embargo, en muchos casos, esto resulta imposible, debiendo utilizarse técnicas cualitativas. La predicción cualitativa de impactos se basa en utilizar proyectos similares o análogos para los cuales se dispone de información y/o en utilizar estudios de casos relacionados.



Figura 30: Contaminación del suelo y agua subterránea.

Fuente: <https://www.ambientologosfera.es/2014/01/26/la-contaminacion-del-agua/>

- **Predicción de impactos sonoros en el tiempo.**

La predicción de impactos sonoros en el tiempo implica predecir la propagación del ruido de una fuente y determinar el tiempo de usos del suelo afectados. Algunos de los planteamientos más utilizados para predecir los límites del ruido son: modelos simples de atenuación del ruido, modelos sencillos para clases de fuentes específicas y modelos matemáticos generales.



*Figura 31: Ruido a causa de la obra civil*

Fuente: <https://www.change.org/p/vila-universitaria-que-cese-el-ruido-de-las-obras-del-bajo-del-bloque-f-hasta-fin-de-ex%C3%A1menes>

- **Predicción de impactos sobre el medio Biótico.**

Como principio general, los impactos se deberían cuantificar cuando fuera posible y, para los que no se puedan cuantificar, proporcionar descripciones cualitativas. Desde una perspectiva histórica, la predicción del impacto en el medio biótico se ha centrado sobre los cambios del uso del terreno o del hábitat y las implicaciones asociadas a estos factores relativas al sistema biótico. Existen varios métodos de predicción de impactos, como son las descripciones cualitativas de los impactos, utilización de métodos basados en el hábitat o modelos de ecosistemas y el uso de modelos físicos o de simulación. El mantenimiento de la diversidad biológica y el desarrollo sostenible son objetivos más amplios de importancia creciente.



*Figura 32: Destrucción de hábitat de fauna.*

Fuente: <https://www.change.org/p/empresarios-alto-al-maltrato-animal-y-a-la-destrucci%C3%B3n-de-su-h%C3%A1bitat>



*Figura 33: Destrucción de hábitat de flora.*

Fuente: <https://www.nationalgeographic.es/tema/contenido/medio-ambiente/ecologia/habitat/destruccion-de-habitat>

- **Predicción de impactos en el medio ambiente cultural (histórico y arqueológico).**

Los impactos sobre los recursos culturales incluyen inundación, destrucción, daños y/o fragmentación. Los impactos pueden provenir directamente de las perturbaciones de la fase de construcción o indirectamente de actividades. Los impactos anteriores a la construcción tienen lugar principalmente por actos de vandalismo sobre los yacimientos conocidos de recursos culturales y sobre el

área de efectos potenciales. Los impactos indirectos incluyen fundamentalmente los que tienen lugar como resultado de los cambios de los usos del suelo y el consecuente crecimiento y desarrollo de la zona. Debe procurarse cuantificar la naturaleza y dimensión de los impactos durante las diferentes fases temporales del proyecto, con una descripción cualitativa en el caso de que la cuantitativa no sea posible.



*Figura 34: Inundación en patrimonio cultural, Venecia, Italia.*

Fuente: <https://www.publico.es/internacional/agua-alta-queda-patrimonio-cultural-venecia-inundaciones.html>

- **Predicción de impactos visuales.**

La predicción de los impactos de un proyecto sobre los recursos visuales puede realizarse mediante cualquiera de los variados métodos disponibles. Siendo algunos de estos: metodologías descriptivas con el apoyo de fotografías, modelos a escala para representar el proyecto ubicado en el área de estudio, el uso de fotografías de las diferentes vistas del área de estudio que consideren cada variación estacional, el uso de fotomontajes con variaciones estacionales junto con fotomontajes equivalentes en los que se haya superpuesto el proyecto propuesto, el uso de simulaciones infográficas de las vistas del área de estudio en sus condiciones previas y con el proyecto ubicados en la escena y el uso de

un método de indicadores cuantitativos que describan la calidad visual de la zona de estudio en sus condiciones previas y con el proyecto superpuesto, junto con una discusión del método, los resultados y las implicaciones de las alteraciones que como resultado del proyecto pudieran producirse en la calidad visual.



*Figura 35: Deterioro del paisaje.*

Fuente: [https://elpais.com/sociedad/2010/07/16/album/1279231201\\_910215.html](https://elpais.com/sociedad/2010/07/16/album/1279231201_910215.html)

### **2.2.5. Valoración de Impactos Ambientales.**

La valoración del impacto ambiental consiste en el proceso de cuantificación y cualificación de la afectación a características complejas (calidades) de componentes del entorno, como resultado de las actividades del proyecto en sus diferentes etapas.

la valoración de impactos se puede realizar siguiendo la clasificación siguiente:

- Compatible: de rápida recuperación sin medidas correctoras.

- Moderado: la recuperación tarda cierto tiempo, pero no necesita medidas correctoras o solo algunas muy simples.
- Severo: la recuperación requiere bastante tiempo y medidas correctoras más complejas.
- Crítico: supera el umbral tolerable y no es recuperable independientemente de las medidas correctoras.

A la hora de valorar la gravedad o significación de un impacto, se utilizan diversas metodologías:

- Enjuiciamiento directo.
- Aspectos cualitativos.
- Sistemas cuantitativos:
  - Parciales: aplicación de modelos, tipos.
  - Globales: modelos específicos como el Método Batelle Columbus.

En general, la gravedad o significación viene determinada por sus características de magnitud (Intensidad y Extensión).

Existe la posibilidad de asignar a cada impacto, además de una valoración, una descripción complementaria que permita precisar más sobre su naturaleza y carácter y, como consecuencia, estimar una valoración complementaria mediante la asignación de una tipología objetiva.

#### **2.2.6. Medidas de Prevención y Mitigación.**

Las medidas de mitigación ambiental se encuentran dentro de un conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que se dan por el desarrollo de un proyecto, con el fin de asegurar un uso sostenible de los recursos naturales y de la protección del medio ambiente, el paisaje y los seres vivos.

Estas medidas son fundamentales y existen 3 tipos:

- **Medidas preventivas:** tienen como fin evitar la aparición de efectos ambientales negativos o mitigar estos anticipadamente.
- **Medidas correctoras:** no eliminan el impacto, pero sí lo atenúan, disminuyendo su importancia. Estas medidas se adoptan cuando la afección es inevitable, pero existen procesos, tecnologías, etc., capaces de minimizar el impacto.
- **Medidas compensatorias:** son las actuaciones aplicables cuando el impacto es inevitable o de difícil corrección. Tienden a compensar el efecto negativo sobre la especie o el hábitat afectado, mediante la generación de efectos positivos relacionados con el mismo.

Las medidas de prevención, y mitigación de impactos negativos como de optimización de impactos positivos, deberán constituir un conjunto integrado de medidas y acciones, que se complementen entre sí, para alcanzar superiores metas de beneficio de la obra durante su construcción y operación, con especial énfasis en los beneficios locales y regionales.

Se espera que estas medidas logren por lo menos alguno de los siguientes puntos:

- Evitar el impacto por completo, al no realizar cierta actividad o reducir parcialmente la misma.
- Reducir el impacto, limitando el grado o magnitud de la(s) actividad(es) y su realización (para lograrlo se sugiere la implementación de medidas preventivas).
- Rectificar el impacto reparando, rehabilitando o restaurando el medio afectado (para ello se implementan medidas de mitigación).
- Reducir o eliminar el impacto, tras un periodo de tiempo, mediante las tareas de protección y mantenimiento durante la vida del proyecto (al igual

que en el punto anterior se sugieren las medidas de mitigación, así como de restauración).

- Compensar el impacto, al remplazar o proporcionar recursos o ambientes sustitutos (en este caso se maneja por medio de medidas compensatorias).

### **2.2.7. Monitoreo Ambiental**

El monitoreo ambiental consiste en la realización de mediciones y/ u observaciones específicas, dirigidas a unos pocos indicadores y parámetros. Es decir, su finalidad es verificar si determinados impactos ambientales están ocurriendo.

Con el estudio, con toda certeza, puede ser dimensionada la magnitud del impacto. Así, se evaluará la eficiencia de eventuales medidas preventivas adoptadas. La elaboración de un registro de los resultados del monitoreo, así como el seguimiento de la situación, es sin duda de fundamental importancia.

El monitoreo ambiental: es un proceso de recolección de datos. Es decir, se trata de un estudio de seguimiento continuo y sistemático de las variables ambientales. Su objetivo es identificar y evaluar – cualitativa y cuantitativamente – las condiciones de los recursos naturales. Esto en un momento dado, así como las tendencias a lo largo del tiempo.

Existen distintos medios en los que se lleva a cabo una evaluación del estado en que se encuentran los recursos naturales. A continuación, se muestran algunos tipos de monitoreo ambiental, según el medio:

- **Monitoreo de calidad del agua:** Recoge muestras y pruebas relativas a un cuerpo de agua que puede ser un río, un lago, una cascada, etc.

- **Monitoreo de calidad del aire:** Se toman muestras de partículas suspendidas en el aire, por ejemplo, de Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno o Dióxido de Azufre.
- **Monitoreo de ruido:** Se mide el nivel de decibeles que se emiten en alguna zona.
- **Monitoreo de residuos sólidos:** Se recogen muestras y se registra los restos vertidos en alguna zona geográfica.

Las variables sociales, económicas e institucionales, además, también se incluyen en este tipo de estudio, ya que ejercen influencias sobre el medio ambiente. Por consiguiente, el monitoreo ambiental proporciona información sobre los factores influenciados, así como el estado de conservación, preservación, degradación y recuperación ambiental de la región estudiada.

El Monitoreo Ambiental debe, en definitiva, requerir una selección previa de indicadores de las condiciones del área a implementar. Por lo tanto, estos parámetros deben describir los siguientes aspectos:

- El estado y las tendencias de los recursos ambientales;
- La situación socioeconómica del área en estudio;
- El desempeño de las instituciones para el cumplimiento de sus atribuciones.

La elección de los indicadores depende de los siguientes factores:

- Objetivos del monitoreo;
- Lo que será monitoreado;
- Información que se desea obtener.

Algunos de los principales objetivos del monitoreo ambiental son los siguientes:

- Verificar si se están produciendo determinados impactos ambientales;
- Dimensionar su magnitud;
- Evaluar si las medidas mitigadoras de impactos son efectivas;
- Proponer, cuando sea necesario, la adopción de medidas mitigadoras complementarias.

## **CAPÍTULO III: LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN EL SALVADOR**

### **3.1. Introducción**

El éxito y cumplimiento de las medidas ambientales preventivas, atenuadoras y compensatorias, dependen en gran parte de la legislación que las rija, ya que, sin una ley que establezca los lineamientos a seguir y cumplir en cualquier proceso de Evaluación del Impacto Ambiental, Programa de Manejo Ambiental u obtención de Permiso Ambiental, no se garantizaría su cumplimiento, ya que son el medio principal con el que se protege al medio ambiente y los recursos naturales, ante posibles impactos negativos producidos por las obras de ingeniería civil.

Es de suma importancia la existencia de una ley ambiental que regule el manejo integral del agua potable y residual, el uso de la energía, el manejo de los residuos, las emisiones de gases, el manejo de sustancias tóxicas, la protección de los recursos naturales y la evaluación del impacto ambiental, para preservar y proteger al medio ambiente, los recursos naturales y el bienestar de la población.

En este capítulo, se estudiarán las variaciones entre las legislaciones ambientales de la Región Centroamericana, haciendo una comparación entre los países de Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá; y se presentará parte de la Ley de Medio Ambiente de El Salvador, enfocado en la Evaluación Ambiental y el procedimiento a seguir para proyectos carreteros.

### **3.2. Antecedentes históricos de la legislación ambiental en Centroamérica.**

La legislación ambiental en Centroamérica no es nueva, así como tampoco los problemas que enfrenta la sociedad por conservar y utilizar racionalmente los recursos naturales. Los pueblos indígenas se regían por leyes consuetudinarias que regulaban el uso de los recursos. Luego en el período de la conquista, en 1502, los españoles impusieron nuevos métodos para regular las aguas y los suelos. Esta práctica continuó durante la conformación de las Repúblicas en Centroamérica hasta la fecha.

Entonces se puede afirmar que el crear leyes para normar la utilización de los recursos naturales no es algo novedoso; lo que es nuevo es el surgimiento de una rama del derecho denominada, con mayor fuerza a partir de 1972 (Conferencia de Estocolmo), como Derecho Ambiental.

En Centroamérica cada vez fue más latente la necesidad de abordar, por medio del derecho, las medidas precisas para alcanzar un desarrollo sostenible. A partir de 1992, con la puesta en marcha de la Agenda 21 que proponía un marco operativo general para el logro del desarrollo sostenible, la región comenzó una efervescencia de creación de leyes en dos fases: preparativa a Río 92 y después de Río 92.

En 1994, los gobiernos Centroamericanos suscribieron la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible (ALIDES) como estrategia regional orientada a que los siete países que conformaban el Istmo trabajaran coordinadamente en lo político, económico, social, educativo, cultural y ambiental en busca del desarrollo sostenible.

En la región ha predominado un enfoque sectorial tendiente a dar un tratamiento separado a los recursos naturales. Se ha legislado sobre asuntos relacionados con la protección de la fauna, de la flora de los bosques y del agua. Se ha tratado de regular las actividades contaminantes desde diferentes frentes: el de la salud del ser humano, el de la protección al ambiente y el de la agricultura. Se olvida

así, la necesidad de un Derecho Ambiental en donde los elementos estén interconectados de manera integral y respondan a ecosistemas.

Desde los años ochenta, cada país de la región ha sufrido varias reformas para incluir la variable ambiental en sus Constituciones. A pesar de que las características de su tratamiento no son iguales se deducen orientaciones generales. Por ejemplo, en Nicaragua, Panamá y Costa Rica se reconoce con claridad el derecho a disfrutar de un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Existe, además, una declaración de demanialidad para los recursos estratégicos de la nación: aguas, zona marítima, plataforma continental, espacio aéreo, subsuelo, recursos naturales no renovables. El texto que presenta mayores avances es el de la Constitución de Panamá (1972 y reformas) que dedica una sección completa denominada “Del Régimen Ecológico”, en donde se estableció como deber fundamental del Estado el garantizar un ambiente sano y el equilibrio ecológico. Incluye, además, el deber de prevenir la contaminación del ambiente y la obligación de reglamento, el aprovechamiento de la fauna, bosques, tierras y aguas.

Esfuerzos tendientes a buscar este carácter sistemático han llevado a los siete países de la región a promulgar, a partir de los años noventa sus leyes de ambiente. En un inicio, la legislación ambiental del Istmo buscó mecanismos más represivos como sanciones económicas y prisión. A finales de los noventa pareciera que existe un leve cambio sobre todo en países como Costa Rica, Panamá y Belice en donde se buscaban mecanismos preventivos del daño ambiental. La práctica ha demostrado que, en la mayoría de los casos, la sanción *a posteriori* de una actuación contra el ambiente no resulta eficaz y en raras ocasiones se pueden compensar los daños.

### **3.3. Legislación ambiental en la Región Centroamericana.**

Es la Legislación Ambiental es la que regula todas las actividades relacionadas al medio ambiente, que pudieran afectarlo de manera negativa. En Centroamérica, a pesar de los esfuerzos notorios que se realizan por el desarrollo de la legislación ambiental, ésta sigue siendo variada y deficiente en ciertas áreas ambientales, de un país a otro.

El país con la legislación ambiental más completa es Costa Rica, seguida por Honduras y Panamá. En estos últimos sobresalen temas como el uso racional de la energía y la gestión integral de residuos como las principales deficiencias respecto a Costa Rica.

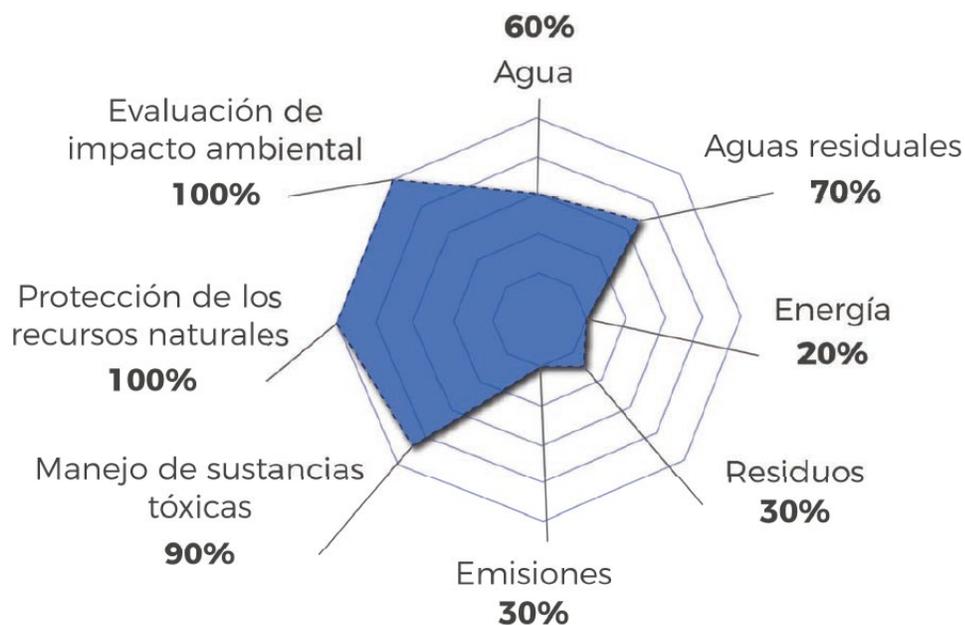
### **Guatemala.**

La Ley de Protección y Mejora del Medio Ambiente de Guatemala tiene como objetivo velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Aborda temas tales como contaminación atmosférica, calidad del aire, el mantenimiento del sistema hídrico, adecuado uso de los recursos minerales, control de la contaminación por ruido, contaminación visual y conservación y protección de los sistemas bióticos.

Se creó la Comisión Nacional del Medio Ambiente (1986) que depende directamente de la Presidencia de la República y su función es asesorar y coordinar todas las acciones destinadas a la formulación y aplicación de la política nacional. Contiene un capítulo dedicado a infracciones, sanciones y recursos, en donde se concedió acción popular para denunciar ante la autoridad todo hecho, acto u omisión que generara contaminación, deterioro, pérdida de recursos naturales o afectase los niveles de calidad de vida. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala es el de más reciente creación en la región al ser constituido en el año 2000. De acuerdo con su ley de creación, es la entidad pública encargada de formular y ejecutar las políticas relativas a su

ramo, cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación y protección; sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país; y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

Guatemala posee una carencia en cuanto a normativa que regule el uso racional de la energía desde un enfoque de eficiencia energética, tanto en cuanto al uso de la electricidad como de los combustibles fósiles. No se tienen normadas las características energéticas de los equipos, maquinarias o vehículos, lo cual repercute directamente en la calidad del aire. Esta situación se agrava ya que en el tema de emisiones el país tampoco cuenta con normas para evaluar las emisiones de gases de su parque automotor.



*Figura 36: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de Guatemala en diversas áreas ambientales.  
Fuente: Comparación de Legislación Ambiental Centroamericana, por Asociación Empresarial para el Desarrollo - United Way – Konrad Adenauer Stiftung.*

## Honduras.

En el caso de Honduras, la Constitución de 1982 reconoció el derecho a la protección de la salud y la obligación del Estado de conservar el ambiente. Se declaró de utilidad y necesidad pública la explotación técnica y racional de los recursos naturales y señaló que el Estado reglamentará su aprovechamiento, de acuerdo con el interés. La reforestación del país y la conservación de bosques se declaró de conveniencia nacional y de interés colectivo.

A la Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales de Honduras le corresponde todo lo relacionado con la formulación, coordinación, ejecución y evaluación de políticas relacionadas con la protección y aprovechamiento de los recursos hídricos, las fuentes nuevas y renovables de energía, minería, hidrocarburos, todo lo relacionado con las políticas de ambiente como control a la contaminación y evaluación de impacto ambiental además de los asuntos concernientes a recursos naturales como áreas naturales protegidas, flora y fauna. La Secretaría cuenta para su dirección con dos subsecretarías, la Subsecretaría de Ambiente y la Subsecretaría de Recursos Naturales.

La Ley General del Ambiente de Honduras de 1993 declaró de interés público el ordenamiento integral del territorio nacional considerando los aspectos ambientales y los factores económicos, demográficos y sociales. Tiene como objetivos específicos, entre otros, propiciar un marco adecuado que permita orientar las actividades agropecuarias, forestales e industriales hacia formas de explotación compatibles con la conservación y uso racional y sostenible de los recursos naturales y la protección del ambiente en general; establecer los mecanismos necesarios para el mantenimiento del equilibrio ecológico, permitiendo la conservación de los recursos; establecer los principios para una eficiente gestión; implantar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para la ejecución de proyectos públicos o privados potencialmente contaminantes o degradantes. Otros objetivos que busca la Ley son la promoción de la

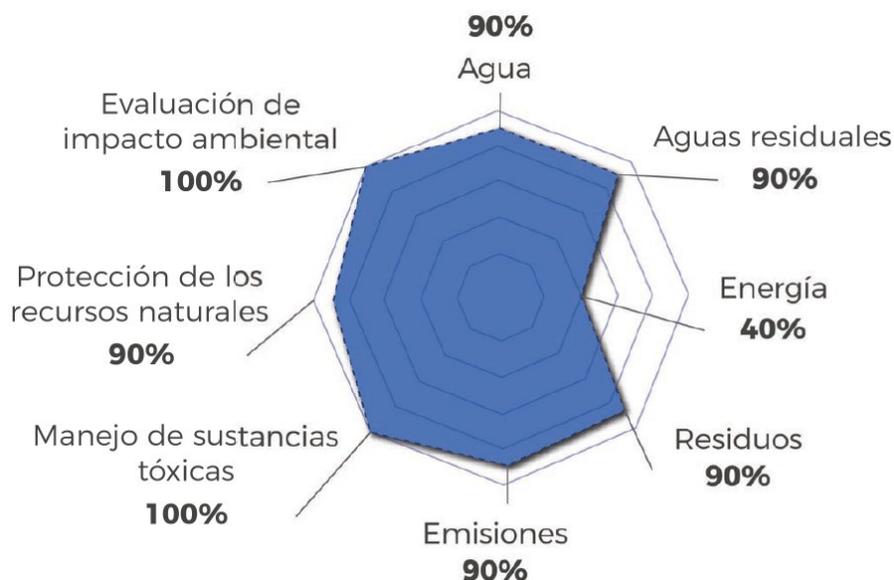
participación de los ciudadanos en los proyectos ambientales, el fomento de la educación y la investigación, así como elevar la calidad de vida de los pobladores.

Se creó la Procuraduría del Ambiente y Recursos Naturales (1999), que dependerá de la Procuraduría General de la República y quien por delegación representará administrativa y judicialmente los intereses del Estado en materia ambiental. La Ley da un importante papel a las Municipalidades como entes rectores en el ámbito local de la protección ambiental y del adecuado uso de los recursos naturales. Por ejemplo, las municipalidades en su jurisdicción territorial tomarán las medidas específicas de control de la contaminación ambiental según las condiciones naturales, sociales y económicas imperantes. Trata temas como contaminación, aguas continentales y marítimas, protección de la naturaleza, flora, fauna silvestre, bosques, usos agrícolas, pecuarios y forestales, usos urbanos e industriales, recursos marino-costeros, atmósfera, mineras e hidrocarburos, residuos sólidos y orgánicos y productos agroquímicos tóxicos y peligrosos.

En su capítulo III abordó el tema del patrimonio histórico, cultural y recursos turísticos determinando que el patrimonio antropológico, arqueológico, histórico, artístico, cultural y étnico, así como su entorno natural, estén bajo la protección del Estado.

Las etnias autóctonas tendrán especial apoyo estatal en relación con sus sistemas tradicionales de uso integral de los recursos naturales renovables. Se estableció la necesidad de realizar Evaluaciones de Impacto Ambiental y se delegaron las acciones de control y vigilancia a las Municipalidades y entes del Estado con competencia en materia ambiental. Se establecieron las sanciones por delitos o infracciones administrativas y se señaló a la Contraloría General de la República con la responsabilidad de velar por el cumplimiento de la ley.

En Honduras, el tema con mayores deficiencias es energía, tanto a nivel de importación y producción de equipos y maquinaria, como de la gestión de la energía en la industria.



*Figura 37: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de El Salvador en diversas áreas ambientales. Fuente: Comparación de Legislación Ambiental Centroamericana, por Asociación Empresarial para el Desarrollo - United Way – Konrad Adenauer Stiftung.*

## **El Salvador.**

En El Salvador, la Constitución de 1983 declaró de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales; mientras que en Guatemala la Constitución del mismo año declaró de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural.

En el año 1900, por decreto legislativo, se crea la Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente (SEMA), como una institución adscrita al Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social (MIPLAN), con el objetivo primordial de formular, evaluar y dar seguimiento a la política nacional del medio ambiente; participar en la elaboración de planes, programas y proyectos de protección al medio ambiente y los recursos naturales, los relacionados a la

gestión ambiental y velar por la incorporación de la dimensión ambiental en los planes de ordenamiento territorial a todos los niveles.

Fue hasta 1997, que El Salvador creó su Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), institución que pasó a tomar las atribuciones correspondientes a la SEMA, acerca de cumplir y hacer cumplir la legislación ambiental, formular y coordinar las políticas nacionales sobre el ambiente.

La Ley del Medio Ambiente de El Salvador es la más novedosa de la región (aprobada en 1998). Su objetivo es desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República que se refieren a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general y; asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.

Se establecieron los principios para una política del medio ambiente que deberá ser renovada cada cinco años. Se declaró de interés social la protección y mejoramiento del medio ambiente delegando al Gobierno la responsabilidad de introducir medidas que dieran una valoración económica al medio ambiente, asignando los derechos de explotación de los recursos naturales de forma tal que el ciudadano al adquirirlos los use con responsabilidad y de forma sostenible.

Se creó un Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA, 1998) coordinado por el Ministerio, las unidades ambientales en cada Ministerio y las instituciones autónomas y municipales, y tiene como finalidad establecer, poner en funcionamiento y mantener en las entidades e instituciones del sector público los principios, normas, programación, dirección y coordinación de la gestión ambiental del Estado.

Se determinaron como instrumentos de la política del medio ambiente a: El Ordenamiento Ambiental dentro de los Planes Nacionales o Regionales de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial; la Evaluación Ambiental; la información ambiental; la participación de la población; los Programas de Incentivos y Desincentivos Ambientales; el Fondo Ambiental de El Salvador y cualquier otro programa de financiamiento de proyectos ambientales; la ciencia y tecnología aplicadas al medio ambiente; la educación y formación ambientales; la estrategia nacional del medio ambiente y su plan de acción.

El tema de control de la contaminación fue abordado en su Título V indicando que toda persona debe evitar las acciones que deterioren el medio ambiente, para prevenir, controlar, vigilar y denunciar ante las autoridades competentes la contaminación que pueda perjudicar la salud, la calidad de vida de la población y los ecosistemas especialmente, las actividades que provoquen contaminación de la atmósfera, el agua, el suelo y el medio costero marino.

Enfatiza el tema de la protección de recursos hídricos, medio costero-marino, suelos, prevención de desastres ambientales, riesgo ambiental y materiales peligrosos. En su parte II, referente a los Recursos Naturales, introdujo la obligación de los Ministerios de Hacienda, Economía y del Banco Central de Reserva, en coordinación con el de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de asignar a los recursos naturales una valoración económica e incorporarlos en las cuentas nacionales. Se establecieron las medidas para licencias, concesiones o permisos de recursos naturales, incluidas la diversidad biológica y toca el tema de la seguridad sobre biotecnología.

Junto con la Ley del Medio Ambiente, se creó el Sistema de Áreas Naturales Protegidas, el cual está constituido por aquellas áreas establecidas como tales con anterioridad a la vigencia de esta ley y las que se creen posteriormente. En forma innovadora, no solo presentó la tradicional sección de sanciones que todo tipo de ley ambiental centroamericana ha incorporado, sino también incluyó

medidas preventivas. En este sentido se estableció que las medidas preventivas deben ajustarse a la intensidad, proporcionalidad y necesidades de los objetivos que se pretenden garantizar en cada supuesto concreto.

El Ministerio podrá adoptar, en cualquier momento, las medidas de carácter provisional que resulten necesarias para asegurar la eficacia de la resolución que pudiese recaer, evitar el mantenimiento de los efectos de la infracción y los previsibles daños al medio ambiente y los ecosistemas. Se estableció la responsabilidad civil en materia ambiental, indicando que el Estado, entes descentralizados y toda persona natural o jurídica que por acción u omisión deteriore el medio ambiente, está obligado a reparar los daños y perjuicios ocasionados.

El Salvador, es el país con mayores deficiencias en diversos temas, especialmente en cuanto al agua, energía, residuos, emisiones y manejo de sustancias tóxicas.

Con respecto al agua, El Salvador cuenta con la Ley General de Recursos Hídricos (LGRH) que entró en vigencia en enero del año 2022. Esta ley tiene un enfoque limitado, al hacer la comparativa con la propuesta ciudadana de la Ley General de Aguas (LGA), ya que no otorga la importancia debida a los usos prioritarios del agua, como estaba establecida en la LGA, que establecía un orden preferencial sobre los usos del agua: a. Uso para el consumo humano y doméstico, abastecimientos de poblaciones y uso para la sostenibilidad de ecosistemas; b. Uso agropecuario; c. Uso para la generación de energía eléctrica; d. Uso industrial y comercial; e. Usos recreativos; y, f. Otros usos. No obstante, en el artículo 54 de la LGRH no se enlista el uso preferencial del agua, aunque sí se señala que el consumo humano es prioritario. De igual forma, el artículo 51 de la misma ley, también destaca que el uso doméstico será prioritario, pero no hay mayor desarrollo sobre este aspecto. El resto de los usos del agua estarán en función de los planes hídricos de cada zona, sin embargo; la ley no

estipula de qué manera y bajo qué tipo de organización se hará operativo el enfoque de cuencas y zonas hidrográficas.

