



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

IMPACTO AMBIENTAL DE LOS AEROPUERTOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A
YOLANDA GARCIA SHIAFFIN

DIRECTOR DE TESIS:
M.I. ALBA B. VAZQUEZ GONZALEZ



MEXICO, D.F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/ 076/02

Señorita
YOLANDA GARCÍA SHIAFFIN
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. **ALBA BEATRIZ VÁZQUEZ GONZÁLEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"IMPACTO AMBIENTAL DE LOS AEROPUERTOS"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. AEROPUERTOS
- III. ASPECTOS IMPORTANTES DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS AEROPUERTOS
- IV. CASOS ESTUDIO
- IV. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 16 de mayo de 2002
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

Vo. Bo.
Alberto
18 marzo 2011

Vo. Bo.
[Signature]
18 marzo 2011

[Signature]

Vo. Bo.
[Signature]
18/03/2011

[Signature]
18/03/2011

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por permitirme tener vida.

A la vida por darme la oportunidad de vivirla y por cada uno de los momentos buenos y malos que me ha brindado en estos años.

A los dos Ángeles que tengo en el cielo: **ISMA †** y **RAFA †**, que desde allá arriba no dejan que caiga y me sostienen en este duro camino: hermanos los amo y extraño.

A mis padres Víctor y Margarita por darme la vida, por la tolerancia y comprensión que han tenido para conmigo, por todos y cada uno de los consejos que me han otorgado.

A Diego por ser el motor de mi vida, ya que con su amor y presencia impulsa cada uno de mis actos.

A Armando que me ha apoyado en este largo camino iniciado hace 16 años, por su apoyo e impulso, por estar a mi lado y por decirme tú puedes.

A Aby que es un impulso extra en este camino, mi niña te quiero.

A mis hermanos y hermanas: Paty, Víctor, Norma, Hugo, Claudia, Mirna, Marylin, Diana, Nancy. Por la forma de ser de cada uno de ellos y de la cual he aprendido ya que tomo lo bueno y lo que no es tan bueno lo dejo a un lado. Hermanos los quiero.

A la Mta en Ing. Alba B. Vázquez González por su paciencia y ayuda en este trabajo.

A la UNAM por haberme dado la oportunidad de ser parte de esta gran institución.

A la Facultad de Ingeniería por formarme como profesional, otorgándome la oportunidad de conocer y permitir que todos y cada uno de mis profesores sean parte de mi vida y dejaran ese gran legado en mí, la misma no me alcanzara para agradecer lo que hicieron.

A todas y cada una de las personas que formaron parte de mi vida de estudiante, a mis amigos y sobre todo a aquellos que me ayudaron en este lapso de mi vida

A los nuevos amigos y personas que son parte de mi presente como son: Carlos, Alma y Mario, gracias por el apoyo en esta nueva etapa de mi vida ya que con cada uno de sus consejos y palabras de aliento he podido ir mejorando.

IMPACTO AMBIENTAL DE LOS AEROPUERTOS
INTRODUCCIÓN**CAPITULO I
AEROPUERTOS**

I.1	Antecedentes	
I.1.1	Transporte aéreo	1
I.1.2	Relación entre transporte aéreo y terrestre	1
I.1.3	Transporte aéreo presente y futuro	1
I.2	Definición de aeropuerto y aeródromo	2
I.2.1	Clasificación de aeropuertos	3
I.3	Planeación de aeropuertos	3
I.3.1	Necesidades de planeación	4
I.3.2	Proceso de planeación	4
I.3.3	Plan maestro de un aeropuerto	5
I.3.4	Estudios técnicos	6
I.3.5	Estudios de mercado	7
I.3.6	Estudios constructivos: reconocimiento y topográficos	7
I.3.7	Estudios meteorológicos	7
I.3.8	Estudios hidrológicos	8
I.3.9	Estudios económicos-financieros	8
I.3.10	Estudios sociales, demográficos y seguridad	8
I.4	Factores importantes para la localización	8
I.5	Elementos de un aeropuerto	
I.5.1	Espacios aéreos	9
I.5.2	Pistas	10
I.5.3	Calles de rodaje	10
I.5.4	Plataformas	11
I.5.6	Edificio terminal	12
I.5.7	Caminos de acceso	12
I.5.8	Zona de combustible	12
I.5.9	Ayudas visuales	12
I.5.10	Torre de control	13
I.5.11	Áreas de estacionamiento	13
I.6	Problemas de diseño	13
I.6.1	Nivelación de pistas	13
I.6.2	Viento	14
I.6.3	Estudios financieros	14
I.6.4	Impacto ambiental	15
I.7	Construcción, operación y mantenimiento de aeropuertos	15
I.8	Procesos de construcción	16
I.8.1	Preparación del sitio y construcción: Estudios y trabajos preliminares	16
I.8.1.1	Desmante y despilme	16
I.8.1.2	Cortes y terraplenes	17
I.8.1.3	Agregados pétreos	17
I.8.1.4	Obras y servicios de apoyo	17
I.8.1.5	Requerimientos de agua	17
I.8.1.6	Descargas de aguas residuales	17
I.8.1.7	Suministros de materiales y apoyo	17
I.8.2	Períodos de construcción	17

	YGSB	
I .8.3	Vías de comunicación de accesos	18
I .8.4	Pavimentos: Diseño y construcción	19
I .8.5	Clasificación de pavimentos	19
	I .8.5.1 Pavimentos flexibles	19
	I .8.5.2 Pavimentos rígidos	19
I .8.6	Proceso constructivo de los pavimentos	19
	I .8.6.1 Pavimentos de concreto asfáltico o flexible	20
	I .8.6.2 Construcción de la base	20
I.8.7	Carpeta asfáltica	21
I .8.8	Construcción de pavimento de concreto hidráulico o rígido	21
I .8.9	Construcciones del pavimento hidráulico	20
I .8.10	Construcción de juntas	21
I .8.11	Construcción del pavimento mixto o combinado	21
I .8.12	Construcción del pavimento de concreto pre-reforzado	22
I .9	Pistas	
	I .9.1 Condiciones de pista para su construcción	23
	I .9.2 Orientación y número de pista	23
	I .9.3 Configuración de pistas	24
	I .9.4 Operación de una pista	24
	I .9.5 Calles de rodaje	24
	I .9.6 Plataformas	24
I .10	Edificaciones	24
	I .10.1 Edificio terminal o de pasajeros	24
	I .10.2 Torre de control	25
	I .10.3 Estacionamiento	25
I .11	Zona de combustible	25
I .12	Drenaje	26
	I .12.1 Diseño de canales	26
	I .12.2 Drenaje pluvial	26
	I .12.3 Construcción del subdrenaje	26
	I .12.4 Drenaje sanitario e industrial	26
I .13	Operación de un aeropuerto	26
I .14	Mantenimiento y seguridad del aeropuerto	27
I .15	Normas Oficiales Mexicanas de Construcción, Operación y Mantenimiento	28

CAPITULO II

ASPECTOS IMPORTANTES DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS AEROPUERTOS

II.1	Introducción	31
II.2	Impactos de los aeropuertos en su entorno	31
	II.2.1 Declaración de impactos en el medio ambiente	31
	II.2.2 Prevención de la contaminación	32
II.3	Identificación de los impactos ambientales	32
II.4	Efectos en el ambiente socio-económico	32
	II.4.1 Evaluación de los impactos sociales y económico	33
	II.4.2 Tenencia de la tierra	34
	II.4.3 Aceptación social del proyecto y sus aspectos demográficos y económicos	34
	II.4.4 Demografía	34
	II.4.5 Reubicación de poblaciones	35
	II.4.6 Generación de empleos o mercado de trabajo	35
	II.4.7 Efectos económicos regionales	35
II.5	Contaminación por ruido	36
	II.5.1 Características del ruido	36

	YGSB	
II.5.2	Ruido en aeropuertos	37
II.5.3	Métodos para pronosticar la exposición al ruido	37
II.5.3.1	Método OACI	38
II.5.3.2	Método NEF	38
II.5.3.3	Otros métodos	38
II.5.4	Parámetros para evaluar el sonido	
II.5.4.1	Intensidad y presión	39
II.5.4.2	Nivel de presión	39
II.5.4.3	Adiciones de sonido	39
II.5.4.4	Escalas de compensación	39
II.5.4.5	Propagación del sonido	40
II.5.4.6	Ruido de fondo	40
II.5.4.7	Niveles máximos de ruido	41
II.5.5	Instrumentos de medición de ruido	41
II.6	Fuentes de contaminación de ruido	
II.6.1	Tráfico aéreo	42
II.6.2	Urbanas	42
II.6.3	Choque sónico	42
II.7	Efectos del ruido en los seres humanos	42
II.7.1	Efectos auditivos	43
II.7.2	Otros efectos orgánicos	43
II.7.3	Efectos conductuales	43
II.8	Prevención y control del ruido	
II.8.1	Zonas habitacionales	44
II.8.2	Zona acústica	45
II.8.3	Zona industrial	45
II.8.4	Zona de aeropuertos	45
II.8.5	Control del nivel de ruido	45
II.8.6	Control de vibraciones	46
II.8.7	Procedimiento antiruido en aeropuertos	46
II.8.8	Limitaciones al procedimiento antiruido en despegues según OACI	47
II.9	Contaminación del aire	47
II.9.1	Emisión de los motores	48
II.9.2	Clasificación de los contaminantes	49
II.9.3	Principales contaminantes del aire	50
II.9.4	Efecto invernadero	50
II.9.5	Evaluación de la contaminación del aire	50
II.9.6	Prevención y control en los aeropuertos	50
II.10	Contaminación en suelos	51
II.10.1	Ocupación y modificación del suelo	51
II.10.2	Impactos sobre el uso del suelo	51
II.10.3	Erosión del suelo	51
II.11	Contaminación del agua	52
II.11.1	Calidad del agua: Subterránea	52
II.11.2	Embalses y cuerpos de agua cercanos	52
II.11.3	Drenaje subterráneo	52
II.11.4	Parámetros biológicos	52
II.11.5	Impactos ecológicos en el medio ambiente	53
II.11.6	medio abiótico: geología	53
II.11.7	Climatología	53
II.11.8	Hidrología	53
II.11.9	Medio biótico	54
II.11.9.1	Flora terrestre	54

	YGSB	
II.11.9.2	Flora acuática	55
II.11.9.3	Fauna	55
II.11.9.4	Fauna terrestre	55
II.11.9.5	Fauna acuática	56
II.12	Descripción y evaluación de las medidas de mitigación o de atenuación	56
II.12.1	Acciones de la actividad donde se requerirá la aplicación de medidas de atenuación	56
II.12.2	Estudios preliminares	56
II.12.3	Preparación del sitio	57
II.12.4	Construcción	57
II.12.5	Operación	57
II.12.6	Mantenimiento	58
II.12.7	Abandono, actividades futuras y relacionadas	58
II.12.8	Compensación ambiental	59
II.13	Legislación ambiental en México:	59

CAPITULO III

III METODOLOGIA DE LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL Y CASOS ESTUDIO EN EL AMBITO NACIONAL E INTERNACIONAL

III.1.	Evaluación del impacto ambiental	61
III.1.1	Metodologías de evaluación del impacto ambiental	61
III.1.2	Procedimiento por matriz de interacción	64
III.1.3	Identificación de impactos ambientales	64
III.2	La auditoria ambiental	
III.2.1	La auditoria como un instrumento para identificar la problemática ambiental	65
III.2.2	Principales deficiencias identificadas	65
III.2.3	Beneficios de la auditoria ambiental	66
III.2.4	Obras de protección ambiental recomendadas por la auditoria	66
III.3	Caso estudio nacional: Aeropuerto internacional "Ángel Albino Corzo" Chiapa de Corzo, Chiapas	
III.3.1	Selección del sitio	67
III.3.2	Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos	68
III.3.3	Tipo y características de la infraestructura aeroportuaria	68
III.3.4	Descripción de la infraestructura aeroportuaria	68
III.3.5	Programa general de trabajo	
III.3.5.1	Preparación del sitio	68
III.3.5.2	Etapas de construcción	68
III.3.6	Descripción del sistema ambiental regional y señalamientos de tendencia de desarrollo y deterioro de la región	69
III.3.6.1	Tipología de los impactos	69
III.3.6.2	Por la variación de la ca	70
III.3.6.3	Por la intensidad	70
III.3.6.4	Por la extensión	70
III.3.6.5	Por el momento en que se manifiesta	70
III.3.6.6	Por su persistencia	71
III.3.6.7	Por su capacidad de recuperación	71
III.3.6.8	Por la relación causa-efecto	72
III.3.6.9	Por la interrelación acción y/o efecto	72
III.3.6.10	Por su periodicidad	72
III.3.6.11	Por la necesidad de aplicación de medidas correctoras	72
III.3.7	Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales acumulativos y residuales del sistema ambiental regional	73
III.3.7.1	Técnicas para evaluar los impactos	73

	YGSB	
III.3.7.2	Impactos ambientales generados	74
III.3.7.3	Selección y descripción de los impactos ambientales	74
III.3.7.4	Impactos al paisaje	74
III.3.7.5	Impactos a la población	74
III.3.7.6	Impactos al aire	74
III.3.7.7	Impactos por ruido	75
III.3.7.8	Impactos al suelo	75
III.3.7.9	Impactos al agua	75
III.3.7.10	Impactos a la flora	75
III.3.7.11	Impactos a la fauna	75
III.3.7.12	Evaluación de los impactos ambientales	76
III.3.8	Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional	76
III.3.8.1	Etapas de preparación del sitio: Obras provisionales, desmonte, despalme y cortes, caminos de acceso	76
III.3.8.2	Etapas de construcción: asfalto y pavimentación, edificaciones, caminos interiores.	77
III.3.8.3	Etapas de operación y mantenimiento: aguas residuales, demanda de agua, emisiones a la atmósfera, residuos peligrosos, manejo de combustible, residuos no peligrosos.	78
III.3.8.4	Pronósticos ambientales y evaluación de alternativas	80
III.3.8.5	Programa de vigilancia ambiental	80
III.3.8.6	Plan de desarrollo urbano federal, estatal y municipal	82
III.3.8.7	Normas oficiales mexicanas e instrumentos de regulación utilizados en la construcción del aeropuerto "Ángel Albino Corzo"	83
III.3.8.8	Conclusiones: uso de suelo, economía, ruido, aire, suelo, Agua, flora, fauna, etc.	83
III.4	Caso estudio internacional: Nuevo Aeropuerto "Serena de la IV región"	
III.4.1	Selección del sitio	85
III.4.2	Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos	86
III.4.3	Tipos y características de la infraestructura aeroportuaria	86
III.4.4	Descripción de la estructura aeroportuaria	86
III.4.5	Programa general de trabajo	
III.4.5.1	Preparación del sitio	86
III.4.5.2	Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto	86
III.4.5.3	Etapas de construcción	87
III.4.6	Legislación Chilena en materia ambiental	87
III.4.7	Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias de desarrollo y deterioro de la región.	88
III.4.7.1	Identificación de las afectaciones a la estructura y funciones del sistema	89
III.4.8	Técnicas para evaluar los impactos ambientales	
III.4.8.1	Identificación de los impactos ambientales	90
III.4.8.2	Jerarquización de los impactos ambientales	90
III.4.8.3	Identificación y valoración de los elementos ambientales susceptibles a recibir impactos	90
III.4.9	Selección y descripción de los impactos significativos	
III.4.9.1	Impactos al paisaje	90
III.4.9.2	Impactos a la población	91
III.4.9.3	Potenciación a la actividad turística	91
III.4.9.4	Impactos al aire	91
III.4.9.5	Impactos por ruido	91
III.4.9.6	Impactos al suelo	92

	YGSH	
III.4.9.7	Impactos al agua	92
III.4.9.8	Impactos a la flora	92
III.4.9.9	Impactos a la fauna	93
III.4.10	Evaluación de los impactos ambientales	93
III.4.11	Estrategias de prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional	94
III.4.11.1	Plan de medidas de mitigación, reparación y compensación	94
III.4.11.2	Alteración de la calidad del aire	94
III.4.11.3	Pérdida de suelos y disminución de la abundancia de vegetación	94
III.4.11.4	Desplazamiento de la fauna local	94
III.4.11.5	Alteración de vistas y continuidad paisajística	94
III.4.11.6	Aumento de niveles de ruido	94
III.4.11.7	Medidas de prevención de riesgos	94
III.4.11.8	Suelos	95
III.4.11.9	Fauna	95
III.4.11.10	Medidas de control de accidentes	96
III.4.11.11	Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas	96
III.4.12	Plan de medidas de mitigación, reparación y compensación durante la etapa de construcción	96
III.4.12.1	Zonas de restricción	96
III.4.12.2	Alteración de la calidad del aire	96
III.4.12.3	Perdidas de suelo	96
III.4.12.4	Modificación del escurrimiento superficial	96
III.4.12.5	Disminución de la abundancia y riqueza de vegetación	97
III.4.12.6	Intervención sobre flora nativa	97
III.5.12.7	Desplazamiento de fauna local	97
III.5.12.8	Alteración de la vista y continuidad paisajística	97
III.4.13	Plan de medidas de mitigación, reparación y compensación durante la etapa de operación.	
III.4.13.1	Aumento en el nivel de presión sonora	98
III.4.13.2	Plan de medidas de prevención de riesgos y control de accidentes	98
III.4.13.3	Plan de prevención de riesgos durante la construcción de la obra	99
III.4.13.4	Plan de prevención a la fauna	100
III.4.13.5	Plan de prevención riesgos durante operación de la obra	100
III.4.13.6	Plan de medidas de control de accidentes o contingencias	100
III.4.13.7	Plan de control de accidentes o plan de contingencia durante la etapa de construcción	100
III.4.14	Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y con la regulación	101
III.4.14.1	Seguimiento ambiental del medio biótico	101
III.4.13.2	Seguimiento ambiental del ruido	101
III.4.13.3	Vinculación con el ordenamiento ecológico de Chile	101
CAPITULO IV		
CONCLUSIONES		103
CAPITULO V		
BIBLIOGRAFÍA		108

INTRODUCCION

Desde el inicio de la era industrial hasta hace unos pocos años, las sociedades creían que al crecimiento económico no lo detendría nada, que se basaba en las posibilidades ilimitadas de la tierra para sustentarlo

Pero hoy se sabe que el planeta no es capaz de soportar de manera indefinida el orden económico actual, que los recursos naturales son bienes limitados y los residuos sólidos, líquidos o gaseosos de nuestro sistema de vida conllevan a un grave riesgo para la conservación del medio ambiente y el hombre.

A lo largo de la historia de la humanidad se han dado una gran cantidad de impactos destructivos del ambiente y esto se debe a las diferentes obras y actividades del hombre; y todo esto ha generado graves daños a los ecosistemas, por lo que es necesario basarse en el desarrollo sustentable; que es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad, compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida. Para competir el sector productivo debe incorporar la sustentabilidad en sus operaciones.

Los aeropuertos son infraestructuras que ocupan el primer lugar de importancia en las actividades turísticas y económicas de cada país. Un aeropuerto no sólo impacta por su estructura física, sino por la tecnología que utiliza para atender el tráfico internacional, en atención al cliente, en sus servicios eficientes, en el manejo de los costos de mantenimiento y en la seguridad de todas las personas.

El conjunto de actividades que se desarrollan en la construcción de un aeropuerto tienen generalmente una incidencia nacional, ya que de su funcionamiento se espera una amplia gama de actividades económicas que habrán de fomentar el desarrollo y ser representativo del área donde se emplaza, sabiendo que tendrá ventajas (sobre todo económicas) y desventajas.

La construcción, operación y mantenimiento de un aeropuerto generan impactos adversos en el medio ambiente como son: la pérdida de flora y fauna endémica, pérdida de tierras de cultivo, así como acuíferos; ya que se pierden áreas de filtración hacia los mantos, que han alterado el balance ecológico debido a la pavimentación de grandes extensiones para las pistas; y contaminación en aire y suelo, por las emisiones residuales emanadas, así como la elevación del ruido en el entorno en donde se emplazara dicha infraestructura e incluso la reubicación de poblaciones.

Con frecuencia, las intervenciones humanas en el medio natural, incluyendo las efectuadas mediante la ingeniería, conciben a los recursos como un bien para hacer un producto o un recipiente en donde terminarían los desechos, por lo que se trata de administrar racionalmente los recursos naturales renovables, es decir se debe tener una optimización del uso de dichos recursos, así como establecer las medidas de prevención y mitigación del daño ambiental; la ingeniería más avanzada busca producir tecnologías, no solamente para prever y mitigar los impactos ambientales, sino también para ofrecer orientación al gobierno, al sector privado y a cualquier sector que así los solicite, sobre las diferentes alternativas que permitirían crear un futuro que sea más sostenible desde la perspectiva ambiental.

De igual manera que muchos ingenieros y gente especializada en el diseño, construcción, operación, mantenimiento e impactos generados por un aeropuerto, en este trabajo se resalta la importancia a los aspectos del cuidado ambiental y social que envuelve la construcción del mismo. Los nuevos aeropuertos deben de ser planeados, construidos y operados adoptando estrictos instrumentos ambientales. Ya no es admisible construir aeropuertos o cualquier otra obra de ingeniería sin que se busque

atenuar sus impactos. Por lo que se necesita de la integración de aspectos sociales y ambientales con los estudios técnicos y financieros, haciéndolo de manera viable y factible, y esto se da por medio de los estudios de impacto ambiental y las evaluaciones de impactos ambientales.

En el primer capítulo del presente trabajo se habla de lo qué es un aeropuerto, su clasificación, su planeación, las necesidades que llevan a realizar el plan maestro de esta infraestructura, los estudios necesarios para su elaboración: constructivos, económicos-financieros, sociales y demográficos, de seguridad; así como los elementos que lo integran; la operación, mantenimiento y seguridad; y las normas oficiales utilizadas para cada una de sus etapas, ya que es importante conocer los procesos constructivos de cada uno de los elementos integradores del aeropuerto, para reconocer los impactos ambientales que generan cada uno de ellos.

En el segundo capítulo se realiza una compilación de todo lo relacionado a los aspectos más importantes del impacto ambiental de los aeropuertos, impactos potencialmente negativos pero también los positivos, desde el social, económico, turístico, de salud; su aceptación social, los efectos causados por el ruido, la afectación al aire, los daños a suelos, al agua, los impactos ecológicos a flora, fauna, los desplazamientos y reubicación de poblaciones; así también se mencionan las medidas de mitigación o atenuación para cada uno de estos aspectos por medio de la compensación ambiental basada en los instrumentos de regulación tanto nacional como internacional vigentes.

En el tercer capítulo se analizan dos casos: uno nacional y otro internacional en donde se ve como se utilizan efectivamente los instrumentos de regulación, cada país con su normatividad pero respetando lo estipulado por las autoridades a nivel internacional, y cada uno dando sus alternativas para proteger el medio ambiente, las opciones de mitigación a los impactos negativos, pero reforzando los positivos, cada uno aplicando la metodología considerada la más efectiva o la correcta para hacer sus estudios y aplicar la normatividad correspondiente.

En el cuarto capítulo se aportan dentro de las conclusiones los planes de mitigación, atenuación y las medidas de prevención que se consideran necesarias para poder establecer una interrelación entre todos los integrantes de esta infraestructura.

El mejorar socialmente no implica que tengamos que perder lo más valioso que es nuestro medio natural, respetando los límites de capacidad de recuperación de los sistemas naturales. Por lo que lo económico debe de ir entrelazado con la protección al medio ambiente. Cuando el desarrollo no es sustentable conduce al agotamiento de los recursos naturales. En la actualidad el hombre se enfrenta a un detrimento de su medio ambiente natural por omisión, y ha perdido una gran parte de la pluralidad de vidas por incompetencia.

I AEROPUERTOS

I.1 Antecedentes

I.1.1 Transporte aéreo

La conquista del aire se inicio hace casi dos siglos y a la fecha ha tenido un avance sumamente acelerado. Este avance se debe a la ciencia moderna, pues desde un vacilante vuelo de algunos hombres intrépidos tripulando aeroplanos ha pasado a vuelos hasta de 20,000 km, sin recargar combustible.

En cuanto a velocidades, se ha pasado de 40 o 45 km/h a 1,000 km/h en los vuelos comerciales y en pruebas experimentales se ha alcanzado 6 o 7 veces la velocidad del sonido.

Algunas aplicaciones prácticas del transporte aéreo son: el movimiento de pasajeros, correo y carga; fumigación, obtención de mapas, así como la defensa de la soberanía y seguridad nacional.

Actualmente la industria de la aviación civil juega un papel sumamente importante tanto para la economía nacional, como para la internacional; esto debido a que la relación de dinero invertido en servicios de transporte está estrechamente relacionada con el nivel de actividad económica, que se mide por el PIB (Producto Interno Bruto) de un país.

El transporte aéreo enfrenta problemas que las naciones por sí solas no pueden resolver, desde los inicios de la aviación se ha tratado de encontrar soluciones a través de modelos internacionales, ya que requiere de la construcción de aeropuertos que cumplan con los estándares en cuanto al establecimiento de las ayudas, un sistema homologado para el reporte del clima y operaciones para minimizar los errores.

Para la operación del transporte aéreo se requiere de un lugar destinado para la llegada y salida de aviones. Este sitio puede ser en tierra o en agua y se conoce como aeródromo. Cuando es adecuado en obras e instalaciones para dar atención al pasajero se le conoce como aeropuerto.

I.1.2 Relación entre transporte aéreo y terrestre.

El aeropuerto es básicamente una liga entre dos medios de transporte: terrestre y aéreo.

El aeropuerto surge de la necesidad de unir una localidad con fines turísticos, de desarrollo industrial y/o agropecuario, o bien por la necesidad de integración política o territorial. Además de ser capaz de crear el origen de nuevo intereses.

El objetivo principal del viajero es ocupar el menor tiempo posible desde el punto original de salida hasta el lugar de su destino, por tanto es posible pensar que en distancias menores a 300 km, el transporte terrestre es el que domina, entre los 300 km y los 1200 km el transporte terrestre y el transporte aéreo se compensan y en recorridos de más de 1500 km domina el transporte aéreo.

El aeropuerto une al destinatario desde su llegada por transporte terrestre (cualquiera que éste sea) por medio de su camino de acceso y liga vial, hasta el embarque a la aeronave situada en plataforma, pasando por cualquiera de los servicios o instalaciones del aeropuerto y viceversa. De aquí la relación o conexión entre el medio de transporte terrestre y el aéreo.

Esta relación se establece debido a que el sistema aéreo requiere de un sistema terrestre el cual está constituido por diversos elementos, como las vías de acceso, zonas de carga y descarga; así como las pistas, calles de rodaje, y su liga con los medios de transporte terrestre que es la zona de un edificio terminal incluyendo la torre de control y edificios para oficinas y servicios, así como una zona especial para los suministros de energía eléctrica y agua, también otros como los destinados a la alimentación y distribución de combustible.

I.1.3 Transporte aéreo presente y futuro

Las nuevas políticas tendientes a la globalización mundial han impulsado y generado un vínculo entre las distintas formas de transporte para optimizar los recursos de la industria, por ello se ha promovido en distintos momentos y a través de diversos canales.

La actual estructura del transporte aéreo, basada en muchos casos en la utilización de aeronaves de gran autonomía, posibilita la realización de vuelos de largo recorrido, en los que las tripulaciones pueden exceder las limitaciones de actividad.

I.2 Definición de aeropuerto y aeródromo

Aeródromo: Área de tierra o de agua adaptada y destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de las aeronaves.

Aeropuerto: Aeródromo civil de servicio público que cuenta con instalaciones y servicios adecuados para la recepción y despacho de aeronaves, en el cual se proporciona servicio para la operación segura y eficiente de las mismas y es ahí donde se efectúa, el intercambio de pasajeros y carga, entre los dos medios de transporte.

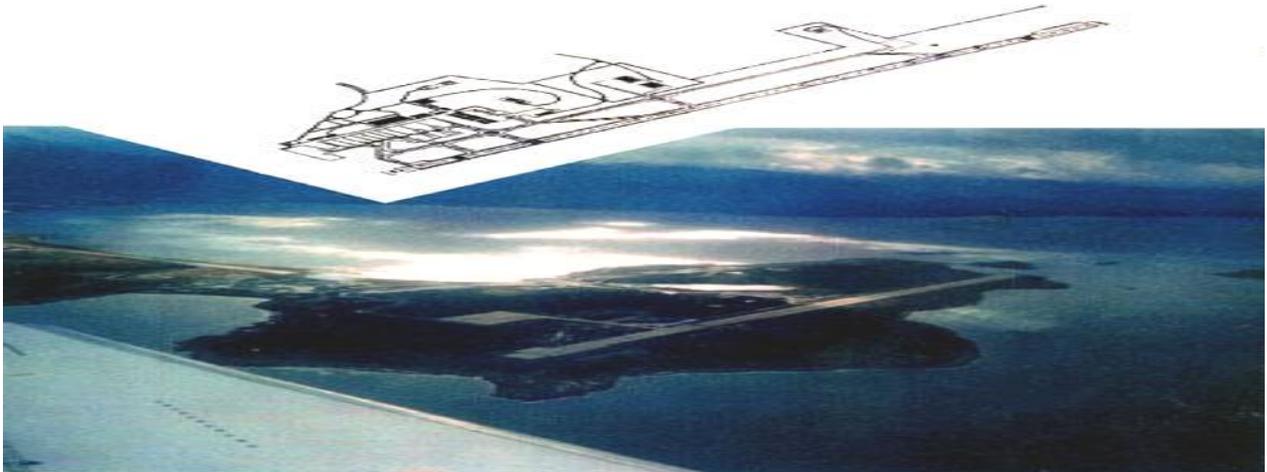


Figura 1.1 Aeródromo Jorge New Berry, Argentina. Fuente fotógrafos argentinos.

En un aeropuerto, desde el punto de vista de las operaciones aeroportuarias, se pueden distinguir dos partes: "lado aire" y "lado tierra". La diferenciación entre ambas partes se deriva de las distintas funciones que en cada lado se realizan. En el "lado aire" las operaciones se aplican sobre las aeronaves y todo se mueve alrededor de lo que estas necesitan, en el "lado tierra" los servicios giran alrededor de los pasajeros y sus necesidades. En el lado tierra, los edificios terminales tienen como función la conexión entre los modos de transporte terrestre (vehículos, autobuses, tren, metro) y el modo de transporte aéreo.

El volumen de pasajeros y el tipo de tráfico condicionan la configuración de la terminal pero en general todas las terminales tienen las siguientes zonas: vestíbulos de salidas y llegadas, control de pasaportes, salas de embarque, de ocio y control de aduanas.

El lado aire también llamado área de movimiento está integrado por el área de maniobras (pistas y calles de rodaje) y la plataforma. Su función es el rodaje de las aeronaves hasta/desde las pistas y el despegue y aterrizaje de las aeronaves. Un área importante en todo aeropuerto es el denominado centro de control de área, en el cual se desempeñan los controladores de tránsito aéreo ó ATC (por sus siglas en inglés), encargados de dirigir y controlar todo el movimiento de aeronaves en el aeropuerto y en la zona o área bajo su jurisdicción. La plataforma es el área destinada a dar cabida a las aeronaves mientras se llevan a cabo las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros y/o mercancías así como otras operaciones de atención a la aeronave (repostaje de combustible, pequeño mantenimiento, limpieza...)

El aeropuerto como obra de ingeniería civil está formado por una serie de sistemas que operan conjuntamente para una eficiente operación, estos sistemas están íntimamente ligados y dependen unos de otros, los cuales a su vez, deben proporcionar la capacidad necesaria para aeronaves, pasajeros, cargas, vehículos terrestres, etc., teniendo la opción futura de una ampliación. Ya que estos sistemas operan conjuntamente, no es posible la planeación por separado de cada uno de ellos por lo que se busca una planeación lógica posible de tal forma que la planificación de cada uno de ellos contribuya y se integren en un plan maestro.

Estos sistemas los podemos identificar en tres zonas:

- 1.- Zona Aeronáutica: Espacios Aéreos, pistas, calles de rodaje y plataformas.
- 2.- Zona Terrestre: Edificio de pasajeros, camino de acceso y liga vial.
- 3.- Zona Industrial: Almacenamiento y distribución de combustible.

Esta última zona no necesariamente influye en el funcionamiento del aeropuerto excepto por el abastecimiento de combustibles.

I.2.1 Clasificación de aeropuertos

Se clasifican de acuerdo a su radio de acción económica, al tránsito probable, al tipo de aeronaves que lo utilizan o al servicio que prestan. Para identificarlos rápidamente se utilizan claves, letras o palabras descriptivas.

La Organización de Aviación Civil (OACI), utiliza claves de referencia para indicar las características de los aeródromos. Esta clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características del avión. Así se determinará la clave de referencia de un aeródromo, número y letra de clave que se seleccione para fines de planificación del aeródromo. El cuadro 1.1 presenta las características de los aeródromos y aviones.

Cuadro 1.1 Relación entre claves de los aeródromos y las características de los aviones

Elemento 1 de la clave Longitud de pista		Elemento 2 de la clave Características del avión		
Número de la clave (1)	Longitud de campo de referencia del avión. (2)	Letra de clave. (3)	Envergadura (ancho de las alas del avión) (4)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje P* (5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m.	Hasta 4.5 m
2	Desde 800 hasta 1200 m	B	Desde 15 hasta 24 m	Desde 4.5 m
3	Desde 1200 hasta 1800 m	C	Desde 24 hasta 36 m	Desde 6 hasta 9 m
4	Desde 1800 m en adelante	D	Desde 36 hasta 52 m	Desde 9 hasta 14 m
		E	Desde 52 hasta 65 m	Desde 9 hasta 14 m

* Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal Fuente: tomado del manual de la OACI

Los grupos de aeropuertos permiten clasificarlos también de acuerdo al servicio esencial que prestan en la región en que se localizan. Los grupos son: Metropolitanos, Turísticos, Regionales y Fronterizos.

De acuerdo con Dirección de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en su programa sectorial 2007-2012, México cuenta con una red aeroportuaria integrada por 1,344 aeródromos y 85 aeropuertos, es decir, aeródromos de servicios al público que cuentan con las instalaciones y servicios suficientes para atender vuelos que realizan aerolíneas comerciales. De este total, 59 de ellos están considerados como internacionales y los 26 restantes prestan sus servicios para vuelos nacionales, sólo el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México opera de forma independiente. En el resto de los aeródromos, que no cuentan con la infraestructura necesaria para ser considerados como aeropuertos, opera la llamada aviación general que se constituye por las aeronaves que prestan servicios de manera no regular y las aeronaves privadas. Los cuales están distribuido de acuerdo con el siguiente cuadro.

Cuadro 1.2 Administración de la red aeroportuaria nacional.

a cargo o propiedad de:	número de aeropuertos
Concesionados a particulares	34
AICM	1
ASA	19
ASA en sociedad con gobierno estatal y sector privado	5
Estatales, municipales, militares y privados	26
total	85

FUENTE: SCT. Dirección de Aeronáutica Civil (Programa Sectorial 2007-2012)

I.3 Planeación de aeropuertos

Los aeropuertos están experimentando una modificación esencial en su contenido funcional y en sus relaciones con el entorno territorial. Han dejado de ser únicamente infraestructuras del transporte para convertirse en sistemas económicos complejos íntimamente relacionados con las regiones a las que sirven. Hoy en día, los aeropuertos cumplen una triple función: de infraestructura para el transporte aéreo, de centro de intercambio multimodal, y de núcleo de desarrollo urbano.

El acelerado proceso de globalización que se presenta de forma cada vez más generalizada ha dado origen a una nueva estructura económica, política y social de los países que está generando nuevas relaciones entre el gobierno y los mercados, entre el trabajo y el capital, entre el mercado mundial y las economías nacionales, y está dando origen a un sistema financiero internacional más complejo.

En este contexto, los organismos nacionales y regionales de transportes deben reconocer la conveniencia de desarrollar un eficiente sistema aeroportuario. Sus programas deben revisar su política de transporte aéreo y crear una estrategia global que fomente el aprovechamiento máximo del potencial de un aeropuerto. La actividad económica contemporánea demanda un transporte eficiente que satisfaga sus necesidades y que le permita ser competitiva en los mercados. Por esta razón, el medio de transporte idóneo para cubrir un servicio será aquel que resuelva de la mejor forma factores como seguridad, organización comercial, tiempo de traslado, puntualidad y tarifas.

En este orden de ideas, la contribución que la ingeniería civil puede aportar, entre otras áreas, al desarrollo de la industria del transporte aéreo es de gran importancia, ya que un porcentaje considerable del costo por transporte se debe a las inversiones realizadas en la construcción y el mantenimiento de la infraestructura física que lo sostiene.

I.3.1 Necesidades de planeación.

El complejo aeroportuario está constituido por el espacio aéreo, las infraestructuras aeronáuticas, todo el conjunto de instalaciones y servicios destinados al movimiento de pasajeros y mercancías, así como por los medios de intercambio con otros modos de transporte.

Los aeropuertos se han convertido en sistemas avanzados, no sólo en lo que se refiere a su propia estructura interna, sino también en sus relaciones con las actividades económicas asociadas a ellos.

La zona geográfica de influencia a la cual sirve el aeropuerto aloja todo el abanico de actividades, de tipo terciario en su mayoría, que sin ser parte del complejo aeroportuario propiamente dicho, se vincula a éste generando economías externas en ambos sentidos. Las empresas no sólo son las beneficiadas con la presencia del aeropuerto, sino que el propio complejo aeroportuario se hace más competitivo por la existencia de otras actividades. La existencia de zonas industriales, de recintos feriales, de centros turísticos y de zonas de servicio cerca de la infraestructura aeronáutica, tiene un efecto muy positivo para el transporte aéreo en el aeropuerto.

Desde el punto de vista del desarrollo regional hay que observar que este proceso es acumulativo, en el sentido de que el éxito de un aeropuerto, debido a su oferta de servicios, promueve su propio desarrollo. El crecimiento de las actividades económicas asociadas al complejo aeroportuario obliga a que este mejore su capacidad y competitividad de la oferta de transporte. Considerando esto último, y para que la planeación sea correcta y el aeropuerto se convierta efectivamente en un reactor de la dinámica del desarrollo económico, es necesario que cumpla su función con eficiencia manteniendo ciertas condiciones:

- En primer lugar, el aeropuerto debe de tener características técnicas y de infraestructura adaptadas a las necesidades de sus usuarios.
- El aeropuerto debe complementarse con una infraestructura de transporte que lo comuniquen con el territorio donde se ubique, de manera que se logre una estructura eficiente de transporte multimodal.
- Y por último, el aeropuerto debe ser autosuficiente, autorregular su crecimiento y no representar una carga económica para la sociedad.

De ahí surge la necesidad de planear a conciencia todo lo referente a la creación de un nuevo aeropuerto. De no hacerlo pensando en todos los criterios mencionados anteriormente se corre el peligro de caer en grandes errores que después costarán mucho, tanto económica como socialmente.

I.3.2 Proceso de planeación.

La planeación de un aeropuerto es un proceso tan complejo que el análisis de una de sus actividades, sin tener en cuenta la repercusión que pueden tener las demás, puede acarrear soluciones no aceptables.

Un aeropuerto lleva consigo una amplia gama de actividades que presentan diferentes y a veces conflictivas necesidades; estas son interdependientes y por lo tanto una sola de ellas puede limitar la capacidad del complejo, de ahí que tengamos que desarrollar un plan maestro del aeropuerto, el cual se detalla de la siguiente manera:

I.3.3 Plan maestro de un aeropuerto.

El plan maestro de un aeropuerto es un concepto que explica el desarrollo total de un aeropuerto y sus diferentes etapas de desarrollo; el cual contiene los aspectos de mayor relevancia, como la estimación de costos y el plan financiero.

El objetivo principal del plan maestro es el de proveer el seguimiento del desarrollo futuro del aeropuerto el cual, satisficará la demanda aérea de manera que el aeropuerto sea autosuficiente y al mismo tiempo, logre integrarse con los planes urbanos de desarrollo para lograr la evolución coherente y conjunta con la comunidad. A su vez debe ser flexible para permitir las ampliaciones parciales de cada uno de los elementos logrando un crecimiento integral de acuerdo a la demanda aeroportuaria.

Los objetivos específicos de un plan maestro para un aeropuerto se resumen a continuación:

- 1) Desarrollo de las instalaciones y servicios del aeropuerto.
- 2) Desarrollo del terreno y áreas circundantes al aeropuerto.
- 3) Determinación de los efectos ecológicos producidos por la construcción y operación del aeropuerto.
- 4) Establecer los requerimientos para el camino de acceso y liga vial.
- 5) Establecer las posibilidades económicas y financieras de los desarrollos propuestos.
- 6) Establecer un programa de prioridades y secuencias para el mejoramiento del plan propuesto.

La planeación de un aeropuerto está basada en varios procedimientos para evaluar las necesidades, asignar prioridades, proponer diferentes alternativas y justificarlas. El resultado del plan adoptado puede ser no el mejor plan técnico, pero generalmente representa el mejor plan práctico para los diversos requerimientos.

Para facilitar el desarrollo de este plan maestro se han enumerado los elementos que influyen en el estudio de la planeación y estos son los siguientes:

1) Coordinación: Debe existir una coordinación entre los grupos interesados en el aeropuerto como son: usuarios, organismos estatales, planeadores, constructores y organismos financieros. Esto nos dará un plan coherente y así obtener un aeropuerto funcional con capacidad de dar servicio a los usuarios, sin olvidar una futura ampliación, para cubrir las demandas.

2) Inventario de condiciones existentes: Es necesario recopilar información relacionada con la planeación del aeropuerto, tal como identificar las características físicas y ambientales del sitio, si existen aeropuertos cercanos, la estructura de los espacios aéreos, disponibilidad y localización de las ayudas a la navegación, inventariar los usos de suelo existentes en el área, localizar hospitales, escuelas y otras obras públicas, datos socioeconómicos y demográficos, empleos, niveles de ingreso, actividad comercial e industrial, datos de acceso terrestre, circulación y estacionamiento; evolución histórica de las condiciones climatológicas y estudios de mecanismos de financiamiento disponible para sostener las necesidades del aeropuerto.

3) Pronóstico de la demanda: Se necesita la información necesaria para estimar el comportamiento y requerimientos del aeropuerto, los elementos más importantes de demanda que es necesario pronosticar son: Movimientos diarios y horarios, promedios máximos frecuentes, promedios absolutos; así como el número de visitantes que llegan al aeropuerto por cada pasajero, el factor de ocupación en los aviones, el número de maletas por pasajero, el número de pasajeros, etc.

Los resultados del pronóstico, varían de acuerdo al objetivo que le corresponde y puede ser o no satisfactorios. Cada pronóstico tiene su aplicación para definir la capacidad de las instalaciones aeroportuarias; por ejemplo: el número de pasajeros anual, su máximo por hora, número de empleados, el número y tipo de aviones que se atenderán. Este pronóstico nos va a definir la capacidad del edificio terminal y el estacionamiento para los automóviles.

Para definir el número de pistas, el número de calles de rodaje, las dimensiones de las plataformas, capacidad de almacenamiento y distribución de combustible, se necesita saber el número y tipo de aviones que a futuro aterrizaran y despegaran al año, su máximo por hora y los estacionamientos simultáneos.

Este plan maestro debe considerar los efectos de desarrollo de la región ya que una obra de esta magnitud generará importantes actividades económicas, esto significa que al desarrollo de la zona debe integrarse el aeropuerto.

Un aeropuerto tendrá influencia en los accesos con las carreteras adecuadas al volumen del tránsito, para que pueda constituirse como un sistema de transporte masivo como el metro o el ferrocarril.

Se considerarán los problemas de contaminación ambiental que provocan los aviones, principalmente el ruido, para ello deberán determinarse sus niveles e indicaran el uso de suelo conforme a su proximidad al aeropuerto y su ubicación respecto a las rutas seguidas por los aviones en los despegues y aterrizajes, deberán ser evaluados.

El plan maestro incluye diferentes aspectos de planeación:

- Número, orientación y dimensiones de la pista.
- Número, ubicación y tipos de calles de rodaje.
- Dimensiones de las plataformas para estacionar los aviones.
- La zona terminal incluye los siguientes elementos:
 - Edificio para el manejo de pasajeros en vuelos comerciales y aviación general.
 - Torre de control.
 - Despacho y control de vuelos.
 - Subestación general y luces de emergencia para todo el aeropuerto.
 - Equipo hidroneumático.
 - Edificio de rescate y extinción de incendios.
 - Edificio de carga.
 - Hangares y talleres para mantenimiento y reparación de los aviones.
 - Zona para almacenamiento y características del sistema de suministro para los aviones.
 - Tipos de ayudas visuales y electrónicas.

Los elementos deben ser estudiados detenidamente para lograr la integración de cada uno de ellos como un todo, que permitirá un crecimiento armónico.

Con el plan maestro elaborado se define el proyecto ejecutivo, se materializan los estudios y se elaboran los planos constructivos para ejecutar la obra.