Respecto a las autorizaciones para la utilización a particulares, sobre el uso consuntivo o no consuntivo, o aprovechamiento de determinada cantidad y calidad de agua superficial o subterránea, la LGRH establece que las autorizaciones nombradas del nivel 1, serán otorgadas por un plazo de vigencia no mayor de quince años y las autorizaciones del nivel 2, tendrán un plazo de vigencia de hasta cinco años; ambas autorizaciones podrán ser renovadas y plazos contados a partir de la notificación de conformidad a lo establecido legalmente. En cambio, en la propuesta ciudadana de LGA se planteaba que las autorizaciones y permisos se otorgarían por un período no mayor a 3 años, con el objetivo de evaluar cada cierto tiempo las condiciones en las que se encuentra el acuífero explotado. De igual forma, la LGA advierte que los permisos otorgados por un período de 15 años pueden ser sujeto de pocas o nulas regulaciones. Siendo éstas las principales razones por las que la LGRH, se considera limitada, pudiendo no garantizar la sustentabilidad del recurso hídrico y el goce del uso doméstico.

Con relación a la energía, al igual que sus países vecinos, El Salvador no cuenta con legislación que regule el uso racional de la energía, la normativa respecto a la generación de energía de fuentes renovables, la eficiencia energética de equipos, maquinaria, vehículos, etc., la autogeneración de energía, es escasa. Mientras que en residuos la legislación se limita a requisitos y disposiciones para el tratamiento y disposición de desechos ordinarios, peligrosos y bioinfecciosos, más no contempla la gestión integral de los residuos desde evitarlos, la reducción en la fuente, el principio de responsabilidad extendida del productor y la cadena de valor del reciclaje.

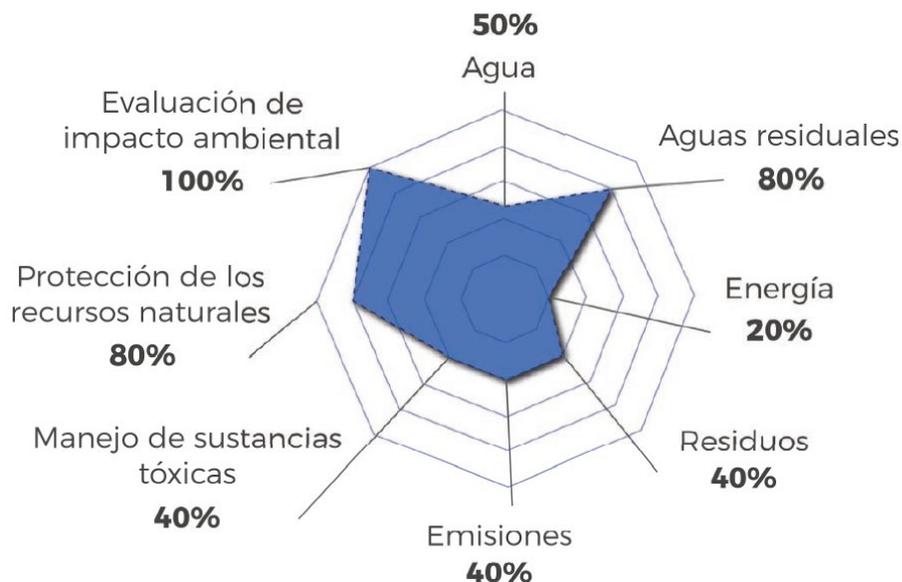
La falta de normativa respecto a residuos también se relaciona con la carencia de legislación en el tema de manejo de sustancias tóxicas, donde no se encontró

legislación que norme el manejo de agroquímicos y garantice la protección a la salud humana de quienes manipulan y aplican estas sustancias.

Asimismo, el tema de emisiones está poco regulado en El Salvador. Únicamente lo referente a las emisiones de fuentes móviles tiene su legislación, pero no existe para las emisiones de fuentes fijas, la gestión de los inventarios de gases de efecto invernadero a nivel organización ni para el control por ruido.

En cuanto a la protección de los recursos naturales, se cuenta con medidas de protección para las fuentes de aguas superficiales, hay márgenes establecidos como zona de protección para fuentes de agua como ríos, lagos y lagunas; normativa para las áreas protegidas, regulación de cambio de uso de suelo, y se aplican multas y sanciones a todo aquel que no cumpla estas normativas.

La Evaluación del Impacto Ambiental, es el factor más completo en la legislación ambiental, ya que se cuenta con la categorización de los proyectos de acuerdo a su impacto, procedimientos para realizar Estudios de Impacto Ambiental, establecimiento de garantía ambiental, participación ciudadana en la Evaluación del Impacto Ambiental, Plan de Gestión Ambiental, entre otros, y las multas y sanciones respectivas al no cumplir con la normativa.



*Figura 38: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de El Salvador en diversas áreas ambientales. Fuente: Comparación de Legislación Ambiental Centroamericana, por Asociación Empresarial para el Desarrollo - United Way – Konrad Adenauer Stiftung.*

## Nicaragua.

En su Constitución de 1987 y sus Reformas de 1995 estableció el derecho de los nicaragüenses a la salud y la obligación del Estado de cumplir con esta tarea. En su artículo 60 estableció el derecho de los nicaragüenses a un ambiente saludable, para lo cual el Estado tiene la obligación de preservar, conservar y rescatar el medio ambiente y los recursos naturales. El artículo 102 establece que la preservación del ambiente, la conservación, desarrollo y explotación racional de los recursos naturales corresponden al Estado, aunque éste podrá celebrar contratos de explotación racional de estos recursos, cuando el interés nacional lo requiera.

En 1990, Nicaragua contaba con una Comisión Nacional del Ambiente y Ordenamiento Territorial, órgano Asesor de la Presidencia de la República. El Ministerio de Ambiente y de Recursos Naturales de Nicaragua conocido como

MARENA fue creado en 1994 como ente coordinador y director de la política del Estado y promotor del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

La Ley General del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales de Nicaragua es de 1996 y tiene como objetivo establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran, asegurando su uso racional y sostenible, de acuerdo a lo señalado en su Constitución Política. Creó la Comisión Nacional del Ambiente como un foro de concertación de las políticas ambientales que funciona como instancia de coordinación entre el Estado y la Sociedad Civil. Nombró al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como el responsable de hacer cumplir la ley y como ente regulador de la política del Estado. Creó una Procuraduría del Ambiente que tiene como funciones ejercer las acciones y representación del interés público, con carácter de parte procesal, en todos aquellos juicios por infracción a las leyes ambientales y las demás acciones previstas en la Ley, en la Ley Orgánica de la Procuraduría General de Justicia y en las demás leyes pertinentes. Señaló como instrumentos de gestión ambiental a: la planificación y legislación, el ordenamiento ambiental del territorio, las áreas protegidas, los permisos y evaluaciones del impacto ambiental, el Sistema Nacional de Información Ambiental, la educación, divulgación y desarrollo científico y tecnológico, los incentivos, las inversiones públicas, el Fondo Nacional del Ambiente y la declaración de áreas contaminadas y de emergencias ambientales.

Bajo el título tercero denominado “De los Recursos Naturales”, estipuló que estos recursos son patrimonio nacional; su dominio, uso y aprovechamiento son regulados por ley y el Estado podría otorgar derecho a aprovecharlos por concesión, permisos, licencias y cuotas.

Con relación a la biodiversidad y el patrimonio genético nacional se estableció el deber del Estado y de todos sus habitantes de velar por la conservación y aprovechamiento de la diversidad biológica y del patrimonio genético nacional.

En el caso de los pueblos indígenas y comunidades étnicas que aportaran recursos genéticos, el Estado garantizaría que dicho uso se concedería conforme a condiciones determinadas en consultas con ellos.

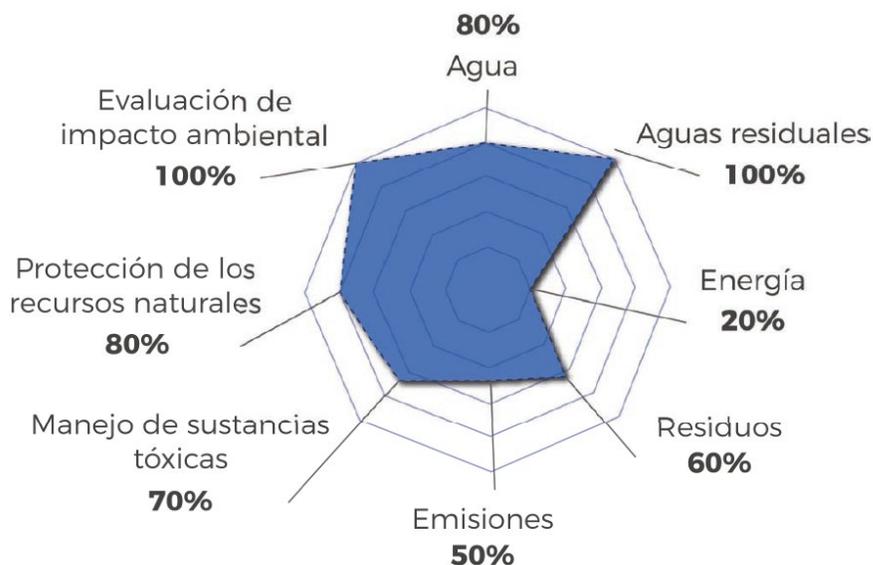
Declaró el agua en cualquiera de sus estados de dominio público gozando de prioridad el consumo humano y los usos públicos. Su uso, manejo y aprovechamiento deberá realizarse con base sostenible y de acuerdo a planes de manejo que garanticen la conservación de los mismos. Reguló aspectos relacionados con autorizaciones y concesiones para el uso del recurso hídrico. Trató además el tema de recursos forestales, recursos naturales no renovables, calidad ambiental, contaminación de la atmósfera, agua y suelo y residuos peligrosos, entre otros. En su parte final incluyó el tema de competencias, acciones y sanciones en materia administrativa y judicial. Contiene el tema de la responsabilidad civil indicando que toda persona que por acción u omisión deteriore el ambiente, está obligada a reparar los daños y perjuicios que ocasionen a los recursos ambientales, al equilibrio del ecosistema, a la salud y calidad de vida de la población.

Nicaragua presenta una mejor situación que El Salvador respecto a su legislación ambiental, aunque en todos los temas se identificaron vacíos, con excepción a las aguas residuales. Las mayores deficiencias en la legislación nicaragüense se dan en los temas de energía y emisiones.

En energía, a pesar de existir directrices para el uso racional de la energía a nivel de instituciones de gobierno, el tema no está legislado para la empresa privada ni sobre la importación y producción de equipos que usen energía eléctrica o combustible. Este último aspecto se relaciona también con la falta de legislación sobre el control de emisiones de las fuentes fijas y para la contabilización de emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, en cuanto a residuos y manejo de sustancias peligrosas se presenta una situación similar a El Salvador, donde sólo existen disposiciones para el

tratamiento y disposición, pero no para una gestión integral. En sustancias tóxicas no se cuenta con una normativa que establezca las medidas de seguridad e higiene que deben garantizar los patronos para proteger la vida, la salud, la integridad corporal y moral de los trabajadores que manejan agroquímicos.



*Figura 39: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de Nicaragua en diversas áreas ambientales.  
Fuente: Comparación de Legislación Ambiental Centroamericana, por Asociación Empresarial para el Desarrollo - United Way – Konrad Adenauer Stiftung.*

### **Costa Rica.**

En Costa Rica, la Constitución de 1949 fue reformada en su artículo 50 en 1994, e indica el derecho de todo ciudadano a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Estableció, además, que las personas están legitimadas para denunciar los actos que infrinjan el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado y para reclamar la reparación del daño causado, siendo el Estado el que garantice, defienda y preserve ese derecho. En este sentido, cualquier persona que se sienta afectada en su derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado y que pueda articular con claridad su interés, está legitimado para denunciar.

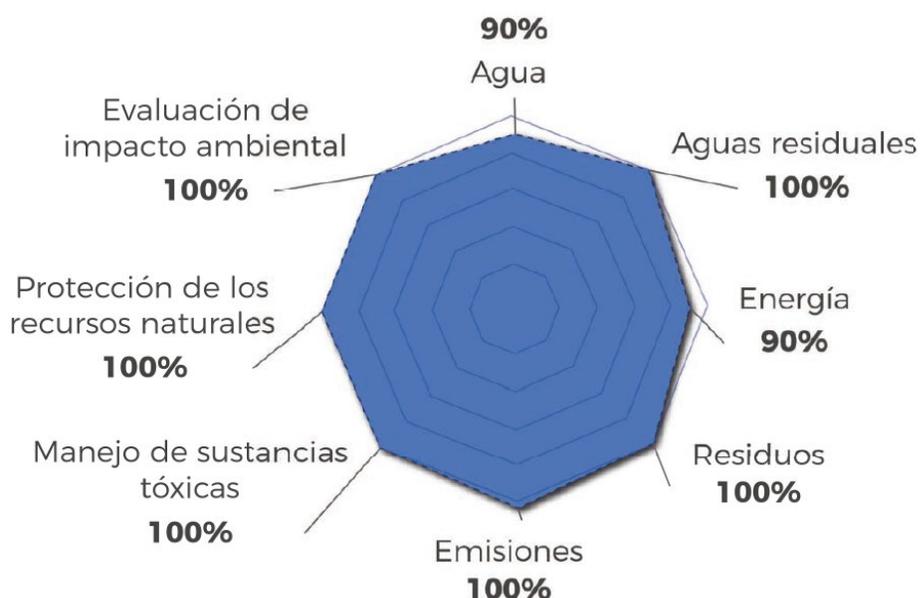
La Ley Orgánica del Ambiente de 1995 tiene como objetivo dotar a los costarricenses y al Estado de los instrumentos necesarios para conseguir un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Declara al ambiente como patrimonio común de los habitantes, de utilidad pública e interés social. La Ley contiene un capítulo dedicado a la participación ciudadana en donde se crean los consejos regionales ambientales como instancias desconcentradas adscritas al Ministerio del Ambiente y Energía, encargada de analizar, discutir, denunciar y controlar las actividades y proyectos en materia ambiental. Promueve la educación ambiental como un mecanismo para adoptar una cultura ambiental y alcanzar el desarrollo sostenible. Estos consejos funcionan en cada una de las Áreas de Conservación del Ministerio de Ambiente y Energía, y su funcionamiento se encuentra regulado por el decreto ejecutivo 26973-MINAE del 16 de abril de 1998.

Contempla temas tales como impacto ambiental, protección y mejoramiento del ambiente en asentamientos humanos, ordenamiento territorial, clasificación de áreas silvestres protegidas, recursos marinos costeros y humedales, diversidad biológica, recurso forestal, aire, agua, suelo, recursos energéticos, contaminación, producción ecológica. Se organiza administrativamente mediante un Consejo Nacional Ambiental que es un órgano deliberativo y de consulta con funciones de asesoramiento al presidente de la República en materia ambiental. Se crea, además, una Secretaría Técnica como un órgano de desconcentración máxima del Ministerio del Ambiente encargado, entre otros, de ver los temas de evaluación de impacto ambiental. Cuenta con un capítulo de sanciones y crea la figura del contralor ambiental, encargado de velar por la aplicación correcta de la ley y de un tribunal ambiental administrativo, quienes conocen y resuelven en sede administrativa las denuncias presentadas.

A pesar de que la Ley Orgánica del Ambiente es de 1995, el Ministerio del Ambiente de Costa Rica se creó en 1990, con la función de formular, planificar y

ejecutar las políticas relativas a recursos naturales, energía, minas y protección del ambiente.

Costa Rica presenta relativamente pocas deficiencias en su legislación. Su principal vacío se encuentra en la falta de actualización de la ley de aguas que permitiría tener una mejor gestión integral de recurso hídrico, así como una legislación que pueda incentivar de mejor manera la producción de energías renovables.



*Figura 40: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de Costa Rica en diversas áreas ambientales. Fuente: Comparación de Legislación Ambiental Centroamericana, por Asociación Empresarial para el Desarrollo - United Way – Konrad Adenauer Stiftung.*

## **Panamá.**

La Ley General del Ambiente (1998), tiene por objeto la administración del ambiente como una obligación del Estado y establece los principios y normas básicos para la protección, conservación y recuperación del mismo, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales. Además, ordena la gestión ambiental y la integra a los objetivos sociales y económicos, a efecto de lograr el desarrollo

humano sostenible. Estableció los principios para la política nacional del ambiente y creó la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) como entidad autónoma rectora del Estado en materia de recursos naturales y del ambiente, para asegurar el cumplimiento y aplicación de las leyes, los reglamentos y la política nacional del ambiente. Adicionalmente, creó el Consejo Nacional del Ambiente que estaría integrado por tres ministros de Estado, designados por el presidente de la República. Dentro de sus funciones apoya a la ANAM y, recomienda al consejo del gabinete sobre la política nacional de ambiente y del uso sostenible de los recursos naturales.

Se creó el Sistema Interinstitucional del Ambiente conformado por las instituciones públicas sectoriales con competencia ambiental estableciendo la obligación de impulsar mecanismos de coordinación, consulta y ejecución entre sí, siguiendo los parámetros de la ANAM. Asimismo, se conformó la Comisión Consultiva Nacional del Ambiente como órgano de consulta de la ANAM para la toma de decisiones de trascendencia nacional e intersectorial.

Se crearon las comisiones consultivas provinciales, comarcales y distritales del ambiente, con participación de la sociedad civil, para analizar los temas ambientales. Determinó, como instrumentos de gestión ambiental, el ordenamiento ambiental del territorio, la evaluación de impacto ambiental y estableció normas de calidad ambiental. Determinó un sistema de control, supervisión y fiscalización ambiental y promovió la investigación, educación y derecho a la información en materia ambiental. Señaló como deber del Estado y de la sociedad civil, adoptar medidas para prevenir, enfrentar e informar acerca de los desastres ambientales. Introdujo la obligación del Estado de valorar en términos económicos, sociales y ecológicos el patrimonio ambiental y natural de la Nación y, establecer, como cómputo complementario de la Cuenta Nacional, el valor de dicho patrimonio.

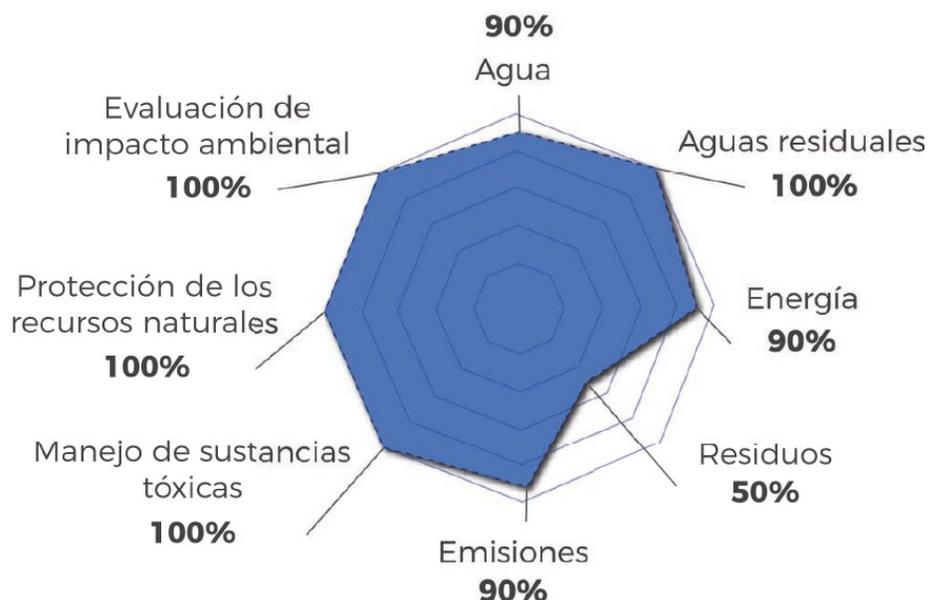
Dentro de los temas de gestión ambiental abordó los temas de desechos peligrosos, sustancias potencialmente peligrosas, protección a la salud. Declaró los recursos naturales como bienes de dominio público y de interés social y creó el sistema de áreas protegidas. Reguló temas como uso de suelos, calidad del aire, patrimonio forestal del Estado, recursos hídricos, hidrobiológicos, energéticos, minerales, marino-costeros y humedales. En el título VII se regularon temas relacionados con las comarcas y pueblos indígenas. Se estableció que la ANAM coordinaría, con las autoridades tradicionales de los pueblos y comunidades indígenas, todo lo relativo al ambiente y a los recursos naturales existentes en sus áreas. Además, se estableció la obligación del Estado de respetar, preservar y mantener los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañaran estilos tradicionales de vida relacionados con la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, promoviendo su más amplia aplicación, con la participación de dichas comunidades y fomentaría que los beneficios derivados se compartieran con éstas equitativamente.

Desarrolló los temas de infracciones administrativas, la acción civil resarcitoria por daño ambiental, el delito ecológico y las funciones del Ministerio Público en materia ambiental.

Panamá cuenta con una legislación ambiental bastante completa en los temas analizados, a excepción de residuos donde todavía el tema no se norma de manera integral.

Cabe señalar que, en términos de operación de las empresas en la región, esta comparación a nivel de países es útil ya que cada tema pendiente en materia de legislación ambiental implica una brecha que se traduce en menos requisitos legales que cumplir al operar. Esto significa que en Costa Rica, Honduras y Panamá una empresa tiene que incurrir en mayores esfuerzos para cumplir la

legislación y dependiendo de la empresa esta situación puede condicionar la decisión de instalarse en uno u otro país.



*Figura 41: Porcentaje regulado por la legislación ambiental de Panamá en diversas áreas ambientales. Fuente: Comparación de Legislación Ambiental Centroamericana, por Asociación Empresarial para el Desarrollo - United Way – Konrad Adenauer Stiftung*

### 3.4. Legislación Ambiental en El Salvador.

#### 3.4.1. Ley del Medio Ambiente (LMA).

La Ley del Medio Ambiente promulgada en 1998, tiene por objeto desarrollar las disposiciones sobre protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador

en esta materia. Asimismo, establece un marco general sobre información y participación en asuntos ambientales, y la responsabilidad por daño ambiental.

La estructura de la Ley del Medio Ambiente está dividida en 3 partes las cuales son:

- PARTE I Disposiciones Generales.
- PARTE II Disposiciones Especiales.
- PARTE III Responsabilidad Administrativa, Civil y Penal.

Contiene 14 Títulos dentro de los cuales se encuentran 30 Capítulos y 116 Artículos.

#### **3.4.1.1. Evaluación Ambiental.**

Título III, Capítulo IV, Artículo 16. “El proceso de evaluación ambiental tiene los siguientes instrumentos”:

- a) Evaluación Ambiental Estratégica;
- b) Evaluación de Impacto Ambiental;
- c) Programa Ambiental;
- d) Permiso Ambiental;
- e) Diagnósticos Ambientales;
- f) Auditorías Ambientales; y
- g) Consulta Pública.

#### **3.4.1.2. Evaluación Ambiental Estratégica.**

La Evaluación Ambiental Estratégica hace referencia en el Título III, Capítulo IV, Artículo 17. “las políticas, planes y programas de la administración pública,

deberán ser evaluados de manera que se seleccione la alternativa de menor impacto negativo, de la mano con un análisis de la Política Nacional de Gestión del Medio Ambiente, y bajo las directrices del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien aprobará y supervisará el cumplimiento de las recomendaciones”.

#### **3.4.1.3. Evaluación del Impacto Ambiental.**

En el Título III, Capítulo IV, Artículo 18. la LMA define la Evaluación del Impacto Ambiental, como “Conjunto de acciones y procedimientos que aseguran que las actividades, obras o proyectos que tengan un impacto ambiental negativo en el ambiente o en la calidad de vida de la población, se sometan desde la fase de preinversión, a los procedimientos que identifiquen y cuantifiquen dichos impactos y recomienden las medidas que los prevengan, atenúen, compensen o potencien, en caso el impacto sea positivo, seleccionando la alternativa que mejor garantice la protección del medio ambiente”.

#### **3.4.1.4. Alcance de los Permisos Ambientales.**

Título III, Capítulo IV, Artículo 20. “El Permiso Ambiental será otorgado al titular de la actividad, obra o proyecto, cuando éste haya realizado todas las acciones de prevención, atenuación o compensación establecidos en el Programa de Manejo Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental.

La validez del Permiso Ambiental de ubicación y construcción será por el tiempo que dure la construcción de la obra física; una vez terminada la misma, incluyendo las obras o instalaciones de tratamiento y atenuación de impactos

ambientales y previo a la presentación de la Fianza Ambiental correspondiente, se emitirá el Permiso Ambiental de Funcionamiento por el tiempo de su vida útil y etapa de abandono, sujeto al seguimiento y fiscalización del Ministerio”.

#### **3.4.1.5. Actividades, obras o proyectos que requerirán de un Estudio de Impacto Ambiental.**

Título III, Capítulo IV, Artículo 21. Establece que entre los proyectos que requerirán Estudio de Impacto Ambiental, se puede mencionar: obras viales; y actividades como: instalación de tuberías que transporten productos sólidos, líquidos o gases, y redes de alcantarillado; sistemas de tratamiento, confinamiento y eliminación, instalaciones de almacenamiento y disposición final de residuos sólidos y desechos peligrosos; exploración, explotación y procesamiento industrial de minerales y combustibles fósiles; presas, embalses, y sistemas hidráulicos para riego y drenaje; las situadas en áreas frágiles protegidas o en sus zonas de amortiguamiento y humedales; actividades consideradas como altamente riesgosas, en virtud de las características corrosivas, explosivas, radioactivas, reactivas, tóxicas, inflamables o biológico–infecciosas para la salud y bienestar humano y el medio ambiente, las que deberán de adicionar un Estudio de Riesgo y Manejo Ambiental; y otras fuera del alcance de la presente investigación.

#### **3.4.1.6. Formulario Ambiental**

Documento con carácter de declaración jurada que se presenta a la autoridad ambiental competente, de acuerdo con un formato preestablecido, que describe las características básicas de la actividad o proyecto a realizar, que por ley

requiera de una evaluación de impacto ambiental como condición previa a la obtención de un permiso ambiental.

Título III, Capítulo IV, Artículo 22. El titular deberá presentar al MARN un formulario ambiental para categorizar el impacto ocasionará la actividad, obra o proyecto.

“El titular de toda actividad, obra o proyecto que requiera de permiso ambiental para su realización o funcionamiento, ampliación, rehabilitación o reconversión deberá presentar al Ministerio el formulario ambiental que esta requiera con la información que se solicite. El Ministerio categorizará la actividad, obra o proyecto, de acuerdo con su envergadura y a la naturaleza del impacto potencial.”

#### **3.4.1.7. Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental**

Título III, Capítulo IV, Artículo 23. Establece quienes deben realizar los estudios de Impacto ambiental.

“El Estudio de Impacto Ambiental se realizará por cuenta del titular, por medio de un equipo técnico multidisciplinario. Las empresas o personas, que se dediquen a preparar estudios de impacto ambiental, deberán estar registradas en el Ministerio, para fines estadísticos y de información, quien establecerá el procedimiento de certificación para prestadores de servicios de Estudios de Impacto Ambiental, de Diagnósticos y Auditorías de evaluación ambiental”.

#### **3.4.1.8. Evaluación y Aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental.**

Título III, Capítulo IV, Artículo 24. Se establecen las normas para la evaluación y aprobación de los estudios de impacto ambiental.

“La elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental, su evaluación y aprobación, se sujetarán a las siguientes normas:

- a) Los estudios deberán ser evaluados en un plazo máximo de sesenta días hábiles contados a partir de su recepción; este plazo incluye la consulta pública;
- b) En caso de aprobación del Estudio de Impacto Ambiental, el Ministerio emitirá el correspondiente Permiso Ambiental, en un plazo no mayor de diez días hábiles después de notificada la resolución correspondiente;
- c) Si transcurridos los plazos indicados en los literales que anteceden, el Ministerio, no se pronunciare, se aplicará lo establecido en el Art. 3 de la Ley de la Jurisdicción Contencioso Administrativo; y
- d) Excepcionalmente, cuando por la complejidad y las dimensiones de una actividad, obra o proyecto se requiera de un plazo mayor para su evaluación, éste se podrá ampliar hasta por sesenta días hábiles adicionales, siempre que se justifiquen las razones para ello”.

#### **3.4.1.9. Consulta Pública de los Estudios de Impacto Ambiental.**

Título III, Capítulo IV, Artículo 25. Se establecen las normas que rigen la consulta pública de los estudios de Impacto ambiental.

“La consulta pública de los Estudios de Impacto Ambiental, se regirá por las siguientes normas:

- a) Previo a su aprobación, los estudios se harán del conocimiento del público, a costa del titular, en un plazo de diez días hábiles para que cualquier persona que se considere afectada exprese sus opiniones o haga sus observaciones por escrito, lo cual se anunciará con anticipación en medios

de cobertura nacional y a través de otros medios en la forma que establezca el reglamento de la presente ley;

- b) Para aquellos Estudios de Impacto Ambiental cuyos resultados reflejen la posibilidad de afectar la calidad de vida de la población o de amenazar riesgos para la salud y bienestar humanos y el medio ambiente, se organizará por el Ministerio una consulta pública del estudio en el o los Municipios donde se piense llevar a cabo la actividad, obra o proyecto; y
- c) En todos los casos de consultas sobre el Estudio de Impacto Ambiental, las opiniones emitidas por el público deberán ser ponderadas por el Ministerio”.

#### **3.4.1.10. Recursos.**

Título III, Capítulo IV, Artículo 26. “La resolución que se pronuncie sobre un Estudio de Impacto Ambiental admitirá los recursos establecidos en esta ley y la Ley de la Jurisdicción Contencioso Administrativo”.

#### **3.4.1.11. Auditorías de Evaluación Ambiental.**

Título III, Capítulo IV, Artículo 27. Establece los requisitos para que el Titular cumpla las condiciones fijadas en el permiso ambiental.