Al proyecto ejecutivo lo componen proyectos particulares como son:

- Proyecto aeronáutico: Basado en estudios meteorológicos, anemométricos, topográficos, pluviométricos, de espacios aéreos, de seguridad, de servicios, etc. Los cuales determina los tipos de ayuda, señalización visual y electrónica, para el aeropuerto.
- Proyecto geométrico: Se desarrollan los planos a detalle, plantas geométricas de pistas, calles de rodaje, plataformas, estacionamientos, caminos de acceso, etc.
- Proyecto de obra civil: Se hacen los estudios de mecánica de suelos, geotécnicos, y localización del banco de materiales. El costo y la calidad de la obra están en función directa de la obtención de los materiales que se emplearán en la obra y de una buena supervisión. El proyecto de obra civil consta de los cálculos y planos estructurales de edificaciones, terracerías, pavimentos, etc.
- Proyecto arquitectónico: Consiste en la elaboración de planos apegados a las condiciones prevalecientes en el lugar de la obra y consta de: fachadas, cortes, plantas arquitectónicas, perfiles, etc. Comprende también la distribución general, la ubicación de plataformas, pistas, calles de rodaje, edificios, estacionamientos, etc.
- Proyecto electromecánico: Comprende la definición y diseño de la zona de combustible y red de abastecimiento, instalaciones eléctricas, mecánicas, de aire acondicionado, de intercomunicación y sonido, así como el equipo para el funcionamiento de estos sistemas.

I.3.4 Estudios técnicos.

Son estudios que deberán de realizarse, para la planificación, localización, construcción y operación de un aeropuerto se tomaran en consideración los siguientes: constructivos, ambientales, financieros, sociales, operacionales, de seguridad, de tipo comercial, etc. Analizando cada uno de ellos se puede conocer su influencia al ejecutar el proyecto.

I.3.5 Estudios de mercado.

Dentro de este tipo de estudios se incluyen los realizados para saber el comportamiento de la demanda de un aeropuerto tales como: el número de pasajeros, el número de operaciones y el consumo de combustible.

Los estudios de mercado que deben llevarse a cabo deberán proporcionar los datos suficientes para cubrir los siguientes puntos:

- Pronósticos de demanda de pasajeros y mercancías.
- Pronósticos de movimiento de aeronaves.
- Pronósticos de movimiento de aviación general y militar.
- Demanda de vehículos terrestres públicos y privados.
- Capacidad y desarrollo de las instalaciones.
- Costos estimados.
- Número de operaciones, incluyendo los de tipo comercial regular, no regular y de aviación general.
- La cantidad de combustible consumido, ya que dicho insumo es un indicador que representa un ingreso importante a favor de los aeropuertos.
- La capacidad de la estructura, ya que determina el nivel de servicio de las instalaciones con relación a la demanda de servicios, presentada en la misma.
- Pasajeros horario- edificio de pasajeros, nos muestra la superficie disponible en edificios para pasajeros y un índice de los metros cuadrados requeridos por pasajero en hora crítica.
- Operaciones horarias, nos indican la capacidad de la pista y los espacios aéreos que se pueden realizar en el intervalo de tiempo de una hora.
- Posiciones simultáneas, proporcionan la capacidad de la plataforma de un aeropuerto, ya que consideran las posiciones simultáneas que se puedan tomar en superficie y se determina en función del área específica por posición, dependiendo del tipo de aeronave de que se trate.

I.3.6 Estudios constructivos: de reconocimiento y topográficos.

Para conocer la zona se efectuarán vuelos de reconocimiento; en estos vuelos se utilizará la fotogrametría para elaborar un plano de toda el área con curvas de nivel variable.

En este plano general se definen los límites, núcleos urbanos, zonas ejidales, o los sitios más variables para ubicar el aeropuerto, se verificarán y estudiara cada uno y se elegirá el que proporcione más ventajas.

Una vez seleccionada el área del aeropuerto, sus accesos, su espacio aéreo y sus áreas vecinales, se ubicarán, las pistas, plataformas, edificio terminal, etc., de acuerdo al plan maestro.

En el sitio de la construcción se efectuará un levantamiento topográfico directo de planimetría y altimetría, esto es para conocer la configuración topográfica, que servirá para elaborar los planos detallados de cada uno de los sistemas del aeropuerto.

I.3.7 Estudios meteorológicos.

Las características atmosféricas que definen un lugar son varias, pero las más importantes para el proyecto son: temperatura, presión, humedad del aire, régimen de vientos, cantidad y distribución de lluvias, y la evaporación.

El estudio y estimación de los vientos debe ser cuidadoso y exacto, ya que esto permite elaborar la rosa de los vientos, la cual indica: el porcentaje, velocidad e intensidad de los vientos dominantes, ya sean cruzados o directos, esto permite definir las orientación de las pistas.

La operación del aeropuerto debe contar con una visibilidad suficiente tanto en la zona del aeropuerto como en las inmediatas.

I.3.8 Estudios hidrológicos.

Las características hidrológicas de una región son determinadas por su estructura geológica, por su superficie topográfica y por el clima dominante. Con estas características atmosféricas se pueden delimitar los partaguas de las cuencas de los tributarios y de las cuencas adyacentes al sitio de estudio, los escurrimientos y las características fisiográficas con su área de drenaje, sus pendientes, su elevación, las características del cauce principal, la red de corrientes y las zonas factibles de inundación, así como las características físicas del suelo, su uso, su tipo, permeabilidad y capacidad de almacenamiento superficial.

Teniendo las cuencas definidas se hará un balance hidrológico, para estimar la probabilidad de ocurrencia de avenidas o intervenir localmente en el ciclo hidrológico.

I.3.9 Estudios económicos – financieros.

Este tipo de estudios evaluará los elementos que se describen mas adelante para evitar que afecten al aeropuerto, durante su construcción y futura operación como son:

- El costo del terreno, considerando las futuras ampliaciones y el desarrollo de los alrededores.
- Costo de desplazamiento del usuario.
- Costo de cambio de régimen de uso de suelo.
- Pagos por afectar a particulares y los derechos de vías.
- Los cambios en la tasa de interés, por las fluctuaciones de la moneda, tanto nacional, como internacional.
- El incremento de precios a futuro, de los materiales y mano de obra.
- El proceso inflacionario y su recuperación antes y después de la construcción.

Los estudios financieros determinan el plan financiero y la obtención de medios crediticios para el desarrollo del proyecto, la construcción, operación y mantenimiento y sobre todo la recuperación financiera para el pago de créditos, evalúan ingresos y egresos a futuro.

Los medios de que se disponen para obtener créditos e ingresos financieros para la construcción de un aeropuerto son:

Particulares: Banco mundial, empresas comerciales, líneas aéreas y empresas particulares.

Gubernamentales: Bancos Nacionales, instituciones de crédito, programas de apoyo con recursos federales y estatales.

I.3.10 Estudios sociales, demográficos y de seguridad.

Están asociados a los estudios financieros y si no se toman en cuenta, pueden afectar la operación del aeropuerto.

La migración regional de las ciudades y el desarrollo estructural en las mismas se deben tomar en cuenta, cuando el aeropuerto se encuentra localizado dentro o cerca de una ciudad.

La seguridad merece una especial atención, para evitar interferencias o accidentes aéreos que pongan en peligro la integridad física de los usuarios y del aeropuerto.

Los avances tecnológicos en el área de la navegación aérea y los factores operacionales prevén el desarrollo que alcanzarán las rutas de las compañías aéreas, así como las aeronaves actuales y futuras que podrán hacer uso del aeropuerto, en los períodos de máxima actividad.

I.4 Factores importantes para la localización.

Con los datos e información recopilada se selecciona el emplazamiento de un aeropuerto o la ampliación de uno existente, y así se determina la forma y tamaño del aeropuerto en sus diferentes etapas.

Debido a las grandes extensiones de terreno que requiere la construcción de un nuevo aeropuerto, se buscan terrenos que ofrezcan las máximas posibilidades de ampliación a largo plazo con las menores cargas financieras.

Para determinar la superficie, se considera en primer término la longitud, orientación y número de pistas, ya que constituyen la mayor parte del terreno exigido.

Una vez determinada la extensión de terreno contemplando las etapas de desarrollo, se hace un estudio de los posibles emplazamientos para seleccionar el que ofrezca mayores ventajas.

El aeropuerto debe localizarse en el lugar que proporcione la mayor seguridad y eficiencia de las aeronaves, así como los mínimos gastos de construcción.

La localización de un aeropuerto esta influenciada por factores importantes como:

- Presencia de otros aeropuertos y disponibilidad de espacios aéreos. Deben estudiarse cuidadosamente las operaciones de otros aeropuertos cercanos al nuevo, ya que estos deben ser situados lo suficientemente distantes para que no interfieran las actividades de aterrizaje y despegue de uno con el otro. Esto es por que si se localizan en una misma área de influencia pueden restringir sus operaciones.
- Condiciones atmosféricas y meteorológicas: la presencia de algunos fenómenos climatológicos reduce la visibilidad y por lo tanto la capacidad del aeropuerto.
- Acceso por transporte terrestre: ya que para la mayoría de los usuarios del aeropuerto el principal medio de comunicación con el mismo es el del automóvil particular y para el resto transporte público.
- Tipo de desarrollo del área circundante: Es importante desde el punto de vista de ruido y este tema se desarrolla en el capítulo número dos del trabajo.
- Disponibilidad del terreno para una posible expansión.
- Obstrucciones circundantes: el área circundante del aeropuerto debe estar restringidas y protegida de cualquier levantamiento futuro de edificaciones.
- Construcción económica: Es claro que si existieran sitios alternativos con igualdad de circunstancias, se elegiría el más económico para su construcción.
- Disponibilidad de recursos: en la selección del lugar la prevención de ciertos elementos como: agua, electricidad y combustible.
- Proximidad al aeropuerto: la selección debe ser tal que resulte el menor tiempo posible para su acceso, este tiempo se consideran de puerta a puerta (es el tiempo considerado desde que el usuario sale de su casa, hasta que cruza la puerta de acceso al aeropuerto).

Existe una serie de documentos y manuales que contienen especificaciones técnicas, y en los cuales nos podemos basar para definir el tamaño, forma y cantidad de las instalaciones que son determinantes para la localización de un aeropuerto, por ejemplo: el manual de proyectos de aeródromo. Parte 1: pistas publicados por la OACI., el anexo 14: normas y métodos recomendados internacionales volumen I.

I.5 Elementos de un aeropuerto

1.5.1 Espacios aéreos

Comprenden las zonas libres de obstáculos, donde el avión puede realizar todas sus operaciones aeronáuticas o vuelos, como son el acto de despegue, aterrizaje y maniobras en el aire, así como en las inmediaciones del aeropuerto.

Este cuenta con superficies limitadoras de obstáculos que permiten a las aeronaves realizar operaciones adecuadas y seguras, mismas que se representan por superficies que parten de la pista con cierta pendiente, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Superficie de ascenso en el despegue.
- Superficie de aproximación.
- Superficie de aterrizaje interrumpido o de aproximación fallida.
- Superficie horizontal o interna.
- Superficie cónica
- Superficie de transición y de transición interna.
- Superficie horizontal externa

El tamaño de espacio aéreo, depende del número de pistas, de las condiciones meteorológicas prevalecientes en la región, del tipo de aviones que harán uso del aeropuerto y de la cercanía con otros aeropuertos.

I.5.2 Pistas

La pista es un área rectangular, libre de obstáculos y conformada a ambos lados, para que las aeronaves realicen a lo largo de ella los recorridos de aterrizaje y despegue en forma segura.

Los cuadros 1.3 a 1.6 resumen algunas de las especificaciones de pista adoptadas por la OACI.

Cuadro 1.3 Anchura de Pistas

Letra clave A	18 m	23 m	30 m	-----
Letra clave B	18 m	23 m	30 m	-----
Letra clave C	23 m	30 m	30 m	45 m
Letra clave D	-----	-----	45 m	45 m
Letra clave E	-----	-----	-----	45 m

Fuente: OACI. Si la letra en D o E es la anchura total de la pista, sus márgenes no será superior a 60 m

Cuadro 1.4 Pendientes de una pista

Pendiente longitudinal máxima	1.5%	1.5%	1.25%	1.25%
Gradiente máximo efectivo	2%	2%	1%	1%
Cambio máximo longitudinal de la rasante	2%	2%	1.5%	1.5%
Pendiente transversal máxima	2% si la letra clave es A ó B		1.5% si la letra Clave es C, D ó E	

Fuente: OACI.

Cuadro 1.5 Anchura de la franja de la pista

Pista de precisión o no	150 m	150 m	300 m	300 m
Pista de vuelo visual	60 m	80 m	150 m	150 m

Fuente: OACI.

Cuadro 1.6 Pendientes de la franja

Pendiente longitudinal máx.	2%	2%	1.75%	1.5%
Pendiente transversal máx.	3%	3%	2.5%	2.5%

Fuente: OACI.

Los aeropuertos pueden contar con varios tipos de pistas:

- Pista de vuelos por instrumentos, destinada a los vuelos de aeronaves que utilizan ayudas no visuales, o procedimientos de aproximación por instrumentos.
- Pista de aproximaciones que no sean de precisión: pista de vuelo por instrumentos servida por ayudas visuales y una ayuda no visual que proporcione por lo menos guía de direcciones para la aproximación de precisión.
- Pista de vuelo visual. Destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para su aproximación
- Pista principal. Utilizada con preferencia a otras, siempre que las condiciones lo permitan.

I.5.3 Calle de rodaje

Vía definida en un aeropuerto, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeropuerto como son:

- Calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves.
- Calle de rodaje en la plataforma.
- Calle de salida rápida.

Las características de las calles de rodaje se presentan en el cuadro 1.7

Cuadro 1.7 Tipos de calles de rodaje

Letra clave	Ancho calles de rodaje	Ancho total
A	7.5	---
B	10.5	---
C	15m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones con una base de ruedas inferior a 18m 18m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones con una base de ruedas superior a 18m	25 m*
D	18* m* si la calle de rodaje se ha previsto para aviones cuya anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal es inferior a 9m 23* m si se ha previsto igual a 9m ó más	38m*
E	23 m*	44 m*

Fuente: OACI. * Se refieren a la posición recta de las calles de rodaje.

Las calles de rodaje deben proporcionar acceso a las pistas, a la terminal aérea y a los hangares; deben de estar diseñadas de tal forma que no existan interferencias entre aterrizajes y despegues de aviones. Se deberá buscar al diseñar calles de rodaje las distancias más cortas a los puntos a los que deberán servir para reducir los tiempos de ocupación de pistas, así como los tiempos de rodaje.

El número y tipo de las calles de rodaje necesario en un aeropuerto dependerá del número de operaciones que tenga el aeropuerto, deben estar localizadas siempre que sea posible, de modo que no crucen con otras pistas y otras calles que sean transitadas. La capacidad de una pista depende en gran medida del sistema de calles de rodaje, ya que mientras más rápido un avión desaloje la pista se podrán realizar más operaciones.

La localización de las calles de rodaje depende en gran medida de la mezcla de los aviones que utilizan el aeropuerto, la aproximación a la pista y velocidad del avión cuando este toca la pista, el punto de toque, la velocidad de salida, el promedio de desaceleración, y también el número de salidas. Otro factor que es muy importante y que influye en la localización de las calles de rodaje es que tan rápido y en que forma, el control de tránsito aéreo, puede manejar la llegada y salida de los aviones. La ubicación de la pista y el edificio de pasajeros influyen también en la localización y podemos clasificarlas en dos tipos:

- Calles de rodaje de entrada.
- Calles de rodaje de salida.

1.5.4 Plataformas

Área definida destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Las plataformas deben proporcionar las distancias de rodaje mínimas entre la pista y el lugar de estacionamiento, debe tener el área suficiente para permitir el libre movimiento de las naves y equipos necesarios.

Tipos de plataforma:

- Plataforma terminal: Área designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves situadas junto a las instalaciones de la terminal de pasajeros.
- Plataforma de carga: sólo para las aeronaves que transportan carga y correo y se establece separada del edificio terminal. Ya que las instalaciones son diferentes a las de pasajeros.
- Plataforma de estacionamiento para pernoctar, para aviones que no necesitan permanecer estacionados por largos periodos. Para estancia de la tripulación o mientras se efectúa el servicio o mantenimiento periódico menor de las aeronaves, estas se encuentran alejadas de la plataforma principal.
- Plataforma de servicios y hangares: De servicios, área adyacente a un hangar de reparaciones en la que se efectúa el mantenimiento de aeronaves.
- Plataforma temporal: para aviones que realizan vuelos transitorios, que realizan abastecimiento de combustible, de servicio y transporte terrestre.
- Plataformas de aparcamiento base en un aeropuerto: las aeronaves que tienen su base en un aeropuerto y necesitan ya sea un espacio de aparcamiento o amarre en una zona al descubierto.

- Otras plataformas de servicio de tierra.

El tipo de diseño de plataformas más adecuadas para satisfacer las necesidades en un aeropuerto depende de factores relacionados entre sí, por mencionar, la plataforma debe ser compatible con el diseño del edificio de pasajeros y viceversa. Así también si tiene determinadas características de tránsito. Y algunas configuraciones son:

- Simple, lineal, lineal circular, espigón o andenes, satélite, remota o de transporte y mixto.

Hay otros componentes necesarios para integrar las calles de rodaje, las pistas y plataformas, como son áreas de espera y superficies de enlace.

I.5.6 Edificio terminal

El edificio terminal es la liga física entre dos medios de transporte, el terrestre y el aéreo. Es ahí donde se llevan a cabo la recepción y control de pasajeros o carga.

Cuando la recepción y control de pasajeros o carga se lleva a cabo en uno o más edificios pero sin la duplicidad en el servicio se le da el nombre de edificio terminal centralizado y cuando este control se lleva a cabo en dos edificios y se da la duplicidad en dichos servicios, se le denomina edificio terminal descentralizado.

Este edificio cuenta generalmente con dos grandes zonas, una destinada a oficinas, despachos de compañías de aviación, salas de espera, ambulatorio público, aduana, policía, dirección de aeropuertos, servicio de telecomunicaciones, reclamo de equipajes y control de pasajeros, etc., y otra destinada a servicios complementarios como son: restaurantes, oficinas administrativas, servicio médico, teléfono, comercios, etc.

I.5.7 Caminos de accesos

El sistema de caminos de acceso proporciona la conexión entre el área terminal y las mejores rutas de comunicación con la población, una buena localización permite obtener las mayores ventajas de autopistas u otras carreteras existentes para hacer expedito el transporte terrestre al aeropuerto.

Dentro del aeropuerto, se tienen los caminos de intercomunicación que permiten el desplazamiento en el interior del mismo, uniendo así las instalaciones separadas del núcleo principal.

I.5.8 Zona de combustible

Se localiza en el interior del aeropuerto y está provista de instalaciones que permiten almacenar, distribuir y suministrar combustible a las aeronaves.

Las dimensiones de sus instalaciones dependen del número y tipo de aviones que operarán en el aeropuerto, ya que con estos datos se puede definir la capacidad de los tanques de almacenamiento y los tipos de combustible por almacenar.

Cuando el combustible requiere de reposo incrementa la cantidad de tanques de almacenamiento, lo que deberá preverse, así como destinar áreas para futuras expansiones.

Por la cantidad de combustible que se almacena y distribuye en esta zona es conveniente contar con equipos de seguridad para suprimir las explosiones y prevenir incendios.

El sistema de fosas y pipas se emplea para suministrar combustibles de baja capacidad. La alimentación de combustible de alta capacidad se hace por medio de hidrantes y camiones con mangueras.

I.5.9 Ayudas visuales

Las ayudas visuales y los equipos electrónicos, ubicados en el interior y en las zonas colindantes del aeropuerto, así como los que se encuentran integrados en los aviones como parte del equipo de vuelo, permite la localización segura del mismo; facilitan las maniobras de aterrizaje y despegue y dan mayor precisión y seguridad, aun cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.

Las ayudas visuales pueden ser luminosas o no.

Entre las luminosas tenemos:

- Faro de identificación.
- Iluminación de aproximación.
- Luces guías para el vuelo sin circuito.
- Sistema visual indicador de pendientes.

- Proyector de techos.
- Luces para señalamientos de obstáculos.
- Banderas, para obstáculos fijos y móviles.
- Equipo luminoso auxiliar para la torre de control.
- Iluminación de pistas, calles de rodaje y plataformas. Etc.

De las no visuales tenemos.

- Paneles de señales terrestres.
- Señales designadoras de pistas.
- Señales de placas.
- Señales de orientación.

Existe otro tipo de señales que pueden ser luminosas o no y estas son:

- Indicador de dirección de viento.
- Indicador de dirección de aterrizaje. Etc.

Aun cuando las condiciones climatológicas sean muy severas el aeropuerto cuenta con equipos electrónicos que operan y facilitan su localización y estos son algunos:

- Radio faro omnidireccional de alta frecuencia (VOR).
- Sistema de instrumentación para aterrizajes (ILS).
- Equipo de radio telemétrico de alta frecuencia (DME), etc.

I.5.10 Torre de control

En este edificio es donde se regula y controla el tránsito aéreo, tanto en el interior como en la zona que rodea al aeropuerto. La torre de control contiene equipos de radiocomunicación, que le permiten controlar la circulación de aviones, al desplazarse de un punto a otro como los que se encuentran en vuelo en sus inmediaciones o en su zona de influencia.

I.5.11 Áreas de estacionamientos

Los estacionamientos pueden diseñarse a un solo nivel o con estructuras de estacionamiento en varios niveles unidos al edificio terminal con el objeto de minimizar las distancias por caminar.

El estacionamiento se proyecta con suficiente capacidad para alojar los vehículos de pasajeros, ejecutivos, empleados y espectadores. En terminales muy activas, se cuenta con áreas de estacionamiento temporal para taxis, autobuses o camiones que efectúan suministros diversos.

I.6 Problemas de diseño

Para obtener un adecuado nivel de servicio, se toman en cuenta las características de operación del aeropuerto, tales como mezclas de aeronaves, frecuencia de la demanda y tipo de servicios.

Las necesidades de espacio para el corto, mediano y largo plazos, se definen a través de los parámetros de diseño y las horas críticas, y así poder hacer eficiente la operación del aeropuerto beneficiando a todos los pasajeros, operadores y usuarios. Con esta información se puede establecer la estrategia más adecuada para el crecimiento de los principales elementos del aeropuerto. Estos a su vez, se modificarán en función de la distribución geométrica y ubicación de los elementos.

También se analiza el estado y las posibilidades de las instalaciones para atender la demanda esperada, y se define el grado y momento en que se saturan los elementos.

Para que el desarrollo del aeropuerto sea armónico, es necesario que las capacidades de los elementos que lo integran estén equilibradas.

I.6.1 Nivelación de pistas

Expertos y pilotos opinan que las pistas de aterrizaje deberían ser diseñadas y construidas con normas más estrictas.

Se recomienda que para reducir la referencia visual falsa, la pista de aterrizaje debería nivelarse a lo largo de su longitud, con el gradiente longitudinal a no más de 1%.

Una corona de pista de aterrizaje del 1% al 1.5% debe ser proyectada a fin de proveer el drenaje adecuado.

Las pistas paralelas deben construirse como mínimo a 1524 m entre líneas centrales.

I.6.2 Viento

Para el piloto que hace un aterrizaje es importante conocer la dirección del viento en la pista y su velocidad en todo momento, frecuentemente existe una gran diferencia entre los datos de la torre de control y lo que experimenta el piloto en el aterrizaje.