“Para asegurar el cumplimiento de las condiciones, fijadas en el permiso ambiental, por el titular de obras o proyectos, el Ministerio, realizará auditorías de Evaluación Ambiental de acuerdo con los siguientes requisitos:

- a) Las auditorías se realizarán periódicamente o aleatoria, en la forma que establezca el reglamento de la presente ley;

- b) El Ministerio, se basará en dichas auditorías para establecer las obligaciones que deberá cumplir el titular o propietario de la obra o proyecto en relación al Permiso Ambiental; y
- c) La auditoría de evaluación ambiental constituirá la base para los programas de autorregulación para las actividades, obras o proyectos, que se acojan a dicho programa”.

#### **3.4.1.12. Control y seguimiento de la Evaluación Ambiental.**

Título III, Capítulo IV, Artículo 28. “El control y seguimiento de la Evaluación Ambiental, es función del Ministerio, para lo cual contará con el apoyo de las unidades ambientales”.

#### **3.4.1.13. Fianza de Cumplimiento Ambiental**

Título III, Capítulo IV, Artículo 29. Se refiere a que el Titular debe rendir una fianza de cumplimiento ambiental.

“Para asegurar el cumplimiento de los Permisos Ambientales en cuanto a la ejecución de los Programas de Manejo y Adecuación Ambiental, el titular de la obra o proyecto deberá rendir una Fianza de Cumplimiento por un monto equivalente a los costos totales de las obras físicas o inversiones que se requieran, para cumplir con los planes de manejo y adecuación ambiental. Esta fianza durará hasta que dichas obras o inversiones se hayan realizado en la forma previamente establecida”.

### 3.4.1.14. Procedimientos Ambientales para Proyectos Carreteros.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales establece el proceso para obtener el permiso ambiental para actividades, obras o proyectos, el cual está constituido por los siguientes procedimientos:

#### 1. Presentación y recepción del formulario ambiental.

Previo a ingresar al Sistema de Evaluación Ambiental el Formulario Ambiental presentado por el titular de cualquier actividad, obra o proyecto público o privado, se somete a un proceso de revisión para determinar el cumplimiento o no, de los requisitos formales establecidos para su recepción.

#### 2. Inspección al sitio de la actividad, obra o proyecto propuesto.

Conocer las condiciones ambientales del sitio propuesto para la ejecución de la actividad, obra o proyecto; así como, para verificar la información presentada en el formulario ambiental.

#### 3. Envergadura y naturaleza del proyecto, Categorización del Impacto Ambiental.

Proceso técnico por medio del cual el Ministerio, en función de la envergadura y la naturaleza del impacto potencial a generar; determina si requiere o no de la presentación de un EsIA. Es de recalcar que a principios de 2023 el MARN pretendía dar a conocer y utilizar una nueva versión de la Categorización de actividades, obras o proyectos, sin embargo, aún no se ha establecido la nueva versión y se sigue utilizando la versión del año 2017.

GRUPO A	GRUPO B	
Potencial Impacto Ambiental		
BAJO	LEVE	MODERADO O ALTO

No requiere presentar documentación ambiental.	B.1 Se resuelve a partir del formulario ambiental	B.2 Se solicita el Estudio de Impacto Ambiental
--	---	---

*Tabla 3: Categorización del Impacto Ambiental.*

*Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)*

#### **4. Leve impacto ambiental No Requerimiento de un Estudio de Impacto Ambiental.**

Cuando del análisis del formulario ambiental, la inspección al sitio y de los criterios de categorización ambiental, se determine que la actividad, obra o proyecto generará impacto potencial leve, el MARN procederá a elaborar el Dictamen Técnico de No requerimiento de Estudio de Impacto Ambiental y la Resolución correspondiente.

#### **5. Moderado o alto impacto ambiental Requerimiento del estudio de impacto ambiental.**

Si la actividad, obra o proyecto es Categorizada dentro del Grupo B, Categoría 2, se entregan al Titular del proyecto los Términos de Referencia (TDR) para la elaboración del EsIA.

Titular del proyecto contratará al equipo multidisciplinario de Prestadores de Servicios idóneo a la naturaleza del proyecto, quiénes deberán estar inscritos en el MARN, para la elaboración del EsIA.

El equipo multi e interdisciplinario contratado por el titular, desarrolla el EsIA del proyecto conforme los TDR emitidos por el MARN.

Titular presenta al MARN el EsIA.

#### **6. Recepción e inicio del proceso de evaluación.**

MARN verifica que EsIA cumpla con lo establecido en los TDR, a efecto de admitirlo para iniciar el proceso de revisión y evaluación del mismo. MARN inicia proceso de revisión y análisis del EsIA y emite requerimiento de consulta pública.

## **7. Proceso de Consulta Pública del estudio de impacto ambiental.**

MARN remite el EsIA para consulta Art. 25 (a) de la Ley del Medio Ambiente, a su Centro de Información y Documentación Ambiental (CIDOC) y a la Alcaldía(s) Municipal(es) de la jurisdicción del proyecto.

El Titular publica en un medio impreso de circulación nacional, un aviso por tres días consecutivos sobre la consulta del EsIA.

El EsIA estará disponible para su consulta, durante 10 días hábiles posteriores a la última publicación, en el CIDOC, la Alcaldía(s) Municipal(es) de la jurisdicción y sitio web del MARN, para que cualquier persona afectada exprese sus opiniones por escrito en el CIDOC o en la Alcaldía Municipal, durante ese período.

Si el EsIA refleja la posibilidad de afectar la calidad de vida de la población, riesgos a la salud y al medio ambiente, se organizará una consulta pública en el o los municipios en donde se pretenda ejecutar la actividad, obra o proyecto, conforme lo establece el Art. 25 b).

Todas las opiniones emitidas por el público serán ponderadas por el MARN.

## **8. Observaciones, Requerimiento de Fianza de Cumplimiento Ambiental.**

El MARN consolidará las observaciones derivadas de la consulta pública y de la revisión y análisis técnico del EsIA, si las hubiere, emitiendo el informe o dictamen técnico correspondiente.

Si procede, el MARN remite las observaciones al titular del proyecto.

El Titular presenta nueva versión del EsIA.

MARN revisa versión corregida del EsIA, si es procedente, se aprueba el EsIA y se emite requerimiento de Fianza de Cumplimiento Ambiental; caso contrario, emitirá el Dictamen Técnico No Favorable correspondiente.

### **9. Fianza y emisión del Permiso Ambiental.**

El Titular presentará la Fianza de Cumplimiento Ambiental por el monto y plazo establecido en el Programa de Manejo Ambiental del EslA.

MARN elabora Dictamen Técnico Favorable y Resolución de Permiso Ambiental correspondiente.

### **10. Cumplimiento Ambiental.**

Para asegurar el cumplimiento de las condiciones fijadas en el Permiso Ambiental, el Ministerio realizará el seguimiento y control a través de las inspecciones, auditorías de evaluación ambiental y de los informes de operación anual presentados por el titular.

## **CAPÍTULO IV: GENERALIDADES DE LAS CARRETERAS.**

### **4.1. Introducción**

A lo largo de la historia, ha surgido la necesidad de trasladar personas, mercancías, productos y demás, de un lugar a otro, y luego de un proceso de evolución en la creación de caminos, se inició la construcción de las carreteras que se conocen hoy en día.

Las carreteras son uno de los factores más importantes para el desarrollo económico y social de un país; en El Salvador, constituyen la principal forma de comunicación.

Es fundamental conocer acerca de la historia y la situación actual de la red carretera de El Salvador y sus características técnicas, ya que, de esa forma, resultará más sencillo identificar los posibles impactos negativos que pueden generar al medio ambiente.

En este capítulo, se presentará una breve reseña de la historia del desarrollo y construcción de carreteras en El Salvador, los proyectos a realizarse a futuro, la clasificación, tipos, características técnicas, diseño, proceso constructivo (tipos de materiales y maquinaria utilizada) de las carreteras, y los diferentes tipos de proyectos carreteros.

### **4.2. Situación actual de la red carretera de El Salvador.**

El Ministerio de Obras Públicas y de Transporte (MOPT), como institución encargada de la Administración, Planificación, Construcción, Mejoramiento y Conservación de la Infraestructura Vial del País, dentro de sus prioridades cuenta

con un Sistema de Gestión de la Red Vial Nacional, el cual es una herramienta de planificación que facilita el análisis y toma de decisiones, sobre los niveles de intervención en la red vial competencia del MOPT, ya sea para el mantenimiento rutinario y periódico, o para intervenciones de rehabilitación y/o reconstrucción de carreteras; asimismo permite tener información detallada de cada uno de los componentes de las carreteras.

**Extensión de carreteras pavimentadas y no pavimentadas.**

La extensión de las carreteras en El Salvador clasificadas en pavimentadas y no pavimentadas por departamento se muestra en la siguiente tabla:

### Extensión de carreteras pavimentadas por categoría.

Departamento	PAVIMENTADAS	NO PAVIMENTADAS	Total Km.
Ahuachapán	167.89	261.90	429.79
Santa Ana	303.90	325.40	629.30
Sonsonate	256.58	167.08	423.66
Chalatenango	273.38	342.506	615.886
La Libertad	485.70	210.19	695.89
San Salvador	314.22	153.41	467.63
Cuscatlán	174.36	83.14	257.50
La Paz	326.22	101.45	427.67
Cabañas	170.21	214.24	384.45
San Vicente	184.42	152.83	337.25
Usulután	338.41	246.91	585.32
San Miguel	360.62	209.91	570.53
Morazán	249.81	124.43	374.24
La Unión	290.21	273.73	563.94
<b>Total</b>	<b>3,895.93</b>	<b>2,867.126</b>	<b>6,763.056</b>

Longitudes en kilómetros

Las Carreteras Pavimentadas por categoría y por departamentos, se detallan en la siguiente tabla:

Departamento	Especial	Primaria	Secundaria	Terciaria Modificada	Rural Modificada	Total kms.
Ahuachapán	6.35	59.59	22.25	70.56	9.14	167.89
Santa Ana	47.87	77.14	116.46	31.01	31.42	303.90
Sonsonate	52.82	40.05	77.54	80.35	5.82	256.58
Chalatenango	0.00	33.28	104.08	78.73	57.29	273.38
La Libertad	125.75	86.53	32.41	141.02	99.99	485.70
San Salvador	80.34	0.00	130.15	46.89	56.84	314.22
Cuscatlán	20.93	0.00	45.29	62.20	45.94	174.36
La Paz	50.17	16.69	94.84	77.53	86.99	326.22
Cabañas	0.00	0.00	84.00	79.41	6.80	170.21
San Vicente	12.75	30.11	67.38	59.42	14.76	184.42
Usulután	9.19	46.74	103.87	130.47	48.14	338.41
San Miguel	13.85	55.62	148.39	65.67	77.09	360.62
Morazán	0.00	12.50	88.30	85.74	63.27	249.81
La Unión	12.70	96.05	35.06	110.76	35.64	290.21
<b>Total</b>	<b>432.72</b>	<b>554.30</b>	<b>1,150.02</b>	<b>1,119.76</b>	<b>639.13</b>	<b>3,895.93</b>

Longitudes en kilómetros

### Extensión de carreteras no pavimentadas por categoría.

Las Carreteras no pavimentadas por categoría y departamentos, se detallan en la siguiente tabla:

Departamento	Terciaria	Rural	Total Km.
Ahuachapán	74.81	187.09	261.90
Santa Ana	12.93	312.47	325.40
Sonsonate	19.84	147.24	167.08
Chalatenango	125.02	217.486	342.506
La Libertad	25.47	184.72	210.19
San Salvador	22.45	130.96	153.41
Cuscatlán	2.00	81.14	83.14
La Paz	0.00	101.45	101.45
Cabañas	63.73	150.51	214.24
San Vicente	73.14	79.69	152.83
Usulután	40.39	206.52	246.91
San Miguel	60.63	149.28	209.91
Morazán	20.96	103.47	124.43
La Unión	55.15	218.58	273.73
<b>Total</b>	<b>596.52</b>	<b>2,270.61</b>	<b>2,867.126</b>

Longitudes en kilómetros

### Índice de Condición Global del Pavimento (OPI).

Con el propósito de establecer un índice integral que califique el estado de serviciabilidad de la vía, se ha definido el Índice de Condición Global del Pavimento (OPI) por sus siglas en inglés *Overall Pavement Index*. Este índice representa una interrelación del estado superficial – MDR (condición superficial) y la condición del pavimento medido en términos de rugosidad - IRI (desempeño funcional). Por lo tanto, el OPI es un parámetro representativo del estado global del pavimento.

Se tiene una valoración de OPI = 0, para pavimentos en mal estado y OPI = 100 para pavimentos en buen estado. Los límites de calificación que se muestran a continuación son los mismos aceptados a nivel internacional.

Condición	Calificación OPI
Mala	0 – 30
Regular	30 – 50
Buena	50 – 80
Muy Buena	80 – 100

*Tabla 7: Valoración de parámetro OPI para evaluación del estado de las vías.  
Fuente: Dirección de Planificación de la Obra Pública (DPOP) del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), diciembre 2022.*

### Condición de las carreteras pavimentadas a nivel nacional.

Para el año 2021, la Red Vial Nacional Pavimentada de El Salvador aumentó debido a los proyectos de mejoramiento (pavimentación) y aperturas realizadas a través de diferentes programas, respecto a los años 2018 y 2020, teniéndose a la fecha de la última actualización (Red Vial a diciembre 2021) una longitud de 3,838.63 km.

A continuación, se presenta una tabla comparativa sobre el estado de condición de la Red Vial Interurbana Pavimentada por departamento:

Departamento	Muy Bueno			Bueno			Regular			Malo			Total km.		
Año	2018	2020	2021	2018	2020	2021	2018	2020	2021	2018	2020	2021	2018	2020	2021
Ahuachapán	8.50	15.44	92.05	10.10	20.13	5.45	28.59	30.91	11.36	118.18	109.28	66.90	165.37	175.76	175.76
Santa Ana	68.90	74.46	135.58	75.94	99.43	59.03	47.79	74.27	47.36	109.41	53.94	61.93	302.04	302.1	303.90
Sonsonate	57.20	67.65	142.03	21.76	47.58	7.23	36.57	22.26	12.58	141.05	119.09	94.74	256.58	256.58	256.58
Chalatenango	62.75	81.31	129.94	73.06	67.69	103.02	49.07	48.71	34.63	86.04	75.29	4.37	270.92	273	271.96
La Libertad	95.19	159.51	199.08	73.17	103.34	90.62	85.18	72.77	88.94	207.63	130.23	107.06	461.17	465.85	485.70
San Salvador	39.47	40.90	76.42	62.08	60.29	86.06	63.64	65.05	71.58	146.31	147.03	80.16	311.50	313.27	314.22
Cuscatlán	21.17	15.97	30.83	10.66	10.73	35.04	35.97	38.82	43.97	106.77	108.84	64.52	174.57	174.36	174.36
La Paz	44.36	65.29	91.23	48.40	44.44	36.08	75.94	81.88	68.54	158.40	134.61	130.37	327.10	326.22	326.22
Cabañas	71.41	68.85	28.46	34.00	34.50	43.35	21.85	21.85	36.54	38.01	40.51	61.86	165.27	165.71	170.21
San Vicente	30.08	15.37	62.45	30.25	35.75	34.53	55.52	38.78	27.05	68.57	94.52	60.39	184.42	184.42	184.42
Usulután	80.02	78.19	90.66	28.71	34.42	44.54	70.27	62.52	68.35	159.66	163.20	134.86	338.66	338.33	338.41
San Miguel	50.51	53.75	96.59	49.94	59.72	45.01	39.93	34.49	35.47	163.36	157.06	136.60	303.74	305.02	313.67
Morazán	34.59	34.80	72.89	12.83	18.13	18.63	25.23	21.40	13.14	153.12	157.53	145.15	225.77	231.86	249.81
La Unión	49.04	44.06	68.71	36.03	35.23	28.45	34.80	41.21	25.95	146.45	152.85	150.30	266.32	273.35	273.41
<b>Total</b>	<b>713.19</b>	<b>815.55</b>	<b>1316.92</b>	<b>566.93</b>	<b>671.38</b>	<b>637.04</b>	<b>670.35</b>	<b>654.92</b>	<b>585.46</b>	<b>1802.96</b>	<b>1643.98</b>	<b>1299.21</b>	<b>3753.43</b>	<b>3785.83</b>	<b>3838.63</b>
<b>% de la Red</b>	<b>18.58</b>	<b>21.54</b>	<b>34.31</b>	<b>14.77</b>	<b>17.73</b>	<b>16.60</b>	<b>17.46</b>	<b>17.30</b>	<b>15.25</b>	<b>46.97</b>	<b>43.42</b>	<b>33.85</b>	<b>97.78</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Comparación en Kms. con 2020</b>		<b>501.37</b>			<b>-34.34</b>			<b>-69.46</b>			<b>-344.77</b>			<b>52.80</b>	
<b>% de Comparación</b>		<b>61.48</b>			<b>-5.11</b>			<b>-10.61</b>			<b>-20.97</b>			<b>1.39</b>	
<b>Comparación en Kms. con 2018</b>		<b>603.73</b>			<b>70.11</b>			<b>-84.89</b>			<b>-503.75</b>			<b>85.20</b>	
<b>% de Comparación</b>		<b>84.65</b>			<b>12.37</b>			<b>-12.66</b>			<b>-27.94</b>			<b>2.27</b>	

Tabla 8: Condición de la red vial pavimentada por departamentos de El Salvador para el año 2018, 2020 y 2021.  
Fuente: Dirección de Planificación de la Obra Pública (DPOP) del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), 2022.

Según el inventario de la condición de la red vial pavimentada realizado en los años 2020 – 2021 presentados en la Tabla 8 se puede mencionar que:

En el inventario del año 2020 el 39.28% de la red (1,486.93 km) tenían condición muy buena y buena, en el inventario del 2021 se tiene un 50.90% (1,953.96 km), incrementándose en 12.17% (467.03 km); es decir que ha habido un incremento considerable de la red pavimentada calificada con una condición buena y muy buena.

En el caso de la condición regular se tenía en el 2020, 17.30% (654.92 Km) y en el 2021 (585.46 km) disminuyó en 2.05% (69.46 Km) con relación al año 2020.

El promedio general que se obtuvo para toda la Red Vial Nacional Interurbana Pavimentada de El Salvador para el año 2021 con una condición de Muy Buena, Buena y Regular ha sido del 66.15% (2,539.42 km); sin embargo, el porcentaje de carreteras en mal estado ha disminuido con relación al año 2020 43.42% (1,643.98 km) a 33.85% (1,299.21 km), considerándose todavía elevado.

En el año 2021 los departamentos que presentan mejores condiciones en las carreteras son: Chalatenango (OPI 72.99), Santa Ana (OPI 61.72), La Libertad (OPI 59.15), Sonsonate (OPI 58.08), Ahuachapán (53.13) y San Salvador (OPI 51.74). Así mismo tenemos que los departamentos de Morazán (OPI 34.64) y La Unión (34.89) tienen un porcentaje elevado de carreteras en mal estado.

#### **4.2.1. Historia del desarrollo y construcción de carreteras en El Salvador.**

El inicio de carreteras en la historia de El Salvador data desde 1528, fecha en la cual fue fundada por los españoles la Villa de San Salvador, en la cual tardaron quince días en trazar las calles, plaza e iglesia, en ese entonces las calles de los

diferentes poblados eran únicamente de tierra y las principales reforzadas de piedra, ya que el vehículo de transporte utilizado eran los carretones o caballos.

La modernización de la infraestructura de transporte que comenzó con los ferrocarriles, también se pudo apreciar en las principales ciudades de San Salvador y Santa Ana. Las carretas y carruajes que llevaban a las personas de un punto de la ciudad a otro fueron reemplazados primero por tranvías de tracción animal y después por tranvías eléctricos. Ya en la década de 1920 fueron asfaltadas las principales calles de San Salvador, y la mejoría de las calles obedecía también a otra consideración fundamental: la llegada del automóvil allá por 1915 y, pocos años más tarde, del camión y del autobús.



Figura 42: Primera línea ferroviaria de El Salvador, entre San Salvador y Santa Tecla, 1876.

Fuente: <http://www.tramz.com/sv/svs.html>

A partir de entonces el crecimiento de la infraestructura vial urbana e interurbana ha ido incrementándose aceleradamente, de acuerdo a la expansión de centros industriales, de producción, de servicios así como de los habitacionales, prueba de ello es la ampliación de la “mancha urbana” en la ciudad de San Salvador, la cual siempre se ha considerado la principal fuente generadora de crecimiento económico del país, esto genera una demanda de servicios, especialmente de

comunicación y transporte, ya que sin ellos no se puede lograr la movilidad de productos para su comercialización, además de que influyen directamente en los costos de los artículos a través de los importes en concepto de producción.

En 1905 es creada una oficina bajo el nombre de Cuerpo de Ingenieros Oficiales. A esta oficina le correspondía la Dirección General de Obras Públicas como dependencia directa del Ministerio de Fomento, con la salvedad de que los trabajos de caminos eran realizados por el Ministerio de Gobernación. A este le correspondía la inmediata inspección técnica en la ejecución de todas aquellas obras que sin ser nacionales se auxilien con fondos del tesoro público, asignándole funciones de ejecución y mantenimiento de las obras públicas, así como la construcción y mantenimiento de los edificios destinados al servicio público, y en general, todas las obras de ornato y mejora de las poblaciones de la República, entre otras.

En 1916 el Poder Ejecutivo considerando la necesidad urgente de poseer buenas vías de comunicación en relación con el tráfico de ese entonces, así como por las necesidades individuales, comerciales, industriales y agrícolas del país y estimando que esto debe ser, por su gran importancia, objeto de dirección y estudio especial, totalmente separados del gran número de trabajos que tenía encomendado el Cuerpo de Ingenieros Oficiales y Dirección General de Obras Públicas, emitió el Decreto de creación de la Dirección General de Caminos, la cual funcionaría como una entidad técnica – consultiva, anexa al Ministerio de Gobernación y Fomento, la cual tendría a su cargo todo lo relacionado con las vías de comunicación de la República, puentes y obras que tengan relación con éstas.



*Figura 43: Construcción de carretera al Puerto de La Libertad, 1916.  
Fuente: desconocida.*

Fue hasta en 1917, que se emite un Decreto Legislativo de creación del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, la cual posteriormente asumiría todas las funciones encomendadas a las anteriores oficinas de regulación vial.

En 1920, la Dirección General de Obras Públicas dentro del ramo de Fomento contaba con una Sección de Caminos, así como una Sección de Arquitectura, Saneamiento y Aguas y una Sección de Caminos, Puentes y Calzadas.

En 1936, la Dirección de Obras Públicas estaba integrada por el Departamento de Hidráulica y Mantenimiento del Servicio de Aguas y de la Pavimentación de la Capital y por el Departamento de Urbanización y Arquitectura.



*Figura 44: Construcción de carretera Panamericana, 1940.  
Fuente: desconocida.*

En 1948, El Ministerio de Fomento y Obras Públicas contaba con la Dirección General de Carreteras.

En 1949, El Ramo de Fomento y Obras Públicas estaba formado por:

- Secretaría de Estado
- Comisión Nacional de Electricidad
- Oficina de Cartografía y Geografía
- Bodega
- Dirección General de Obras Públicas
- Dirección General de Carreteras.

En 1951, el Ramo de Fomento y Obras Públicas estaba formado por:

- Secretaría de Estado
- Dirección de Bodegas, Talleres y Canteras
- Dirección de Caminos

- Dirección de Urbanismo y Arquitectura
- Dirección de Obras Hidráulicas, y
- Dirección de Cartografía

En 1952, la Dirección de Urbanización y Arquitectura cambia nombre a Dirección de Urbanismo y Arquitectura.

En 1954, la Dirección de Urbanismo y Arquitectura y la Dirección de Caminos, se convierte en Direcciones Generales dentro del Ramo de Obras Públicas. Todos estos cambios son producto de la necesidad de ordenar el crecimiento de las ciudades, tanto en su parte arquitectónica como en infraestructura, por lo cual se le encomiendan las funciones específicas de construir, mantener y rehabilitar la infraestructura urbana y vial del país, en esta última se incluyen las carreteras interurbanas, rurales y urbanas; las cuales se constituyen en uno de los pilares que sostiene la economía nacional.



*Figura 45: Construcción de túneles en carretera litoral, 1959.  
Fuente: desconocida.*

Actualmente el Ministerio de Obras Públicas, dentro de su organización cuenta con dos Viceministerios: de Transporte, el cual se encarga de la reglamentación del tráfico, tanto rural como urbano, así como de los transportes aéreos, terrestre y marítimos; y de Obras Públicas, que es el encargado de dirigir la planificación,

construcción, rehabilitación, reconstrucción, ampliación, expansión y mantenimiento de la infraestructura vial del país.

#### **4.2.2. Clasificación y tipos de caminos en El Salvador.**

Las vías terrestres de comunicación y transporte se clasifican en:

- Carreteras
- Caminos vecinales o municipales; y
- Calles.

Atendiendo a su importancia y características geométricas las carreteras se subdividen en:

- Especiales, que son todas aquellas que reúnen condiciones geométricas superiores a las primarias.
- Primarias, las capacitadas para intensidades de tránsito superiores a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes.
- Secundarias, las capacitadas para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes.
- Terciarias, aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de

plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes; y

- Rurales, las capacitadas para una intensidad de tránsito de cien vehículos promedio por día, con cinco metros de plataforma y un mínimo de tres metros de rodaje en los puentes; o que, sin llenar tales características, dicha carretera haya sido construida por el Gobierno Central.

Los caminos vecinales o municipales son aquellos que, comunican villas, pueblos, valles, cantones o caseríos entre sí o conectan éstos con cualquier carretera, los cuales no podrán tener menos de 6.50 metros de ancho; y su construcción, mejoramiento y conservación corresponde a la Municipalidad de la respectiva jurisdicción.

En El Salvador, se utilizan tres diferentes tipos de nomenclatura para nombrar las carreteras, las cuales se detallan a continuación:

- 1) Las Centroamericanas: CA
- 2) Rutas Nacionales: RN
- 3) Departamentales, que se indican con una abreviatura del nombre del departamento:
  - AHU para Ahuachapán
  - SAN para Santa Ana
  - SON para Sonsonate
  - CHA para Chalatenango
  - LIB para La Libertad
  - SAL para San Salvador
  - CUS para Cuscatlán
  - PAZ para La Paz
  - SAV para San Vicente

- USU para Usulután
- SAM para San Miguel
- MOR para Morazán
- UNI para La Unión
- CAB para Cabañas.

### 4.2.3. Proyectos futuros.

El Ministerio de Obras Públicas y Transporte, tiene a corto, mediano y largo plazo, una proyección de los proyectos carreteros a realizarse en todo el territorio salvadoreño; se enlistan a continuación algunos de ellos:

N°	Proyecto	Estado Actual	Cronograma		
			Al 2025	2026 - 2030	Después 2030
1	Puerto La Union: Modernización de la carretera de acceso	Plan			
2	CA02E: Expansión de carretera, tramo: Desvío La Herradura (Km.47+0.25) – Zacatecoluca (circunvalación), Municipalidades de El Rosario y Zacatecoluca,	En Curso			
3	SAN16: Ampliación Carretera, Chalchuapa - Magdalena	En Curso			
4	CA07N: Mejora a Carretera Rural, Tramo MOR18N: CA07N - Distrito Tejera - Carretera El Mono, Municipalidad de Arambala, Departamento de Morazan	En Curso			
5	CA02: Reconstrucción de Puente Melara (dañado por Huracán Ida en 2009)	Plan			
6	CA02W: Ampliación Carretera, La Hachadura - Acajutla	Plan			
7	CA01W: Ampliación Carretera, San Cristobal - Santa Ana	Plan			
8	CA01W: Ampliación Carretera, San Vicente - Chamoco	Plan			
9	CA08: Ampliación Carretera, Las Chimanas - Ahuachapan	En Curso			
10	RN13: Ampliación Carretera, Ahuachapan - Santa Ana	Plan			

11	CA02E: Ampliación Carretera, Chamoco - San Miguel	Plan			
12	RN18E: Ampliación Carretera, San Miguel - Pasaquina	Plan			
13	CA03: Ampliación Carretera, Metapan - Nueva Concepcion	Plan			
14	CA2: Puente Manuel José Arce (Frontera La Hachadura)	En Curso			
15	CA2: Expansión total de corredor a 4 carriles (o tramos con tercer carril): Tramo Zacatecoluca a La Unión , 70 Km approx. (Oriente)	Plan			
16	CA2: Expansión de corredor a 4 carriles o tercer carril, Tramo Comalapa - Acajutla - La Hachadura (100 Km) (Occidente)	Plan			
17	CA2 Sección oeste de carretera: Libramiento La Libertad	En Curso			
18	CA2 Sección este de carretera: Libramiento La Libertad	Plan			
19	CA2: Carretera Anillo Urbano	Plan			
20	CA2: Libramiento Santa Ana, Sección Oeste	Plan			
21	CA2: Libramiento San Miguel	En Curso			
22	CA2: Desarrollo Carretero de Anillo Oeste de San Salvador	Plan			
23	CA2: Desarrollo Carretero de Anillo Sur de San Salvador	Plan			
24	Nuevo Diseño El Delirio-El Carmen (Apertura de la intersección de CA2 con CA1)	Plan			

25	CA1 Expansión a 4 carriles Sirama-El Amatillo: Sirama (La Unión) – Tramo Pasaquina	Plan			
26	CA1 Expansión a 4 carriles Sirama-El Amatillo: Pasaquina - Tramo El Amatillo (10 km)	Plan			
27	Expansión a 4 carriles San Vicente - Moncagua (71 Km.)	Plan			
28	Expansión a 4 carriles, Salida este de San Miguel a Sirama (36 km)	En Curso			
29	Paso Elevado Sitio del Niño	En Curso			
30	Libramiento Noroccidental Sonsonate (CA8)	En Curso			
31	Modernización Carretera Km 18 Carretera Militar a Perquín - Nahuaterique – Frontera con Honduras (64 Km)	Plan			
32	Anillo Carretero Apopa (CA4)	Plan			
33	Modernización de Carreteras San Rafael Cedros-Sensuntepeque-Puente La Integración (Frontera Honduras) (72 Km)	En Curso			
34	Mejoramiento del Eje Acajutla-Anguiatú (expansión de Carretera Primaria Sonsonate-Anguiatú)	Plan			
35	Apertura de punto de conexión de la CA8 (Sacacoyo) - CA1 (Sitio del Niño) (11 Km) + Paso Elevado	Plan			
36	Mejoramiento de carretera principal entre San Andrés (Quezaltepeque, Sitio del Niño) y Nueva Concepción. Entre Opico y Tacachico	Plan			
37	Expansión a 4 carriles Troncal del Norte Tramo Apopa - Frontera El Poy (82 Km)	Plan			
38	Mejoramiento Carretero El Triunfo (CA1) - Santiago de María - Usulután (CA2)	Plan			

39	Construcción de carretera transversal complementaria Umaña -Berlin-CA2	Plan			
40	Expansión a 4 carriles of CA8: Acceso a Frontera Chinamas (El Salvador - Guatemala)	Plan			
41	Modernización de rutas de acceso a áreas pesqueras	Plan			
42	Estudio para la ubicación de centros de servicio de transporte en la frontera y alrededores del Área Metropolitana de San Salvador	Plan			
43	Desarrollar regulaciones de diseño para corredores logísticos prioritarios (tercer canal)	Plan			
44	Plan Maestro de Desarrollo Carretero	Plan			

*Tabla 9: Proyectos carreteros a corto, mediano y largo plazo. Fuente: Dirección de Planificación de la Obra Pública (DPOP) del Ministerio de Obras Públicas y Transporte.*

### **4.3. Tipos de proyectos carreteros.**

Para poder determinar los métodos constructivos se deben conocer los diferentes tipos de proyectos, en carreteras existen cinco tipos de proyectos de acuerdo a las actividades que involucra.

1. Proyecto de Construcción.
2. Proyectos de Mejoramiento.
3. Proyectos de Rehabilitación.
4. Proyectos de Mantenimiento Rutinario.
5. Proyectos de Mantenimiento Periódico.

#### **Proyecto de Construcción.**

Comprende el conjunto de todas las obras que se presentan en un proyecto de carreteras. Se trata de un proyecto nuevo donde no existe ninguna Vía (Apertura).

Las actividades principales, entre otras son:

- Desmante y limpieza.
- Explanación.
- Obras de drenaje (alcantarillas, cunetas, bombeo, etc.).
- Sub-base, base y capa de rodadura.
- Tratamientos superficiales o riegos.
- Señalización vertical.
- Demarcación lineal.
- Obras de contención.

#### **Proyectos de Mejoramiento.**

Se trata de modificar la geometría y dimensiones originales de la vía con el fin de mejorar su nivel de servicio y adecuarla a las condiciones requeridas por el tránsito actual y futuro.

Las actividades principales, entre otras son:

- Ampliación de calzada.
- Construcción de nuevos carriles.
- Construcción de bermas.
- Rectificación (alineamiento horizontal y vertical).
- Construcción de obras de drenaje y sub-drenaje.
- Construcción de estructura del pavimento.
- Tratamientos superficiales o riegos.
- Señalización vertical.
- Demarcación lineal.

### **Proyectos de Rehabilitación.**

Se refiere a la recuperación de las condiciones iniciales de la vía de tal forma que se cumplan las especificaciones técnicas con que fue diseñada inicialmente.

Las actividades principales, entre otras, son:

- Construcción de obras de drenaje.
- Recuperación de capa de rodadura.
- Reconstrucción de sub-base y/o base y/o capa de rodadura.
- Obras de estabilización.

### **Proyectos de Mantenimiento Rutinario.**

Se puede realizar tanto en vías pavimentadas como no pavimentadas. Se refiere a la conservación permanente (a intervalos menores de un año) a intervenciones de emergencias en la carretera, con el fin de mantener las condiciones óptimas para la circulación segura de vehículos en la vía.

Las actividades principales, entre otras, son:

- Remoción de derrumbes.
- Limpieza de obras de drenaje.
- Reconstrucción de cunetas.
- Reconstrucción de zanjas de coronación (canales).
- Reparación de baches en afirmado y/o parcheo en pavimento.
- Perfilado y compactación de la superficie.
- Riegos de vigorización de la capa de rodadura.
- Limpieza y reparación de señales.

### **Proyectos de Mantenimiento Periódico**

Se realiza en vías pavimentadas. Comprende la realización de actividades de conservación a intervalos variables de 3 a 5 años, destinados a recuperar el deterioro de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por los efectos del clima, y comprender la construcción de obras de drenaje menores y de protección faltantes en la vía.

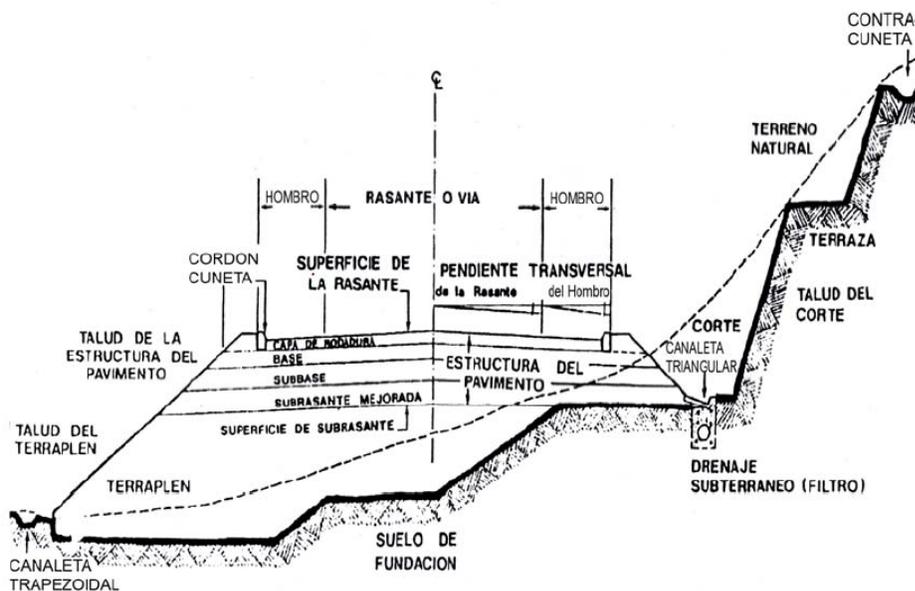
Las actividades principales, entre otras, son:

- Limpieza mecánica y reconstrucción de cunetas.
- Escarificación del material de afirmado existente.
- Extensión y compactación de material para recuperación de los espesores iniciales.
- Reposición de pavimento en algunos sectores.
- Reconstrucción de obras de drenaje.
- Construcción de obras de protección y drenaje menores.
- Demarcación lineal.
- Señalización vertical.

#### **4.4. Características técnicas de las carreteras.**

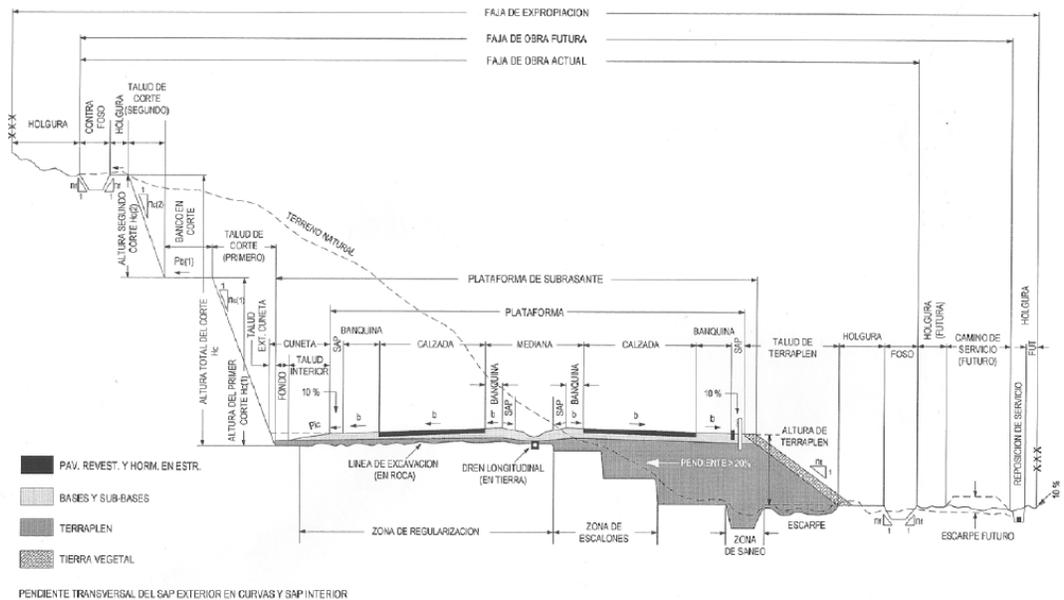
Las partes que constituyen una carretera deben tener un diseño adecuado para poder cumplir con capacidad de carga, drenajes, seguridad humana y ambiental.

En la Figura 46 se observa los elementos que conforman la sección transversal típica de una carretera.



*Figura 46: Sección transversal típica de una carretera de doble carril.*

*Fuente: Tesis: Manual de procesos constructivos para pavimentos de baja intensidad de tráfico en El Salvador utilizando concreto hidráulico simple y emulsiones asfálticas, Universidad de El Salvador, 2008.*



**Figura 47: Sección transversal típica de una carretera de doble carril con medianera.**  
**Fuente: Manual de Carreteras del Paraguay, Unidad 3 Diseño de carreteras.**

Es de recalcar que el tamaño de los elementos de una sección transversal está definido por el tránsito, velocidad, dimensiones de los vehículos y sus componentes, comportamiento de los conductores.

### **Descripción de los elementos que conforman la sección transversal de una carretera.**

#### **Derecho de vía.**

Es el área destinada al uso de una vía pública comprendida entre los límites que sirven de linderos o con las propiedades adyacentes. “ley de carreteras”.

Es una faja que se deja establecida, en la cual el estado puede construir para un futuro.

#### **Corona.**

Se define como ancho de plataforma (corona) la superficie superior de la carretera, que incluye la calzada y las bermas.

El ancho de la plataforma a rasante terminada (corona) resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas de la sub base, base, carpeta asfáltica o tratamiento superficial y la cuneta de drenaje.

### **Calzada.**

Se define como la superficie de la vía sobre la que transitan los vehículos, puede estar compuesta por uno o varios carriles de circulación. No incluye la berma (hombro).

En los tramos en recta, la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes, para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua.

En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte.

### **Hombro, berma, acotamiento, banquina.**

Se define como hombro a la franja longitudinal paralela y adyacente a la calzada de la carretera que se utiliza como zona de seguridad para paradas de vehículos en emergencia y de confinamiento del pavimento. Las bermas pueden ser construidas por mezclas asfálticas, tratamientos superficiales o simplemente una prolongación de la superficie de rodadura en las carreteras pavimentadas.

### **Cuneta.**

Es una zanja o canal que se abre a los lados de las vías terrestres de comunicación y que, debido a su menor nivel, recibe las aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños. También puede servir como defensa de pequeños derrumbes cuando las vías transitan por trincheras

### **Taludes.**

Un talud es cualquier superficie que esta inclinada con respecto a la horizontal.

Los taludes para las secciones en corte y relleno variarán de acuerdo con la estabilidad de los terrenos en que están practicados. La altura admisible del talud y su inclinación se determinarán, en lo posible, por medio de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes.

#### **Medianera o cantero central.**

Es el espacio libre existente entre los bordes de interiores de dos calzadas unidireccionales.

#### **Estructura de Pavimento.**

Sub-Rasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

Sub-Base: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

Carpeta o Superficie de Rodamiento o Rodadura: La parte superior de un pavimento, por lo general de pavimento bituminoso o rígido, que sostiene directamente la circulación vehicular.

#### **4.4.1. Diseños.**

El diseño de una carretera está regido por normas y especificaciones, por lo cual se presenta una breve descripción de las normas y especificaciones de diseño utilizadas en El Salvador.

Las normas y especificaciones que utilizan para el diseño y ejecución de proyectos son las contenidas en el manual Centroamericano, auspiciado y difundido por la secretaria de Integración Económica Centroamericana, SIECA. Todos los documentos a los cuales se hacen referencia son los siguientes:

- Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales.
- Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales.
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Official, EEUU)
- Ley de Carreteras y Caminos Vecinales de la Republica de El Salvador.
- Clasificación de Carreteras, Secciones Típicas.

Para diseñar los elementos básicos de una carretera, incluyendo su alineamiento y sección transversal, el proyectista debe comprender los controles y criterios básicos de diseño asociados con la carretera. Importantes controles de diseño incluyen, pero no están limitados, a los siguientes:

- La velocidad de diseño de la vía
- El grado aceptable de congestión (o sea, el nivel de servicio de la hora pico del año de diseño) en la vía

- Las características físicas del vehículo de diseño (el vehículo más grande que probablemente use la vía con frecuencia considerable)
- El comportamiento del vehículo de diseño (particularmente importante en términos de acomodar los camiones grandes en terreno montañoso, o buses y vehículos recreacionales en zonas sujetas a altos niveles de actividad turística)
- Las aptitudes del conductor típico a lo largo de la vía (es decir, los residentes locales que usan las calles de la vecindad a bajas velocidades, versus los viajeros interestatales en autopistas rurales)
- Las demandas de tránsito existente y del año de diseño para ubicar en la vía (volúmenes de tránsito diario y de hora-pico, la mezcla de vehículos de pasajeros y camiones en la vía).
- La información topográfica, geológica, uso de la tierra que son factores determinantes en la selección de la ruta y localización final de la vía. (Constituyen las decisiones que se deben tomar antes de pasar a la fase de diseño, es decir que la elección de estos factores se lleva a cabo en la etapa de planificación).

Dos de los más importantes factores son, la velocidad de diseño y el nivel de servicio en la hora pico; sin embargo, el factor de hora pico sólo sirve como un factor de control para un pequeño número de carreteras. En la mayoría de ellas después de establecida la clasificación funcional y la asociada velocidad de diseño de una carretera dada el grado de flexibilidad que dispone el proyectista se reduce significativamente.

- **Estudios necesarios para el diseño de las carreteras.**

### **Estudios Topográficos.**

Los estudios Topográficos son necesarios para el diseño integral de una Obra Vial. Desde el punto de vista del diseño estructural, tanto de la Obra Básica, la Plataforma y el Pavimento, el Ingeniero Especialista en cálculos estructurales

viales, deberá contar con los datos topográficos ya sea directamente de los resultados de dichos estudios en sí mismos o indirectamente a través del diseño geométrico ya elaborado o terminado, de manera a poder evaluar convenientemente ciertos parámetros proporcionados por dichos estudios y que podría incidir de alguna manera en los procesos de cálculos que afectara al diseño final de la estructura de la Obra vial.

### **Estudios de Tránsito.**

Los estudios de tránsito se pueden dividir en dos partes:

- a) Para trazados nuevos donde aún no existe un camino operativo.
- b) Para trazados existentes a ser reconstruidos o mejorados.

#### **Trazados nuevos:**

En estos trazados no se pueden realizar el conteo de vehículos, ya que la vía aún no existe. Por tanto, debe echarse manos a los estudios socio- económicos para determinar el tránsito a ser generado o desviado por la nueva traza, una vez que entre en operación.

#### **Trazados Existentes:**

En estos tramos si se pueden aplicar toda la metodología de estudios de tránsito, desde el punto de vista de frecuencia, destinos, pesos y tamaños. A esto se deben sumar los estudios socio-económicos que podrían eventualmente generar más tránsito o desviar tránsito sobre su estructura, debido al mejoramiento de los índices de operación de la carretera.

La frecuencia y peso de los ejes que circularan por la futura vía ya sea totalmente nueva o mejorada, afectara directamente la vida útil de la estructura a ser diseñada.

### **Estudios Geológicos.**

Los Estudios Geológicos son importantes desde dos puntos de vista, primero debido a que el ingeniero a través de este estudio puede conocer sobre qué tipo de terreno será implantada la obra básica y el pavimento en particular; y segundo, debido a que también le permitirá conocer la disponibilidad de materiales para diseñar las posibles mezclas de materiales que le permitan tener la resistencia necesaria y suficiente para el tránsito estimado y alcanzar la vida útil proyectada, así como también economizar al máximo las operaciones en la etapa de construcción.

### **Estudios Geotécnicos.**

Los Estudios Geotécnicos permitirán conocer a profundidad las características físicas de los materiales y la resistencia de los mismos. Estos materiales deberán ser ensayados en laboratorios certificados para la realización de los mismos, y de acuerdo con las Normativas existentes, cuyos procedimientos no podrán ser cambiados bajo ningún motivo.

### **Estudios Químicos de los Materiales.**

La composición química de los suelos y materiales a ser utilizados, juegan un papel preponderante en la durabilidad de las estructuras que son construidas con ellos.

Por ejemplo, al tener presencia de sulfatos y cloruros en el suelo, atacarán la estructura a ser diseñada, de manera que en cada tramo deberá conocerse con exactitud el porcentaje de dichos componentes químicos de manera a proyectar estructuras que puedan soportar positivamente esos ataques.

También, en muchas ocasiones es importante conocer la composición química de basaltos, granitos y otros materiales pétreos, a manera de poder asegurar la vida útil de proyecto.

### **Estudios Hidrológicos.**

El comportamiento estacional de las lluvias, combinado con picos estacionales de tránsito, pueden ser factores determinantes en el diseño de los pavimentos, dado que el agua es uno de los elementos destructivos más importantes de las estructuras de los pavimentos. Por esta razón el conocimiento detallado de la hidrología de la zona de proyecto es muy importante para el Ingeniero de estructuras de Obra Vial.

### **Estudios Hidráulicos.**

Los Estudios Hidráulicos proporcionaran los datos necesarios para que el Especialista en diseño de estructuras hidráulicas pueda proyectar las Obras de Arte necesarias en función a la categoría del camino. Este especialista deberá trabajar en cercana coordinación con el Especialista en Estructuras, ya que, en algunos proyectos de costo reducido, se podría, por ejemplo, permitir que, durante la época de grandes avenidas de agua, este pase por encima de las estructuras y por ende también encima del pavimento. Esta situación deberá ser tomada muy en cuenta por el Ingeniero de Estructuras de manera a realizar un diseño acorde con esas exigencias.

### **Estudios Socio-Económicos.**

Los estudios Socio-Económicos conducirán a conocer las posibles expansiones Urbanas y Rurales, los desarrollos urbanos importantes de cualquier índole en zonas de Ciudad o cercana a ellas, desarrollos industriales, desarrollos rurales como ganadería, agroindustria, comercio en general entre otros.

Estos estudios proporcionaran posibles aumentos del parque automotor, mayor frecuencia de los mismos y probablemente transporte de carga pesada.

Estos estudios serán de gran utilidad para el desarrollo integral del proyecto, pero en especial para el diseño de la estructura vial a ser utilizada.

### **Estudios del Comportamiento de Temperaturas.**

La temperatura es un factor fundamental para el diseño de todo tipo de estructuras, pero en especial para las flexibles que usan ligante asfáltico.

Por esta razón, al igual que los estudios estadísticos de Hidrología, los estudios estadísticos de temperatura ambiente son muy importantes para un correcto diseño de una Obra Vial.

Para el correcto estudio del comportamiento de las temperaturas y la creación de una base de datos es importante que todos los tramos importantes del país cuenten con termómetros especiales para el efecto, y un equipo encargado del inventario de las carreteras lo lea periódicamente y lo archive correctamente en la base de datos. También las estaciones meteorológicas del país pueden colaborar para llevar un histórico de las máximas y mínimas temperaturas de las distintas zonas y regiones por donde pasan las carreteras.

### **Estudios de Impacto Ambiental.**

En el diseño de las estructuras de Pavimento, se utiliza materiales que en mayor o menor medida impactan en el medio ambiente. Por esa razón, el especialista deberá conocer el grado de vulnerabilidad ambiental en la cual se implantará el proyecto vial, y así poder diseñar mezclas que en función a esa vulnerabilidad pueda tener el menor impacto posible en el medio ambiente.

#### **4.4.2. Proceso de construcción de una carretera.**

Las etapas relevantes que componen el proceso de construcción de una carretera y que son indispensables para la funcionalidad de una estructura de pavimento son las siguientes:

- Movimiento de tierras.
- Construcción de drenaje.

- Construcción de sub-base y base.
- Construcción de la superficie de pavimento o rodadura.
- Construcción de estructuras de puentes.
- Colocación de las señales y marcas de tráfico.

### **Movimiento de tierras.**

- **Localización de la línea topográfica:** Consiste en replantear la línea de la carretera, de acuerdo a los planos de diseño del proyecto.
- **Movimiento de tierras:** Es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza o de sus características, dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier otro elemento que se relacione con la construcción de la carretera, así como también el corte y movimiento del material sobrante o que no se va a utilizar en otros trabajos de la carretera, catalogándolo como material de desperdicio.
- **Cortes:** El material de corte es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción; para utilizarlo en cualquier elemento que esté relacionado a la construcción de una carretera y dependiendo de su tipo, calidad o cantidad, se puede catalogar de la siguiente forma:
  - **Excavación no clasificada.**

Es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza o de sus características, dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier elemento que implique la construcción de la carretera. Cuando se hayan complementado todos los rellenos y demás elementos, con el material proveniente del corte y exista

material sobrante, este tendrá que desperdiciarse cuando así haya sido contemplado en el diseño o porque el material es inadecuado.

- Excavación no clasificada de desperdicio.  
Es el material resultante de la excavación que, de acuerdo con los planos, constituye sobrante o es material inadecuado para la construcción de la obra.
  - Excavación no clasificada para préstamo.  
Es el material no clasificado, que proviene de excavaciones hechas en áreas ubicadas fuera de los límites de construcción (taludes adyacentes a la sección de corte de la carretera) o de bancos de préstamo previamente analizados.
  - Sub-excavación.  
Es la operación de remover el material inadecuado que se encuentra debajo del nivel de la sub-rasante en las secciones de corte, o debajo del nivel del terreno natural en secciones de terraplén o relleno.
  - Remoción y prevención de derrumbes.  
Es la operación de remover el derrumbe o deslizamiento del talud original que caiga sobre la carretera.
  - Cortes en roca.  
Comprenderá la excavación correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y la de todos aquellos materiales que presenten características de roca maciza, cementados sólidamente.
- **Rellenos:** Se denomina relleno a la tierra que se coloca y compacta sobre la superficie de un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra. Generalmente se les llama rellenos, pero técnicamente se nombran como terraplenes.

- **Acarreos:** Transporte de materiales no clasificados que provengan de un corte causado por la construcción de la tercería hasta la altura de sub-rasante de una carretera.
- **Drenajes:** Su objetivo es recolectar, controlar, canalizar y evacuar agua u otro tipo de líquidos que puedan aparecer en el terreno y puedan ocasionar accidentes o interrupciones en el tráfico, así como daños en el mismo pavimento o el entorno.

El drenaje superficial se considera longitudinal o transversal según su posición con respecto al eje de la carretera.

Los técnicos también utilizan el término de Drenaje Longitudinal el cual tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen a la carretera o que permanezcan en él.

Dentro de este tipo de drenaje se tienen:

1. Cunetas
2. Contracunetas
3. Bordillos
4. Canales de encauzamiento
5. Tragantes y cajas receptoras
6. Subdrenajes

El drenaje transversal da paso de un lado a otro de la carretera o retira el agua de la corona, dentro de estos se tienen:

1. Tubos
2. Bóvedas
3. Vados sifones
4. Bombeo de la corona

5. Puentes
6. Cajones
7. Losas

De conformidad con la dimensión del claro de la obra el drenaje transversal es clasificado en:

- Mayor (luces superiores a los 6.00 metros, incluye puentes).
- Menor (alcantarillas).

### **Construcción de sub-base y base.**

Previo a la colocación de cualquier capa de sub-base, la sub-rasante debe de estar terminada.

#### Capa Sub-Base:

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar.

La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una sub-rasante o sub-base adecuada.

Esta capa de material se coloca entre la sub-rasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

### Capa Base:

La base puede ser: base granular, que es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial; base de grava o piedra trituradas, formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno; capa de base de suelo cemento, formada por una mezcla de materiales de origen volcánico compuestos por pómez o arena de río, incluyendo gravas en estado natural mezclados con cemento hidráulico, capa de base negra que está constituida por materiales granulares pétreos recubiertos con Cemento Asfáltico, elaborada en planta, en caliente.

### **Construcción de la superficie de pavimento o rodadura.**

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos.

Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soportante del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros).

### **Pavimento Flexible:**

Los pavimentos flexibles comprenden en primer lugar, a aquellos que están formados por una serie de capas granulares, rematadas por una capa de rodamiento asfáltica de alta calidad y relativamente delgada, la cual es capaz de acomodarse a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa.

La superficie de rodadura de los pavimentos flexibles al tener una menor rigidez que las losas de concreto hidráulico, se deforma más y se producen mayores tensiones en la sub-rasante.

Los elementos principales de una estructura de pavimento flexible son los siguientes (ver Figura 48):

- Terracería (Sub-rasante).
- Sub-base
- Base.
- Capa de rodamiento
- Sello
- Rasante

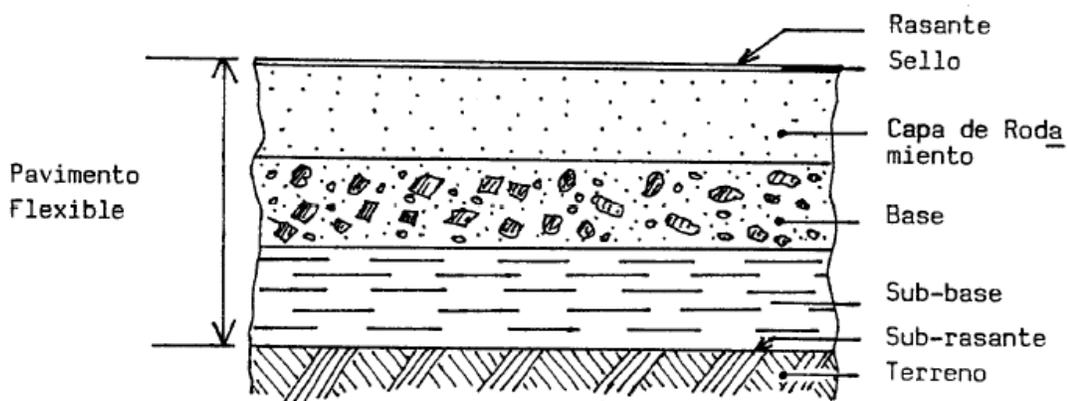


Figura 48: Esquema básico de la estructura de un pavimento flexible.

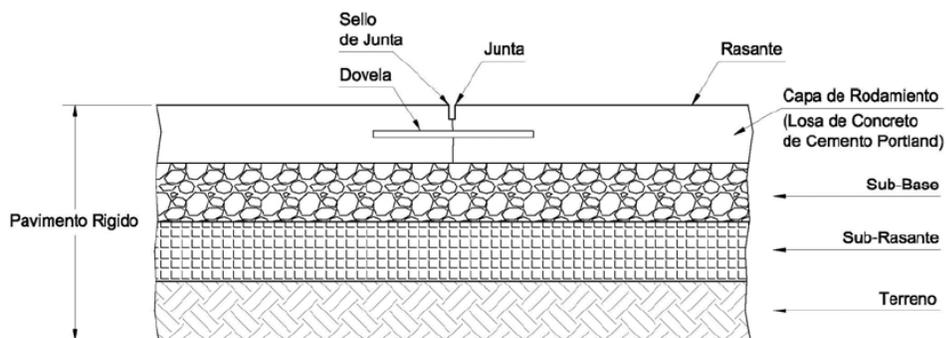
Fuente: Tesis: Manual de procesos constructivos para pavimentos de baja intensidad de tráfico en El Salvador utilizando concreto hidráulico simple y emulsiones asfálticas, Universidad de El Salvador, 2008.

### Pavimento Rígido:

Los pavimentos rígidos, son losas de concreto, con o sin refuerzo de acero, que se colocan sobre la sub-rasante directamente, o sobre una sub-base granular o una sub-base de suelo cemento. Estas losas de concreto constituyen el elemento más importante del pavimento, para resistir los efectos abrasivos del tráfico, proporcionando una superficie de rodamiento adecuada e impermeabilizando la parte interior del pavimento

Se puede dividir en pavimentos de concreto simple y pavimentos de concreto continuamente reforzados con barras de acero.

En la Figura 49, se presenta el esquema de composición de un pavimento rígido:



*Figura 49: Esquema básico de la estructura de un pavimento rígido.*

*Fuente: Tesis: Manual de procesos constructivos para pavimentos de baja intensidad de tráfico en el salvador utilizando concreto hidráulico simple y emulsiones asfálticas, Universidad de El Salvador, 2008.*

### **Construcción de estructuras de puentes.**

Un puente es una estructura de una o más luces, incluyendo sus soportes, que se construye para salvar un obstáculo, dando así continuidad a una vía. El obstáculo puede ser otra vía (ya sea carretera o férrea), una corriente de agua, una depresión del terreno, o un vacío cualquiera.

### **Colocación de las señales y marcas de tráfico.**

Este tipo de trabajos abarca lo referente a lo que es señalización vertical, señalización horizontal, monumentos de kilometraje y otro tipo de complementos como postes delineadores, indicadores del derecho de vía y defensas para carreteras y puentes.

#### **4.4.3. Tipos de materiales.**

Cada capa que compone la estructura de una carretera tiene funciones diferentes y es por ello que en cada uno de estos se usarán materiales de distintas características y propiedades.