Los medidores de viento deben ser livianos y tendrán que instalarse cerca de las pistas de aterrizaje preferentemente a una distancia de entre 46 m a 305 m de la misma y del lado izquierdo.

I.6.3 Estudio financiero.

Se requiere un estudio de las repercusiones económicas y los beneficios que traerá el proyecto aeroportuario sobre la economía, ya que se busca el crecimiento del país. La buena preparación, investigación y presentación del estudio, puede facilitar la obtención del financiamiento o de mejores condiciones financieras. En cambio la escasa o nula investigación de las repercusiones económicas puede hacer más difícil la obtención de financiamiento, principalmente de fuentes de inversión extranjera como bancos o fondos de desarrollo.

Otro factor importante para obtener financiamiento, es la credibilidad de la información relativa a los pronósticos de demanda, ya que es determinante en el crecimiento de las actividades económicas derivadas del turismo o del aumento en las mercancías.

En conjunto, esto produce resultados positivos para las autoridades públicas, empresarios e inversionistas, lo cual induce inversiones adicionales en el proyecto.

Una vez que se ha decidido llevar a cabo el proyecto, es preciso elaborar un plan financiero que contenga la siguiente información.

- Estimación de los costos de producción de cada elemento.
- Los fondos requeridos en las diferentes etapas.
- Los ingresos captados por el aeropuerto en su operación.
- Forma y tipo de moneda para pagar la deuda.
- Las posibles fuentes de financiamiento, las cuales pueden ser:
 - Fondos generados por las operaciones del aeropuerto.
 - Otras fuentes como: tasas de interés, amortizaciones, etc.

Un factor de suma importancia para decidir la realización de la inversión en el proyecto aeroportuario, es la obtención de financiamiento en moneda extranjera y la medida de los pagos pueden realizarse en moneda nacional. Cuando sea necesario sufragar los pagos en moneda extranjera, es necesario desde un principio prever la obtención de divisas. Generalmente se trata de negociar los préstamos de fuentes extranjeras a bases de créditos a largo plazo y así reducir las dificultades relativas a las divisas.

Los costos que normalmente se liquidan en moneda nacional, son los siguientes:

- Obras de construcción y contratos nacionales.
- Adquisición de los terrenos.
- Sueldos y salarios.
- Materiales y equipos necesarios.
- Intereses derivados por préstamos nacionales.
- Impuestos.

Los costos que deben de liquidarse en moneda extranjera, son los siguientes:

- Empresas y contratistas extranjeros.
- Equipos, materiales y suministros de procedencia extranjera.

- Intereses derivados por préstamos extranjeros.

La capacidad del aeropuerto depende en gran medida de la disponibilidad de él mismo para producir ingresos y hacer frente a la deuda por concepto de préstamos. Cabe recordar, que la mayoría de los aeropuertos no recupera sus costos totales y los que operan a bajos volúmenes de tráfico, tienen pocas posibilidades de hacerlo en un plazo relativamente corto. Debido a esto, la obtención de fondos para cumplir con las obligaciones derivadas de los préstamos corresponde totalmente al gobierno. Se busca crear aeropuertos que sean capaces de generar los intereses y rembolsar los préstamos obtenidos, con el objeto de financiar las futuras ampliaciones de la infraestructura portuaria.

Durante la etapa de planificación, se deberán estudiar las posibles fuentes de financiamiento para el proyecto aeroportuario, con el fin de contar desde un principio con el financiamiento necesario, ya que estas gestiones toman normalmente tiempos prolongados.

Las fuentes más comunes de financiamiento, son las gubernamentales que a su vez pueden ser obtenidas a través de instituciones financieras pertenecientes al gobierno. Pudiendo participar también gobiernos o instituciones extranjeras.

1.6.4 Impacto ambiental.

La construcción y operación de un aeropuerto implica un desequilibrio ecológico y social, lo cual puede ser controlable mediante la aplicación de medidas de mitigación a los impactos ambientales, ya sean preventivas o correctivas.

Así mismo se generan beneficios durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento, por ejemplo: La generación de empleos, infraestructura tanto para la educación como para la salud, etc.

Se requiere una identificación y medición de los contaminantes que genera el aeropuerto, así como los métodos y medidas anticontaminantes y preventivas que se utilizaran para controlar y mitigar el impacto ambiental, en este factor ambiental.

1.7 Construcción, operación y mantenimiento de aeropuertos

El objetivo de las especificaciones de construcción es tener un mayor control en el aeropuerto, y así, establecer los procedimientos convenientes para que durante la ejecución de las obras de construcción dentro de sus instalaciones no se afecte la seguridad de las operaciones normales del aeropuerto (si se tratara de una ampliación o remodelación).

Para la construcción y operación de un aeropuerto, se requiere de la concesión o permisos del organismo encargado del transporte en el país o estado. En México las concesiones y permiso los otorga la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC, Dependencia de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, SCT), para la construcción y operación por parte del sector público o privado.

Los aeropuertos deberán ser utilizados por aeronaves cuyas características físicas y operacionales sean compatibles con las instalaciones.

Los servicios de un aeropuerto están divididos en dos secciones:

- Aeropuertos de servicios públicos: transportan pasajeros, carga, correo, etc.
- Aeropuertos de servicios privados: Industria privada, aviación agrícola, deporte aeronáutico, etc.

Para obtener permisos de construcción de un aeropuerto destinado tanto a servicio público, como privado, se deberá presentar la documentación correspondiente ante el organismo encargado del transporte del estado. En México se deberá entregar a la SCT por medio de la DGAC la siguiente documentación:

1. Solicitud por escrito.
2. Documento que acredite la personalidad del solicitante.
3. Documento que acredite la propiedad, posesión o uso de los terrenos.

Será necesario presentar los estudios de evaluación del proyecto aeroportuario que hagan factible su realización. Los cuales incluyen los estudios mencionados dentro del plan maestro y los proyectos particulares, así como el programa de obra.

Revisados los estudios, en caso de ser aprobados se otorgará el permiso respectivo teniendo que cubrir los derechos que marca la ley.

La concesión o permiso causa derechos, y además, debe aportar el porcentaje correspondiente de participación de utilidades que fija la SCT También deberán presentar las tarifas correspondientes para los servicios que ofrezcan.

Para aeropuertos que se encuentran en la etapa de ampliación o remodelación será necesario que antes y durante las obras de construcción, se tomen en cuenta algunas medidas de seguridad para evitar al máximo las interrupciones de operación en el aeropuerto. Estas consideraciones operacionales y medidas de seguridad se resumen en las siguientes¹:

- Mantener rutas de acceso a las áreas de operación de los vehículos de rescate y extinción de incendios.
- Suspensión o restricción de actividades en las áreas de trabajo con el debido señalamiento.
- Control de personal y equipo de construcción.
- Control de accesos temporales.
- Definir los representantes y las responsabilidades de cada dependencia, líneas aéreas y empresas involucradas.
- Control de ruido y polvo en áreas públicas.
- Elaboración de planos detallados en las áreas de trabajo.
- Desactivar las ayudas visuales luminosas de las áreas de operación cerrada.
- Programa secuencial de los trabajos.
- Otras medidas de seguridad adicionales que se requieran.

I.8 Procesos de construcción

El proceso de construcción que se describe es un proceso general para un aeropuerto, ya el desarrollo del mismo para cada una de las instalaciones y elementos que integran al aeropuerto, escapa a los objetivos de este trabajo. Por lo tanto se describe una secuencia que es flexible de las actividades de construcción en general que se realiza en un aeropuerto.

Es de vital importancia que en esta etapa se unifiquen e integren los equipos de planificación y construcción, ya que de no haber una buena comunicación e integración, resultarían ineficientes y costosos los trabajos de construcción. Por esto se deberá seguir un programa detallado de las actividades a realizar previniendo y tomando en cuenta el futuro desarrollo y ampliaciones que tendrá el aeropuerto.

I.8.1 Preparación del sitio y construcción: Estudios y trabajos preliminares.

Para la ejecución de los estudios y trabajos previos de campo se tendrán que realizar demoliciones de las obras existentes en el caso que las hubiese. Además, se deberá verificar la liquidación de los terrenos expropiados o comprados, bienes distintos de la tierra, adquisición de terrenos de pequeña propiedad y el cercado de los límites del aeropuerto. A continuación se procederá en forma simultánea a realizar el trazo, nivelación y distribución de los diferentes sitios donde se ubicarán las construcciones e instalaciones del aeropuerto, así como la distribución, construcción e instalaciones provisionales como son los campamentos, talleres, oficinas de campo, almacenes y bodegas, vialidades y accesos para fines constructivos, plantas de generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, desalojo de residuos líquidos y sólidos, caminos de acceso, comunicaciones, etc.

I.8.1.2 Desmote y despálme.

El desmote consiste en eliminar la vegetación existente en el área de trabajo, mientras que el despálme consiste en remover un determinado espesor del terreno natural. El material sobrante, deberá ser acarreado hasta los sitios previamente establecidos para materiales de desecho. Para realizar los trabajos antes mencionados se requerirá de maquinaria pesada, vehículos para desalojar los materiales sobrantes, además de personal técnico, operadores y trabajadores en general.

¹Boletín técnico obligatorio. Coordinación de trabajos de construcción y mantenimiento en aeropuertos SCT.DGAC:1989

I.8.1.3 Cortes y terraplenes.

Los cortes como su nombre lo indica son excavaciones en el terreno natural y tiene como finalidad nivelar accidentes topográficos en el área de construcción.

Los materiales de corte se clasifican en:

- Material tipo A: Material suelto de los suelos. Se presentan limos, arcillas y arenas.
- Material tipo B: materiales que presentan dificultades en su extracción. Aquí se encuentran los conglomerados medianamente cementados, etc.
- Material tipo C: Para la extracción de este material se requiere el uso de explosivos debido a su naturaleza dura y alta cimentación. Se encuentran las rocas basálticas, etc.

Los terraplenes normalmente se componen de los materiales provenientes de los cortes y su finalidad como la de los cortes, es la de mantener un nivel en el área de construcción. En ocasiones, el volumen del material de los cortes no es suficiente para el terraplén, por lo que para complementar el volumen se puede recurrir a los bancos de préstamo que abastecen al aeropuerto.

I.8.1.4 Agregados pétreos.

Es necesario contar con agregados pétreos durante la construcción de la obra, ya que estos son utilizados en la construcción de terracerías, subbase, bases, mezclas de concreto hidráulico y mezcla de los pavimentos asfálticos. Por lo que es indispensable disponer de uno o varios bancos de material lo más cerca posible de la obra para evitar retrasos y cambios en los programas de la obra.

I.8.1.5 Obras y servicios de apoyo.

Las obras y servicios de apoyo que se requerirán durante la preparación del sitio y durante la construcción de las obras del aeropuerto, estarán debidamente planeadas y programadas de acuerdo a las etapas constructivas y por lo tanto se deberán tener perfectamente definidas las áreas que se utilizarán para las instalaciones provisionales antes mencionadas. Asimismo, se deberá contemplar la programación para el desmantelamiento de las obras y servicios de apoyo, hasta la entrega del aeropuerto.

El desmantelamiento de las mismas será por etapas y conforme al avance de la obra, de tal forma que al término de una construcción se deberán retirar las obras e instalaciones de apoyo a manera que no se obstaculice la realización de otras tareas de tipo constructivo.

I.8.1.6 Requerimientos de agua.

Los requerimientos de agua en el área de la construcción serán principalmente para su uso en la compactación de terracerías, fabricación de concreto hidráulico, para consumo y limpieza de los trabajadores. Desde luego el agua para consumo humano deberá de ser de calidad potable. Durante el inicio de la construcción se requerirá que el agua sea proporcionada por medio de servicio de pipas, ya que en esa etapa no se contará con pozos para su suministro. Debido a que generalmente el aeropuerto se encuentra aislado de los diferentes servicios, es probable que sea necesario suministrar el agua de los pozos más cercanos.

I.8.1.7 Descarga de aguas residuales.

Considerando las muchas actividades, será necesario que se utilicen letrinas del tipo seco, las que deberán ubicarse cerca de los sitios de trabajo, a fin de evitar el fecalismo al aire libre y la pérdida de tiempo de traslado, la ventaja de este tipo de servicios es que la empresa arrendadora es la que se encarga del mantenimiento. Debería evitarse la cercanía con los pozos de abastecimiento si los hubiese.

I.8.1.8 Suministro de materiales y proveedores.

Para cumplir con los programas y calendarios de la obra se requiere que los materiales y elementos de construcción se encuentren disponibles en la obra en el momento que sean requeridos evitando así, la pérdida en el tiempo de realización de las obras y atrasos en el tiempo de entrega. Para esto es necesario haber establecido convenios y compromisos previamente con los proveedores cumpliendo con las normas de calidad y suministro oportuno de materiales en el sitio. Es común fabricar y elaborar los materiales de construcción en la obra debido a la ubicación del aeropuerto con respecto a proveedores y casas de materiales, contando el aeropuerto con su propia maquinaria, equipo y plantas para su elaboración.

I.8.2 Períodos de construcción.

Antes de iniciar las obras que integran el proyecto aeroportuario se realizarán algunos estudios y trabajos previos de campo, obras y servicios de apoyo, etc., para la preparación del sitio. Técnicamente es factible iniciar la construcción de las obras en paralelo o en forma casi simultánea con las obras y servicios

de apoyo para la preparación del sitio, lo cual beneficia a la ejecución del proyecto en costo y tiempo. Sin embargo, existen obras que requieren su construcción antes que otras como es el caso de las terracerías, por lo que será necesario iniciar el proceso con este tipo de elementos.

Las obras e instalaciones por construir se agrupan en las siguientes:

- A. Vías de comunicación y acceso.
- B. Pavimentos.
- C. Pistas.
- D. Calles de rodaje.
- E. Plataformas.
- F. Edificaciones.
- G. Zonas de servicio de apoyo.
- H. Zonas de servicios generales.
- I. Subestaciones eléctricas.
- J. Zona de combustible.
- K. Planta de tratamiento de aguas residuales.
- L. Drenaje del aeropuerto.

A continuación se presenta una descripción de cada una de ellas en su proceso constructivo.

1.8.3 Vías de comunicación de accesos.

Se deberá hacer una evaluación de la infraestructura del transporte existente en las inmediaciones del aeropuerto, así como del sistema carretero que comunique las zonas urbanas con el aeropuerto.

Debido a que la presencia del aeropuerto generará un aumento en el movimiento de vehículos en la zona, se deberá estudiar la capacidad del circuito de caminos que servirán de unión entre las zonas urbanas y el aeropuerto. En caso de que sea insuficiente la capacidad actual de las vías carreteras para atender la demanda futura, es necesario ampliar, rehabilitar, o en su caso construir nuevos caminos que faciliten el acceso al aeropuerto.

A las vialidades existentes se les debe dar mantenimiento y mejorar su señalamiento. Para la construcción de los nuevos caminos se deben realizar obras de protección y señalamiento. Enseguida, las actividades incluyen:

- Desmontes y despalmes.
- Retiro de material pétreo, no apto para su uso constructivo.
- Corte y terraplén de acuerdo a los proyectos geométricos.
- Formación de terracerías compactadas al porcentaje establecido del proyecto.
- Construcción de la subbase, compactada al porcentaje establecido en el proyecto.
- Construcción de la base, compactada al porcentaje establecido en el proyecto.
- Pavimentación asfáltica y su sello correspondiente, o,
- Pavimentación hidráulica y sus juntas correspondientes.
- Pinta de señales de separación de los carriles, acotamientos y las guarniciones.
- Retiro de obras de protección y señalamientos provisionales.
- Acondicionamiento de áreas verdes y jardines.
- Instalación de señalamientos verticales y alumbrado público.

De igual manera deberán de identificarse la red de caminos que facilitarán la comunicación y transporte terrestre de los usuarios y del personal que laborará en el aeropuerto. Tratando de aprovechar estos caminos se realizarán una serie de obras como son: pasos a desnivel, desviaciones, puentes, etc., y

en caso necesario la construcción de un camino de acceso que comunique algunas de estas carreteras con el aeropuerto.

Terminada la infraestructura, se puede comenzar con la construcción de la superficie de rodamiento que pueden ser de concreto hidráulico o pavimento asfáltico.

I.8.4 Pavimentos: Diseño y construcción.

El diseño de pavimentos que presentan las pistas, calles de rodaje y las plataformas, mantienen los mismos principios constructivos que los utilizados para el pavimento de estacionamientos, del camino perimetral y caminos de acceso, pero existen ciertas diferencias entre ellos.

- Los vehículos que circulan ahí son más pesados que los que transitan por carreteras.
- La presión de las llantas es considerablemente mayor.
- La repetición de las cargas es menor que las de una carretera normal.
- La concentración de las cargas se dan en zonas céntricas, mientras que las de una carretera se dan en las zonas laterales.
- La velocidad y condiciones de operación de las naves son mayores a las de los vehículos que circulan por la carretera.

El diseño y la conservación de los pavimentos de un aeropuerto son de un interés muy especial, ya que siendo las vías de rodaje de los aviones, se ven sometidos a grandes esfuerzos al paso de los mismos, principalmente en las áreas consideradas como críticas donde el movimiento de las naves es lento y actúan a su carga máxima.

Existen algunos criterios para la selección entre pavimentos rígidos y flexibles siendo de gran trascendencia entre ellos el costo y la capacidad estructural, agrupando los siguientes factores:

- Costos, financiamiento y seguridad, comodidad y futuras expansiones, capacidad del terreno de soporte, características de los materiales de construcción, factores climatológicos predominantes de la región, frecuencia del tránsito, velocidad de los vehículos, capacidad para soportar la repetición y concentración de cargas, esfuerzos a que se someterá, procedimientos constructivos, mantenimiento y conservación a futuro.

Es importante señalar que uno sólo de los factores mencionados puede influir determinantemente en la selección; es posible también que el criterio se tome mediante el conjunto de varios de estos factores.

I.8.5 Clasificación de pavimentos

Los pavimentos se dividen generalmente en flexibles y rígidos:

i. Pavimentos flexibles:

1. Concreto asfáltico de varias capas.
2. Concreto asfáltico de una capa integral.

Los pavimentos rígidos a causa de su módulo de elasticidad alto y por su rigidez distribuyen las cargas sobre una área considerable del suelo, por lo que gran parte de la capacidad estructural del pavimento es proporcionada por la losa de concreto en sí misma; por esta razón las variaciones menores en la resistencia del terreno de soporte tienen poca influencia en la capacidad estructural del pavimento rígido.

ii. Pavimentos rígidos:

1. Concreto hidráulico simple sin refuerzo
2. Concreto hidráulico con refuerzos en juntas y con refuerzo continuo.
3. Concreto pre-esforzado.
4. Concreto y asfalto combinados verticalmente y horizontalmente.

Por su parte los pavimentos flexibles funcionan con el principio del sistema de capas para obtener la capacidad estructural de soporte donde la capa más resistente y de mayor calidad se encuentra en la superficie decreciendo calidad y resistencia hacia las capas inferiores.

Estos dos tipos de pavimento difieren tanto en la forma de distribuir las cargas sobre el terreno de soporte, como en su aspecto constructivo, y en los materiales que se utilizan.

I.8.6 Proceso constructivo de los pavimentos

Al término de los trabajos preliminares se inicia la construcción y con el proyecto se definen las líneas de referencia y bancos de nivel; se rectifican trazos y niveles de terreno natural y se comparan con los perfiles, secciones y rasantes del proyecto autorizado. Verificando lo anterior se realizan cortes, terraplenes y la compactación de la subrasante.

I.8.6.1 Pavimento de concreto asfáltico o flexible

Este pavimento consta de tres capas, cuyo espesor esta condicionado al trabajo al que se verán sometidas: La primera capa partiendo de la subrasante es la subbase, la segunda es la base y la tercera es la carpeta asfáltica, (Figura. No. 1.2).

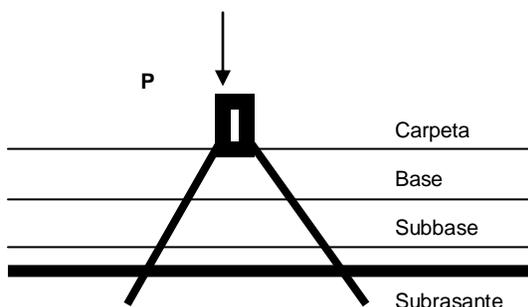


Fig. 1.2 concreto asfáltico. Fuente Apuntes de Construcción FI.

La sub-base tiene como finalidad complementar un cierto espesor requerido por el pavimento. Está se coloca entre la base y la subrasante y sus funciones son:

Soportar la carga rodante y transmitirla a la subrasante, proporcionar el drenaje adecuado sin alterar las características de los materiales que la integran, dar protección al pavimento contra el congelamiento.

El procedimiento para el tendido de la sub-base es:

Se acarrean y se tiran los materiales sobre la subrasante formando camellones, se mezclan estos materiales en seco y se les agrega agua por medio de riego hasta obtener la homogeneidad y humedad, se tiende el material en capas sucesivas, y se compacta hasta alcanzar el grado de compactación fijado por el proyecto sobreponiendo las capas hasta obtener el espesor y sección especificada.

I.8.6.3 Construcción de la base

La base es el componente principal estructuralmente hablando de un pavimento flexible y es la capa de apoyo de la carpeta asfáltica, se construye con material seleccionado, su función principal es transmitir de manera uniforme las cargas concentradas de los vehículos rodantes a las capas inferiores, proporcionar el drenaje adecuado al pavimento, controlar los esfuerzos producidos por la dilatación y contracción, causados por cambios de temperatura y humedad, evitando así agrietamientos en la superficie.

Estos materiales tienen un control de selección más exigente que en las carreteras y los requisitos de compactación son más estrictos. En los aeropuertos desde la subrasante la compactación es con altos pesos volumétricos y a mayor profundidad que en las carreteras, con una mayor importancia en donde se localizan las áreas más críticas.

El procedimiento constructivo es:

Se acarrean y se colocan los materiales para la base a una distancia previamente definida por el espesor de la capa que se va a tender, se mezclan en seco para obtener un material uniforme, extendiendo parcialmente el material y agregando agua hasta obtener homogeneidad. Se tiende el material en capas con un espesor igual o menor a 15 cm y se compacta, sobreponiendo capas hasta obtener el espesor y sección requeridos, se dan riegos superficiales de agua, durante el tiempo de la compactación únicamente para compensar la pérdida de humedad por vaporización, en las tangentes la compactación se inicia de las orillas hacia el centro y en la curva del interior hacia la parte exterior, cuando se trata de un pavimento flexible, la base terminada y superficialmente seca, se barre para eliminar el polvo, antes de aplicar el riego de impregnación, que la protegerá de filtraciones de agua que pudieran alterar su grado de compactación.