##### **Materiales empleados en la capa sub rasante.**

Los materiales para la capa sub rasante son los suelos naturales seleccionados o cribados, producto de los cortes o de la extracción en bancos, que se utilizaran para formar dicha capa. Si la sub rasante es mala y se halla formada por un suelo fino, limoso o arcilloso susceptible de saturación habrá de colocarse una sub-base granular de material seleccionado antes de colocar la base y la capa de rodamiento. Si la sub rasante es regular o buena y está formada por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación o por un material de granulometría gruesa posiblemente no se requerirá de la capa de sub-base. Finalmente, si la sub rasante es excelente, quiere decir que tiene un valor de soporte elevado y que no existe además la posibilidad de que se sature de agua, bastaría colocar encima la capa de rodamiento.

##### **Materiales empleados en la capa sub base**

Debido a que una de las funciones de la sub base es de servir de capa de drenaje al pavimento los materiales a emplearse deben ser granulares.

En la actualidad como elemento drenante en la sub-base se está utilizando con mucha frecuencia geo textiles. (El geo textil se define como cualquier textil permeable usado en fundaciones, roca o suelo. Sus propiedades hidráulicas son considerables, convenientes para las funciones de filtración y drenaje).

##### **Materiales empleados en la capa base.**

Los materiales usados en la capa base deben ser resistentes a los cambios de humedad y temperatura, no deben tener cambios de volumen perjudiciales, pueden ser:

**Bases granulares:** son aquellas que están formadas por materiales granulares sin ningún tipo de aglomerantes. En función de su granulometría, pueden ser continuas (zahorras) o discontinuas (macadam).

**Bases granulares estabilizadas:** aquel material pétreo que se le añade una sustancia aglomerante normalmente cal o cemento, para mejorar sus cualidades resistentes y aumentar su rigidez. Las más empleadas son las bases de gravamento, aunque también existen otras, como el suelo-cemento, grava-emulsión, grava- escoria, grava- ceniza...etc.

**Bases bituminosas:** compuestas a base de mezclas bituminosas en caliente o en frío, con dosificaciones más pobres que las empleadas en las capas que conforman pavimento. Aun así, son de muy buena calidad.

**Bases especiales:** integradas por materiales obtenidos de procesos industriales, tales como escorias de alto horno, áridos mejorados, bauxitas calcinadas.

### **Materiales empleados en la capa de rodadura.**

Entre los principales tipos de capas de rodadura tenemos los siguientes

- Para pavimentos flexibles: se define como mezcla asfáltica (o bituminosa) en caliente a la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante.
- Para pavimentos rígidos para concreto hidráulico: estará conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregado fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran.

- Para pavimento de adoquines de concreto o piedra: la arena utilizada para la capa de apoyo de los adoquines será de origen aluvial, sin trituración, libre de finos plásticos, materia orgánica u otras impurezas.

#### 4.4.4. Maquinaria utilizada.

Los equipos más usados en la construcción de obras viales son los siguientes: Tractores, retroexcavadoras, cargadores, motoniveladoras, rodillos, camión distribuidor de asfalto, camión cisterna, camiones de volteo, pavimentadoras y traíllas.

**El tractor de Orugas con Bulldozer:** Sus principales funciones son el empuje y corte de material (suelo), es el equipo más utilizado en las labores de corte y extracción de materiales tanto como para conformar la explanación de la vía. Otro uso de este equipo es la remoción de la capa vegetal, limpieza, desmonte y destronque de áreas (ver Figura 50).



Figura 50: Tractor de Orugas con Bulldozer.

Fuente: <http://maquinariayconstruccion.blogspot.com/2010/03/tractor-de-oruga.html>

**La Motoniveladora:** es uno de los equipos más versátiles conocidos. Su principal uso es en la distribución y nivelación de rellenos o terraplenes. También se usa en la escarificación de superficies y en la conformación de cunetas. A veces se utiliza este equipo para la realización de excavaciones de poca profundidad en la

calzada de calles y también en la remoción de capas de rodadura y material de base (ver Figura 51).



*Figura 51: Motoniveladora.*

Fuente: <https://www.cat.com/es/MX/products/new/equipment/motor-graders/motor-graders/18573459.html>

**Mototralla:** Este equipo es para trabajos de grandes volúmenes de movimiento de tierra, es de uso muy económico, ya que puede cargar, transportar y rellenar a altas velocidades. En algunos casos se utiliza un tractor para ayudar durante el proceso de carga, ya que esto hace que se acorte el tiempo que utiliza este equipo para cargarse. Este equipo se usa para el corte y acarreo de material cuya distancia es muy larga para ser hecha con tractor y muy corta para ser realizada con un tractor, cargador y camión (ver Figura 52).



Figura 52: Mototrailla.

Fuente: <https://blog.laminasyaceros.com/blog/uso-de-mototrailla-en-construccion>

**Retroexcavadora:** Este se utiliza principalmente para excavar debajo de la superficie natural del terreno sobre el cual descansa la máquina, para las labores de excavación carguío de materiales en condiciones específicas. Muy utilizada para la excavación de zanjas de acueductos, zanjas de drenaje, ya que puede ir desplazándose longitudinalmente y sobre la zanja, al mismo tiempo que va moviéndose en reversa, va sacando material y va colocándolo sobre los camiones o en los laterales por el gran alcance que tiene en el brazo que sostiene. Este equipo es muy usado en la construcción de los canales de entrada o salida de las alcantarillas (ver Figura 53).



Figura 53: Retroexcavadora.

Fuente: <https://www.unimaq.com.pe/producto/420f2/?parent=7703>

**Palas Mecánicas:** es el equipo que se utiliza para el carguío de materiales, escombros para ser depositados en los camiones para el bote de los mismo. Hay quienes le dan otro uso, por ejemplo, el regado de arena o gravilla sobre superficies, excavaciones o extracciones en materiales de consistencia blanda. El uso correcto de estos equipos es para el carguío de materiales (ver Figura 54).



*Figura 54: Palas Mecánicas.*

*Fuente: <https://www.maquituls.es/noticias/pala-cargadora-complemento-imprescindible-para-tu-tractor/>*

**Camiones de volteo:** su uso es el transporte de los materiales a un destino especificado. Existen camiones de diferentes capacidades de volumen para cubrir con las diferentes necesidades. La capacidad de un camión y el número de unidades necesarias están condicionados a la producción de los cargadores. Todos estos materiales hacen más fácil el trabajo para construir las calzadas ya que sin ellos sería prácticamente imposible de realizar, ya que, el asfalto estaría muy caliente, se enfriaría y se secaría antes de haberlo puesto en el suelo (ver Figura 55).



*Figura 55: Camiones de volteo.*

Fuente: <https://www.ilco.mx/rentas/camion-de-volteo>

**Pavimentadora de asfalto:** la función de una pavimentadora de asfalto es producir una capa de superficie uniforme y con precompactación homogénea, a fin de proporcionar una estabilidad suficiente a la mezcla para que el rodillo inicie el proceso de compactación (ver Figura 56).



*Figura 56: Pavimentadora de asfalto.*

Fuente: <https://revista-ps.costosperu.com/maquinaria-y-equipos/pavimentadoras-productividad-en-proyectos-viales/>

**Los Rodillos:** son máquinas pesadas para la construcción de carreteras que compactan la capa asfáltica caliente y, por tanto, aún deformable (ver Figura 57).



*Figura 57: Rodillo.*

*Fuente: <https://www.freepik.es/fotos-premium/rodillo-compactador-vibrotorio-coloca-asfalto-nueva-carretera-construccion-primer-plano-trabajo-maquinaria-vial-trabajos-construccion>*

## **CAPITULO V: IMPACTOS AMBIENTALES EN PROYECTOS CARRETEROS.**

### **5.1. Introducción**

La construcción de obras de infraestructura de transporte, en este caso las carreteras, ocupan áreas importantes de territorio, por lo que se afecta al medio ambiente de muchas maneras, ya sea de forma negativa o positiva.

Las actividades positivas en el medio ambiente tienen como fin ayudar a restaurar un ecosistema dañado con el objetivo de recuperarlo o conservar en gran porcentaje las características naturales.

Entre los impactos ambientales positivos en un proyecto carretero se pueden mencionar beneficios socioeconómicos proporcionados por las vías terrestres, la reducción de los costos de transporte, el mayor acceso a los mercados para los cultivos y productos locales, el acceso a nuevos centros de empleo, la contratación de trabajadores locales en obras en sí, el mayor acceso a la atención médica y otros servicios sociales y el fortalecimiento de las economías locales.

Las vías terrestres pueden producir también impactos negativos y estos se pueden clasificar en temporales, persistentes, irreversibles, reversible. Para poder contender los impactos negativos en el medio ambiente es necesario llevar acabo un Programa de Manejo Ambiental (PMA), que se define como el instrumento que contiene el conjunto de medidas ambientales propuestas para la prevención, atenuación y compensación de los impactos.

En el presente Capítulo se estudiarán la definición de los Impactos Ambientales positivos y negativos, su tipología, las medidas ambientales aplicables, y el Programa de Manejo Ambiental en que deben contenerse.

## **5.2. Impactos Ambientales positivos.**

### **5.2.1. Tipos de Impactos Ambientales Positivos.**

La restauración o la recuperación de los ríos y de los bosques tienen un impacto ambiental positivo. El reordenamiento territorial y demográfico de igual manera tiene un efecto positivo en el medio ambiente, ya que permite desarrollar un mayor control del crecimiento y expansión de las actividades antrópicas en zonas geográficas específicas.

Dentro de los impactos positivos que proporcionan los proyectos carreteros se mencionan a título enunciativo, más no limitativo, los siguientes:

- Comunicación
- Generación de Empleo
- Desarrollo Social
- Fortalecimiento de Economía Local
- Incremento del Comercio
- Transitabilidad Permanente
- Acceso a Educación
- Menores Costos de Transporte
- Acceso a Tecnologías
- Menores Tiempos de Recorrido
- Acceso a Servicios Médicos
- Acceso a otros Mercados

A continuación, se describen impactos ambientales positivos generados en un proyecto carretero en El Salvador, tomando de referencia el proyecto de la Ampliación de la carretera CA04S, Tramo II: entre km 22.36 (salida sur de

Zaragoza) y km 31.86 (inicio By Pass de La Libertad), Departamento de La Libertad.

### **Plusvalía.**

Incremento en el valor económico de los terrenos aledaños al proyecto debido a los beneficios que genera una autopista moderna y a la conectividad con diferentes destinos turísticos. Se puede considerar que, con el funcionamiento del proyecto vial, las probabilidades de que se generen desarrollos: habitacionales, comerciales asociados al turismo, sería inminente, situación que puede incrementar el precio de terrenos a los actuales, dependiendo en la zona que se encuentre vida.

### **Desarrollo económico.**

Mediante el funcionamiento de la carretera, se activa la economía de los Municipios del área de influencia y aledaños, generando empleos tanto directos como indirectos, además el turismo de la zona. Es importante señalar que la generación de empleo se inicia con la etapa constructiva del proyecto, beneficiando a familias del área de influencia. Todos los negocios en el área en la que se proyecta la carretera tendrán mayores oportunidades de crecimiento económico por la misma dinamización producto del mejoramiento del servicio de la carretera. De igual forma la agricultura y ganadería de la región tendrá mejoras debido a la facilidad de movilización de las cosechas hacia mercados más competitivos reduciendo los costos de comercialización.

### **Movilización.**

Reducción de los tiempos de movilización para transporte de personas y mercancías, así como la reducción de los costos.

### **Reducción de costes de mantenimiento de vehículos.**

El tener una vía primaria adecuada con buen nivel de servicio, se reducen los costos de mantenimiento de los vehículos comparados con las condiciones que actualmente puede presentar una carretera. Tomando como base el tiempo de movilización y las condiciones que ofrece una carretera primaria, los beneficios para los turistas, el transporte público y de carga, serán mayores, bajo la perspectiva de la reducción de los costos de mantenimiento que actualmente las asociaciones de transporte público de la zona de influencia los consideran cuantiosos, debido a las reparaciones en frenos, cambios de llantas, sistemas hidráulicos, reparaciones de motores, etc.

Con el funcionamiento de la nueva carretera, los vehículos serán menos exigidos por las mismas condiciones del proyecto, alargando su buen funcionamiento y recurriendo en menor escala a las reparaciones, generando ahorros económicos para los empresarios y población en general.

#### **Mejoramiento del paisaje de la zona de influencia del proyecto.**

Algunos sectores pueden ser mejorados en sus vistas panorámicas, debido a que en un proyecto de ampliación de la vía traerá consigo mayor visibilidad en algunos tramos de la carretera. De igual forma se considera que la ampliación de la carretera brindaría mejores condiciones de salubridad a la zona, generando limpieza en los sitios que actualmente cuentan con mayor población.

Las posibilidades de que la población aledaña, especialmente los propietarios de negocios inviertan en mejorar sus establecimientos también traerán efectos positivos sobre el paisaje aledaño al proyecto.

#### **Reducción de congestionamientos.**

El usuario tendría más comodidad durante el viaje, reduciendo el estrés, siendo uno de los aspectos más importantes considerados en un proyecto de la ampliación de una carretera.

### **Reducción de costos de combustible.**

Al reducir los congestionamientos y el tiempo de movilización en el proyecto, se reduce el gasto de combustible, lo cual se traduce directamente en el mejoramiento de la economía familiar, de igual manera el medio ambiente resulta beneficiado, así como el componente social, especialmente por la generación de menores emisiones de gases contaminantes, lo cual también genera beneficios a la salud de la población por la presencia de enfermedades respiratorias.

Es decir, al reducir el gasto de combustible durante la circulación por el proyecto, también se generan otros beneficios en cadena que hacen mejorar el componente social y ambiental del área de influencia.

### **5.3. Impactos Ambientales Negativos.**

El impacto ambiental negativo es aquel que representa efectos negativos por pérdida de valor paisajístico, estético, de productividad ecológica o aumentos de perjuicios por efectos contaminantes, de erosión, etc.

Los impactos ambientales negativos son alteraciones en el medioambiente que perjudican tanto el medio natural como la salud humana. Por tanto, las principales consecuencias son la contaminación del planeta (tierra, agua, y aire), la pérdida de biodiversidad y el incremento de enfermedades y problemas de salud.

#### **5.3.1. Tipos de Impactos Negativos.**

Los impactos ambientales negativos pueden clasificarse según su efecto en el tiempo y la capacidad de volver a la situación anterior al impacto:

- **Temporales:** se trata de un impacto a corto plazo y por tanto el medio puede recupera el estado anterior al impacto.
- **Persistentes:** se trata de un impacto a largo plazo con efectos duraderos en el tiempo y en el espacio.
- **Irreversibles:** el impacto es de tal magnitud que genera un impacto permanente en el medio.
- **Reversible:** el medio natural podría recuperarse o no del todo a corto, medio o largo plazo.

### 5.3.2. Medidas de Manejo de Impactos Ambientales.

Existen diferentes tipos de medidas de Manejo Ambiental, las cuales se presentan a continuación:

- Medidas de Prevención.
- Medidas de Atenuación.
- Medidas de Compensación.

#### Medidas de Prevención

También denominadas medidas protectoras, son todas aquellas que evitaran la aparición de un efecto ambiental negativo.

- Puede ser con:
- Un diseño adecuado
  - Mejoramiento de tecnología
  - Ubicación adecuada de los elementos

Ejemplos:

- Diseño del trazado de la ubicación de la obra.

- Impedir el vertimiento de grasas y aceites producto de actividades de mantenimiento de maquinarias y talleres.
- Correcto diseño del drenaje de aguas superficiales y subterráneas.
- Vigilancia de los procesos de movimientos de tierra.

### **Medidas de Atenuación**

Son aquellas acciones que al modificar las acciones o los efectos consiguen anular, corregir y/o atenuar un impacto recuperable.

Ejemplos:

- Medidas para evitar la erosión y riesgos de deslizamientos.
- Construcción de pasos para la fauna.
- Construcción de barreras acústicas.
- Programa de reforestación.
- Relocalización de elementos singulares.

### **Medidas de Compensación**

Estas medidas no evitan, atenúan ni anulan la aparición de un efecto negativo, pero contrarrestan la alteración del medio al realizar acciones con efectos positivos que compensan los impactos negativos que no son posibles corregir, y disminuyen el impacto final del proyecto.

Ejemplos:

- Ayudas para el aislamiento acústico.
- Habilitación y mantenimiento de un parque.
- Reforestación con especies nativas.
- Reubicación de comunidades.

### **5.3.3. Medidas de Mitigación.**

Una vez identificado un impacto negativo lo primero que se debe tratar de hacer es prevenirlo, es decir, lograr evitar que el perjuicio que provoque no se haga realidad. Si esto no se puede lograr, entonces se deben tomar acciones para tratar de mitigar (moderar, aplacar) los efectos que provoca. Cuando ya se conozca que el impacto no se puede evitar o mitigar, entonces hay que compensarlo, en el sentido de neutralizar o contrarrestar su efecto pernicioso.

Se denominan Medidas de Mitigación de Impactos Negativos a aquellas que eliminan, minimizan, reducen, atenúan o compensan los impactos negativos que pueden producirse en el medio donde se ejecutará una determinada actividad, obra o proyecto.

Es importante destacar que siempre es preferible prevenir los impactos ambientales que tener que mitigarlos o peor aún compensarlos, pues estos últimos suponen un mayor costo económico y ambiental, además de que casi siempre quedan ciertos efectos residuales difíciles o imposibles de eliminar.

Existe una cuarta clasificación que muchos especialistas en el tema, proponen incluir: Las medidas optimizadoras. Este tipo de medidas están dirigidas para mejorar, perfeccionar o ampliar los impactos positivos identificados en el estudio.

Las medidas que se identifiquen deben ser siempre expresadas en forma de acciones a realizar, por lo que es muy importante que las mismas sean lógicas, factibles de llevar a la práctica y costo-efectivas, de manera que puedan ser llevadas a cabo y cumplir realmente su rol en eliminar o al menos llevar los impactos ambientales negativos a niveles aceptables.

#### **5.3.4. Programa de Manejo Ambiental (PMA).**

El Programa de Manejo Ambiental (PMA) se define como el instrumento que contiene el conjunto de medidas ambientales propuestas para la prevención, atenuación, mitigación y compensación de los impactos negativos al ambiente, así como la potenciación de los positivos.

##### **Objetivos del Programa de Manejo Ambiental.**

1. Establecer, en un documento, las medidas ambientales para prevenir, mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales negativos y maximizar los positivos que pudieran resultar en las fases de construcción, funcionamiento o cierre de una actividad, obra o proyecto.
2. Establecer el mecanismo de verificación y monitoreo del cumplimiento de las medidas ambientales establecidas para cada una de las fases con que cuenta la actividad, obra o proyecto.
3. Verificar el desempeño ambiental a través de información actualizada sobre los impactos ambientales.
4. Estructurar acciones para afrontar situaciones de riesgos y accidentes que puedan ocurrir en cualquiera de las fases establecidas.
5. Asegurar que la asignación de recursos en el presupuesto de los proyectos sea suficiente, para que las actividades relacionadas con la elaboración del PMA se ejecuten.
6. Responder a eventos imprevistos que puedan ocurrir durante la implementación de cualquiera de las fases de la actividad, obra o proyecto.
7. Proveer retroalimentación para mejorar constantemente el desempeño ambiental.

##### **Plan de monitoreo.**

Este plan forma parte íntegra del PMA. Tiene como función garantizar la eficiencia y eficacia de las medidas ambientales contenidas en el Programa de Manejo Ambiental, permitiendo mediante la evaluación periódica, la adopción de medidas correctoras a la implementación de las mismas.

El plan de monitoreo tiene como objetivos generales:

1. Detectar de manera temprana cualquier efecto no previsto y no deseado, de modo que sea posible controlarlo definiendo y adoptando medidas o acciones apropiadas y oportunas.
2. Verificar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas.
3. Comprobar y verificar los impactos previstos.
4. Garantizar el cumplimiento de estándares ambientales, establecidos en las normas legales y técnicas vigentes.

## **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL.**

### **6.1. Introducción.**

Los Estudios de Impacto Ambiental de carreteras, son una herramienta para conocer los posibles impactos ambientales generados y sus medidas de mitigación, de manera que el efecto negativo al medio ambiente y los recursos naturales sea el menor posible.

El presente capítulo, tiene por objetivo dar a conocer los principales impactos ambientales que se generan en las diferentes etapas de una obra de infraestructura carretera, así como sus correspondientes medidas de mitigación, con la finalidad de aportar una herramienta práctica y sencilla a todos aquellos dedicados a la planeación, construcción, conservación y operación de carreteras.

De la amplia cantidad de Estudios de Impacto Ambiental realizados para proyectos carreteros a nivel nacional, se consultó una muestra representativa de ocho Estudios de Impacto Ambiental, presentados y aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), de proyectos carreteros de gran envergadura a nivel nacional.

Los impactos ambientales y medidas de mitigación se presentan divididos en las etapas de preparación del sitio, construcción, cierre y funcionamiento, que serán definidas en el desarrollo del Capítulo.

Dentro de cada una de estas etapas se detallan los impactos y las actividades que los generan, las medidas de mitigación aplicables y su tipo, y las descripciones de ambos.

## **6.2. Etapas de un Proyecto Carretero.**

- **Etapas de preparación del sitio**

La etapa de preparación del sitio se refiere a las actividades que se llevan a cabo como inicio de la construcción de una carretera. Si bien podría considerarse como parte de la construcción en sí, en la mayoría de los estudios de impacto ambiental es tomada como un rubro separado a la construcción, por lo que se tomó la decisión de hacerlo de la misma manera para facilitar las comparaciones entre los diversos estudios de impacto ambiental efectuados para carreteras en la presente investigación.

De manera general, las actividades que se incluyen dentro de esta etapa son el desmonte y despalme para preparar el terreno donde se ha de construir el camino y los caminos de accesos que se construyen, el traslado de maquinaria y equipos, y la construcción de instalaciones provisionales.

- **Etapas de construcción**

Estas actividades consisten en la construcción de la infraestructura de la carretera como tal, las cuales comprenden la limpieza y desmonte, movimientos de tierra, reubicación de cercos, construcción de obras de drenaje menor y mayor, construcción de terraplenes, desalojo de material sobrante a sitios de disposición final, conformación de taludes de corte y relleno, colocación de pavimento asfáltico o de concreto hidráulico, revegetación, estabilización y protección de taludes de corte y relleno, señalización, y el retiro de instalaciones provisionales y maquinaria.

- **Etapas de cierre**

Esta etapa consiste en el manejo de planteles, sitios de depósito de material de desperdicio, bancos de materiales, y abandono de áreas utilizadas del proyecto al final de la obra.

- **Etapas de Funcionamiento**

Esta etapa consiste en las actividades propiamente de la circulación vehicular y al mantenimiento de la vía, mantenimiento de taludes de corte y relleno, con el fin de disminuir la erosión en las laderas de la vía, previniendo futuros deslizamientos u otros problemas sobre la misma circulación en el proyecto construido y el mantenimiento de arborización y engramados.

### 6.3. Matriz de Impactos Ambientales Negativos y Medidas de Mitigación.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN: PREPARACIÓN DEL SITIO				
IMPACTO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	MEDIDA AMBIENTAL	TIPO DE MEDIDA
Generación de polvo	*Demolición de estructura existente *Construcción de instalaciones provisionales *Movilización de equipo y maquinaria	Durante las actividades de preparación del sitio se presentarán emisiones de polvo que podrían perjudicar la salud de la población y personal que permanece por más tiempo en el área de influencia directa del proyecto.	*Humectación *Uso de equipo de protección para trabajadores *Regulación de tránsito local *Manejo adecuado del almacenamiento y traslado de material particulado	Prevención

<p>Generación de ruido</p>	<p>*Tala de árboles y arbustos</p>	<p>Ruido durante la tala de árboles por el uso de sierra eléctrica y caída de ramas y troncos.</p>	<p>*Uso de equipo de protección para trabajadores          *Monitoreo de ruido          *Trabajos en horarios que no afecten a la población          *Información de actividades para prevenir riesgos          *Señalización y cercado del área de trabajo</p>	<p>Prevención</p>
<p>Incremento o disminución en la temperatura ambiente puntual durante la construcción</p>	<p>*Remoción de suelo por excavaciones          *Movilización de equipo y maquinaria          *Uso de materiales.</p>	<p>Durante las actividades de preparación de sitio y construcción como la tala, poda e impermeabilización de áreas, hará que la temperatura puntual</p>	<p>*Humectación          *Revegetación</p>	<p>Atenuación</p>

		sufra alteraciones, cambiando las condiciones micro climáticas de la zona.		
Reducción de árboles, arbustos y fauna	*Tala de árboles y arbustos	Eliminación de los árboles dentro del área de influencia directa del proyecto. Implica la afectación de los hábitats naturales de las especies de flora y fauna, muerte, migración o huida de especies, eliminación de sitios de anidación y alimentación.	*Revegetación *Colocación de madrigueras y nidos	Compensación

<p>Aumento de escorrentía superficial</p>	<p>*Tala de árboles y arbustos *Construcción de instalaciones provisionales</p>	<p>Al reducir la cobertura vegetal, modificar la topografía natural del terreno y alterar las condiciones originales del suelo, se modifica la cantidad de agua que se infiltra en el suelo. En las zonas arborizadas se infiltra mayor cantidad de agua que en los sitios con suelo descubierto, propiciando el incremento de la escorrentía superficial y de los procesos erosivos.</p>	<p>*Revegetación *Construcción de acequias y cajas de rebalse *Obras de drenaje en taludes *Obras verdes en taludes *Humectación</p>	<p>Compensación</p>
---	---	---	--	---------------------

Contaminación de suelo y agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Demolición de estructuras</li> <li>*Construcción de instalaciones provisionales</li> <li>*Tala de árboles</li> <li>*Gestión de canteras</li> <li>*Movilización de equipo y maquinaria</li> </ul>	La presencia de trabajadores en la etapa de preparación de sitio, así como los trabajos de campo, generarán desechos sólidos orgánicos e inorgánicos, y efluentes líquidos. Si no se manejan apropiadamente pueden contaminar el suelo y agua.	*Manejo de desechos sólidos y aguas residuales	Prevención
Alteración de calidad de aguas superficiales por incremento en el arrastre de sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Desmante, limpieza y desarraigue</li> <li>*Construcción de instalaciones provisionales</li> </ul>	Durante el descapote, previo al inicio del movimiento de tierra, si se realiza en la estación lluviosa, principalmente, puede producirse arrastre de sedimentos a	*Drenajes temporales (Construcción de acequias y cajas de rebalse)	Prevención

		ríos y quebradas cercanas al proyecto.		
Reducción de cultivos	*Desmonte, limpieza y desarraigue	El área de influencia directa del proyecto generará una reducción de zonas de cultivos y pastos.	*Capacitación para mejora de cultivos, suelos y agroforestería	Compensación
Reubicación de personas	*Adquisición de derechos de vía	El paso de la carretera en áreas de vivienda hace necesaria la reubicación de familias que residen actualmente en el área de influencia directa.	*Gestión social y ambiental del proyecto	Prevención
Afectación de propiedades públicas y privadas y estructuras	*Adquisición de derechos de vía	La construcción del proyecto de apertura implica la compra de terrenos, para el derecho de vía, y la posible afectación de estructuras	*Gestión social y ambiental del proyecto	Prevención

		o porciones de propiedades públicas.		
Afectación de actividades comerciales	*Adquisición de derechos de vía	En el área de influencia directa se encuentran comercios, que serán afectados temporalmente por la construcción, teniendo que modificar sus actividades.	*Apoyo a pequeños comerciantes	Atenuación
Reducción o división de terrenos agropecuarios	*Adquisición de derechos de vía *Tala de árboles y arbustos *Desmonte, limpieza y desarraigue	Se afectará terrenos utilizados para pastoreo de ganado, reduciendo el área de éstos, en algunos casos, dificultando el paso de ganado de un lado a otro.	*Señalización de pasos para ganado	Atenuación
Afectación temporal a infraestructura:	*Demolición de estructuras y otros	En el recorrido del proyecto se encuentran líneas de energía	*Gestión social y ambiental del proyecto	Prevención

postes de energía, agua potable, drenajes.		eléctrica, agua potable y drenajes que pudiesen ser afectados temporalmente durante la construcción del proyecto.		
Riesgo a personas durante preparación de sitio	*Demolición de estructuras y tala de árboles	Afectación parcial de los terrenos con edificaciones y riesgo a los habitantes de los mismos, por la ejecución de los trabajos. Se pueden dañar las estructuras que no son directamente afectadas e incluso a los habitantes.	*Gestión social y ambiental del proyecto	Prevención
Incremento en tiempos de traslado durante	*Demolición de estructuras y tala de árboles	Temporalmente, mientras se ejecutan los trabajos en la preparación de sitio por	*Gestión social y ambiental del proyecto	Prevención

preparación de sitio		la tala de árboles y demolición de estructuras, se afectará el tráfico en el tramo de ampliación.		
Riesgos ocupacionales a los empleados en preparación de sitio	*Demolición de estructuras existentes *Tala de árboles y arbustos, desmonte, limpieza y desarraigue *Construcción de instalaciones provisionales	Riesgos laborales relacionados a las actividades de preparación de sitio, como operación y traslado de maquinaria, utilización de equipo y herramientas, etc.	*Medidas de seguridad ocupacional	Prevención
Incremento en el riesgo de afectación de la salud pública en preparación del sitio	*Todas las actividades de construcción y malos hábitos de higiene personal en el trabajo.	A lo largo del desarrollo de todas las actividades de construcción, las personas que estén presentes en área de influencia directa (AID)	* Medidas de prevención de manejo de impactos, malos hábitos de higiene e interrelación de	Prevención

	<p>*Presencia de población foránea y lugareña</p>	<p>del proyecto, podrían padecer enfermedades pulmonares, gastrointestinales, problemas de la piel, entre otras, por el manejo inoportuno de algunos impactos como el polvo, desechos sólidos, contaminación del agua, etc. Y por los malos hábitos de higiene personal. También es de recalcar que otro riesgo a la salud pública surgen cuando las cuadrillas de trabajadores interactuarán con las comunidades por las que pasará la vía; se prevé</p>	<p>personas que afecten a la salud.</p>	
--	---	---	---	--

		que habrá mucha interrelación entre los trabajadores de la construcción y las comunidades, lo que lleva consigo el riesgo de contagio de enfermedades de transmisión sexual (ETS).		
--	--	--	--	--

*Tabla 10: Consolidación de Impactos y Medidas Ambientales, Etapa de Construcción, Preparación del Sitio  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>				
<b>IMPACTO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>	<b>MEDIDA AMBIENTAL</b>	<b>TIPO DE MEDIDA</b>

<p>Generación de polvo</p>	<p>*Abastecimiento de materiales *Movimiento de tierras *Construcción de túneles, puentes y pasos a desnivel *Tratamiento de taludes.</p>	<p>Se produce polvo por el transporte y movimiento de tierras y excavaciones, y el movimiento de vehículos con materiales y equipos.</p>	<p>*Humectación *Uso de equipo de protección para trabajadores *Regulación de tránsito local *Manejo adecuado del almacenamiento y traslado de material particulado</p>	<p>Prevención</p>
<p>Contaminación de suelo y agua superficial</p>	<p>*Abastecimiento de materiales *Movimiento de tierras *Construcción de túneles, puentes y pasos a nivel *Tratamiento de taludes.</p>	<p>La presencia de trabajadores en la etapa de construcción, en los frentes de trabajo, producirán desechos domésticos y de oficina, principalmente papelería. De la construcción en sí, se genera ripio, papel y</p>	<p>*Manejo de desechos sólidos y aguas residuales</p>	<p>Prevención</p>

		plástico de embalaje, madera, chatarra y sobrante de mezcla asfáltica.		
Generación de ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Abastecimiento de materiales</li> <li>*Movimiento de tierras</li> <li>*Construcción de túneles, puentes y pasos a nivel</li> <li>*Tratamiento de taludes y la mayor parte de actividades de construcción.</li> </ul>	Emisiones acústicas debido a la ejecución de las actividades de construcción del proyecto que involucran movimiento de maquinaria y equipo, tales como: operación de equipo y maquinaria pesada, terracería en general, aplicación de pavimentos, construcción de obras de drenaje y otras estructuras; se incrementará el nivel de	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Uso de equipo de protección para trabajadores</li> <li>*Monitoreo de ruido</li> <li>*Trabajos en horarios que no afecten a la población</li> <li>*Información de actividades para prevenir riesgos</li> <li>*Señalización y cercado del área de trabajo</li> </ul>	Prevención

		ruido en la zona de trabajo del proyecto, todo el recorrido del derecho de vía, sitios de acceso por el movimiento de vehículos en los accesos al proyecto y el área de influencia indirecta.		
Modificación de la topografía del sitio	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Movimiento de tierras</li> <li>*Obras de drenaje</li> <li>*Conformación de subrasante</li> <li>*Conformación de taludes</li> </ul>	Modificación de la topografía del sitio como consecuencia de las operaciones de terracería (excavaciones y rellenos) para cumplir los niveles requeridos y el diseño geométrico de la vía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Manejo de taludes</li> <li>*Control y manejo de terracería</li> </ul>	Prevención

<p>Aumento de escorrentía superficial</p>	<p>*Tala de árboles y arbustos *Construcción de instalaciones provisionales</p>	<p>Al reducir la cobertura vegetal, modificar la topografía natural del terreno y alterar las condiciones originales del suelo, se modifica la cantidad de agua que se infiltra en el suelo. En las zonas arborizadas se infiltra mayor cantidad de agua que en los sitios con suelo descubierto, propiciando el incremento de la escorrentía superficial y de los procesos erosivos.</p>	<p>*Revegetación *Construcción de acequias y cajas de rebalse *Obras de drenaje en taludes *Obras verdes en taludes *Humectación</p>	<p>Prevención</p>
---	---	---	--	-------------------

<p>Alteración de la calidad del suelo por incremento en la compactación</p>	<p>*Preparación del área del proyecto para las mejoras, apertura y/o ampliaciones de una carretera.</p>	<p>La construcción de la carretera o su ampliación y mejoras demanda la compactación de áreas tanto de las áreas a impermeabilizar como de los taludes de sostén de las mismas, que permitan el mantenimiento de condiciones en la base de la infraestructura. Al cambiar el grado de compactación del suelo, los espacios aéreos que permiten transformación de materia se terminan, alterando de igual manera, el intercambio de gases entre el suelo y</p>	<p>*Revegetación</p>	<p>Compensación</p>
---	---	---	----------------------	---------------------

		la atmósfera y la posibilidad que organismos vivos habiten el sustrato. Esto altera la calidad del suelo.		
Modificación de patrones de drenaje	*Movimiento de tierras	En el trazo de la carretera se producirán cortes y rellenos, variando los patrones naturales de drenaje	*Mantenimiento de drenajes temporales durante la construcción	Prevención
Inestabilidad del suelo por taludes de corte y rellenos	*Movimiento de tierras *Construcción de túneles, puentes y pasos a nivel *Tratamiento de taludes.	Alteración de las condiciones actuales del suelo, modifica la topografía actual del terreno y la pendiente de los taludes existentes. Si no se manejan adecuadamente los taludes a generarse por	*Obras de drenaje en taludes *Obras verdes en taludes *Humectación	Prevención

		<p>el proyecto, se pudiese generar inestabilidad y riesgo a las personas, estructuras existentes, flora y fauna e incluso los mismos componentes del proyecto.</p>		
<p>Incremento de procesos erosivos</p>	<p>*Movimiento de tierras *Construcción de túneles, puentes y pasos a nivel *Tratamiento de taludes.</p>	<p>Durante la construcción, mientras se realiza la terracería y operación del proyecto, el tránsito de maquinaria pesada continuo por áreas sin protección y la escorrentía superficial sin control, sobre todo durante la estación lluviosa, pueden generarse procesos erosivos en las áreas en</p>	<p>*Obras de drenaje en taludes *Obras verdes en taludes *Humectación</p>	<p>Prevención</p>

		construcción, que inciden en formación de cárcavas o zanjas, si no se protegen adecuadamente.		
Alteración de calidad de aguas superficiales por incremento en el arrastre de sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Movimiento de tierras</li> <li>*Construcción de túneles, puentes y pasos a nivel</li> <li>*Tratamiento de taludes.</li> </ul>	Al tener el terreno descubierto durante la construcción, principalmente en la estación lluviosa, con la lluvia se arrastra mayor cantidad de sedimentos a los ríos y quebradas del proyecto, pudiéndose afectar la calidad del agua.	*Drenajes temporales (Construcción de acequias y cajas de rebalse)	Prevención

Riesgo de afectación a bosques y/o árboles	<p>*Movimiento de tierras</p> <p>*Construcción de túneles, puentes y pasos a nivel</p> <p>*Tratamiento de taludes.</p>	<p>Aunque en la etapa de preparación de sitio se produce la mayor afectación de vegetación, en la etapa de construcción, el tránsito de maquinaria pesada y vehículos de obra puede producir un deterioro a la vegetación colindante de los caminos, si no se delimita el área de trabajo y los árboles a talar.</p>	*Medidas de protección de bosques y suelos	Atenuación
Riesgo de afectación a fauna durante construcción	<p>*Movimiento de tierras</p> <p>*Construcción de túneles, puentes y pasos a nivel</p>	<p>Por la presencia de mayor cantidad de personas en la zona, el uso de equipo y maquinaria, produciendo</p>	*Medidas de protección de bosques y suelos	Atenuación

	*Tratamiento de taludes.	ruido, los movimientos de tierra, y otras actividades de la construcción, se producen efectos negativos en la fauna.		
Vibraciones por paso de camiones y equipos	*Movimiento de tierras *Abastecimiento de materiales	El paso constante de vehículos produce vibraciones en las estructuras aledañas, donde residen o laboran personas, afectando su confort y calidad de vida.	*Trabajos en horarios que no afecten a la población	Atenuación

Incremento en tiempos de traslado durante construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Control de tráfico</li> <li>*Abastecimiento de materiales</li> <li>*Movimiento de tierras</li> <li>*Obras de drenaje</li> <li>*Tratamiento de taludes</li> <li>*Aplicación de pavimentos en concreto o asfalto</li> <li>*Señalización horizontal y vertical</li> <li>*Varios: aceras, barreras y otros.</li> </ul>	Temporalmente, mientras se ejecutan las diferentes actividades en la construcción, se afectará el tráfico en el tramo a intervenir.	*Gestión social y ambiental del proyecto	Prevención
--	--	---	--	------------

<p>Riesgos ocupacionales a los empleados en construcción</p>	<p>*Control de tráfico                  *Abastecimiento de materiales                  *Movimiento de tierras                  *Obras de drenaje menor y mayor                  *Tratamiento de taludes                  *Aplicación de pavimentos en concreto o asfalto                  *Señalización horizontal y vertical                  *Varios: aceras, barreras y otros.</p>	<p>Riesgos laborales relacionados a las actividades de construcción, como operación y traslado de maquinaria, utilización de equipo y herramientas, etc.</p>	<p>*Medidas de seguridad ocupacional</p>	<p>Prevención</p>
--	---	--	--	-------------------

<p>Afectación de caminos y calles vecinales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Control de tráfico</li> <li>*Abastecimiento de materiales</li> <li>*Movimiento de tierras</li> <li>*Obras de drenaje menor y mayor</li> <li>*Tratamiento de taludes</li> <li>*Aplicación de pavimentos en concreto o asfalto</li> <li>*Señalización horizontal y vertical</li> <li>*Varios: aceras, barreras y otros.</li> </ul>	<p>Con la construcción del proyecto se interrumpirá temporalmente el paso en caminos vecinales, vehiculares y peatonales del proyecto, aunque al finalizar el mismo, se mejora significativamente el acceso en el área.</p>	<p>Mantenimiento de caminos temporales</p>	<p>Prevención</p>
---	--	---	--	-------------------

<p>Modificación del paisaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Control de tráfico</li> <li>*Abastecimiento de materiales</li> <li>*Movimiento de tierras</li> <li>*Obras de drenaje menor y mayor</li> <li>*Tratamiento de taludes</li> <li>*Aplicación de pavimentos en concreto o asfalto</li> <li>*Señalización horizontal y vertical</li> <li>*Varios: aceras, barreras y otros.</li> </ul>	<p>El desbroce y eliminación de la vegetación generará cambio en la percepción de la componente natural del paisaje. La denudación de terrenos e implantación de infraestructuras asociadas a las obras supondrá una pérdida de calidad paisajística por el contraste cromático.</p>	<p>*Revegetación</p>	<p>Atenuación</p>
---------------------------------	--	--	----------------------	-------------------

<p>Uso inadecuado del recurso hídrico superficial</p>	<p>*Movimiento de tierras          *Movilización de equipo y maquinaria.          *Trabajos de construcción          *Almacenamiento de materiales          *Registro de las diferentes actividades de la construcción          *Resguardo de maquinaria y equipo          *Funcionamiento de plantas de asfalto y concreto.</p>	<p>Las actividades de construcción demandan agua, por lo que el uso del recurso deberá tener un control desde la fuente, que disminuya el riesgo de explotación del mismo, ocasionado por el desperdicio, la contaminación o uso inadecuado del mismo.</p>	<p>*Uso adecuado del recurso hídrico superficial en las actividades del plantel y la humectación</p>	<p>Prevención</p>
---	--	--	--	-------------------

<p>Alteración de la calidad de aguas superficiales en ríos como consecuencia de vertidos accidentales por derrames</p>	<p>*Uso de maquinaria y equipo durante la construcción.</p> <p>*Movilización de equipo y maquinaria.</p> <p>*Funcionamiento de los frentes de trabajo y unidades de apoyo.</p> <p>*Generación de desechos inertes por extracción de materiales para la construcción.</p>	<p>Riesgo de contaminación de la red hidrográfica local como consecuencia de vertidos accidentales por derrames.</p>	<p>*Mantenimiento de maquinaria y equipo</p> <p>*Control de derrames</p> <p>*Disposición adecuada de desechos comunes y peligrosos</p> <p>*Manejo adecuado (obtención, almacenamiento, disposición) de materiales y desechos de construcción</p>	<p>Prevención</p>
--	--	--	--	-------------------

<p>Contaminación de las aguas subterráneas como consecuencia de vertidos accidentales</p>	<p>*Uso de maquinaria y equipo durante la construcción. *Movilización de equipo y maquinaria. *Funcionamiento de los frentes de trabajo y unidades de apoyo. *Generación de desechos inertes por extracción de materiales para la construcción.</p>	<p>El inadecuado manejo de maquinaria y equipo durante los trabajos de construcción, podrían generar puntos de contaminación en detrimento a la calidad del agua subterránea y a la salud de la población que se abastece de agua por medio de pozos artesanales.</p>	<p>*Mantenimiento de maquinaria y equipo *Control de derrames *Disposición adecuada de desechos comunes y peligrosos *Manejo adecuado (obtención, almacenamiento, disposición) de materiales y desechos de construcción</p>	<p>Prevención</p>
<p>Afectación de la recarga acuífera por impermeabilización de áreas</p>	<p>*Preparación del área del proyecto para las mejoras, apertura y/o</p>	<p>La ampliación de la carretera generará incremento en las áreas impermeabilizadas lo</p>	<p>*Revegetación</p>	<p>Compensación</p>

	ampliaciones de una carretera.	que incide directamente en la disminución de la recarga acuífera.		
Afectación de la calidad del suelo	<p>*Funcionamiento de los frentes de trabajo y unidades de apoyo.</p> <p>*Generación de desechos inertes por extracción de materiales para la construcción.</p>	<p>El proceso constructivo demanda actividades como sustitución de suelos con determinadas características, generación de suelo que no cumple con las características requeridas para el uso específico, entre otros, lo que demanda sustitución de un suelo por otro, ocasionando modificación de la calidad de suelo, lo que, a su vez, genera desechos (ripio, suelo</p>	<p>*Control de derrames</p> <p>*Manejo adecuado (obtención, almacenamiento, disposición) de materiales y desechos de construcción</p> <p>*Disposición adecuada de desechos comunes y peligrosos</p>	Atenuación

		orgánico y cualquier otro material de desperdicio).		
Incremento en el riesgo de afectación de la salud pública	<p>*Todas las actividades de construcción y malos hábitos de higiene personal en el trabajo.</p> <p>*Presencia de población foránea y lugareña</p>	<p>A lo largo del desarrollo de todas las actividades de construcción, las personas que estén presentes en área de influencia directa (AID) del proyecto, podrían padecer enfermedades pulmonares, gastrointestinales, problemas de la piel, entre otras, por el manejo inoportuno de algunos impactos como el polvo, desechos sólidos, contaminación del agua, etc. Y por los malos hábitos de higiene</p>	<p>*Medidas de prevención de manejo de impactos, malos hábitos de higiene e interrelación de personas que afecten a la salud.</p>	Prevenición

		<p>personal. También es de recalcar que otro riesgo a la salud pública surgen cuando las cuadrillas de trabajadores interactuarán con las comunidades por las que pasará la vía; se prevé que habrá mucha interrelación entre los trabajadores de la construcción y las comunidades, lo que lleva consigo el riesgo de contagio de enfermedades de transmisión sexual (ETS).</p>		
--	--	--	--	--

Incremento en el riesgo a daños a la integridad de los trabajadores.	*Presencia de población foránea y lugareña en todas las actividades de construcción	Por la presencia de trabajadores y población lugareña y foránea, pueden presentarse diferentes tipos de violencia, tales como acoso laboral, sexual, violencia psicológica, abuso de autoridad, etc.	* Medidas de prevención de manejo de interrelación de personas que afecten a la salud.	Prevención
Riesgo de afectación sitios arqueológicos, históricos o culturales	*Control de tráfico *Abastecimiento de materiales *Movimiento de tierras *Obras de drenaje menor y mayor *Tratamiento de taludes *Aplicación de pavimentos en	En el proyecto pudiesen encontrarse sitios de interés cultural: arqueológico y paleontológico, que resulten afectados durante la construcción del proyecto, principalmente por el movimiento de tierras.	*Monitoreo, rescate y/o salvamento de sitios de interés cultural	Atenuación

	<p>concreto o asfalto</p> <p>*Señalización horizontal y vertical</p> <p>*Varios: aceras, barreras y otros.</p>			
<p>Afectación de Servicios básicos públicos</p>	<p>*Movilización de maquinaria y equipo durante la construcción.</p> <p>*Apertura y ampliación de la carretera.</p>	<p>El proyecto afectará parcial y temporalmente la distribución del tránsito local, agua potable y energía eléctrica.</p>	<p>*información a la población sobre afectación de servicios públicos</p> <p>*Gestión oportuna para el restablecimiento en la afectación temporal de los servicios básicos</p> <p>*Mejoras en conectividad</p> <p>*Mecanismos de rutas alternas</p>	<p>Atenuación</p>

			*Ordenamiento del tránsito local	
Conflicto socioambiental	*Todas las actividades de construcción	Efectos negativos debido a posibles protestas por inconformidades de las comunidades locales sobre la ampliación de la carretera que no satisfacen sus expectativas u otras variables no previsibles.	*Gestión social y ambiental del proyecto	Prevención
Efecto barrera	*Cambio de uso del suelo	Efectos negativos sobre la libre movilización de personas, animales domésticos y silvestres entre los laterales derecho e izquierdo de la carretera, debido a la	*Plan de Seguridad Vial en la Etapa de construcción *Plan de Seguridad Vial en la Etapa de Funcionamiento *Adecuación de	Prevención

		colocación de separadores tipo New Jersey, en medio de la carretera. Incluye accidentes, atropellamiento y muerte.	Obras de Infraestructura para Pasos de Fauna	
Alteración de la seguridad pública (pandillas, delincuencia común, etc.)	*Presencia de población foránea y lugareña en todas las actividades de construcción	Posible aumento de la delincuencia común y de pandillas, por presencia de trabajadores y población local y foránea, que pudiera afectar las labores constructivas y la integridad de todas las personas.	*Plan de Comunicación durante la Construcción de Mano de obra Local	Prevención

<p>Afectación a los recursos geológicos</p>	<p>*Abastecimiento de materiales *Movimiento de tierras</p>	<p>Los materiales utilizados comúnmente en la construcción de carreteras, tales como suelos, rocas, gravas, arenas, etc., normalmente son extraídos y procesados en banco de materiales (banco de préstamo) que se encuentran en estado natural en principio.</p>	<p>*Programa de manejo de bancos de préstamo *Humectación</p>	<p>Prevención</p>
---	---	---	---	-------------------

*Tabla 11: Consolidación de Impactos y Medidas Ambientales, Etapa de Construcción  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<p><b>ETAPA DE CIERRE</b></p>				
<p><b>IMPACTO</b></p>	<p><b>ACTIVIDAD</b></p>	<p><b>DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b></p>	<p><b>MEDIDA AMBIENTAL</b></p>	<p><b>TIPO DE MEDIDA</b></p>

<p>Daños a la salud de la población.</p>	<p>Cierre ambiental de las unidades de apoyo, limpieza del corredor vial, monitoreo de la estabilidad de taludes de relleno, etc.</p>	<p>Las afectaciones proceden del funcionamiento de las unidades de apoyo en sus construcciones provisionales y de las actividades desarrolladas en el corredor vial, especialmente de los desechos que han quedado dispersos luego del uso de las mismas y de las construcciones provisionales, al ser levantadas y limpiados los sitios, la medida ambiental dejará sin efecto tal impacto.</p>	<p>Retiro del proyecto de cualquier instalación provisional, servicios utilizados, limpieza del corredor vial y unidades de apoyo al finalizar la construcción del proyecto.</p>	<p>Prevención</p>
--	---	--	--	-------------------

*Tabla 12: Consolidación de Impactos y Medidas Ambientales, Etapa de Cierre  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>ETAPA DE FUNCIONAMIENTO</b>				
<b>IMPACTO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>	<b>MEDIDA AMBIENTAL</b>	<b>TIPO DE MEDIDA</b>
Afectación a fauna y flora por funcionamiento de la carretera.	Paso de vehículos y personas, tala, impermeabilización de áreas y cambios de uso del suelo.	La presencia de la carretera afecta el paso de fauna, los patrones de anidación y la perturbación en los animales por la presencia humana. Al disminuir la movilización de la fauna también se afecta la distribución de semillas de plantas, que realizan los animales. La revegetación realizada	Mantenimiento de la revegetación realizada durante la etapa de construcción durante tres años.	Compensación

		<p>en el proyecto, mediante el mantenimiento funcionará de manera efectiva, generando condiciones adecuadas que compensarán el impacto generado por la tala, impermeabilización de áreas, y taludes de corte o relleno, realizados para dar paso a las labores de construcción de la carretera.</p>		
<p>Generación de polvo, ruido, humo y vibraciones por paso de vehículos</p>	<p>Paso de vehículos y personas en etapa de funcionamiento de la carretera.</p>	<p>El paso constante de vehículos produce incremento en polvo, ruido, humo y vibraciones, generados por motores de</p>	<p>Mantenimiento de las barreras vivas de árboles para mitigar el ruido.</p>	<p>Atenuación</p>

		vehículos, emisiones de tubos de escape, y la interacción de los neumáticos con el pavimento, siendo afectadas las estructuras aledañas, donde residen o laboran personas, afectando su confort y calidad de vida.		
--	--	--	--	--

*Tabla 13: Consolidación de Impactos y Medidas Ambientales, Etapa de Funcionamiento  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

**6.3.1. Descripción de las Medidas de Mitigación.**

<b>HUMECTACION</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Para evitar afecciones respiratorias en los trabajadores y la población adyacente se puede implementar la medida de humectación o riego por medio de camiones cisterna, recomendable de 8 m<sup>3</sup> de capacidad, utilizar rociadores para que el agua se absorba de forma más efectiva y no a chorro (ver Figura 59), para mejores resultados, dependiendo también de las actividades a realizar en el proyecto realizar al menos tres humectaciones por día a lo largo del corredor del proyecto, con mayor intensidad en los frentes de trabajo(Ver Figura 58). El volumen total diario para riego y el periodo en el que se estaría implementando esta medida ambiental estará estimado por la empresa constructora. Para llevar a cabo las humectaciones, unido al programa de humectación, se debe realizar monitoreos de material particulado, de esta forma se constatará la efectividad del programa, previniendo así la dispersión de polvo y posibles</p>	 <p><i>Figura 58: Humectación en frentes de trabajo, By Pass San Miguel Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)</i></p>

efectos negativos en la salud de los trabajadores y población de la zona. El monitoreo del material particulado deberá generar resultados que cumplan con la Norma Salvadoreña de Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas. NSO 13.11.01:01, CONACYT.



*Figura 59: Humectación a lo largo del proyecto  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

*Tabla 14. Descripción de Humectación Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA TRABAJADORES</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Todo el personal que se encuentre laborando en el proyecto debe contar con todo el equipo y accesorios necesarios para su protección personal utilizando, mascarillas, guantes, botas, cascos para protección de la cabeza, tapones de oídos, lentes para protección de los ojos, etc. (ver Figura 60 y Figura 61).</p>	



*Figura 60: Uso de equipo de protección para trabajadores  
Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*

	 <p><i>Figura 61: Uso de equipo de protección para trabajadores, By Pass San Miguel Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)</i></p>
--	--

*Tabla 15: Descripción uso de equipo de protección para trabajadores Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>REGULACION DE TRANSITO LOCAL</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>El propósito del señalamiento vial y los dispositivos de control de tránsito es facilitar y garantizar el movimiento ordenado, seguro y predecible de todos los usuarios de la vía, en</p>	

construcción. Asimismo, los dispositivos de control también tienen por objeto guiar y advertir a los usuarios de la vía conforme sea necesario, para garantizar la operación segura del tráfico al momento de la construcción de la vía. Durante la construcción, el contratista deberá establecer señales verticales convencionales de seguridad, así como también conos reflectivos y rótulos visibles.

Los Términos de Referencia para la elaboración del Programa de Seguridad Vial durante la obra, están incluidos en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito elaborado por la SIECA (año 2004).

Colocación de señales provisionales en el plantel de instalaciones provisionales y en las áreas de trabajo internas y en el acceso al proyecto:

- Precaución salida y entrada de vehículos pesados
- Depósitos de basura
- Señal de alto
- Velocidad máxima (km/h)
- Información de oficinas, servicios sanitarios, comedor o cafetería, bodegas, talleres, extintores,



*Figura 62: Regulación de tránsito local, By Pass San Miguel  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023).*

<p>estacionamiento de maquinaria, lugar de acopio de agregados pétreos, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conos reflectivos</li> <li>• Barriles</li> <li>• Cintas reflectivas</li> </ul>	 <p><i>Figura 63: Regulación de tránsito local, By Pass San Miguel Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023).</i></p>
--	--

*Tabla 16: Descripción regulación de tránsito local Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<p align="center"><b>MANEJO ADECUADO DEL ALMACENAMIENTO, TRASLADO Y DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL PARTICULADO</b></p>	
<p align="center"><b>Descripción</b></p>	<p align="center"><b>Imagen de referencia</b></p>
<p>Antes del inicio de las obras, la empresa constructora deberá realizar una visita a los propietarios de los bancos de materiales identificados, para asegurar el abastecimiento al proyecto, los cuales poseen resolución del MARN favorable y sus respectivos</p>	

programas de manejo ambiental, cuyo cumplimiento es responsabilidad de los propietarios (Titulares) de las canteras, sin embargo, para el transporte hasta el proyecto, los camiones deberán cubrirse con lona y asegurarse que se encuentre debidamente asegurado (ver Figura 64), con el objetivo de prevenir la generación de material particulado en el recorrido, lo cual si es responsabilidad de la empresa constructora.

La empresa constructora deberá tener un sitio establecido de disposición final de material excedente que se propone para ser utilizado en el proyecto (ver Figura 65), el contratista deberá llevar a cabo el trato con el dueño de la propiedad elegida para la colocación del material, antes del inicio de las obras, para acordar su uso. Si la empresa constructora del proyecto por diferentes razones considera la utilización de otros sitios, deberá realizar el proceso de evaluación ambiental completo ante el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), para la obtención del permiso respectivo. No se hará uso de botaderos que no se encuentren autorizados por la institución reguladora.



*Figura 64: Camión con cobertura de lona*  
Fuente: [https://ec.ebay.com/b/Commercial-Truck-Cargo-Handling-Components/184716/bn\\_115385076](https://ec.ebay.com/b/Commercial-Truck-Cargo-Handling-Components/184716/bn_115385076)

	 <p data-bbox="1255 732 1877 789"><i>Figura 65: Disposición final de material excedente, By Pass San Miguel Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023).</i></p>
--	---

*Tabla 17: Descripción manejo adecuado del almacenamiento y traslado de material particulado Fuente: propia (grupo de tesis, 2023)*

<b>TRABAJOS EN HORARIOS QUE NO AFECTEN A LA POBLACIÓN</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Esta medida se refiere al cumplimiento de las siguientes condiciones para los horarios de trabajo:</p> <p>Los días que van de lunes a viernes en una semana laboral normal, no se laborará en horarios nocturnos (período comprendido desde las 18 horas las 6 horas del día siguiente), en las áreas cercanas a los centros poblados para evitar molestias a los moradores de la zona. De igual manera, no se</p>	

realizarán actividades de este tipo los días sábado por la tarde, ni domingos, ni días feriados. Par poder cumplir con horarios laborales y no laborales, es importante respetar el cronograma de actividades establecido, donde especifica los días feriados, horas laborales y no laborales, actividades a realizar; cumpliendo con esto se estaría evitando el trabajo de horas extras y molestias a la población cercana al área de trabajo.



*Figura 66: Viviendas cercanas al área del proyecto, By Pass San Miguel Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023).*

*Tabla 18: Descripción trabajos en horarios que no afecten a la población Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>INFORMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA PREVENIR RIESGOS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>

El desarrollo de la campaña de información y comunicación en el proyecto será llevado a cabo por medio de la oficina de gestión social y será abordada en una forma secuencial y paralela al desarrollo de las actividades constructivas. Ante los riesgos que la empresa constructora por medio del especialista en seguridad identifique, se propone el plan de medidas para prevenirlos y minimizarlos. Medidas de prevención contra incendios. Medidas para prevenir enfermedades profesionales frecuentes. Medidas de seguridad que deben ponerse atención en el uso de la maquinaria. Medidas en la utilización de la máquina. Medidas en reparaciones y mantenimiento en obra de la maquinaria, Medidas preventivas durante el estacionamiento de la máquina.



*Figura 67: Establecimiento de oficina de Gestion Social  
Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura  
Logística (DIPIL), MOP*

	 <p data-bbox="1255 865 1875 951"><i>Figura 68: Informaciond de medida de prevencion contra incendios. Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP</i></p>
--	---

*Tabla 19: Descripción información de actividades para prevenir riesgos Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>REVEGETACION</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Identificar la cantidad de árboles dañados, luego se procede a compensar plantando 10 árboles por cada árbol talado, utilizando especies propias de la zona, verificar si se encuentran arboles categorizados como especie de amenaza, por ejemplo</p>	

"el cedro", por lo que la compensación se llevaría a cabo en una relación de 1:25 árboles de la misma especie en amenaza.

La empresa constructora debe realizar un plan de reforestación en la zona afectada.



*Figura 69: Árboles en viveros preparados para poder sembrarse en zona afectada Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*

	 <p><i>Figura 70: Árboles sembrados en zona afectada por proyecto Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP</i></p>
--	--

*Tabla 20: Descripción revegetación Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>COLOCACIÓN DE MADRIGUERAS Y NIDOS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>NIDO PARA AVES.</p> <p>Se recomienda fabricar el "Nido de caja", que es una caja de madera en forma rectangular de 35-40 cm de altura, elaborado de conacaste, pino u otra especie maderable. La característica típica del conacaste es que expide una sustancia que no</p>	

permite el desarrollo o presencia de insectos como las termitas. La caja-nido está recubierta por una capa de "Costillón o descostille", por lo que será elaborada lo más natural posible (descostille es la corteza de árboles talados en el proyecto). Ver Figura 71 y Figura 72.

Seguimiento y Monitoreo de nidales.