1.8.7 Carpeta asfáltica

Las características de una carpeta asfáltica son:

Proporcionar resistencia para que las cargas aplicadas sobre superficies no provoquen deformaciones perjudiciales en las capas inferiores, transmitir las cargas a las capas de apoyo, tener resistencia al desgaste y al intemperismo, ser impermeable para que el agua pluvial no penetre a las capas inferiores y las destruya, proporcionar una superficie antiderrapante y sin asperezas evitando el acuaplaneo y el desgaste excesivo de los neumáticos de los aviones.

Con la base y la sub-base bien construidas, se da la construcción de la carpeta asfáltica.

Después de verificar todo lo referente a la superficie de la base, se procede a barrer la superficie con barredoras, cuya finalidad es eliminar el polvo suelto y las materias extrañas, se cuida el nivel de la superficie para evitar encharcamientos por acumulación de asfalto excesivo

Posteriormente al barrido se aplica un riego de impregnación cuya función es impermeabilizar y dar afinidad y adherencia entre la base y la carpeta asfáltica.

El tipo de asfalto más adecuado para este riego, depende principalmente de su viscosidad y de la textura de la base.

Posteriormente se permite que fluya el riego durante 48 hrs mínimo después de lo cual se procede a barrer nuevamente la base y se aplica un riego con productos asfálticos, que consiste en una mezcla elaborada con materiales pétreos, arena, grava y asfalto.

La mezcla que se utiliza en aeropuertos, se elabora en planta, esta mezcla se coloca en capas uniformes, que se irán compactando con rodillo, teniendo el cuidado de obtener una carpeta de alta calidad. Una vez tendida la mezcla se dará una compactación inicial con rodillos metálicos y la compactación final se logrará con planchas de rodillos lisos y neumáticos, esta última fase de compactación, debe de obtenerse el mismo día del tendido de la mezcla.

Una vez terminada la carpeta asfáltica, el laboratorio determina su grado de permeabilidad y su compactación si se encuentra dentro de las especificaciones del proyecto no se requerirá de ninguna protección adicional en la carpeta, en caso contrario el laboratorio indicara algún riego especial a base de morteros asfálticos que permitan el sellado de la carpeta

1.8.8 Construcción del pavimento de concreto hidráulico o rígido

Este tipo de pavimentos está formado por dos capas: la sub-base que sirve de apoyo y una losa de concreto hidráulico con o sin acero de refuerzo; al acero no disminuye el peralte de la losa, aunque puede aumentar las dimensiones de la misma, con una menor cantidad de juntas constructivas. Figura 1.3

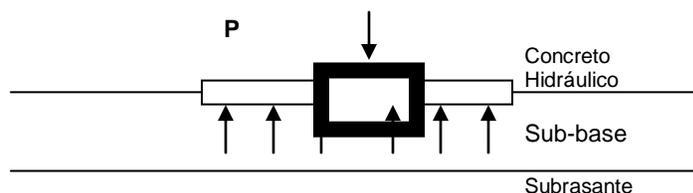


Figura 1.3 Concreto Hidráulico. Fuente apuntes de Construcción FI.

Los esfuerzos de estos pavimentos, se presentan por cargas externas repetitivas por cambios cíclicos de temperatura, por contracciones, por expansiones, por alabeo, por cambios en el contenido de la humedad y por cambios volumétricos en la subrasante y en la sub-base.

Se construye en áreas que se consideran como críticas que son aquellas donde se presentan las mayores deformaciones del pavimento y donde el avión tiene carga máxima, esto sucede en plataformas, calles de rodaje y cabeceras de las pistas.

Los pavimentos de concreto por su módulo de elasticidad y su rigidez tienden a distribuir la carga sobre un área considerable de suelo, por lo que gran parte de la capacidad estructural del pavimento es proporcionada por la losa de concreto, por esta razón las variaciones menores en la resistencia del terreno de soporte tienen poca influencia en la capacidad estructural del pavimento rígido.

La sub-base se construye con materiales estables de bancos de préstamos seleccionados previamente. Esta capa sirve de apoyo a las losas de concreto y tienen como funciones principales las siguientes:

Contrarrestar las acciones de las heladas, drenar eficazmente el agua que penetra, sin alterar las características de diseño, soportar las cargas que le transmite la losa, contrarrestar los cambios volumétricos de la capa subrasante y los efectos de alabeo.

I.8.9 Construcción del pavimento hidráulico

El procedimiento constructivo más usual es el siguiente:

Cuando la sub-base ha sido terminada se rectifica y protege con un riego de impregnación de tipo asfáltico, para prevenirla de los efectos del agua; se marcan las cotas de la rasante para colocar los carriles guía y los moldes metálicos perfectamente alineados, nivelados y fijos, mismos que previamente se han engrasado para evitar el descascaramiento del concreto durante el descimbrado, cuando el pavimento diseñado lo indique se coloca el acero de refuerzo o malla de acero limpio, sin escamas, libre de óxido, grasa y aceites.

I.8.10 Construcción de juntas.

Las juntas que se construyen en las losas de los pavimentos de concreto, evitan que las grietas aparezcan en forma desordenada a lo largo y ancho de las mismas. Se cuidan que quede perfectamente sellada e impermeable para evitar la penetración de materias extrañas, y las filtraciones de agua que provocan fallas por socavación de la base.

Cuando las juntas están bien situadas y perfectamente construidas reducen los esfuerzos que se producen en las losas por cambios volumétricos, extracción o expansión del concreto, además facilita la transmisión de cargas de una losa a otra, reduce los alabeos y facilita la construcción entre losas, al unir el concreto de la jornada anterior a la del día siguiente.

Estas juntas constructivas se clasifican de acuerdo a su función o posición que guarden en el interior de las losas, así se tienen: juntas longitudinales, transversales, de contracción, de expansión, de articulación, de construcción, etc.

I.8.11 Construcción del pavimento mixto o combinado

Otra forma de construir un pavimento, es aquella en la cual se aprovechan las cualidades de los pavimentos rígidos y flexibles, esta combinación puede hacerse vertical y horizontalmente, lo que nos da como resultado un pavimento mixto.

La ventaja principal de este pavimento radica es su economía ya que la carpeta asfáltica cubre la mayor área y las losas de concreto la menor.

I.8.12 Construcción del pavimento de concreto pre-esforzado

En algunos aeropuertos se ha probado el uso de concreto preesforzado en los pavimentos, tratando de tener así mayores ventajas, que las logradas con los pavimentos de concreto convencionales, en pruebas se ha visto, que el concreto preesforzado: reduce el número de juntas, reduce los agrietamientos y disminuye el volumen de concreto utilizado, su uso es aun limitado debido al costo de construcción, que es mayor que el del pavimento de uso convencional.

I.9 Pistas

El sistema de pista de un aeropuerto consiste en los siguientes elementos, (figura 1.4):

- El pavimento estructural que soporta la carga estructural aplicada por el peso del avión, también permite maniobrabilidad, control y estabilidad.
- El sector contra chorro es un área diseñada para prevenir la erosión de las superficies adyacentes a los finales de las pistas las cuales están sujetas a un prolongado o repetido chorro de reacción de los aviones.
- Una zona de parada la cual es una longitud adicional de pavimento que se prolonga rebasando el extremo de la pista.
- El área de seguridad de pistas es un área la cual ha sido despejada, e incluye pavimento estructural, los márgenes adyacentes, el sector contra chorro y zona de parada, esta área

debe ser capaz de soportar equipos de emergencia y mantenimiento, así como proporcionar también soporte a los aviones en caso de que tuvieran que virar fuera del pavimento.

- Una zona libre de obstáculos es una zona no pavimentada, situada más allá del extremo de la pista

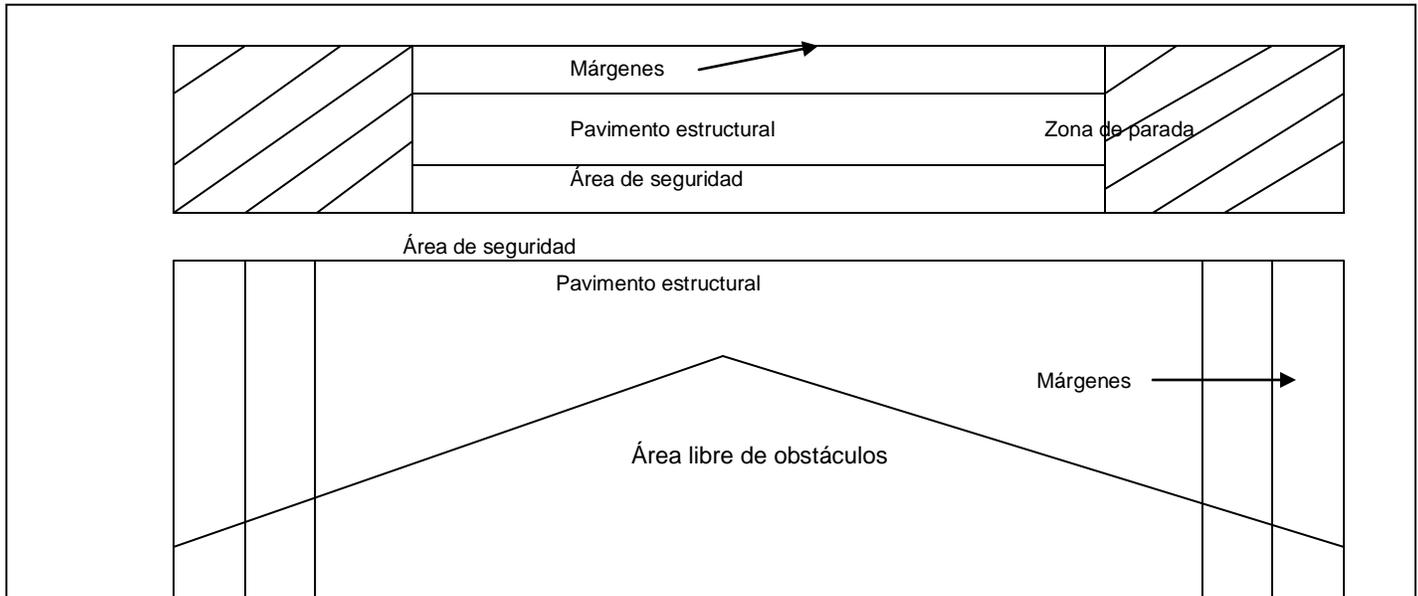


Figura. 1.4 Elementos de una pista. Fuente OACI.

I.9.1 Condiciones de pista para su construcción

Las condiciones más importantes que influyen en la construcción de una pista son:

- Temperatura. Cuando mayor sea la temperatura, mayor es la longitud de pista requerida.
- Viento: Mientras más fuerte sea el viento de frente más corta será la longitud de pista y un viento grande provocará un alargamiento de pista.
- Pendiente de pista. Si la pendiente es ascendente se requiere mayor longitud y si la pendiente es uniforme la relación con la pista es lineal y también es usada una pendiente efectiva que es la diferencia de elevaciones entre el punto más alto y el punto más bajo en el perfil de pista dividida por su longitud.
- Altitud: Cuanta más alta sea la elevación del aeropuerto mayor pista será necesaria.
- Condiciones de la superficie de la pista: si existieran agua o nieve pueden causar efectos indeseables sobre la pista y para los aviones. Por lo que es importante contar con un sistema de drenaje adecuado, para remover el agua de la superficie.

I.9.2 Orientación y número de una pista

Para determinar el lugar, la orientación y el número de pistas necesarias, se requieren conocer una serie de factores que ayudarán a obtener el mejor sitio de la pista. Principalmente, viento, nubes, niebla, topografía, etc., conocer el tipo de aviones que operará, así como las características propias de los mismos.

Para obtener el número de pistas que necesita un aeropuerto, es importante que este sea el adecuado para cubrir las necesidades del tránsito aéreo en el aeropuerto, considerando, el número de llegadas y salidas y su relación de llegadas y salidas en horas críticas.

Es importante que la pista principal esté orientada en la dirección del viento predominante. Es fundamental que el avión al aterrizar o despegar, sea capaz de maniobrar en la longitud de pista, siempre que la componente de viento cruzado no sea excesivo.

Las pistas deben estar orientadas por lo menos 95% del tiempo como componente de viento cruzado que no exceda ciertos límites de velocidad.

I.9.3 Configuración de pistas

En los aeropuertos existe una gran variedad de configuraciones de pistas, que dependen del número de estas y las necesidades de cada aeropuerto. Muchas configuraciones se derivan de la combinación de pistas llamadas básicas. Estas configuraciones son: única ó sencilla, paralelas, interceptadas, en V abiertas, que se cortan.

Dependiendo de la configuración de pistas adoptadas por cada aeropuerto, se verán afectadas instalaciones como: edificio terminal, torre de control, calles de rodaje, plataformas, hangares, áreas de almacenamiento de combustible, áreas de estacionamiento, rescate, etc.

I.9.4 Operación de una pista

Los factores sobre la longitud de pista, pueden ser agrupados en tres categorías generales:

Los requerimientos de funcionamiento propios del avión, intermediaciones del aeropuerto, las operaciones de despegue y aterrizaje frustrado así como los pesos para cada tipo de avión.

Es importante señalar que para operaciones seguras, se establecen tres casos generales para longitudes de pista necesaria.

- Un despegue normal en el cual todo los motores se encuentran disponibles.
- Un despegue donde se presenta una falla de motor, o que el avión frene hasta él alto total.
- El aterrizaje donde se necesita suficiente pista para permitir diferentes tipos de aterrizaje y que prevenga malas aproximaciones, etc.

Si las operaciones se efectuaran en ambos sentidos de la pista, como es el caso usual, los componentes deberán de existir en cada dirección.

I.9.5 Calles de rodaje

El proceso constructivo de las calles de rodaje es el mismo que el de las pistas, pero dado que algunas características son diferentes, como las velocidades, los criterios en cuanto su construcción no son tan estrictos como los de las pistas.

I.9.6 Plataformas

Las pistas, calles de rodaje y plataformas presentan y mantienen los mismos procesos constructivos en los cuales intervienen criterios de selección entre pavimentos.

I.10 Edificaciones

Para iniciar la construcción de un edificio se ubica el trazo general de los ejes y de los niveles, verificando el trazo contra los planos autorizados del proyecto ejecutivo.

Las estructuras de los edificios de un aeropuerto, pueden ser a base de: estructuras de acero, de concreto reforzado, de mampostería, de madera o una combinación de éstos.

La estructuración puede adoptar distintas características y formarse con muros de carga, traveses y columnas o a partir de marcos rígidos con columnas, traveses y losas planas macizas o reticulares, durante el tiempo de la obra se requiere de pruebas de calidad tanto de los materiales que utilizan como de los trabajos que se ejecutan, por eso es necesario contar con un laboratorio que controle y verifique calidad y resistencia.

I.10.1 Edificio terminal o de pasajeros

La construcción del edificio de pasajeros no difiere en mayor medida de la construcción de un edificio común. Los factores que se deben tomar en cuenta para la construcción del edificio son los siguientes:

Diseño estructural que garantice la estabilidad de la estructura bajo condiciones previstas en el proyecto (diseño por viento, sismo, cargas, etc.). Alta calidad y durabilidad de los acabados debido al tránsito y estancia de usuarios por períodos largos. Elevada calidad en el montaje y terminado de las instalaciones eléctricas, mecánicas y electrónicas, por su uso continuo y prolongado. Esto debido a la dependencia de la seguridad de los usuarios en estos equipos.

I.10.2 Torre de control

El proceso constructivo consiste en realizar la edificación de una estructura de concreto hidráulico reforzado, equiparlo y dotado de todas las instalaciones necesarias. Deberá estar ubicada cerca del centro de la pista para observar la zona aeronáutica y las plataformas.

I.10.3 Estacionamientos

El proyecto deberá contemplar que conforme aumente la demanda, se incrementará la capacidad de lugares de estacionamiento para vehículos, pudiéndose construir un edificio de varios niveles. Deberá contar con alumbrado, vialidades y accesos que faciliten la circulación de vehículos y personas, a los edificios terminales y hoteles, como para entrada o salida del aeropuerto, deberá contar con espacios para minusválidos y construir rampas para la circulación de estos pasajeros.

Todas estas zonas deberán estar claramente señaladas y definidas tanto en salidas como en llegadas del aeropuerto.

I.11 Zona de combustible

Los almacenamientos generalmente están integrados por tanques apoyados en cimentaciones de concreto armado las cuales a su vez están apoyados en terraplenes compactados. Los tanques deberán contar con tuberías de entrada y salida con dispositivos de control y seguridad, áreas de filtrado y bombeo, zonas de equipo de seguridad, dispositivos o instalaciones de bombeo, fosas de contención de derrames, fosas de recuperación y sistemas de drenaje industrial.

El proceso de construcción se iniciará con los trabajos preliminares de deslinde o limitación de las áreas de trabajo, se realizarán las obras de protección y desvío, se harán los desmontes y despalmes correspondientes hasta los niveles de proyecto. A continuación se procede a verificar los trazos y niveles para seguir con las excavaciones para ductos, tuberías y sistemas, para proceder a las instalaciones de plantillas y camas para la colocación y soporte de estos, para continuar con el desplante de estructuras. En forma simultánea, se procederá a la construcción de terraplén compactado para el soporte y apoyo a vialidades y bases para la cimentación de los tanques de acero, se iniciará la construcción de las cimentaciones de concreto armado, las trincheras, canales, zampados y revestimiento en general, y se iniciará la construcción de fontanerías y de tanques metálicos.

Para la construcción de oleoductos, áreas de filtrado y bombeo, zonas de equipo y seguridad, fosas de derrame y de recuperación, dispositivos de seguridad, etc., se observarán entre otras las normas de la API², ASTM³, PEMEX⁴, SCT⁵/ASA⁶ y el reglamento de construcciones de la localidad.

I.12 Drenaje

El diseño del sistema de drenaje del aeropuerto es primordial para garantizar la eficiencia y seguridad operacional del aeropuerto, la estabilidad del pavimento. Las instalaciones inadecuadas del drenaje pueden generar daños cuantiosos, debido a que podrían ocasionar la inundación de las pistas y del propio aeropuerto, así como interrumpir el tráfico aéreo.

El método más usual para el diseño del drenaje es el método racional y los factores que influyen en la magnitud del escurrimiento de superficie.

- Coeficiente de escurrimiento.
- Intensidad de precipitación, duración y frecuencia.

Este método establece:

$$Q = CIA$$

Donde:

Q = Gasto de escurrimiento. C = Coeficiente de escurrimiento.
I = Intensidad de lluvia. A = Área.

² API (American Petroleum Institute)

³ ASTM (American Society of Testing and Material)

⁴ PEMEX (petróleos Mexicanos)

⁵ SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

⁶ ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares)

I.12.1 Diseño de canales.

Las zanjas o canales abiertos, generalmente constituyen una parte importante de un sistema de drenaje total del aeropuerto. El tamaño, forma e inclinación de estos deben determinarse cuidadosamente para evitar inundaciones, erosión y aislamiento.

Los sistemas para recolectar el agua superficial o subterránea, lo componen drenajes combinados o separados.

El drenaje superficial abarca toda el área del aeropuerto, el subsuelo adyacente a las pistas, plataformas, calles de rodaje, zonas de seguridad, etc.

I.12.2 Drenaje pluvial

Para proyectar el drenaje pluvial, es necesario contar con los siguientes elementos:

Plano topográfico del sitio y zonas que lo circundan, con curvas de nivel, con perfiles y secciones transversales a lo largo del eje de las pistas, calles de rodaje, plataformas, etc., datos de precipitación pluvial la zona y condiciones climáticas, estudio de las características de los materiales que forman el subsuelo.

Cuando el sitio donde se ubica el aeropuerto esta formado por suelos de alta permeabilidad o autodrenantes, se evita un sistema extenso de drenaje superficial. Si por el contrario el sistema es impermeable y las filtraciones del agua superficial son despreciables, se requiere de un sistema que drene satisfactoriamente el volumen de agua que se haya estimado.

El agua superficial de las pistas, se encauzan hacia los colectores por medio de una pendiente transversal con lo que se evita que el agua erosione las superficies de rodamiento, origine fallas y por consecuencia la interrupción del tránsito.

I.12.3 Construcción del subdrenaje

Para captar el agua subterránea se pueden construir subdrenes interceptores, con lo que se drenan las capas saturadas y se controla el contenido de agua. Estos drenes se colocan paralelos a las pistas y bordes, su misión es captar y facilitar la salida de las aguas que se filtran.

I.12.4 Drenaje sanitario e industrial

El drenaje sanitario desaloja las aguas negras vertidas, de los edificios y el drenaje industrial evacua las aguas de desecho, de las zonas de combustible y hangares, las cuales antes de conducirlas al exterior del aeropuerto reciben un tratamiento, para evitar contaminación de otras corrientes o eliminar el peligro, en el sitio donde se descarguen.

El agua de desecho industrial, producto de la zona de combustible y hangares, son tan bien recogidas por colectores que las envían, de acuerdo a las sustancias que contienen, a una planta de tratamiento o directamente al colector principal.

I.13 Operación de un aeropuerto

Una vez terminada la construcción, se pone en marcha la operación del aeropuerto, es importante que el personal previamente seleccionado esté debidamente capacitado para asumir la responsabilidad y brindar el servicio adecuado. En la conservación y mantenimiento se requiere personal calificado, para mantenerlo en óptimas condiciones y prolongar así su vida útil; se tendrá su máximo aprovechamiento y se evitan deterioros por descuido y negligencia. Cada día la ingeniería de mantenimiento requiere de más personal capacitado para lograr la máxima eficiencia de los motores y de los aviones.

Por otra parte, las compañías aéreas investigan y desarrollan nuevas técnicas de diseño, de fabricación y de mantenimiento para modernizar su equipo, mejoran su red de servicios y hacen frente a la necesidad de mejorar la administración.

En las operaciones que tiene que hacer sobre tierra, los ingenieros han desarrollado tecnologías nuevas, por medio de las computadoras han modernizado los procedimientos de operación, control de tránsito aéreo, control de los sistemas de seguridad, control y fijación de nuevas rutas, ofrecen además nuevos servicios a los usuarios.

El gran número de sistema de computadoras se encuentran interconectadas a sistemas de recopilación y transmisión de datos, para facilitar y coordinar funciones, entre las que se encuentran: la operación de sistemas, control de equipos y de subestaciones, diagnóstico automático de inspección a los

equipos, conservación y mantenimiento de equipo terrestre y aéreo, control de los sistemas de seguridad para prevención de accidentes e incendios, etc.

I.14 Mantenimiento y seguridad del aeropuerto

Los ingenieros de aeropuertos deben saber dónde, cuando y como ocurren los accidentes de las aeronaves: El 5% de los accidentes ocurren en ruta y son ocasionados por fallas estructurales, por agotamiento, mal tiempo y montañas, el 15% ocurren cerca de los aeropuertos o dentro de estos, algunos son por mal tiempo, a otros se les asocia por fallas de motor, coaliciones de tránsito, descender prematuramente en terrenos altos, el 80% ocurren sobre la pista de aterrizajes, por inundamiento de áreas y zonas claras, principalmente los accidentes los ocasiona el viento y el mal pilotaje de la nave. La mayoría de los accidentes ocurre dentro de los 150 m de la pista de aterrizaje de la línea central y dentro de 900 m del fin de la pista de aterrizaje.