- El seguimiento del estado de conservación de los nidales se debe realizar hasta el final de la obra y del plazo de garantía.
- 3 meses después de la colocación de los nidales se deberá verificar si las aves utilizan los nidales. En caso negativo, los nidales se deberán reubicar en otras especies vegetales y/o en ubicaciones próximas.

Ubicación de nidos.

- La ubicación de los nidos se realizará en los sitios donde hay más pérdida de hábitat.
- Los nidos se ubicarán en los árboles existentes y que están establecidos en las zonas aledañas a las áreas en donde se ha removido vegetación.



*Figura 71: Colocación de nido artificial para aves*

*Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*

- Los nidos artificiales se instalarán en vegetación arbórea ya establecida en el derecho de vía y en terrenos privados, con los respectivos trámites de permiso al propietario del terreno.
- La distancia entre nido es de aproximadamente 800 m, a excepción de lugares que presenten mayor conveniencia (alimento, protección, especies de aves importantes), en estos sitios aumentará la cantidad de nidos.

#### MADRIGUERAS PARA MAMÍFEROS TERRESTRES

Una madriguera o guarida es un agujero o túnel que un animal excava en el suelo con el fin de crear un espacio adecuado para habitar o refugiarse temporalmente. Las madrigueras proporcionan al animal protección contra los depredadores y las inclemencias del tiempo.

Para hacer el agujero en el suelo es recomendable colocar al inicio del agujero un tubo de bambú grueso (o de PVC) para que no se obstruya la entrada. Estas madrigueras son utilizadas por mamíferos pequeños y algunos reptiles para su protección (ver Figura 73).

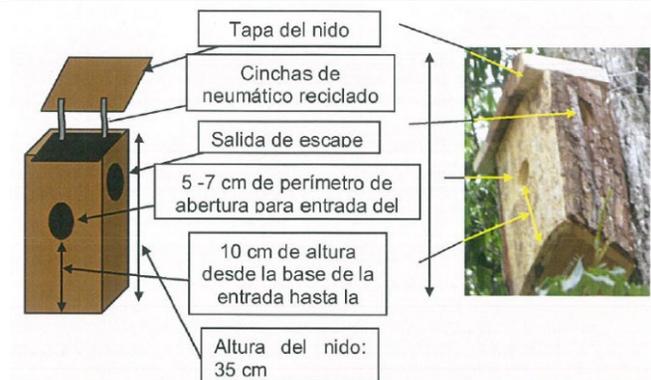


Figura 72: Esquema de nido y sus medidas. Diseño adaptado por I.

Vega y O. Bolaños.

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Adecuación y Ampliación de Carretera CA02E, Tramo: Desvío Comalapa (PAZ31N)- Desvío Aeropuerto El Salvador (RN055)- Desvío la Herradura (Km. 47+025), departamento de la Paz"

	 <p><i>Figura 73: Ejemplo de madriguera de mamíferos en paredón Fuente: Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Adecuación y Ampliación de Carretera CA02E, Tramo: Desvío Comalapa (PAZ31N)- Desvío Aeropuerto El Salvador (RN05S)- Desvío la Herradura (Km. 47+025), departamento de la Paz"</i></p>
--	--

*Tabla 21: Descripción colocación de madrigueras y nidos Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL DEL PROYECTO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
Consiste en llevar a cabo un Plan de Información y Comunicación Social, dirigido a las diferentes unidades sociales (familias, unidades económicas, organismos públicos y	

sociales, grupos de interés y usuarios de la vía) que sean afectadas por la ejecución del proyecto.

El Plan comprende lo siguiente:

Reuniones Informativas con la comunidad, Visitas Domiciliarias, Producción de Materiales de Divulgación (hojas volantes, boletines informativos, brochures), Contacto con Medios de Comunicación, implementar charlas en donde se capacitará al personal de trabajo sobre normas de conducta y valores, con el fin de garantizar relaciones interpersonales con altos niveles de cortesía y respeto.



*Figura 74: Información y comunicación social*

*Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*



*Figura 75: Información y comunicación social  
Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*

*Tabla 22: Descripción gestión social y ambiental del proyecto Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS Y AGUAS RESIDUALES</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
Suministro de depósitos para la colocación y clasificación de los desechos sólidos (orgánico, papel, vidrio y plástico) en frentes de trabajo y en oficinas dentro de plantel provisional, junto con bolsas plástica (ver Figura 76).	

Implementar charlas para capacitación de personal de trabajo acerca del manejo de desechos. Ubicar contenedores metálicos, recomendable de 2 m<sup>3</sup> de capacidad dentro del plantel para su posterior desalojo. Dependiendo de la zona donde se lleve a cabo el proyecto, los desechos como el vidrio, plástico, metal podrá ser vendido a empresas recicladoras; la recolección de los desechos orgánicos domésticos puede ser entregada al tren de aseo de la municipalidad.

Alquiler de servicios sanitarios portátiles (ver Figura 77), cuya limpieza la debe realizar una empresa especializada, utilizando equipo adecuado. La limpieza se realizará mediante bomba achicadora y camiones cisterna. Una vez limpios se les coloca un líquido desodorante biodegradable como agente desinfectante.



*Figura 76: Depósitos para colocación de desechos sólidos, By Pass  
San Miguel Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

	 <p data-bbox="1268 792 1864 846"><i>Figura 77: Servicios sanitarios portátiles, By Pass San Miguel Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)</i></p>
--	--

*Tabla 23: Descripción manejo de desechos sólidos y aguas residuales Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

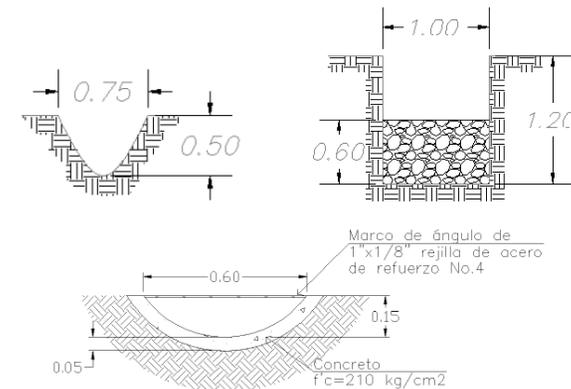
<b>DRENAJES TEMPORALES</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMAGEN DE REFERENCIA</b>
<p>El manejo de la escorrentía superficial en la época lluviosa durante las labores constructivas del proyecto se puede llevar a cabo mediante la instalación de canales de drenaje tipo acequias y de cajas de rebalse, obras que pretenden drenar el</p>	

agua que resulte de las áreas de trabajo, evacuándolas de forma segura hacia los drenajes existe, previniendo la generación de procesos erosivos.

Se propone la construcción de canaletas en el terreno en aquellos sitios dentro del plantel

donde se considere que la escorrentía podría afectar en mayor medida, como en las oficinas, bodegas, etc., conduciendo la escorrentía hasta los lugares donde la erosión es mínima o bien hasta los cuerpos receptores (quebradas y cauces naturales) más cercanos. Las canaletas del plantel deberán tener una sección parabólica de 60 cm de ancho, un tirante de 15 cm y un espesor de 5 cm, con pendientes mínimas de 0.5% y serán de concreto con resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y contarán con parrilla metálica para no obstaculizar el paso peatonal.

Por otro lado, fuera del plantel, se recomienda que las canaletas provisionales a conformar en el terreno de la traza del proyecto sean de sección parabólica, con un ancho de 75 cm y un tirante o profundidad de 50 cm y que descarguen en cajas de rebalse a conformarse en el terreno, con una superficie de 1 m de ancho y 1 m de largo, con una profundidad de 1.20 m. A estas cajas



**Figura 78: Canaleta parabólica y caja de rebalse conformados en el terreno de la traza del proyecto y canaleta en plantel.**

**Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO AMPLIACIÓN DE CARRETERA CA: 04S, TRAMO III: CONSTRUCCIÓN BY PASS DE LA LIBERTAD. ENTRE - KM. 31.86 (CARRETERA CA: 04S) KM. 35 (CARRETERA CA: 02 W), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.**

se les colocará una capa de 60 cm de grava para que sirva de medio de infiltración y trampa de sedimentos, previo a la descarga final en las quebradas (ver Figura 78 y Figura 79).



*Figura 79: Ejemplo de cunetas conformadas en el terreno de manera provisional.*

*Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO AMPLIACIÓN DE CARRETERA CA: 04S, TRAMO III: CONSTRUCCIÓN BY PASS DE LA LIBERTAD. ENTRE - KM. 31.86 (CARRETERA CA: 04S) KM. 35 (CARRETERA CA: 02 W), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD*

*Tabla 24: Descripción drenajes temporales Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>MEDIDAS DE SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
a) Impartir charlas educativas sobre la importancia del uso de Equipo de Protección Personal y la importancia de la higiene en el sitio de trabajo. Las charlas se pueden impartir cada 3 meses.	

Enseñanza de técnicas Prevención y manejo de accidentes en el sitio de trabajo.

b) Dotación de accesorios de seguridad y equipos de protección personal. Incluye el abastecimiento de 1 botiquín de primeros auxilios y recarga de extintores de polvo químico en las oficinas del Plantel de Instalaciones Provisionales.

c) Suministro de agua potable en garrafones de 5 galones al interior del sitio del proyecto (ver Figura 80).



*Figura 80: Suministro de agua potable  
Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*

*Tabla 25: Descripción medidas de seguridad ocupacional Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE MANEJO DE IMPACTOS, MALOS HÁBITOS DE HIGIENE E INTERRELACIÓN DE PERSONAS QUE AFECTEN A LA SALUD.</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>

Par prevenir enfermedades pulmonares, gastrointestinales, problemas de la piel entre otras es importante realizar un control adecuado de impactos ambientales producidos en la construcción de la carretera; por ejemplo:

La generación de partículas de polvo es el principal impacto para generar enfermedades de las vías respiratorias, pulmonares, alergia en la piel, etc. Para prevenir estas enfermedades es importante el uso de mascarillas para el personal que se encuentre el área de influencia, uso adecuado de vestimenta para evitar el contacto directo con el polvo, implementar sistema de riego como se ha descrito en la medida de mitigación de “HUMECTACION”.

Inadecuado control de los desechos sólidos, esto puede generar enfermedades como infecciones intestinales, infecciones respiratorias, fiebre tifoidea, dengue, etc. Para prevenir estas enfermedades e importante que la empresa constructora tenga un plan de manejo de los desechos sólidos



*Figura 81: Baño portátil con cubeta para el lavado de manos, By Pass San Miguel*

*Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

y aguas residuales, e impartir charlas a los trabajadores para cumplir con la clasificación de los desechos sólidos.

La contaminación del agua puede provocar enfermedades como la diarrea, tifoidea, infecciones, etc. Para esto es importante que la empresa constructora abastezca a los trabajadores de agua potable y debe verificar que las actividades del proyecto no contaminen las fuentes de agua cercanas, ya sean ríos, quebradas, etc.

Malos hábitos de higiene personal causan gérmenes que pueden provocar diversas enfermedades, se tiene fácil contagio de enfermedades de una persona a otra, problema en la piel como dermatitis, etc. Es importante que se impartan charlas a los trabajadores sobre mantener una buena higiene personal, y especificar como hacerlo por ejemplo el lavado de manos se debe hacer varias veces al día como antes de comer, después de ir al baño (ver Figura 81), después de tocar químicos o materiales sucios, recalcar el uso diario de la ropa limpia de trabajo al igual que tomar duchas; para esto se debe



*Figura 82: Pilas de plástico colocadas en la zona de hospedaje provisional de trabajadores, By Pass San Miguel  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

dotar de materiales y accesorios de limpieza, como pilas para lavar ropa (ver Figura 82), áreas de ducha con abastecimiento de agua potable, zona de comedor limpia, alcohol gel en las habitaciones provisionales, jabón.

Para la interrelación de personas ya sean entre trabajadores o con la población aledaña al proyecto se recomienda lo siguiente:

Que se impartan reuniones con los trabajadores sobre el respeto laboral para prevenir el acoso en el trabajo (ver Figura 83), ya que estas acciones de acoso pueden provocar ansiedad, depresión, estrés agudo, crisis nerviosa, afectación en la autoestima. Colocar carteles para concientizar las acciones que cuentan como aun acoso laboral.

También es importante que se defina una serie de actividades a desarrollar por parte del contratista, en cuanto a la interrelación de trabajador y población:



*Figura 83: Carteles informativos sobre el hostigamiento sexual laboral, By Pass San Miguel  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornadas y actividades en coordinación con la municipalidad dirigidas a la comunidad (promoción, educación y servicios de consejería y prueba de VIH).</li> </ul> <p>Las jornadas educativas se realizarán en espacios adecuados dentro de la jurisdicción de los cantones cercanos al proyecto para que los habitantes puedan asistir. Se estima que la duración de cada una de las jornadas es de al menos 2 horas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de brochures para cada jornada.</li> <li>• Realización de pruebas voluntarias de VIH.</li> <li>• Jornadas educativas para trabajadores de la construcción (promover prácticas seguras que contribuyan a la prevención del VIH y de otras enfermedades como las ITS).</li> </ul>	
---	--

*Tabla 26: Medidas de prevención de manejo de impactos, malos hábitos de higiene e interrelación de personas que afectan a la salud.*

*Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

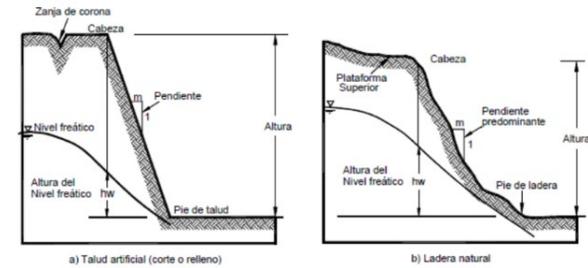
<b>MANEJO DE TALUDES</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>

### Elementos a tomar en cuenta en el diseño de taludes

El diseño o conformación de un talud (ver Figura 84) es una de las técnicas más utilizadas para garantizar la estabilidad de un talud especialmente en carreteras.

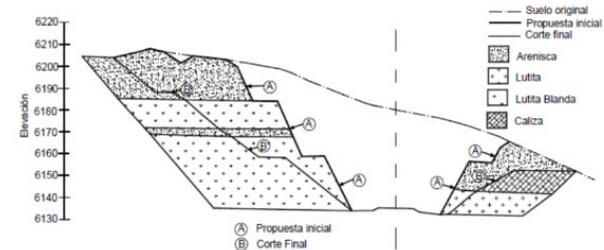
Para garantizar la estabilidad de un talud es necesario considerar diversos criterios tales como:

- Determinar la forma del talud
  - Altura.
  - Pendientes.
  - Bermas.
  - Manejo de aguas de escorrentía (drenajes superficiales).
  - Protección de la superficie (Bioingeniería o recubrimientos).
  - Obras de control geotécnico (Subdrenajes, muros, etc.).



**Figura 84: Talud artificial y Ladera natural**

Fuente: J. Suárez, "Deslizamientos", Capítulo 8: Conformación de la Superficie del Talud



**Figura 85: La conformación de un talud requiere de un análisis para determinar las pendientes y bermas** Fuente: J. Suárez, "Deslizamientos", Capítulo 8: Conformación de la Superficie del Talud

Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de suelo contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por criterios a algo tan simple como el predecir la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén, la pendiente apropiada es la más escarpada en tanto que el talud se sostenga sin caerse.

Para el diseño de la pendiente se debe analizar a detalle las condiciones de litología, estructura y meteorización de los materiales constitutivos del talud, tomando en cuenta los siguientes factores (ver Figura 85):

- Formación Geológica

A mayor competencia de la roca se permiten mayores pendientes y mayores alturas. Las areniscas, calizas y rocas ígneas duras y sanas, permiten taludes casi verticales y grandes alturas. Los esquistos y lutitas no permiten taludes verticales.

- Meteorización



*Figura 86: Corte de Talud en el Proyecto Carretera Longitudinal del Norte Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*

Al aumentar la meteorización se requieren taludes más tendidos, es decir, pendientes menores.

- Microestructura y estructura geológica

A menos que las discontinuidades se encuentren bien cementadas, las pendientes de los taludes no deben tener ángulos superiores al buzamiento de las diaclasas o planos de estratificación.

Entre menos espaciadas sean las discontinuidades se requieren pendientes menores de talud.

Para materiales muy fracturados se requieren taludes, alturas y bermas similares a los que se recomiendan para materiales meteorizados complicados y heterogéneos, y tienden a deteriorarse con el tiempo. Los suelos residuales, por la presencia de discontinuidades estructurales, son especialmente difíciles de manejar.

- Niveles freáticos y comportamiento hidrológico

Los suelos saturados no permiten taludes superiores a 2H:1V a menos que tengan una cohesión alta.

- Sismicidad

En zonas de amenaza sísmica alta no se deben construir taludes semiverticales o de pendientes superiores a 1/2H: 1V, a menos que se trate de rocas muy sanas. Las cargas del sismo pueden producir reducción en la resistencia al cortante del suelo.

Si la resistencia del suelo se reduce en menos del 15% por acción de la carga sísmica se puede hacer un análisis seudoestático de estabilidad del talud. En el análisis seudoestático el efecto del sismo se representa simplemente aplicando una carga estática horizontal a la masa de falla potencial.

Si la reducción en la resistencia del suelo es más del 15% como resultado de las cargas cíclicas, se recomienda realizar un análisis dinámico para estimar las deformaciones y la pérdida de resistencia.

- Factores antrópicos

En zonas urbanas no se recomienda construir taludes con pendientes superiores a 1H:1V y las alturas entre bermas no deben ser superiores a 5.0 metros.

- Presencia de materiales arcillosos

<p>Los suelos que contengan cantidades importantes de arcillas activas tipo montmorillonita requieren de pendientes de talud inferiores a 2H:1V. Los suelos con caolinita permiten generalmente taludes hasta 1H:1V.</p>	
--	--

*Tabla 27: Descripción manejo de taludes Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<p align="center"><b>CONTROL Y MANEJO DE TERRACERÍA</b></p>	
<p align="center"><b>Descripción</b></p>	<p align="center"><b>Imagen de referencia</b></p>
<p>Realizar el control del traslado y la colocación de materiales desde los sitios de préstamo (bancos y canteras). Gestionar los procesos ambientales correspondientes si los sitios seleccionados no tienen permiso.</p> <p>Esta medida consiste en el desarrollo de actividades que el contratista del proyecto debe realizar para llevar un control y un manejo integral de las actividades de terracería, procurando realizar los movimientos de suelo en forma adecuada, gestionando la logística del uso de bancos de préstamo autorizados para la extracción de material para las actividades constructivas. Adicionalmente, el contratista se encargará del manejo adecuado del material sobrante de las</p>	<div data-bbox="1276 821 1833 1242" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1220 1263 1892 1404"><i>Figura 87: Aplicación de riego para suspensión de partículas Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO AMPLIACIÓN DE CARRETERA CA: 04S, TRAMO III: CONSTRUCCIÓN BY PASS DE LA LIBERTAD. ENTRE - KM. 31.86 (CARRETERA CA: 04S) KM. 35 (CARRETERA CA: 02 W), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD</i></p>

actividades y del material no apto para el proyecto y de su correspondiente desalojo y traslado hasta los sitios de disposición final establecidos y autorizados para ello.

La medida cuenta con actividades enfocadas como la señalización, instalación de letrinas, basureros y aplicación de riego dentro de banco de préstamos y de botaderos o sitios de disposición final.

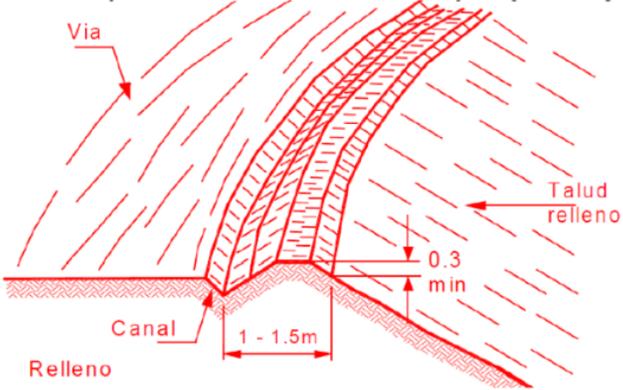


**Figura 88: Utilización de letrinas portátiles. Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO AMPLIACIÓN DE CARRETERA CA: 04S, TRAMO III: CONSTRUCCIÓN BY PASS DE LA LIBERTAD. ENTRE - KM. 31.86 (CARRETERA CA: 04S) KM. 35 (CARRETERA CA: 02 W), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**



**Figura 89: Señalización y dispositivos de seguridad temporales a utilizar la explotación de sitios de disposición final. Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO AMPLIACIÓN DE CARRETERA CA: 04S, TRAMO III: CONSTRUCCIÓN BY PASS DE LA LIBERTAD. ENTRE - KM. 31.86 (CARRETERA CA: 04S) KM. 35 (CARRETERA CA: 02 W), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

**Tabla 28: Descripción control y manejo de terracería Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)**

OBRAS DE DRENAJE EN TALUDES	
Descripción	Imagen de referencia
<p>La finalidad es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes.</p> <p><b>Drenaje superficial:</b></p> <p>El objetivo principal del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud o relleno reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Captar la escorrentía tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud.</li> <li>• Llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.</li> </ul> <p>a) Canales o zanjias de corona.</p> <p>Las zanjias en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias,</p>	 <p><i>Figura 90: Zanjias de corona</i></p> <p><i>Fuente: <a href="https://doblevia.files.wordpress.com/2007/11/zanja-de-coronacion.jpg">https://doblevia.files.wordpress.com/2007/11/zanja-de-coronacion.jpg</a></i></p>

evitando su paso por el talud. La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento. Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas, así como debe proveerse una suficiente pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua captada. Se sugiere que al menos cada dos años se deben reparar las zanjas de coronación para impermeabilizar las fisuras y grietas que se

Presenten (ver Figura 90).

b) Canales colectores y disipadores

En los taludes de gran altura y en los suelos susceptibles a la erosión, se recomienda construir canales transversales de drenaje a la mitad de talud, así como canales interceptores en todas y cada una de las bermas intermedias de un talud (ver Figura 91).

**Drenaje subterráneo**



*Figura 91: Drenaje superficial, disipadores Fuente: Direccion Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*

El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poro o impedir que éstas aumenten.

#### Métodos de subdrenaje

Entre los tipos de obra utilizadas para subdrenaje se encuentran las siguientes:

- Cortinas impermeables subterráneas.

El objetivo es evitar el paso interno del agua hacia las zonas inestables, creando barreras con materiales permeables, evitando el paso del agua hacia zonas potencialmente inestables. Ver Figura 92.

- Subdrenes de zanja.

Los subdrenes de zanja tienen por objeto abatir los niveles freáticos. Los subdrenes de zanja son excavaciones realizadas manualmente o con retroexcavadora (comúnmente rellenas de material filtrante), con el objeto de captar y transportar el agua subterránea y de esa forma, abatir el nivel freático (ver Figura 93).

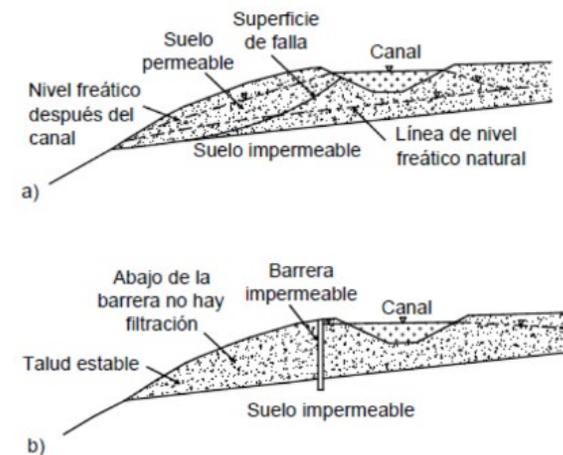


Figura 92: Ejemplo del uso de una cortina impermeable para estabilizar un deslizamiento (Cornforth, 2005). Fuente: J. Suárez, "Deslizamientos", Capítulo 2: Obras de drenaje y Subdrenajes

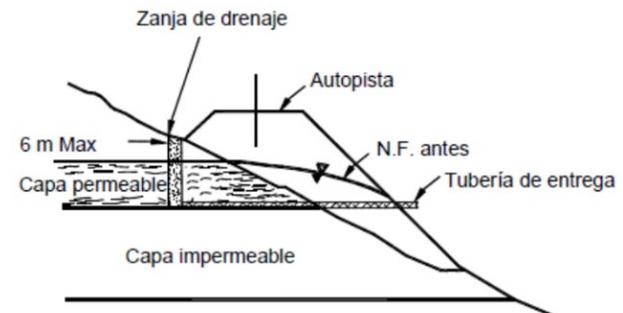


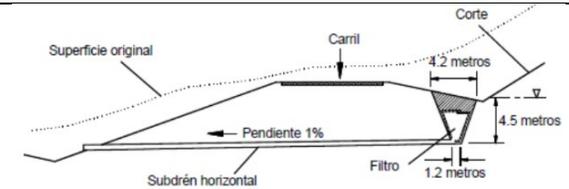
Figura 93: Subdren interceptor de zanja en el terraplén de una vía. Fuente: J. Suárez, "Deslizamientos", Capítulo 2: Obras de drenaje y Subdrenajes

- **Subdrenes de penetración**  
Son subdrenes horizontales profundos que logran grandes abatimientos de los niveles freáticos, consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación profunda subhorizontal o ligeramente inclinada, con la cual se busca abatir el nivel freático hasta donde se incremente la estabilidad del talud al valor deseado (ver Figura 94).

- **Galerías de drenaje.**  
Son túneles con objeto de disipar las presiones de poros y disminuir los niveles freáticos.

### **Barbacanas en taludes de concreto lanzado.**

Estas obras de drenaje impedirán que los taludes se vean saturados en eventos lluviosos y evitar desprendimientos del mismo (ver Figura 95).



*Figura 94: Uso de un subdrén horizontal como colector de un dren interceptor en una vía (Barrett, 1979). Fuente: J. Suárez, "Deslizamientos", Capítulo 2: Obras de drenaje y Subdrenajes*



*Figura 95: Barbacanas en Talud de concreto lanzado, By Pass San Miguel  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

REVESTIMINETO DE TALUDES	
Descripción	Imagen de referencia
<p>Para garantizar la estabilidad del talud a largo plazo, éste debe ser provisto por revestimientos, los cuales tienen la finalidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar en la medida de lo posible la infiltración de agua.</li> <li>• Evitar la erosión de la superficie del talud.</li> <li>• Por seguridad, para evitar pérdidas de vidas humanas y materiales.</li> </ul> <p>A continuación, se presentan algunos de los revestimientos que pueden ser utilizados dependiendo de su finalidad:</p> <p>Revestimiento vegetal:</p> <p>La protección ideal de la superficie de un talud es el recubrimiento con vegetación. Se tiene como norma general, que no es posible establecer buena vegetación en los taludes de más de 60° de pendiente y es difícil de revegetalizar los taludes de más de 45° de pendiente. Es uno de los métodos más económicos y el más eficiente para el control de la erosión en los taludes (ver Figura 96).</p>	 <p data-bbox="1339 1003 1772 1027"><i>Figura 96: Revestimiento Vegetal en Talud.</i></p> <p data-bbox="1224 1032 1896 1084">Fuente: <a href="https://www.ingecivil.net/2018/02/02/partes-de-un-talud-componentes/">https://www.ingecivil.net/2018/02/02/partes-de-un-talud-componentes/</a></p>

Es recomendable sembrar grama *Paspalum notatum* y de Zacate Vetiver en las áreas de taludes de relleno del proyecto, siendo esta actividad importante para evitar pérdida de suelo por arrastre y para reducir los procesos erosivos por exposición del suelo intervenido por efectos de la escorrentía superficial en la zona del proyecto y para mejorar la ornamentación de la vía (ver Figura 97 y Figura 98).

El área de siembra de grama y los metros lineales de Zacate y su separación, dependerán de las dimensiones del Talud

Concreto lanzado:

El shotcrete (concreto lanzado), un procedimiento muy utilizado debido a su enorme versatilidad, resistencia temprana, durabilidad y capacidad de adherencia a la roca/superficie. Al ser proyectado neumáticamente, el concreto se compacta sobre la superficie del estrato, rellenando grietas y evitando el desprendimiento de roca



*Figura 97: Obras verdes en Talud.*

*Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP*

suelta. Así, el shotcrete sirve para dar un revestimiento a la superficie del talud, pero también como ayuda para crear un “anclaje de sujeción”. Es importante señalar que, en taludes con excesiva pendiente y un macizo rocoso o suelo de poca cohesión con alto riesgo de desprendimiento, una aplicación de shotcrete superficial no es suficiente, y la intervención requiere también la sujeción con cables tensores, mallas y fibras que mejoren las prestaciones del shotcrete (ver Figura 99).

#### Geotextiles:

Su función principal es confinar los finos que tenemos en el terreno (talud) dejando una libre circulación de agua. Para ello colocamos un geotextil encima del talud que debe ir protegido con un material de aporte (escollera, placas prefabricadas, tierra compactada etc.). El geotextil a utilizar debe tener alta resistencia a la perforación para evitar que se punzone por las piedras angulares de la escollera u otros materiales. (ver Figura 100).



**Figura 98: Obras verdes en Talud By Pass San Miguel**  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)



**Figura 99: Revestimiento de concreto lanzado en Talud, By Pass San Miguel**  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)

**Geoceldas:**

Consiste en una especie de malla de material resistente, su función es la retención del material, diseñado para para desprendimientos mínimos. Puede convertirse en un talud verde si así se desea.

**Geoesfera control de erosión:**

Es un geosintético tridimensional. En taludes escarpados, previene la erosión del suelo porque retiene humus y ofrece un soporte permanente a las raíces de las plantas.

**Protección de los taludes de corte, cuya formación sea rocosa:**

Dicha actividad se realizará mediante la utilización de una malla hexagonal conformada por alambres de acero de doble torsión, la cual se coloca anclada en el talud y evita que posibles desprendimientos de rocas caigan sobre la vía, garantizando el servicio adecuado a los usuarios y evitando accidentes.