Se debe cumplir con las tareas de mantenimiento para asegurar el servicio y el funcionamiento de las instalaciones que componen al aeropuerto, así como el equipo que opera en él.

El principal objetivo del mantenimiento en un aeropuerto, es el conservar la seguridad de operación de la aeronave para aterrizaje, rodaje y despegue. Este nivel de seguridad se alcanza mediante el mantenimiento adecuado de las instalaciones del aeropuerto, este surge por la necesidad de mantener o conservar un óptimo funcionamiento operacional y, además, verificar y evaluar el funcionamiento del elemento en estudio. El mantenimiento de un aeropuerto se compone de tres etapas:

1. **INSPECCIÓN.-** Deberá existir un plan en el que estén programados las verificaciones de los elementos del aeropuerto, y así hacer un diagnóstico de cada uno de ellos para decidir si se requiere de un servicio o de efectuar arreglos o reparaciones.
2. **SERVICIO.-** Se refiere a las medidas necesarias para mantener a las instalaciones con el nivel de operación requerido. Es necesario cumplir con un plan en el que se especifique la periodicidad del servicio preventivo.
3. **REPARACIÓN.-** Si en cualquiera de las dos etapas anteriores se detectan anomalías, es necesario hacer las reparaciones lo antes posible. Para esto, se requerirá planificar bien estas reparaciones ya que pueden afectar la operación de otros elementos.

El mantenimiento reduce en gran medida el desgaste de las instalaciones, con lo que se amplía su vida útil. Es por esto que el mantenimiento debe ser tomado como una parte muy importante en el estudio económico del proyecto para mantener la inversión y disponer de recursos para los gastos de mantenimiento del aeropuerto.

Se deberá hacer una evaluación de todas las instalaciones del aeropuerto, junto con el equipo, maquinaria y vehículos. Una vez obtenida esta información, se establecerá un programa y calendario de mantenimiento. Estos programas, deberán llevar una metodología y se deberá explicar a detalle cada actividad de mantenimiento. En dichos programas se especificará el personal capaz de hacer dichas tareas y el calendario de realización del mantenimiento.

Haciendo una comparación entre las tareas programadas y las realizadas, se podrá obtener un control del mantenimiento y del presupuesto.

Se debe contar con el personal permanente durante las horas de servicio del aeropuerto para controlar cualquier anomalía en las instalaciones sin afectar su operación. Este personal deberá comprender, según las necesidades: ingenieros, técnicos en calefacción y acondicionamientos del aire, eléctricos, electrónicos y otros técnicos especializados.

Algunos de los trabajos de mantenimiento de mayor importancia que se presentan en la zona aeronáutica de un aeropuerto, son las siguientes:

Reencarpetado, bacheo y tendido de morteros en pistas, calles de rodaje y plataformas, reposición de las losas de concreto en pistas, calles de rodaje y plataformas. Sellados y reparación de juntas y grietas. Señalamiento horizontal (pintura) en pistas, calles de rodaje y plataformas, Limpieza de caucho en pistas, además de los drenajes.

En el manual de servicios de un aeropuerto se describe a detalle las tareas de mantenimiento para:

Ayudas visuales, instalaciones eléctricas, mantenimiento de pavimento, drenaje, mantenimiento en zonas no pavimentadas, mantenimiento de vehículos y equipos, edificios, etc.

Las condiciones básicas que se deben tomar en cuenta para lograr un buen diseño de seguridad, deben contemplar una red contra incendios y las condiciones básicas son:

- Consumo de agua litros/minuto.
- Tiempo que debe mantenerse el suministro.
- Presión que debe tener el agua en la salida de los hidrantes.

Para esto se debe tener una fuente de abastecimiento de agua con un volumen tal que pueda satisfacer las necesidades de demanda en caso de emergencia.

I.15 Normas oficiales mexicanas de construcción operación y mantenimiento de aeropuertos

Las normas oficiales mexicanas son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, del catálogo de normas oficiales mexicanas, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

El catálogo mexicano de normas contiene las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's), el cuadro cita

Tabla 1.8. Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas.

Designación	Título	Fecha de publicación
NOM-012-SCT3-95	Que regula los procedimientos y requisitos del trámite de permisos para construcción y operación de aeródromos civiles.	13 Diciembre 1995
NOM-013-SCT3-1995	Que regula la evaluación y autorización de obras en terrenos cubiertos por superficies limitadoras de obstáculos y zonas de protección de aeródromos civiles.	20 Diciembre 1995
NOM-014-SCT3-1995	Que regula las superficies limitadoras de obstáculos para aeródromos civiles.	16 Enero 1996
NOM-016-SCT3-1995	Que regula la autorización de construcción y/o modificación de instalaciones para almacenamiento de combustibles de aviación.	29 Enero 1996
NOM-017-SCT3-1995	Que regula la autorización de construcción y/o modificación de hidrantes en plataforma y/o isleta para el suministro de combustible a las aeronaves.	16 Enero 1996
NOM-018-SCT3-94	Que regula los procedimientos para obtener extensión de servicios en los aeropuertos.	24 Noviembre 1995
NOM-026-SCT3-1994	Que establece las especificaciones mínimas a cumplir para la construcción de la estación para el cuerpo de rescate y extinción de incendios, en los aeropuertos y aeródromos civiles del país	8 Diciembre 1995
NOM-036-SCT3-2000	Que establece dentro de la república mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites	19 febrero 2001
NOM-026-SCT3-1994	Que establece las especificaciones mínimas a cumplir para la construcción para el cuerpo de rescate y extinción de incendios, en los aeropuertos y aeródromos civiles del país.	12 agosto 1994

Proyectos de Normas oficiales mexicanas aplicables a la aeronáutica		
Designación	Fecha	título
PROY-NOM-001-SCT3-1994	22/11/1995	Que regula el servicio de almacenamiento y suministro de combustibles de aviación.
PROY-NOM-004-SCT3-2000	05/12/2000	Que establece el uso obligatorio del equipo para medir e indicar la radiación cósmica a la cual está expuesto el personal de vuelo.
PROY-NOM-010-SCT3-94	29/11/1995	Que regula el procedimiento pro-abatimiento de ruido sobre la ciudad de México.
PROY-NOM-013-SCT3-1995	20/12/1995	Que regula la evaluación y autorización de obras en terrenos cubiertos por superficies limitadoras de obstáculos y zonas de protección de aeródromos civiles.
PROY-NOM-014-SCT3-1995	16/01/1996	Que regula las superficies limitadoras de obstáculos para aeródromos civiles.
PROY-NOM-015-SCT3-1995	09/01/1996	Que regula el señalamiento visual y luminoso de objetos.
PROY-NOM-016-SCT3-1995	29/01/1996	"Que regula la autorización de construcción y/o modificación de instalaciones para almacenamiento de combustibles de aviación."
PROY-NOM-017-SCT3-1995	16/01/1996	Que regula la autorización de construcción y/o modificación de hidrantes en plataforma y/o isleta para el suministro de combustible a las aeronaves.
PROY-NOM-020-SCT3-94	27/11/1995	Que regula los requisitos y procedimientos necesarios para la explotación de los servicios de los equipos revisores de pasajeros y/o equipaje de mano.
PROY-NOM-021-2-SCT3-2000	24/10/2000	Que regula los requisitos para la obtención y revalidación del Certificado de Aeronavegabilidad.
PROY-NOM-021-4-SCT3-2000	10/10/2000	Código que norma la certificación de productos aeronáuticos.
PROY-NOM-025-SCT3-1994	08/12/1995	Que regula los requisitos operacionales que deben reunir las aeronaves ultraligeras para volar en el espacio aéreo mexicano.
PROY-NOM-026-SCT3-1994	08/12/1995	Que establece las especificaciones mínimas a cumplir para la construcción de la estación para el cuerpo de rescate y extinción de incendios, en los aeropuertos y aeródromos civiles del país.
PROY-NOM-027-SCT3-1994	11/12/1995	Que establece los requisitos a cumplir por los explotadores de servicios conexos en los aeropuertos o aeródromos civiles.
PROY-NOM-028-SCT3-2000	29/09/2000	Que regula los requisitos para la elaboración, presentación y autorización de planes de vuelos.
PROY-NOM-043/2-SCT3-2000	09/10/2000	Que regula el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, planeador, cuerpo básico para el caso de helicópteros, motores, hélices, componentes y accesorios.
PROY-NOM-045-SCT3-2000	10/11/2000	Que establece las características de las marcas de nacionalidad y matrícula para las aeronaves civiles mexicanas.
PROY-NOM-050-SCT3-2000	10/10/2000	Que establece las reglas generales para la operación de helicópteros civiles.

PROY-NOM-055-SCT3-2000	12/10/2000	Que establece la clasificación de las verificaciones aplicables a concesionarios, permisionarios, operadores aéreos y titulares de autorizaciones.
PROY-NOM-056-SCT3-2000	10/11/2000	Que regula la autorización de vuelos de traslado y concentración, traslados terrestres de aeronaves y/o sus componentes.
PROY-NOM-059-SCT3-2000	10/10/2000	Que establece el contenido del Manual de Seguridad Aérea.
PROY-NOM-075-SCT3-2000	03/10/2000	Que regula la prestación del servicio de transporte aéreo no regular, nacional e internacional.
PROY-NOM-076-SCT3-2000	11/10/2000	Que regula la prestación del servicio de transporte aéreo privado comercial.
PROY-NOM-077-SCT3-2000	03/10/2000	Que establece las condiciones de prestación del servicio entre el concesionario y/o permisionario y el usuario de sus servicios.
PROY-NOM-078-SCT3-2000	12/10/2000	Que establece las condiciones de seguridad que deben cumplirse en la cabina de pasajeros y compartimentos de carga para aeronaves destinadas al transporte de pasajeros.
PROY-NOM-079-SCT3-2000	11/10/2000	Que establece las condiciones de seguridad que deben cumplirse en las aeronaves destinadas al transporte de carga.
PROY-NOM-080-SCT3-2000	24/10/2000	Que establece las condiciones a las que debe sujetarse la práctica de deportes aéreos.
PROY-NOM-084-SCT3-2000	10/11/2000	Que establece el contenido del libro de bitácora.
PROY-NOM-088-SCT3-2000	03/10/2000	Que establece los procedimientos para el reabastecimiento de combustible a aeronaves.
PROY-NOM-090-SCT3-2000	12/10/2000	Que establece el método para determinar las altitudes mínimas de vuelo por parte del concesionario, permisionario y operador aéreo, inferiores a las publicadas por la Autoridad Aeronáutica , así como
PROY-NOM-092-SCT3-2000	17/08/2001	Que establece los criterios para la operación de aeronaves en tiempo frío, operaciones de deshielo, anti hielo y contaminantes naturales en tierra y en vuelo.
PROY-NOM-093-SCT3-2000	11/10/2000	Que regula las operaciones de largo alcance (ETOPS).
PROY-NOM-094-SCT3-2000	20/10/2000	Que establece las limitaciones de utilización del rendimiento de las aeronaves.
PROY-NOM-095-SCT3-2000	20/10/2000	Que establece las características y requerimientos para el uso de oxígeno a bordo de las aeronaves, condiciones de utilización y pérdida de presión en la cabina de aeronaves.
PROY-NOM-103-SCT3-2000		Que regula los requisitos operacionales que deben reunir las aeronaves ultraligeras para volar en el espacio aéreo mexicano, así como las características que deben reunir estas aeronaves.
PROY-NOM-108-SCT3-2000	12/10/2000	Que establece el contenido del manual de seguridad para la prevención de actos de interferencia ilícita.
PROY-NOM-142-SCT3-2000	06/11/2000	Que establece los requerimientos y especificaciones para el establecimiento y funcionamiento de un centro de formación, capacitación y adiestramiento o una combinación de éstos.

II ASPECTOS IMPORTANTES DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS AEROPUERTOS

II.1 Introducción

La mejor manera de comprender a que nos referimos cuando decimos “ambiente”, es enumerar algunos de los elementos que lo constituyen. Estos elementos, para facilitar su análisis, se pueden clasificar en físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos. Es decir cuando hablamos de ambiente, no nos referimos únicamente a los del medio físico (agua, aire, etc.) o del medio biológico (animales, plantas, etc.) sino de muchos otros elementos que también hacen a nuestra calidad de vida y de las futuras generaciones. A continuación menciono algunos de estos elementos:

Físicos: clima, orografía, hidrografía, geología.

Biológico: flora, fauna, ecosistemas.

Económicos: actividades económicas, productividad, ingreso percapita, inflación.

Sociales: desempleo, vivienda, salud, educación.

Culturales: costumbres, tradiciones.

Estético: paisaje urbano, paisaje natural.

Los impactos ambientales, son los efectos que sobre estos elementos del ambiente tienen una determinada acción o actividad. Todas las acciones, como las de cualquier ser vivo, tienen sobre el ambiente.

Debido a que frecuentemente somos testigos de la degradación de nuestro ambiente, casi siempre concebimos a los impactos ambientales negativos. No obstante, existen impactos positivos. Plantar arboles autóctonos suele tener impactos positivos sobre la fauna y la flora del lugar. Muchas veces una acción tiene efectos positivos sobre determinados elementos del ambiente y negativos sobre otros. La construcción de un aeropuerto puede resolver el problema de transporte de una ciudad, pero impactar negativamente sobre aspectos culturales y estéticos. Además de ser de carácter negativo o positivo, un impacto puede ser más o menos grave, temporario o permanente, reversible e irreversible, de alcance local, regional o global. Del mismo modo que solemos restringir el uso de concepto de impacto ambiental para referirnos a los efectos que producen sobre el ambiente determinadas acciones o actividades que, por su magnitud o naturaleza son consideradas como de alto o relevante impacto ambiental.

II.2 Impactos de los aeropuertos en su entorno

En este apartado se describe el ambiente tal y como se encuentra antes de la realización del proyecto aeroportuario, haciendo énfasis sobre los componentes ambientales que son formados por un todo: suelo, hidrología y agua, meteorología y calidad del aire, ruido, vida vegetal, fauna, aspectos estéticos y paisajísticos y finalmente, los aspectos socioeconómicos del área de influencia del proyecto.

Para cada proyecto aeroportuario será necesaria la caracterización ambiental con los factores que a continuación se presentan y que por las características de cada proyecto sean aplicables.

El conjunto de elementos naturales, artificiales o inducidos por el hombre, físicos, químicos y biológicos que propician la existencia, transformación y desarrollo de organismos vivos es conocido como medio ambiente; y este comprende al medio natural abiótico y biótico, al medio socioeconómico y los aspectos estéticos y paisajísticos

II.2.1 Declaración de impactos en el medio ambiente

Se entiende por impacto ambiental cualquier cambio, adverso o benéfico, que se da en el ambiente como resultado de las actividades de producción o transformación, así como de la prestación de servicios.

La industria aeronáutica genera impactos ambientales; sin embargo hasta la década de los 60's, se tomo conciencia de dichos impactos, y es así que surge la necesidad de llevar a cabo acciones específicas para la protección del ambiente.

Los aeropuertos son instalaciones de gran tamaño, cuya construcción, operación y mantenimiento interfieren con el medio ambiente y la comunidad, de ahí la importancia de identificar las actividades que generan impactos ambientales, de forma que desde la planeación del aeropuerto, se puedan evitar y/o minimizar sus efectos, manteniendo en lo posible, la armonía entre la operación aeroportuaria y su entorno, aunque no solo se generan impactos negativos ya que el hecho de implantar un aeropuerto da una nueva proyección a la zona donde se emplaza tanto económica como socialmente.

II.2.2 Prevención de la contaminación

La prevención de la contaminación es un término muy amplio que puede referirse a medidas tales como reciclado, tratamiento de residuos, cambios de procesos, mecanismos de control, utilización eficiente de los recursos y sustitución de materiales, por otros más adaptados al medio ambiente.

Entre los beneficios potenciales de la prevención de la contaminación cabe mencionar la reducción de los impactos ambientales adversos, mayor eficiencia y reducción de costos.

Desde la planeación de un aeropuerto se deben considerar las características físicas del sitio y su área de influencia, por lo que como parte de los estudios previos a su construcción, se deberá incluir el de factibilidad ambiental, ya que además de ser un elemento de decisión, cuando se tiene varios sitios de emplazamiento permite identificar los impactos ya sean positivos o negativos, que se generaran y por lo tanto, incluir como parte del plan maestro, las medidas de mitigación o las medidas para permitir que los impactos positivos sean permanentes, así como las obras de protección ambiental, aspectos importantes para la conservación del ambiente y por supuesto para la aceptación del proyecto por parte de la sociedad.

Para cada una de las etapas de un proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento), se deben evaluar los impactos en cada uno de los factores del medio ambiente. Esta evaluación deberá considerar si son adversos o benéficos, temporales (corto, mediano o largo plazo), o permanentes, influencia (local o regional) y, si son mitigables, definir las acciones necesarias, ya sea en el medio biótico o abiótico así como del medio socio-económico.

Factores del medio físico o abiótico. Modificaciones de impactos relacionados con el suelo (geomorfología y relieve, erosión, permeabilidad, calidad del suelo), la hidrología de la zona (escurrimientos superficiales, infiltración, vulnerabilidad de acuíferos), el clima, la calidad del aire.

Factores del medio biótico. Diversidad biológica, existencia de áreas o especies de flora y fauna de interés científico y económicos relevantes, indicando las posibles interferencias del proyecto a su preservación.

Factores del medio socioeconómico. Se deberán analizar aspectos como infraestructura regional, demografía, generación de empleos, valor del suelo, economía regional y nacional, planes y programas del gobierno previstos para el área.

Es importante señalar que si no se está familiarizado con la operación de un aeropuerto, es difícil evaluar el impacto ambiental que puede generar su construcción, operación y mantenimiento, de ahí la importancia de contar con un equipo multidisciplinario, que en todos los casos deberá ser multidisciplinario. Cada uno de estos puntos se tratará por separado para especificar a detalle.

II.3 Identificación de los impactos ambientales

La identificación de los impactos, consiste en determinar los factores del medio alterados por determinadas acciones de un proyecto, caracterizando las interacciones entre ambos (proyecto y medio ambiente), al menos de forma cualitativa.

Los métodos de identificación permiten describir y localizar de forma clara y esquemática los impactos, a la vez que se hace una primera tipificación de los mismos de forma cualitativa sencilla, para posteriormente valorar más rigurosamente los impactos más significativos.

Numerosos tipos de métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación del impacto ambiental (EIA) de proyectos, sin embargo ningún tipo de método por sí solo, puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto, por lo tanto, el tema clave está en seleccionar adecuadamente uno o los métodos apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto. (De estos métodos hablaremos en el capítulo 3).

II.4 Efectos en el ambiente socio-económico

En México el transporte aéreo es esencialmente un transporte de pasajeros. Su participación relativa en el movimiento de carga es muy baja, aproximadamente de un 0.1% del total de carga transportado, a causa de un alto costo del flete (INEGI 2007), en la década de 1997-2006, se logró pasar de 335,000 ton. Transportadas en servicio regular en 1997 a 544 mil toneladas en 2006. Esto como resultado del comercio exterior y las políticas de fomento, durante la década registro un vigoroso dinamismo salvo la baja significativa en 2001 por los eventos del 11 de septiembre de 2001 en Estados Unidos de Norteamérica.

Por su parte el transporte aéreo de pasajeros en servicio regular también ha observado un notable desarrollo, ha mostrado un aumento de 50,000 pasajeros en el decenio de 1920-1930, a 114,000,000 en el decenio de 1970-1980, ocupando nuestro país el lugar No. 12, a nivel mundial (Cámara Nacional de Comercio de la Ciudad de México), en el período 1997-2000 se esperaba un incremento en el transporte de pasajeros y se alcanzaron 59,366,199 pasajeros en el año 2000 (Secretaría de Comunicaciones y transportes, 2007), para el período 2000-2007 se da un incremento mayor y la cifra de pasajeros llega en el 2007 a 86,480,204, de los cuales pasajeros nacionales son 57,517,019 y pasajeros internacionales son 28,963,185 (Secretaría de Comunicaciones y transportes, 2007), por lo que el crecimiento anual representa un 5.1% como resultado del dinamismo del comercio y el turismo. Pero en el año 2009 se da un descenso del 13.1 % debido a la crisis vivida por la influenza AH1N1. Se estima que el transporte de pasajeros por la vía aérea, de acuerdo con cifras de la Organización de la Aviación Civil Internacional, la OACI, llegará en el 2015 a cerca de tres mil millones de pasajeros, la mayor parte dentro de los mercados domésticos. Y conforme a esta tendencia, el mercado mexicano para ese año, transportará cerca de los 85 millones pasajeros, crecimiento que se verá reflejado con la entrada de nuevos prestadores de servicios aéreos.

México ha mantenido un crecimiento económico sostenido durante los últimos 20 años, tendencia que se vio interrumpida por la crisis económica que se presentó a finales de 1994. El sector turismo, uno de los más dinámicos del país y menos afectados por la crisis experimentó un crecimiento.

Dentro de América Latina, México ocupa el primer lugar en términos de acústica de pasajeros. La Asociación Internacional de transporte Aéreo (IATA) estima que en el año 2012, México continuará siendo el país con el mayor tráfico de pasajeros en Latinoamérica, pues se espera que registre un incremento en forma agregada de 37.9 millones de pasajeros durante dicho período. La IATA estima que para el período comprendido entre 1997 y 2007 México tuvo un crecimiento anual promedio de tráfico de pasajeros domésticos de 9.2% y en pasajeros internacionales de 10% y para el año 2015 se transportará cerca de 90 millones de pasajeros. Así mismo cuenta con una amplia red aeroportuaria que cubre e integra al territorio nacional, el décimo cuarto más extenso del mundo. Al año 2009, la red comprendió cerca de 1,663 aeródromos y 306 helipuertos, mismos que presentaban características muy variadas acordes con las funciones que cumplían, más 85 aeropuertos de los cuales 22 son nacionales y 63 internacionales.

Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) ha operado la Red Aeroportuaria y por lo tanto ha tenido un papel significativo en el desarrollo de la infraestructura aeroportuaria y del sector turismo. Al inicio del proceso de la apertura a la inversión privada en el Sistema Aeroportuario Nacional, ASA operaba los 58 principales aeropuertos del país. Después de la integración de 35 aeropuertos en 4 grupos los cuales son Grupo Aeroportuario, Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, Grupo Aeroportuario del Pacífico, Grupo Aeroportuario del Sureste, ASA continúa operando los aeropuertos restantes y los adicionales que le sean asignados, hasta en tanto estos no sean otorgados en concesión.

La construcción y operación de aeropuertos es una actividad con importantes efectos socioeconómicos en el país y en especial en las regiones donde se localizan estos proyectos. En estas regiones estarán interrelacionados diversos factores que a continuación se analizan.

La construcción, operación y mantenimiento de aeropuertos impacta amplia y profundamente la estructura socioeconómica de una región, principalmente en los factores: tenencia de la tierra, economía regional, empleo, demografía, salud pública e infraestructura y servicios regionales.

En el medio socioeconómico, deberá evaluarse, en que forma serán satisfechas las demandas de transporte aéreo en caso de no realizarse el proyecto: por ejemplo recurriendo a otro aeropuerto situado a mediana distancia, por auto transporte, entre otros. O si se frenara el desarrollo de programas de desarrollo socioeconómico.

II.4.1 Evaluación de los impactos sociales y económicos

A nivel general, la implantación de los proyectos aeroportuarios resulta extremadamente difícil de anticipar por lo que se recomienda el análisis específico de cada caso. Para este análisis merecen especial atención los siguientes puntos:

- i. La predicción en los niveles de ruido circundante y su relación con los terrenos afectados, especialmente lo referente a uso potencial del suelo y tendencias de crecimiento urbano.

- ii. La relación de programas de uso de suelo en la zona, con la participación coordinada de las autoridades federales, estatales y municipales.
- iii. En el medio socioeconómico, la estimación estará relacionada principalmente con las autoridades federales, estatales y municipales.

II.4.2 Tenencia de la tierra

Un aeropuerto ocupa una extensión que va desde unos cientos de hectáreas hasta varios miles, dependiendo del tamaño. Por esto será importante conocer el tipo de propiedad prevaleciente de los terrenos sobre los cuales se construirá y operará el aeropuerto, para lo cual se recurrirá a la compra-venta o expropiación de dichos terrenos.

Una vez definida la localización del aeropuerto, se tendrán que enajenar los terrenos correspondientes, ya sea mediante compra-venta o expropiación, lo que impactará negativamente al uso de suelo.

El valor de la propiedad de la zona se verá alterado, en ocasiones en forma contradictoria:

- Los terrenos y construcciones aledaños para uso residencial pueden sufrir deterioro en su plusvalía por las molestias que implica vivir cerca del aeropuerto, (ruido, acústica y contaminación del aire).
- La constitución de zonas territoriales de uso restringido dañará el valor de las propiedades.
- El posible crecimiento del aeropuerto es una amenaza latente de nuevas expropiaciones o enajenaciones, que no dejan de ser un elemento desestabilizador de la propiedad y erosionante de su valor.
- En desarrollo comercial, industrial y hotelero en la zona de influencia del aeropuerto puede incrementar el valor de los terrenos apropiados para esta actividad.

II.4.3 Aceptación social del proyecto y sus aspectos demográficos y económicos

El impacto en general y la aceptación social será benéfico, en la mayoría de los casos, por que requiere de inversiones es decir habrá una mejoría en cuanto a la zona ya que estas inversiones se verán reflejadas en mayores y mejores servicios como: caminos de acceso a la zona, es decir construcción de carreteras; líneas de transmisión eléctrica, depósito de residuos (basura), dotación de agua, construcción de alcantarillado, drenaje, etc.

No obstante, debe preverse que en un primer momento la construcción del aeropuerto puede tener un impacto negativo sobre la infraestructura existente, por ejemplo en las vías de acceso, o al oponerse algunos grupos a la construcción por intereses políticos o monetarios, lo cual en alguno de los casos se logra y el proyecto no se lleva a cabo.

II.4.4 Demografía.

La estructura demográfica y el padrón de asentamientos humanos de una región pueden verse afectados de distintas formas, incluyendo:

Afectación a edificios públicos (p.e. escuelas, y hospitales) que pudieran abandonarse, restricciones al crecimiento urbano en las proximidades del aeropuerto.

Aunque estas restricciones en algunos casos no cumplen con su cometido; por que al dotarse a la zona aeroportuaria de los servicios públicos e infraestructura básica, la zona se convierte en foco natural de desarrollo urbano.

Como se indico anteriormente, la demanda actual y futura de transporte aéreo es importante para determinar la localización del aeropuerto. Por esto será necesario detectar su área de influencia en la cual se incluye:

Principales centros de población, características de distribución por sexo y grupos de edad, movimientos migratorios, tasas de crecimiento (natural y social), afluencia por turismo, distribución de ingresos.

II.4.5 Reubicación de poblaciones

Para la localización y construcción del aeropuerto tendrá también que preverse el posible desplazamiento de algún núcleo poblacional, por pequeño que fuere, y posteriormente durante la operación

del aeropuerto pueden igualmente verse desplazados algunos pobladores alejados por el ruido. Otro factor a tomarse en cuenta es el crecimiento de algún centro urbano situado en las inmediaciones del aeropuerto, por las inconveniencias que esto pudiera suscitar en el futuro.

La estructura demográfica y el patrón de asentamientos humanos de una región pueden verse afectados de distintas formas, por consiguiente, dicho patrón constituye un elemento de importancia a considerar en las diversas etapas que comprende el desarrollo de un aeropuerto.

II.4.6 Generación de empleos o mercado de trabajo

La estructura ocupacional de la región donde puede ubicarse un aeropuerto, está estrechamente vinculada a su base económica, y es otro elemento de análisis en la determinación de la viabilidad de este tipo de proyecto. Asimismo el mercado laboral en la región se verá afectado con la utilización de mano de obra en la etapa de construcción y posteriormente de operación y mantenimiento del aeropuerto.

Los cambios que podría sufrir la región se pueden dar también con el dinamismo y desarrollo de las actividades económicas provocadas por los nuevos movimientos de gente y mercancías. De ahí la necesidad de conocer las características del mercado de trabajo: población económicamente activa distribuidas por ramas de actividad, características ocupacionales, niveles de sueldos y salarios, capacitación y especialización y condiciones laborales.

El efecto de los proyectos aeroportuarios sobre el mercado de trabajo consistirá principalmente en:

- Demanda de trabajo en la etapa de la construcción y mantenimiento.
- Creación de puestos durante la operación.
- Generación indirecta de empleos debida a las actividades comerciales, industriales, hoteleras y agropecuarias, entre otras, todas ellas favorecidas por el desarrollo aeroportuario.

II.4.7 Efectos económicos regionales

La dinámica y características de la economía de una región son elementos determinantes para justificar la construcción de un aeropuerto. Para definir la demanda de este servicio de transporte, su proyección a futuro y la viabilidad económica del proyecto se tendrá que recopilar información sobre los diversos sectores económicos, de sus relaciones recíprocas y de su evolución. Será también importante conocer los tipos de productos y servicios en que se especializan en la región, así como la cuantía de su producción y nivel de consumo local para obtener un cuadro general de las corrientes de mercancía (origen y destino) actuales y previsibles. Este último exige información sobre las condiciones de producción, el suministro de insumos, los costos y los precios, la distribución de la producción, la capacidad instalada o potencial de producción, la evolución de los mercados de abastecimiento y de consumo, las posibilidades de exportar, y los planes o proyectos de ampliación.

De este tipo de proyecto, la economía regional se verá beneficiada significativamente, aunque la magnitud de estos beneficios será difícil de cuantificar, y entre estos se encuentran:

- Mayor movimiento de personas y mercancías, que propician mayor dinamismo a la economía.
- Mayor posibilidad de desarrollo turístico.
- Derrama económica al inicio del proyecto que redundará en adquisiciones de materiales, de mano de obra y de servicios. Estos darán lugar a impactos secundarios y de fenómenos económicos en cascada.
- Durante la operación, los nuevos puestos y la demanda de bienes y servicios beneficiarán a la economía de la localidad.

Los aeropuertos ocupan grandes extensiones y en éstas pudieron incluirse zonas de interés cultural, patrimonial y de recreación, por ejemplo zonas de interés arqueológico o playas para descansar. Por lo que debe verificarse esta posibilidad con las autoridades e instituciones correspondientes. Todos estos factores de la estructura económica regional estarán interactuando en la realización de este tipo de proyectos.

La operación de un aeropuerto está también relacionada con los recursos naturales y el potencial turístico de la región. La construcción provocará por otra parte, una modificación en el uso del suelo y cabe

esperar que el mercado regional sufra transformaciones con la expansión del comercio y la industria local o atraída por la mejora en la infraestructura

II.5 Contaminación por ruido

El ruido puede definirse como un sonido indeseado o un sonido fuera de lugar y tiempo. El aspecto de ser indeseado significa que tiene efectos adversos sobre el ser humano en su ambiente, incluyendo suelo, estructura y animales domésticos. El ruido puede así mismo causar disturbios en la fauna salvaje y sistemas ecológicos.

El ruido es el contaminante más común, y puede definirse como cualquier sonido que sea calificado por quien lo recibe como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable. Así, lo que es música para una persona, puede ser calificado como ruido para otra. En un sentido más amplio, ruido es todo sonido percibido no deseado por el receptor, y se define al sonido como todo agente físico que estimula el sentido del oído.

El ruido es probablemente el impacto ambiental originado por la operación de aeropuertos que mayor atención ha recibido. Al ser sustituidos en la aviación comercial los motores de hélice por turborreactores, el ruido de los aeropuertos ha subido considerablemente. La fuente principal del ruido son los motores y, en menor grado el ruido aerodinámico, sin llegar al estampido producido por romperse la barrera del sonido que puede oírse a 75 km. de distancia, el ruido producido por los turborreactores se debe a longitudes de onda cortas y alta frecuencia emitidas por los compresores de los motores que irradian a una distancia relativamente corta, en especial cuando se encuentran objetos sólidos. El sonido se vuelve un contaminante cuando resulta dañino para la salud o disminuye la calidad de vida.

II.5.1 Características del ruido

El ruido presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes:

- Es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.
- Es complejo de medir y cuantificar.
- No deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero si puede tener un efecto acumulativo en sus efectos en el hombre.
- Tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes, vale decir, es localizado.
- No se traslada a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado movido por el viento, por ejemplo.
- Se percibe sólo por un sentido: el oído, lo cual hace subestimar su efecto. Esto no sucede con el agua, por ejemplo, donde la contaminación se puede percibir por su aspecto, olor y sabor.

II.5.2 Ruido en aeropuertos

Con relación a la fuente del ruido, los factores importantes que deben de considerarse son:

Niveles de presión acústica, distribución de frecuencia, irregularidades espectrales, duración del ruido, trayectoria del vuelo, número de operaciones, procedimientos de utilización (por ejemplo, régimen de potencia del motor), tipo de aeronave, utilización de pista, hora del día y época del año, condiciones meteorológicas.

Con relación al impacto producido por el ruido en los centros de población, los factores a tomar en cuenta son:

Usos de suelo, utilización de edificios, tipos de construcciones de los edificios, distancia del aeropuerto, ruido ambiental cuando no hay aviones, fenómenos de transmisión del sonido en la zona (difracción, refracción y reflexión), factores del carácter social (educación, edad, nivel económico).

Para evaluar el impacto del ruido del aeropuerto futuro hay que realizar un estudio de ruido que tomando en cuenta las características de operación del aeropuerto propuesto y previniendo los niveles de ruido en las zonas aledañas.

II.5.3 Métodos para pronosticar la exposición al ruido

Existen diversos métodos matemáticos para estimar la distribución de los niveles de ruido de la operación de un aeropuerto, para pronosticar la exposición, con objeto de predecir las reacciones posibles

de las comunidades vecinas. Estos estudios son importantes tanto para analizar la localización más adecuada del aeropuerto, como para regular los patrones de uso de suelo en la proximidad del aeropuerto, de acuerdo a los criterios del cuadro 2.1.

Cuadro 2.1 Niveles de ruido en un aeropuerto.

FUENTE DEL RUIDO	NIVEL DE PRESION dB	NOCIVIDAD
Lanzamiento de un cohete espacial	180	Mucha
Despegue de un avión	120/140	Mucha
Proximidades de un avión rodando	100	Mucha
Rampa, revisión exterior (en marcha)	90	Critica
Patio de maletas, cabina de mando	80	Critica
Terminal t1	70	Critica
Oficina de operaciones	60	Critica
Lluvia	50	Baja
Calle peatonal	30	Baja
Vivienda urbana	20	baja

Fuente: documento guía para ruido urbano, OMS.

Las investigaciones realizadas para la obtención de dichos métodos han consistido en:

- Estudiar los alrededores de los aeropuertos para definir los componentes de las molestias y calcular la posible correlación existente entre ellas y el ruido de origen.
- Analizar la situación geográfica de las quejas para deducir la posible correlación a su exposición al ruido, y
- Ensayar en laboratorio los efectos sobre el sueño¹⁰.

Y sobre esta base se combinan los distintos parámetros que intervienen en el fenómeno, y que nos dan para cada punto geográfico en las proximidades del aeropuerto un “indicador” que valora la posible molestia y la respuesta de la comunidad.

Los resultados de estos estudios se comparan con la información incluida en el cuadro 2.2 o en similares de la literatura (p.e. Cheremisinoff y Moréis, 1977).

Cuadro 2.2 Intensidad de decibeles de diferentes sonidos.

DECIBELES	RESPUESTA	EJEMPLO
150	Ruptura de oído	Jet cercano
130	Muy dolorosa	Limite superior de amplificadores
120	Muy doloroso	Despegue a 6 km.
115		Avión a 150 m. de altura
100	Ensofecedora	Grito
98		Podadora
92		Camión de diesel a 8 m.
90	Muy molesto	Perforadora automática
70	Molesto	Trafico de carretera
60	Fuerte	Aspiradora
55		Acondicionador de aire
50	Moderado	Conversación en restaurante
40	Tranquilo	Conversación en una sala
20	Débil	Murmullo
0	Apenas audible	Respiración suave

Fuente: documento guía para ruido urbano, OMS.

¹⁰ De esta última investigación no se tienen datos fidedignos.

II.5.3.1 Método OACI¹¹

El método OACI se basa en el supuesto de medir las propiedades físicas básicas del ruido, a saber: Niveles instantáneos de presión acústica, distribución del ruido en frecuencias, variación en el tiempo del nivel instantáneo de presión acústica.

La OACI define los índices WECPNLD (nivel ponderado de exposición al ruido total) mediante la fórmula:

ECPNLD (2) = Nivel de ruido percibido continuo equivalente durante las horas del día (para un índice de dos períodos) de las 7 a las 22 horas.

ECPNLDN = ICEM durante las horas de la noche, de las 22 a las 7 horas.

S = Ajuste estacional

WECPNLD (2) = 10 LOG [5/8 anti log ECPNLD (2)/10 + 3/8 ANTILOG. Ecpnln (2) + 10 / 10]+ S.

II.5.3.2 Método NEF¹² (Estados Unidos).

En el concepto del NEF se supone que el carácter inoportuno del ruido de las aeronaves en un punto de la superficie terrestre depende de cuatro factores:

- i. Nivel efectivo del ruido percibido (EPNL) durante cada movimiento de la aeronave.
- ii. Aviones de diversos tipos que utilizan el aeródromo.
- iii. Trayectoria del vuelo.
- iv. Numero de operaciones durante el período de tiempo.

Las fórmulas matemáticas son los modelos siguientes:

$$NE = 10 \text{ Log } h_i^u \sum_i^{ij} \text{antilog NE (ij) / 10}$$

$$NE (ij) = \text{EPNL (ij) + (10 LOG n (ij)/ 20) - 75}$$

Donde:

NE (ij) es el valor de exposición al ruido en el punto de interés en el suelo (por ejemplo, el punto de un sistema imaginario de retículos) debido al tipo i de aeronave que vuela en la trayectoria j.

EPNL (ij) es el nivel efectivo de ruido percibido en el punto de interés del suelo debido al tipo i de aeronaves que vuelan en la trayectoria j.

n (ij) es el número de aeronaves del tipo i que vuela en la trayectoria j durante un día medio.

NE es el índice de valor de exposición total al ruido acumulativo en un punto de interés.

Al igual que en los demás métodos, por unión de los puntos del mismo índice se obtienen las curvas comúnmente conocidas como huellas sonoras y que constituyen el diagrama de predicción de molestias.

II.5.3.3 Otros métodos

En Reino Unido se ha utilizado el índice NNI. La selección de este índice fue derivada de las investigaciones sociológicas efectuadas en 1961 en zonas próximas al aeropuerto de Heathrow. Francia utiliza el índice isopsófico, simbolizado por la N. Alemania la Q; los países bajos el B, etc. Todos ellos obedecen a consideraciones similares y responden a fórmulas complejas que relacionan las variables antes expuestas.

A estos índices se pueden hacer corresponder normas de uso del suelo y determinar así la zonificación urbanística compatible con la presencia del aeropuerto. Siguiendo, por ejemplo, la normativa francesa tendremos:

Índice isopsófico menor a 84: No hay restricciones de tipo Urbanístico.

Índice isopsófico entre 84 y 89: Deberá evitarse el establecimiento de nuevos núcleos residenciales.

¹¹ Véase "ruido de las aeronaves", anexo 16 del I convenio sobre aviación civil

¹² NEF (Noise exposure forecast) previsión de exposición al ruido.

Índice isopsófico entre 89 y 96: la construcción de viviendas debe realizarse con aislamiento acústico adecuado.

Índice isopsófico superior a 96: se prohibirá toda clase de Edificios excepto los del Aeropuerto.

II.5.4 Parámetros para evaluar un sonido.

II.5.4.1 Intensidad y presión.

Para valorar los niveles de intensidad y presión se utiliza una escala de decibeles. Puesto que un sonido con intensidad inferior al umbral auditivo (véase cuadro 2.3), no es perceptible, la intensidad se mide con respecto a este valor y no con respecto a cero. De hecho, no se mide el valor de la intensidad absoluta de un sonido (I), sino cuantas veces es más grande que el umbral auditivo (I/I₀). Por ejemplo, para un sonido en el umbral del dolor (10^{-4} W/cm²) esta relación tiene el valor de:

$$\frac{10^{-4} \text{ W/cm}^2}{10^{-16} \text{ W/cm}^2} = 10^{12}$$

Como se observa, resulta que el intervalo auditivo es muy amplio (de 10^{12} unidades) por lo que para medirlo es más cómodo emplear una escala logarítmica cuya unidad es la de Bel (en honor a Alexander Graham Bell) así pues el valor obtenido en la ecuación anterior, corresponde a 12 bels, o bien, 120 decibeles (dB). En el caso de la presión, el Bel es igual al logaritmo del cuadrado de la presión de un sonido dividido entre la presión mínima perceptible de 20×10^{-5} N/m².

Cuadro 2.3: Niveles de ruido en aeropuertos.

PRESION ACUSTICA	NIVEL DE SONORA db	PRESION	SENSACION ACUSTICA	EJEMPLOS
$<2 \cdot 10^{-5}$	<0		No Audible	Cámara Anecoica
$6.3 \cdot 10^{-5}$	10		Muy silenciosa	Estudio de grabar
$2 \cdot 10^{-4}$	20		Silenciosa	Grutas
$6.3 \cdot 10^{-4}$	30		Silenciosa	Dormitorio
$2 \cdot 10^{-3}$	40		Moderada	Oficina tranquila
$6.3 \cdot 10^{-3}$	50		Molesta (trabajo intele)	Conversación
$2 \cdot 10^{-2}$	60		Moderadamente desag.	Calle peatonal
$6.3 \cdot 10^{-2}$	70		Muy Desagradable	
$2 \cdot 10^{-1}$	80		desagradable	Estación de tren
$6.3 \cdot 10^{-1}$	90		Umbral de peligro	Taller
2	100		Muy fuerte	Maquinaria
20	120		Sordera	
63	130		Umbral de dolor	Avión despegando

Fuente: documento guía para ruido urbano, OMS.

II.5.4.2 Nivel de presión (dB) = 20 Log $\frac{P}{P_0}$

La presión se refiere a la amplitud de las fluctuaciones. El sonido más débil que un oído humano sano puede detectar tiene una amplitud de 20 millonésimas de Pascal, unas 5, 000, 000,000 veces que la presión atmosférica normal.

II.5.4.3 Adiciones de sonido.

Como en realidad lo que interesa calcular es la intensidad del ruido en un ambiente, se debe evaluar el sonido que resulta de la superposición de varias fuentes sonoras. Para ello se sigue este procedimiento:

1. Se ordenan en forma creciente los valores del sonido emitido por cada fuente.
2. Se comienza por el valor menor y se calcula la diferencia entre éste y el valor más cercano.
3. Se busca el valor correspondiente en la figura 2.1, se efectúa una interpolación si es necesario. El mínimo obtenido se añade al valor máximo del par empleado.
4. Se repite sucesivamente el procedimiento hasta agotar todos los valores.

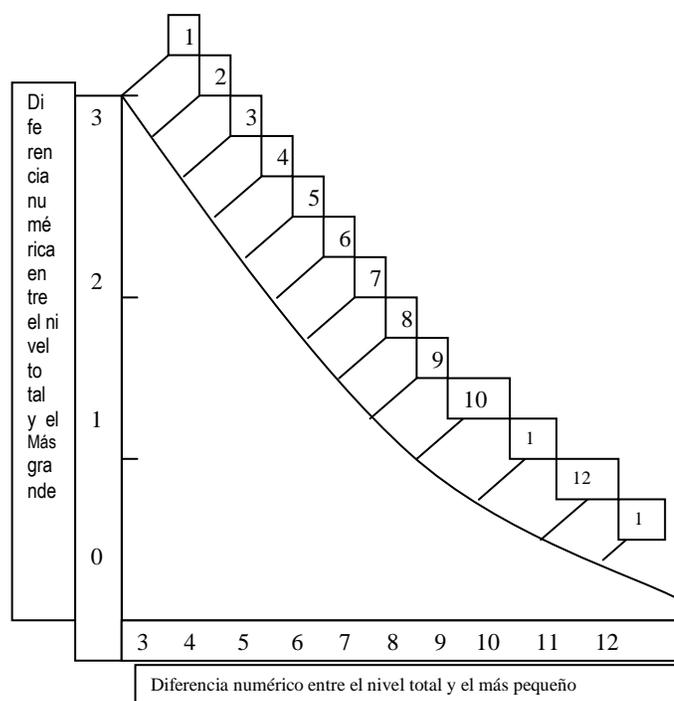


Figura. 2.1 Gráfica auxiliar para sumar o restar niveles de sonido medidos en decibeles
Fuente: documento guía para ruido urbano

II.5.4.4 Escalas de compensación

El sonido viaja a través del aire, provocando variaciones de presión por ser este un medio elástico. La velocidad con que viaja el sonido en el aire es de 344 m/s, a partir de este dato y de la frecuencia del sonido es posible calcular su longitud de onda. Sonidos de alta frecuencia tienen longitudes de onda corta; sonidos de baja frecuencia tienen longitudes de onda largas.

La sensibilidad auditiva varía en función de la frecuencia. La sensación de fuerza de un sonido es variable para frecuencias diferentes. A esta sensación sonora o intensidad subjetiva se le conoce como sonoridad. El oído humano es más sensible a sonidos entre 2 khz y 5 khz y menos sensible con frecuencias más altas o más baja. El oído humano capta sonidos en un intervalo de frecuencias de 20 khz.