*Figura 100: Revestimiento de Geotextil en Talud By Pass San Miguel*

*Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>MONITOREO, RESCATE Y/O SALVAMENTO DE SITIOS DE INTERÉS CULTURAL</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Deberá cumplirse con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deberá informar a la Dirección Nacional de Patrimonio Cultural y Natural (DNPCN), la fecha de inicio de los trabajos de remoción de suelos, descapotes, elaboración de fosas sépticas y pozos, con el fin de corroborar la presencia o ausencia de bienes culturales muebles o inmuebles de interés arqueológico o paleontológico.</li> <li>• Si en el transcurso de los trabajos de construcción, se encontrasen objetos de interés arqueológico o paleontológico, deberá notificarse a la DNPCN en un plazo no mayor de 5 días después de producido el hallazgo, según lo establecen los artículos 67 y 68 del Reglamento de la Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural de El Salvador.</li> <li>• En caso de hallazgo fortuito de naturaleza arqueológica o paleontológica, deberán suspenderse las obras o trabajos en el sitio o lugar donde se hubiere verificado el hallazgo, hasta</li> </ul>	

<p>que se realice una inspección técnica por Peritos de la Dirección Nacional de Patrimonio Cultural y Natural (DNPCN)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de hallazgo fortuito de naturaleza arqueológica o paleontológica, y tras haber realizado la inspección técnica correspondiente, la DNPCN podrá establecer las medidas de protección que estime necesarias, las cuales pueden incluir, la realización de estudios arqueológicos y paleontológicos, siguiendo la normativa establecida para tal efecto.</li> <li>• Los informes emitidos por el Departamento de Arqueología y la sección de Paleontología deberán ser acatados.</li> </ul>	
--	--

*Tabla 31: Descripción monitoreo, rescate y/o salvamento de sitios de interés cultural Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>El mantenimiento del equipo de construcción deberá ser preventivo y/o correctivo, describiéndose a continuación:</p> <p>Mantenimiento preventivo:</p>	

**Básico:** Será responsabilidad del motorista del equipo y consiste en el chequeo diario del nivel de agua al radiador, presión de llantas, aceite del motor, aceite hidráulico de la dirección, líquido de frenos hidráulicos y además revisiones y cuidados básicos para el mantenimiento adecuado del equipo.

**Regular:** Consistirá en los cambios periódicos de aceites, bujías, filtros, platinos y todas aquellas acciones que el fabricante del equipo o maquinaria recomienden para que funcione en condiciones perfectas. Revisar que las alarmas auditivas funcionan correctamente, especialmente la de retroceso.

**Mantenimiento correctivo:** El mantenimiento será realizado en talleres calificados. La empresa constructora deberá presentar al supervisor el contrato de mantenimiento de la maquinaria o si el mantenimiento ha sido realizado en talleres fuera del proyecto, presentar el permiso ambiental del taller y el registro de mantenimiento que ha recibido la maquinaria.



*Figura 101: Taller del Plantel, By Pass San Miguel*

*Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

Al identificar en campo la presencia de equipo en malas condiciones de mantenimiento, deberá ser reportada y trasladada al taller del plantel para las respectivas revisiones y reparaciones (ver Figura 101 y Figura 102).

En el caso de que la empresa utilice los servicios de un taller privado, se establece que la misma deberá presentar al supervisor el contrato de mantenimiento.



*Figura 102: Taller del Plantel, By Pass San Miguel  
Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

*Tabla 32: Descripción mantenimiento de maquinaria y equipo Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>CONTROL DE DERRAMES</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<b>Obras para manejo de derrames</b>	
<b>Estanterías metálicas:</b>	

Se utilizarán estanterías metálicas para la colocación de lubricantes y otros hidrocarburos de uso común para la maquinaria y el equipo del proyecto. Dichas estanterías se colocarán en la bodega de combustibles y lubricantes y deberán tener bandejas metálicas para retener derrames pequeños, originados por el volteo de recipientes con sustancias contaminantes.

**Tanque metálico de almacenamiento de combustible:**

El tanque contendrá todas las válvulas y accesorios necesarios para el control del flujo del suministro y su buen funcionamiento, asimismo, tendrá una estructura de soporte para mantener fijo el sistema del tanque. El tanque deberá estar revestido de una capa de pintura anticorrosiva y un acabado de esmalte para una alta durabilidad (ver Figura 103).

**Barrera de contención de derrames:**

Se construirá una barrera perimetral alrededor del tanque de almacenamiento de combustible de 75 cm de altura, en un



*Figura 103: Tanque de almacenamiento de combustible, By Pass San Miguel*

*Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

área superficial específica de 24 m<sup>2</sup> (4 m x 6 m) para contener potenciales derrames de combustible por fallas en el tanque u otros aspectos, Dicha barrera debe tener la capacidad de contener un volumen de 4,761 galones (158% de la capacidad total del tanque) en caso la capacidad del tanque fuese de 3,000 galones. De igual manera, se mantendrán depósitos con arena ante cualquier contingencia.

Es recomendable que la barrera sea construida con bloque de concreto de 0.15 m de espesor, además de una solera de fundación de concreto reforzado de 0.40 m de ancho y 0.20 m de alto (longitud total de 20 m), con acero de refuerzo No. 3 y No. 2 y concreto de resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. (ver Figura 103).

**Pisos de concreto:**

En la zona de la bodega del tanque de combustible y en la bodega de almacenamiento de combustibles e hidrocarburos se construirán pisos impermeables de concreto con resistencia de 180 kg/cm<sup>2</sup> y un espesor de 5 cm para evitar la contaminación del suelo (ver Figura 103).



*Figura 104: Lechada del lavado de maquinaria de concreto hidráulico Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP.*

**Canaletas para manejo de derrames y aguas de lavado:**

Dentro de las instalaciones del taller de maquinaria y equipo se realizará la construcción una canaleta semicircular para el manejo de cualquier derrame accidental de algún hidrocarburo cuando se estén realizando actividades de mantenimiento del equipo. De igual manera, la canaleta servirá para controlar escorrentía contaminada o bien, agua producto de lavado de la maquinaria y el equipo.

En el área de la fabricación del concreto se debe realizar la construcción de una pila al nivel del piso para contener las aguas de lavado de la maquinaria que contiene el concreto hidráulico (la lechada) y así evitar derrames directamente en el suelo natural (ver Figura 104).

**Trampa de retención de derrames y grasas:**

Se realizará la construcción de una caja de retención en donde descargarán las canaletas de control de derrames. La caja no tiene desagüe, los líquidos serán almacenados en ella y

<p>deberá ser limpiada en forma periódica y el material removido deberá almacenarse en barriles impermeables en un sitio adecuado hasta que pueda ser retirado por una empresa encargada de realizar los servicios de recolección y disposición final de sustancias especiales, mediante el uso de equipo especializado y equipo de protección adecuado.</p>	
--	--

*Tabla 33: Descripción control de derrames Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<p><b>INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN SOBRE AFECTACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS</b></p>	
<p><b>Descripción</b></p>	<p><b>Imagen de referencia</b></p>
<p>Antes de la suspensión de los servicios (agua, energía eléctrica, telefonía, etc.) el constructor notificará a la población con 5 días de anticipación por medio de la oficina de gestión social del proyecto; con la finalidad de tenerla informada, se considera que la suspensión no será mayor a las 8 horas y nunca en horas nocturnas. En la oficina de Gestión Social se llevará un registro de las quejas y recomendaciones que realice la población sobre interrupciones gestionándose la restauración por medio de la misma.</p>	 <p><i>Figura 105: Oficina de Gestión Social, By Pass San Miguel Paquete III Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)</i></p>

*Tabla 34: Descripción información a la población sobre afectación de servicios públicos Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>REUBICACION DE SERVICIOS BASICOS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Consiste en el establecimiento de un programa para la reubicación servicios públicos básicos que serán afectados, como: tuberías de agua potable, medidores de agua potable, postes telefónicos, postes eléctricos y rótulos.</p> <p>Este programa deberá considerar la notificación a los pobladores con anticipación. Las jornadas de reubicación no deben extenderse por más de 8 horas y en horas diurnas. Además, se deberá abastecer de agua potable a las comunidades para que no resientan la interrupción del servicio.</p>	 <p><i>Figura 106: Reubicación de postes eléctricos en proyectos carreteros</i>  Fuente: <a href="https://diarioroatan.com/%EF%BB%BFreco-realiza-reubicacion-de-postes-en-carretera-principal-de-roatan/">https://diarioroatan.com/%EF%BB%BFreco-realiza-reubicacion-de-postes-en-carretera-principal-de-roatan/</a></p>

*Tabla 35: Descripción reubicación de servicios básicos Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>MEJORAS EN CONECTIVIDAD</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Imagen de referencia</b>

<p>Los accesos a las propiedades, así como los empalmes a los caminos serán mejorados con la finalidad de facilitarles las entradas con insumos agrícolas o traslados de las cosechas, a la vez prevenir reclamos de los propietarios de los terrenos vecinos.</p>	 <p><i>Figura 107: Mejoras de Conectividad, By Pass San Miguel Paquete III Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)</i></p>
--	---

*Tabla 36: Descripción mejoras en conectividad Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<p><b>PROTECCION DE FAUNA</b></p>	
<p><b>Descripción</b></p>	<p><b>Imagen de referencia</b></p>
<p>Impartir charlas educativas durante la construcción del proyecto, en donde se capacite al personal de trabajo con respecto a las leyes establecidas por el Ministerio de Medio</p>	

Ambiente y Recursos Naturales. Colocar letreros en donde se prohíba la cacería de especies animales en la zona del proyecto.

Colocar afiches de conservación de la fauna en el plantel de instalaciones provisionales (ver Figura 108).



Figura 108: Letreros de Protección de animales, By Pass San Miguel

Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)

Tabla 37: Descripción protección de fauna Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)

<b>MONITOREO DE RUIDO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>

<p>Realización de mediciones de ruido ambiental en la zona del proyecto por la utilización de maquinaria para las actividades constructivas (ver Figura 109). Para el monitoreo de los niveles de ruido se deberá recurrir a los datos permisibles establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.11.03:01 de CONACYT “Emisiones Atmosféricas.</p>	 <p><i>Figura 109: Monitoreo de ruido, By Pass San Miguel Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)</i></p>
---	--

*Tabla 38: Descripción monitoreo de ruido Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>PLAN DE COMUNICACIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Consiste en llevar a cabo un Plan de Información y Comunicación Social durante la etapa de construcción del proyecto, dirigido a las diferentes unidades sociales (familias, unidades económicas, organismos públicos y</p>	

<p>sociales, grupos de interés y usuarios de la vía) que sean afectadas por la ejecución del proyecto.</p> <p>El Plan también comprende lo siguiente: Reuniones Informativas con la comunidad 1 reunión cada 6 meses. Visitas Domiciliarias. Producción de Materiales de Divulgación (hojas volantes, boletines informativos, brochures), Contacto con Medios de Comunicación.</p>	
--	--

*Tabla 39: Descripción plan de comunicación durante la construcción Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>CONTRATACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Por medio de la oficina de gestión socio ambiental, se llevará a cabo los registros de la población que se acerque en busca de empleo en el proyecto, de acuerdo a los requerimientos en las plazas, por lo cual todos deben de tener la misma oportunidad, es decir que el proceso debe regirse por la igualdad tanto en mujeres y hombres, sin discriminaciones de ninguna índole.</p>	

*Tabla 40: Descripción contratación de mano de obra local Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>RETIRO DEL PROYECTO DE CUALQUIER INSTALACIÓN PROVISIONAL, SERVICIOS UTILIZADOS, LIMPIEZA DEL CORREDOR VIAL, AL FINALIZAR LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. (ETAPA DE CIERRE)</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>Al final de la construcción, se retirarán las instalaciones ocupadas temporalmente por el contratista, servicios, maquinaria, equipos y cualquier desecho proveniente de las diferentes actividades de construcción del proyecto tanto en el corredor vial como en las unidades de apoyo, los cuales deberán ser trasladados para su disposición final a los sitios autorizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Cuando se abandone un plantel, todos los recipientes, desperdicios, construcciones de servicios sanitarios y cualquier otro material extraño, serán removidos, reciclados o depositados en lugares autorizados. El área completa quedará limpia y en condiciones semejantes al entorno y las medidas ambientales ejecutadas están finalizadas y funcionando adecuadamente.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 110: Instalaciones provisionales, dormitorios de trabajadores, By Pass San Miguel</i> Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)</p>

*Tabla 41: Descripción retiro del proyecto de cualquier instalación provisional, servicios utilizados, limpieza del corredor vial, al finalizar la construcción del proyecto. (etapa de cierre) Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>MANTENIMIENTO DE GRAMA Y ZACATE VETIVER EN TALUDES (ETAPA DE FUNCIONAMIENTO)</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<p>a) Mantenimiento por 3 años de grama (<i>Paspalum notatum</i>) en las áreas de taludes de relleno del proyecto, con riego, colocación de abono, corte de maleza para garantizar que las gramíneas crezcan saludables y fuertes.</p> <p>B) Mantenimiento por 3 años de Zacate Vetiver en las áreas de taludes de relleno del proyecto, con riego, colocación de abono, corte de maleza para garantizar que las gramíneas crezcan saludables y fuertes.</p>	 <p><i>Figura 111: Riego de grama en Talud</i> Fuente: Dirección Implementadora de Proyectos de Infraestructura Logística (DIPIL), MOP</p>

*Tabla 42: Descripción mantenimiento de grama y zacate Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

<b>MANTENIMIENTO DE LA ARBORIZACIÓN LLEVADA A CABO EN EL PROYECTO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen de referencia</b>

La medida consiste en brindarle el mantenimiento por tres años a los árboles plantados durante la etapa de construcción, la cual se describe a continuación.



*Figura 112: siembra de árboles alrededor de carretera*  
Fuente: <https://diarioelsalvador.com/arborizacion-en-las-carreteras-generara-un-impacto-microclimatico/41465/>

*Tabla 43: Descripción mantenimiento de la arborización llevada a cabo en el proyecto Fuente: Propia (Grupo de Tesis, 2023)*

## **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **CONCLUSIONES**

- Los Proyectos carreteros afectan al medio ambiente de muchas maneras, ya sea de manera negativa o positiva. Para mitigar los impactos negativos, existe una diversidad de medidas de mitigación para poder contrarrestarlos; mientras que para impactos positivos, se pueden encontrar beneficios socioeconómicos proporcionados por las vías terrestres, la reducción de los costos de transporte, el mayor acceso a los mercados para los cultivos y productos locales, el acceso a nuevos centros de empleo, la contratación de trabajadores locales en obras, entre otros, y se debe buscar potenciarlos para obtener el mayor beneficio posible.
- En cualquier tipo de proyecto carretero ya sea de apertura, mejoramiento o rehabilitación, se encuentran los siguientes impactos ambientales más comunes: fragmentación de hábitats, contaminación acústica, contaminación del aire, contaminación y uso inadecuado del agua, pérdida de tierras y cambios en el uso del suelo, y afectaciones en la salud humana.
- Al construir la matriz de todos los impactos ambientales obtenidos de los 8 Estudios de Impacto Ambiental (EslA) objeto de esta investigación, de diferentes tipos de proyectos carreteros, como Apertura, Ampliación y mejoramiento, se pudo determinar que, en general todos causan un efecto negativo en el medio ambiente, que variará en intensidad y magnitud de un tipo de proyecto a otro, siendo los proyectos de mejoramiento los que

presentarán un impacto ambiental negativo en menor magnitud e intensidad, y los proyectos de apertura los que afectarán en mayor magnitud e intensidad al medio ambiente, y que para cualquiera de ellos, los impactos ambientales negativos mínimos a generarse serán los mismos, con la obvia variación en magnitud e intensidad. En las diferentes etapas de construcción de una carretera, que fueron divididas en, preparación del sitio, construcción, cierre y funcionamiento, para la presente investigación, se presentan algunos impactos ambientales comunes en todas las etapas, sin embargo; fueron considerados por separado, ya que son distintas las actividades que los generan, y que, en algunos casos, se presenta cierta variación en las medidas empleadas para mitigarlos.

- Durante las diferentes etapas de este Trabajo de Graduación, se tocaron temas de las legislaciones ambientales vigentes relacionadas con el manejo integral del recurso hídrico, el manejo de residuos y sustancias tóxicas, las emisiones y el uso controlado de la energía, y se pudo comprobar que a nivel nacional, aún se presentan ciertas deficiencias, por lo que es necesario que se rigidicen las Normativas para proteger, regular, controlar, y manejar de manera integral los recursos naturales, sometidos al estrés de los proyectos de ingeniería.
- En el país, desde hace algunas décadas, se ha visto un notorio auge en la ejecución de distintos proyectos carreteros a nivel nacional, con el fin de mejorar la transitabilidad y comunicación de la población, y el mejoramiento vial no es excepción, ya que hoy en día se están realizando diversos proyectos carreteros de apertura y ampliación, en los que se pueden mencionar, la construcción del By Pass de San Miguel, la apertura

de la carretera de Punta Mango en Usulután, el periférico Claudia Lars en La Libertad, y otros proyectos de gran envergadura que beneficiarán la infraestructura vial del país, la comunicación, el desarrollo económico, el turismo, y la calidad de vida de los habitantes.

## RECOMENDACIONES

- Para contrarrestar la alteración de la calidad del Medio Ambiente producida por la ejecución de proyectos carteros, se recomienda implementar la construcción sostenible; ya que es importante considerar que la sostenibilidad se debe tener en cuenta desde la prefactibilidad y diseño, y continuar en las demás etapas de estos proyectos de construcción. Por otra parte, se debe de tener presente el buen uso de materiales y manejo de maquinaria para obtener un bajo impacto ambiental, con el objetivo de utilizar menos energía, minimizar el consumo de agua, utilizar técnicas de materiales reciclados, evitar el uso del suelo virgen y más bien, mejorar las condiciones del suelo que ya ha sido tratado.

A fin de llevar a cabo la construcción sostenible en carreteras, es recomendable el estudio y la implementación de nuevos materiales a partir del reciclado y la reutilización de residuos (polvo de neumáticos, escorias de acerería, residuos de construcción y plásticos), ya que, al utilizar materiales ecológicos, se evitaría de gran manera, el empleo de recursos naturales. Por otra parte, utilizar nuevas tecnologías de fabricación de mezclas asfálticas con una gran disminución de temperaturas, reduciría las emisiones y el consumo energético. Existen también otros materiales para construir una carretera sostenible y es la aplicación de pinturas fotosensibles que iluminan la vía durante la noche y así evitar accidentes de tránsito y el atropellamiento de animales que crucen la carretera; también a futuro se puede implementar que las carreteras generen energías limpias, por ejemplo, se está investigando emplear turbinas que aprovechen el aire provocado por el propio movimiento de los vehículos para generar electricidad.

- Con respecto al entorno de una carretera, se debe tener en cuenta la flora y la fauna que se congrega alrededor de estas infraestructuras; por ello, es fundamental analizar los pasos de los animales autóctonos; así como, reforestar las áreas directamente afectadas por la construcción de las carreteras.
- Para proyectos carreteros que no requieran presentar un Estudio de Impacto Ambiental, y que no es necesario que cumplan en el proceso para obtener el permiso ambiental, establecido por la Ley de Medio Ambiente de El Salvador; se recomienda que siempre se genere un Programa de Manejo Ambiental, y se cumplan las medidas de prevención, compensación y atenuación, contenidas en el, para poder disminuir al mínimo los Impactos Ambientales negativos que se presenten en las diferentes etapas de los proyectos.

En el Programa de Manejo Ambiental se debe especificar lineamientos donde se presenten detalladamente las medidas de mitigación para los impactos generados por cada actividad desarrollada en el proyecto, también brindar un detalle sobre la forma de la cual se va a mitigar cada impacto, por lo cual es muy importante seguir los lineamientos establecidos en el programa de cada proyecto carretero.

Para cumplir con este Programa es conveniente realizar inspecciones sobre cómo se está manejando las medidas ambientales durante el proceso de construcción del proyecto vial, agendar reuniones para verificar el avance de impactos encontrados en cada etapa de la obra y las medidas de mitigación a emplear.

- Para llevar a cabo las medidas ambientales en la ejecución del proyecto carretero, se recomienda tomar en cuenta las descripciones de las medidas de mitigación descritas en el Capítulo VI del presente trabajo de Graduación. Estas medidas que se han propuesto están contempladas en los 8 Estudios de Impacto Ambiental (EslA), analizados en esta investigación, para diferentes tipos de proyectos carreteros, apertura, mejoramiento y rehabilitación.
- Es importante mencionar que, en un proyecto carretero existe una diversidad de impactos ambientales; sin embargo, a continuación, se describen las obras de mitigación a realizar para mitigar los impactos ambientales más comunes encontrados, entre los cuales están: la fragmentación de hábitats, contaminación acústica, contaminación del aire, contaminación y uso inadecuado del agua, pérdida de tierras y cambios en el uso del suelo, y afectaciones en la salud humana.

Para la fragmentación de hábitats, se recomienda realizar un plan de reforestación en la zona afectada, identificando principalmente si existen arboles categorizados como especie amenazada; también realizar la colocación de madrigueras y nidos tipo caja, los cuales deben de colocarse en un lugar adecuado en los sitios donde hay más pérdida de madrigueras naturales, estas deben estar construidas con un refuerzo en la entrada del agujero o túnel excavado en el suelo.

Para la contaminación acústica, se recomienda realizar trabajos en horarios que no afecten a la población y cumplir en la medida de lo posible, con el cronograma de actividades en el proyecto, para evitar trabajar hora extras y causar incomodidad a la población cercana al proyecto; utilizar protección auricular en la zona de trabajo; realizar monitoreo de ruidos en

las diferentes etapas de un proyecto, los niveles de ruido se deberán recurrir a los datos permisibles establecidos en la norma salvadoreña obligatoria NSO 13.11.03:01 de CONACYT “Emisiones atmosféricas”.

Con respecto a la contaminación del aire, se recomienda realizar la práctica de humectación en frentes de trabajo y a lo largo del proyecto con el fin de evitar la generación de partículas de polvo, también es necesario que, en el traslado de materiales, los camiones que transporten material tengan una cobertura de lona que no permita la pérdida de material.

Para la contaminación y uso inadecuado del agua, se recomienda realizar charlas con el equipo de trabajo, capacitando sobre el uso adecuado del agua en los planteles del proyecto, es importante evitar la contaminación de ríos o fuentes de agua cercanas a la zona de trabajo, por lo cual se debe llevar a cabo un programa en el que se describa el control de derrames de diferentes sustancias utilizadas en el proyecto carretero.

Con respecto a la pérdida de tierras y cambios en el uso del suelo, se recomienda analizar los cortes realizados en el proyecto carretero, con el fin de identificar si el material de corte es de excavación no clasificada para préstamo o Excavación no clasificada de desperdicio, así poder utilizar suelos de los cortes realizados

En las afectaciones en la salud humana, se debe de considerar llevar a cabo medidas para el control de partículas de polvo, siendo este una de las principales fuentes de enfermedades respiratorias; por lo que, para el personal de trabajo se recomienda siempre utilizar protección personal, utilizando casco, guantes, mascarilla, auriculares; también, es importante impartir charlas a la población cercana al proyecto, para que tengan

conocimiento sobre las actividades a realizar y que puedan tomar las precauciones necesarias para evitar enfermedades causadas por el desarrollo de la construcción de una carretera.

- Las carreteras son parte fundamental para el desarrollo de un país por lo que la elaboración de proyectos carreteros siempre se tendrá presente, por cual, se recomienda que constantemente se realicen y analicen nuevas obras de mitigación que se puedan emplear para contrarrestar nuevos impactos ambientales encontrados a futuro, en el desarrollo de diferentes actividades implementadas en un proyecto vial, recalando que a futuro se pueden generar diferentes técnicas mejoradas, materiales y maquinaria a utilizar en la construcción; también se recomienda el análisis de las obras de mitigación ya existentes, si estas se pueden reestablecer y aplicar de mejor manera en el proyecto carretero, ya sea por el aspecto económico y en la mejora de las técnicas de mitigación. Es importante mencionar que, en la actualidad se está tratando que la construcción sea amigable con el medio ambiente, por lo que se esperaría que no se generen nuevos impactos ambientales de tipo permanente y/o irreversible.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL ANALIZADOS**

*Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto: Ampliación de la Carretera CA04s, Tramo 11: entre km 22.36 (salida sur de Zaragoza) -km 31.86 (inicio By Pass de La Libertad), departamento de La Libertad.*

*Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Ampliación de Carretera CA 04S, tramo III: construcción By Pass de La Libertad. entre - km. 31.86 (Carretera CA04S) km. 35 (carretera CA02W), departamento de La Libertad.*

*Estudio de Factibilidad y Diseño final del Proyecto: "Rehabilitación de la Carretera CA01E, Tramo: Desvío Santa Rosa de Lima -Frontera el Amatillo, municipio de Pasaquina, departamento de la Unión".*

*Diseño final del Proyecto: "Mejoramiento y Construcción de calle interna del distrito de riego de Zapotitán: "CA01W -Opico apertura estado mayor y CA08W, Desvío Sacacoyo"*

*Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto C1: Adecuación y Ampliación de Carretera CA02E, Tramo: Desvío Comalapa (PAZ31N)- Desvío Aeropuerto El Salvador (RN05S)- Desvío la Herradura (Km. 47+025), departamento de la Paz"*

*Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto C2: Adecuación y Ampliación de Carretera CA02E, Tramo: Desvío la Herradura (km 47+025) – Zacatecoluca; departamento de la paz.*

*Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto C5 Longitudinal: Mejoramiento de la Red Vial de la Zona Norte de El Salvador. Subproyecto La Virgen - Nueva Concepción.*

*Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto C7: By Pass San Miguel: Construcción del By Pass de la Ciudad de San Miguel.*

**LIBROS, INFORMES, MANUALES.**

*Ley Del Medio Ambiente; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.*

*Guía Técnica para la Elaboración del Programa de Manejo Ambiental; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.*

*Categorización de Actividades, Obras o Proyectos, 2017; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.*

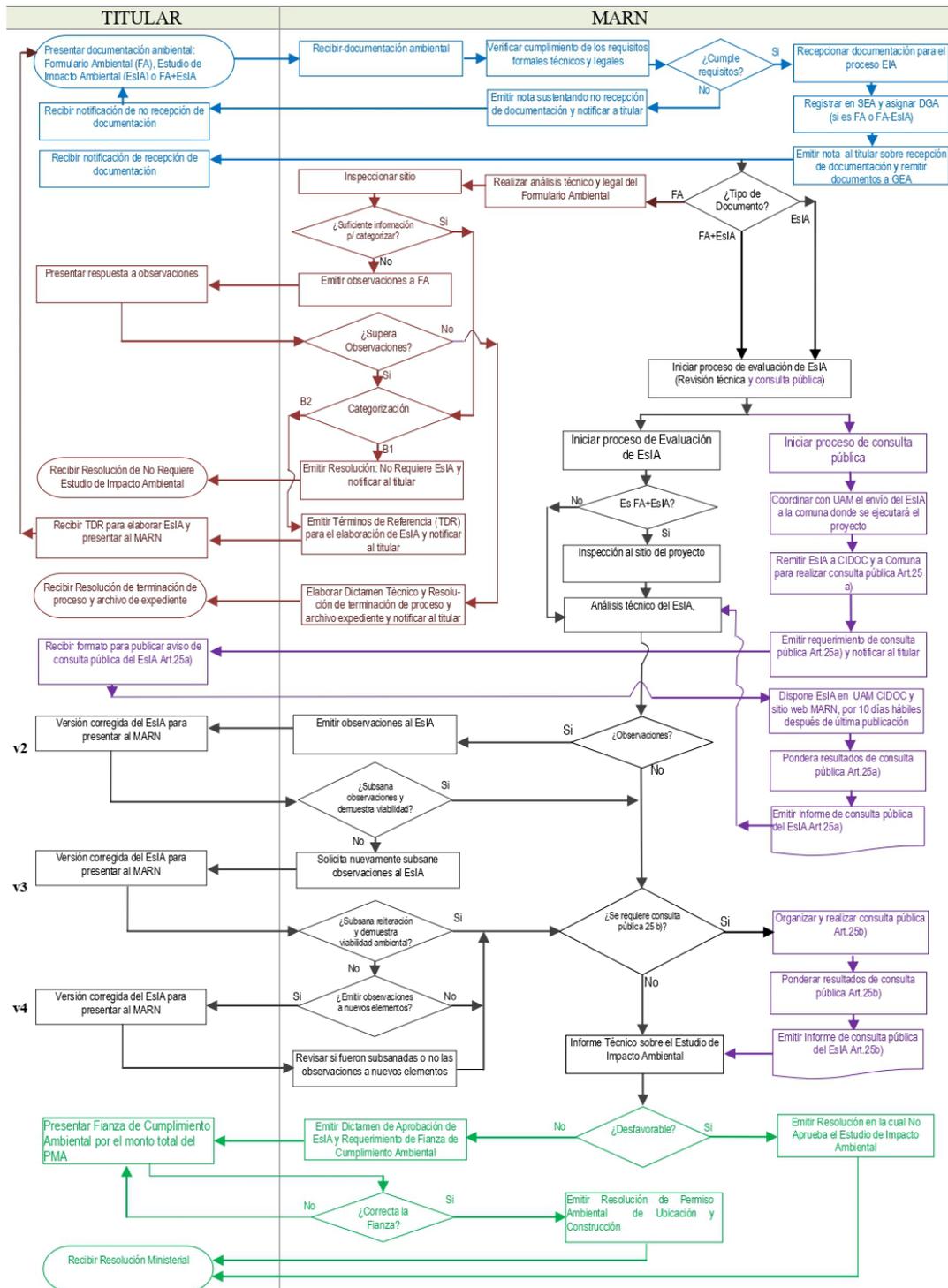
*Informe de Indicadores Ambientales, 2018; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.*

*Luis B. López Vázquez; “Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental en Ingeniería Civil”.*

*Juan Diego León Peláez; “Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo”*

*Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, 2018; Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú.*

# ANEXOS



Anexo 1: Diagrama del proceso de Evaluación del Impacto Ambiental. Fuente: Manual de procedimientos técnicos: Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. MARN. 2012.