Existen cuatro escalas de compensación A, B, C y D, cuyos valores se presentan en el cuadro 2.4, se recomienda el uso de la escala A para niveles de ruido por debajo de los 40 fones, el de B entre 40 y 70, el de C por encima de los 70 fones y el de la D para valores muy grandes como los producidos por aviones. Por simplicidad solo se emplea la escala A y se simbolizan mediante dBA o dB(A).

Cuadro 2.4: Valores de compensación en la escala A.

FRECUENCIA, Hz	COMPENSACION dB
31.25	-39.2
62.5	-26.1
125	-16.1
250	-8.6
500	-3.2
1000	0
2000	1.2
4000	1.0

Fuente: documento guía para ruido urbano, OMS.

II.5.4.5 Propagación del sonido.

La propagación del sonido es en forma de ondas que se extienden hacia fuera de la fuente de manera uniforme en todas direcciones y decreciendo en amplitud a medida que se aleja. Si no hay objetos que bloqueen o reflejete la trayectoria del sonido tales condiciones se denominan de campo libre.

Con un obstáculo en la trayectoria del sonido parte del mismo será reflejado, parte absorbido y el restante será transmitido a través del objeto.

En la práctica, la mayoría de las mediciones se efectúan en campos que no son ni completamente reverberantes, ni completamente libres, son casos intermedios. Esto dificulta encontrar la posición correcta para medir la emisión del ruido por una fuente determinada. Cuando se trata de evaluar la emisión del ruido de una sola fuente se pueden cometer dos clases de errores:

1. si la medición se efectúa demasiado cerca de la fuente el nivel de presión acústica puede cambiar de manera significativa al variar aunque sea ligeramente la posición del sonómetro y el área donde se realiza esta medición se denomina campo cercano.
2. si se mide demasiado lejos, la reflexión en paredes y objetos puede ser tan fuerte como el mismo sonido proveniente de la fuente. Esta región es un campo reverberante.

Entre los campos cercanos y reverberantes se encuentra el campo libre. Otra evaluación realizada con frecuencia en el caso de la ingeniería ambiental es el ruido ambiental, que involucra el medir el ruido total, independiente de su fuente, en un sitio particular.

II.5.4.6 Ruido de fondo.

Un factor que puede influir en la exactitud de una medición es el ruido de fondo comparado con el nivel de sonido que se está midiendo. El ruido de fondo no debe "apagar" o "tapar" al sonido que se está evaluando. Esto significa que el nivel del sonido debe ser al menos 3dB mayor que el ruido de fondo, aunque es necesario hacer una corrección para obtener el resultado correcto. El procedimiento es el que sigue:

1. Medir el nivel sonoro con la fuente en operación.
2. Medir el nivel de ruido de fondo con la fuente generadora fuera de operación.
3. Encontrar la diferencia entre las dos lecturas, si está entre 3 y 10 dB es necesaria una corrección y si es mayor a 10 dB no se requiere dicha corrección.

II.5.4.7 Niveles máximos de ruido

Para evaluar el daño potencial auditivo se debe medir el nivel sonoro y tomar en cuenta la duración de este para determinar la cantidad de energía recibida. Para niveles sonoros constantes esto se efectúa en forma directa, en cambio para niveles variables el ruido debe medirse en varias ocasiones y calcular el nivel sonoro continuo equivalente, que representa la exposición a un sonido con la misma cantidad de energía emitida.

La presión del ruido (y su valor promedio) es determinada para un período de 24 h. y es expresado en dBA.

Si un sonido es de corta duración se llama sonido impulsivo o impulso. Debido a su corta duración, el oído es menos sensible para percibir el volumen de estos sonidos.

Otro parámetro es el nivel de exposición sonora, el cual se define como el sonido que tiene la misma cantidad de energía acústica que el sonido original a nivel constante en un segundo. Esta medición se emplea para describir la energía sonora de un solo evento, como cuando pasa un avión, de esta manera el contenido de energía de distintos tipos de sonidos pueden ser comparados fácilmente.

El decibel (dB) se utiliza como la potencia asociada de referencia para medir la intensidad del sonido. Corresponde a una presión sonora de 20 micro-pascales que es, el umbral mínimo de audición o percepción del oído humano.

El oído humano puede tolerar presiones sonoras de más de un millón de veces mayores

Para afrontar la problemática que supone el impacto acústico de los aviones se han establecido normas enfocadas a la deducción de ruidos.

II.5.5 Instrumentos de medición de ruido

Un sonómetro es un instrumento diseñado para medir el sonido en forma similar al oído humano proporciona mediciones de nivel de presión acústica objetiva y reproducible. Se les denomina "decibelímetro". En el mercado existen varios sistemas de medición portátiles, básicamente, consisten en un micrófono, una sección de procesamiento y una unidad de despliegue de lecturas.

Como todo aparato, los sonómetros se deben de calibrar antes y después de cada medición para lograr buenos resultados, esto se realiza mediante el empleo de un calibrador acústico o pistofono que genera un nivel de presión acústica definido.

II.6 Fuentes de contaminación de ruido.

II.6.1 Tráfico aéreo.

A diferencia de los ruidos generados por los automóviles, el ruido producido por la acústica aérea se encuentra más localizado, afectando en general a las zonas próximas a estos y a su zona de influencia.

Los aeropuertos suelen estar situados en las proximidades de las ciudades, correspondiendo las zonas de influencia directa a los núcleos de población en la trayectoria de vuelos próximos a las operaciones de despegues y aterrizajes.

Las fuentes de ruido de los aeropuertos se pueden clasificar dentro de dos grandes grupos:

- Fuentes propias: Motores de los aviones, vehículos auxiliares y de mantenimiento, servicios de carga y descarga, otros.
- Fuentes reducidas: Acústica general en las vías de acceso (particulares y comerciales), implantación de industrias en las proximidades, otros.

II.6.2 Urbanas

Las fuentes de ruido en las ciudades son: vehículos, aviones, industrias y vecindarios. La principal fuente de ruido de una ciudad son los grandes vehículos. Además del ruido que proviene de los motores la contaminación sonora es generada por la mala educación de los conductores que tocan el claxon con frecuencia, circulan con el escape libre, aceleran y desaceleran violentamente. Así solucionar este problema no es solo asunto de una legislación adecuada sino también de una concientización intensiva de la población.

II.6.3 Choque sónico

Cuando un avión vuela a la velocidad del sonido comprime el aire tan fuerte que produce una onda de choque que se propaga en forma de cono figura 2.2. En la intersección del cono con la tierra se establece una zona de choque de 80 m de ancho cuando él avión vuela entre 18 000 y 21 500 m de altura. La sobre presión, choque sónico o bum sónico es la presión excedente de la atmósfera y de acuerdo con las condiciones ambientales puede variar entre 96 a 145 N/m², es decir, entre 60 y 70 dB, la aparición repentina de esta sobre presión puede causar daños a edificios, romper vidrios y afectar al sistema auditivo.

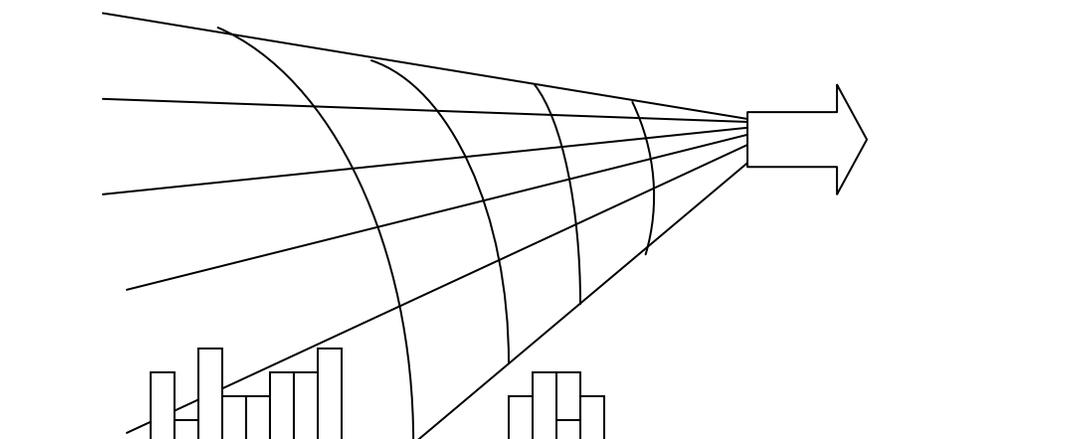


Figura. 2.2 Choque sónico. Fuente OACI.

II.7 Efectos del ruido en los seres humanos.

Lo primero que llega a la cabeza al pensar en un aeropuerto y su medio ambiente es el ruido. Hasta el punto de que, más que un problema ambiental ha llegado a serlo socialmente.

Se presentan diversos efectos en los seres humanos con respecto al ruido y los analizaremos a continuación:

II.7.1 Efectos auditivos La exposición a niveles de ruido intenso durante un período de tiempo significativo, da lugar a pérdidas de audición, que si en un principio son recuperables cuando el ruido cesa, con el tiempo pueden llegar a hacerse irreversibles, convirtiéndose en sordera. A su vez, la exposición a niveles de ruido de mediana intensidad, pero con una prolongación mayor en el tiempo, repercute en forma similar, traduciéndose ambas situaciones en desplazamientos temporales o permanentes del umbral de audición. Los métodos de evaluación se realizan a través de análisis audiométricos y/u otoscopios.

a. Desplazamiento temporal del umbral de audición. (TTS: Temporary Threshold Shift). Habitualmente se produce durante la primera hora de exposición al ruido.

b. Desplazamiento permanente de umbral de audición. (PTS: Permanent Threshold Shift). Es consecuencia del TTS, agravado por el paso del tiempo y la exposición al ruido.

c. Interferencia en la comunicación oral.

II.7.2 Otros efectos orgánicos.

Se han detectado otras reacciones del organismo cuando es expuesto a medios ruidosos. Estás consisten en modificaciones al funcionamiento del sistema endocrino y del sistema nervioso autónomo. Los efectos inmediatos son: aumento de la presión sanguínea, dilatación de las pupilas, sequedad en la boca, calor y contracción muscular en las piernas, el abdomen y el tórax, inhibición de las secreciones gástricas y excitación cardiaca. Con el tiempo el ruido provoca alteraciones de conducta.

Las reacciones fisiológicas al ruido no se consideran patológicas si ocurren en ocasiones aisladas, pero exposiciones prolongadas pueden llegar a constituir un grave riesgo para la salud. Se ha comprobado que en los sujetos expuestos al ruido, se produce un incremento significativo en la concentración de la hormona GH, que es uno de los principales marcadores de estrés.

II.7.3 Efectos conductuales.

La Psicoacústica es un área que se dedica a investigar sobre las alteraciones psíquicas que provoca el ruido en tareas de vital importancia para el desenvolvimiento humano. Entre éstas citamos el sueño, la memoria, la atención y el procesamiento de la información.

El ruido también disminuye el rendimiento en el trabajo. De hecho se sabe que los trabajadores expuestos a niveles muy intensos de ruido son más propensos a sufrir enfermedades cardiovasculares.

Por otra parte, puesto que el sentido del equilibrio radica en el oído interno el exceso de ruido puede ocasionar problemas de estabilidad o falta de coordinación que, aunado a la dificultad para la comunicación, incrementa el riesgo de accidentes.

a. Efectos sobre el sueño. El ruido puede provocar dificultades para conciliar el sueño y también despertar a quienes están ya dormidos. Sonidos del orden de los 60 dBA, reducen la profundidad del sueño. Dicha disminución se acrecienta a medida que crece la amplitud de la banda de frecuencias, las cuales pueden llegar a despertar al individuo. Vease cuadro 2.5

Cuadro 2.5: Resumen de los efectos fisiológicos y psicológicos con cambios en los niveles habituales de ruido

EFECTOS EN EL SUEÑO		
	Reducción de los niveles de ruido	Incremento de los niveles de ruido
Registros E E G electroencefalograficos)	Crecen todos los estados de sueño Aumenta la duración del sueño d Crece la latencia del sueño REM Crece el sueño REM	Decrece la duración del sueño d Menor latencia del sueño REM Decrece el sueño REM
Otros registros Fisiológicos	Correlación positiva entre la tasa cardiaca y los niveles de intensidad del ruido Decrece el número de despertares Mejor calidad subjetiva del sueño	Aumenta el número de movimiento Peor calidad subjetiva del sueño
Post Efectos	Mejora del tiempo simple de reacción Mejora en el rendimiento	Peor humor Alteraciones en los tiempos de reacción Disminución del rendimiento

Fuente: Documento guía para ruido urbano. OMS

b. Efectos sobre la conducta. La aparición súbita de un ruido o la presencia de un agente sonoro molesto para el sujeto, pueden producir alteraciones en su conducta que, al menos momentáneamente, puede hacerse más agresiva, o mostrar el sujeto un mayor grado de desinterés o irritabilidad.

c. Efectos en la memoria. En tareas donde se utiliza la memoria, se observa un mejor rendimiento en los sujetos que no han estado sometidos al ruido.

D. Efectos en la atención. El ruido repercute sobre la atención, focalizándola hacia los aspectos más importantes de la tarea, en detrimento de aquellos otros aspectos considerados de menor relevancia.

e. Estrés. Parece probado que el ruido se integra como un elemento estresante fundamental.

f. Efectos sobre los niños. El ruido es un factor de riesgo para la salud de los niños y repercute negativamente en su aprendizaje. Educados en un ambiente ruidoso se convierten en menos atentos a las señales acústicas y sufren perturbaciones en su capacidad de escuchar y un retraso en el aprendizaje de la lectura. Dificulta la comunicación verbal, favoreciendo el aislamiento y la poca sociabilidad.

La exposición al ruido afecta al sistema respiratorio, disminuye la actividad de los órganos digestivos, acelerando el metabolismo y el ritmo respiratorio, provoca trastornos del sueño, irritabilidad, fatiga psíquica, etc.

II.8 Prevención y control del ruido

II.8.1 Zonas habitacionales

Lo mejor para evitar el ruido en ciudades es la planeación adecuada del uso del suelo para impedir que zonas sensibles al ruido (cuadro 2.7) queden cerca de los aeropuertos, o alguna otra fuente importante de ruido. El concepto de zonas ruidosas (cuadro 2.8) es útil en la planeación ya que debe prestárseles atención especial para lograr una ubicación acústicamente óptima.

Cuadro 2.7: Construcciones sensibles al ruido.

Casas de ancianos o casas cuna
Edificios con propósitos socioculturales
Hospitales generales, de especialidades y de enseñanza
Hospitales psiquiátricos, generales y de especialidades
Instituciones para incapacitados mentales y sensoriales
Casas para niños enfermos
Escuelas para niños de preescolar
Oficinas
Escuelas y universidades

Fuente: Documento guía para ruido urbano. OMS

Cuadro 2.8: Zonas ruidosas.

Lugares regularmente empleados para propósitos recreativos con horarios de entre las 19:00 y las 07:00, como cantinas, centros culturales y clubes.
Restaurantes, bares, discotecas y donde se tengan instalados sistemas de sonidos, como fuentes de sodas, heladerías y cafeterías.
Parques de diversiones que tengan mínimo tres maquinas
Escuelas de danza, salones de baile, etc.
Escuelas y centros deportivos, incluyendo boliche y gimnasio, en las cuales se hagan pesas
Escuelas de música y locales para aprendizaje y practica de música
áreas destinadas para pruebas de aviones
Pistas para ciclomotores, vehículos, etc., usados para recreación con períodos de 8 horas a la semana
Teatros centros deportivos y otras áreas recreativas cielo abierto las cuales incluyan sistemas de sonido
Plazas donde se realizan manifestaciones
Calles y cruces conflictivos
Aeropuertos
Zonas industriales

Fuente: Documento guía para ruido urbano. OMS

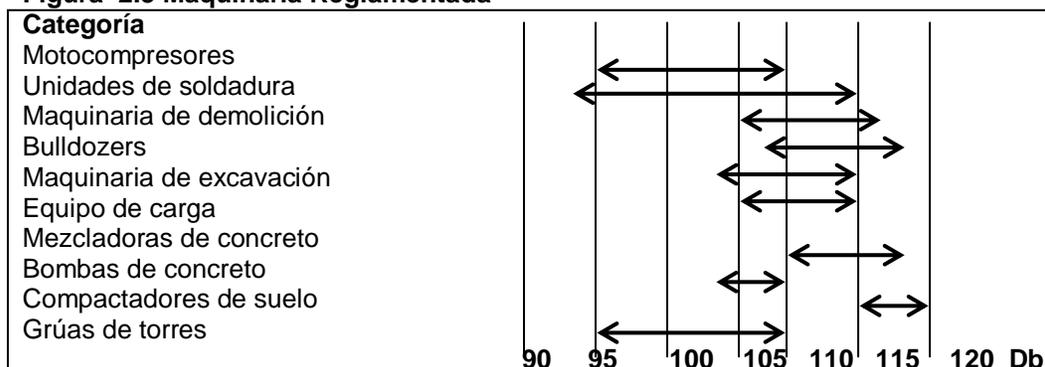
También es conveniente definir en la normatividad el concepto de zona tranquila, que generalmente son descritas como áreas por lo menos de varios km² en las cuales el ruido debido a actividades humanas es tan bajo que no tiene efectos en los sonidos naturales.

II.8.2 Zona de acústica.

Para las industrias es necesario trazar un plan de acción que considere:

- Establecimiento del nivel admisible de ruido.
- Estimación de los niveles de ruido de las futuras instalaciones.
- Detección de las probables fuentes.
- Alternativas de solución.

En el caso del ruido industrial el tamaño mínimo de la zona de restricción está determinado por la línea en la cual hay 50 dB(A), punto a partir del cual es aceptable tener asentamientos humanos. La maquinaria que debe ser reglamentada especialmente por ruido es, ver (Figura 2.3):

Figura 2.3 Maquinaria Reglamentada

Fuente: Documento guía para ruido urbano. OMS

Para reducir la cantidad de ruido por herramienta y equipos se debe:

- Reglamentar la manufactura de herramientas y equipo ruidoso.
- Otorgar licencias para el uso o venta de herramienta y equipo ruidosos.

II.8.3 zona industrial

Las zonas al lado de los caminos son áreas a las que se debe de prestar atención especial, por lo que se tiene que evitar ubicar viviendas y edificaciones sensibles al ruido. El ancho de esta zona depende de la capacidad del camino (número de líneas), la velocidad del tránsito y la naturaleza del ambiente (urbano o no urbano). El ancho de las zonas varía de 200 a 600 m y lo que se busca es tener en la periferia valores menores a 50 dB(A).

II.8.4 zona de aeropuertos

Para afrontar la problemática que supone el impacto acústico de los aviones se han establecido normas enfocadas a la reducción de ruidos que afectan desde la fabricación de los aviones y motores hasta la operación de vuelo.

Todos los organismos que trabajan para reducir los niveles de ruido coinciden en un aspecto: los procedimientos antiruido no podrán afectar los niveles exigidos de seguridad en la operación de la aeronave.

II.8.5 Control del nivel de ruido

Para el control se considera que es posible intervenir en uno o más de los siguientes niveles.

1. Reducción de la fuente. Se basa en la modificación de la tecnología empleada o la sustitución de procedimientos por otros menos ruidosos. Efectuar cambios, colocar adaptadores de equipos o adecuar su instalación.
2. Interrupción en la vía. Emplear barreras físicas para desviar las ondas sonoras.
3. Protección del receptor. Se puede recurrir al uso de orejeras o tapones con el objeto de disminuir el sonido.

II.8.6 Control de vibraciones

En muchas ocasiones el ruido se origina en un equipo o superficie que está vibrando. Este fenómeno en sí puede ser señal de una mala operación, por lo que se debe proceder a corregir el funcionamiento del equipo no solo por que puede estropearse sino que este puede conducir a un accidente. En el caso de estructuras, tuberías o superficies, las vibraciones pueden ser corregidas con la rigidificación o la utilización de resortes y snobber. En cuanto a la maquinaria en general se recomienda instalarla en una cimentación independiente del resto de la estructura y sobre un bloque masivo que disminuya su frecuencia.

II.8.7 Procedimientos antiruido en aeropuertos.

Los procedimientos antiruido de la OACI se establecen en función a tres parámetros.

- 1) Pistas preferentes: El uso de pistas preferentes para la atenuación del ruido con objeto de alejar trayectorias del avión de las áreas al ruido.
- 2) Rutas preferentes: Uso de rutas para evitar sobrevolar áreas sensibles al ruido en salidas y arribos.
- 3) Procedimientos operacionales: Son los procedimientos especiales de amortiguación de ruido en despegue o aproximación.

En despegue. Reducir al mínimo la exposición al ruido en el suelo sin afectar los niveles exigidos de seguridad. Se recomiendan dos procedimientos para atenuar el ruido de forma distinta y por ser aceptables desde el punto de vista operacional, las cuales se presentan a continuación en las figuras 2.4 y 2.5.

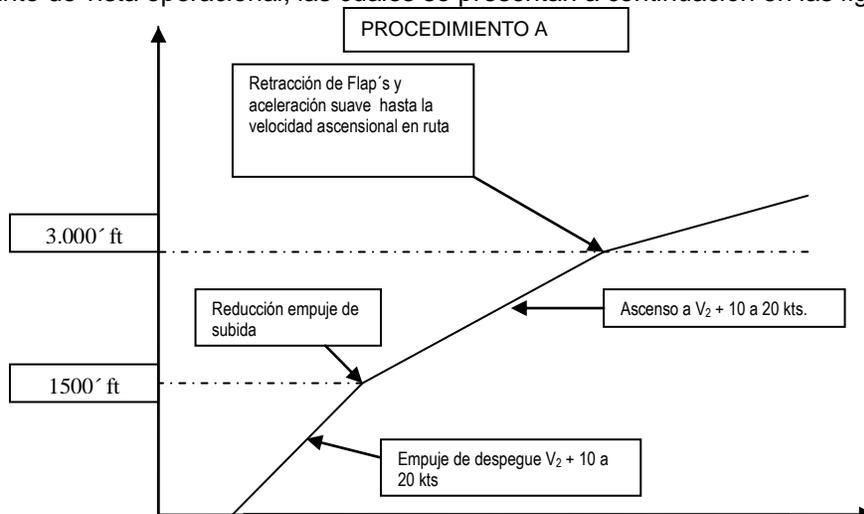


Figura 2.4: Atenuación de ruido procedimiento tipo A. Fuente OACI.

El procedimiento A atenúa el ruido en la última parte del mismo, mientras que el procedimiento B lo hace en la parte más cercana al aeropuerto.

Además de estos dos procedimientos las autoridades aeronáuticas podrán elaborar un especial a medida que satisfaga las limitaciones que se relacionan a continuación:

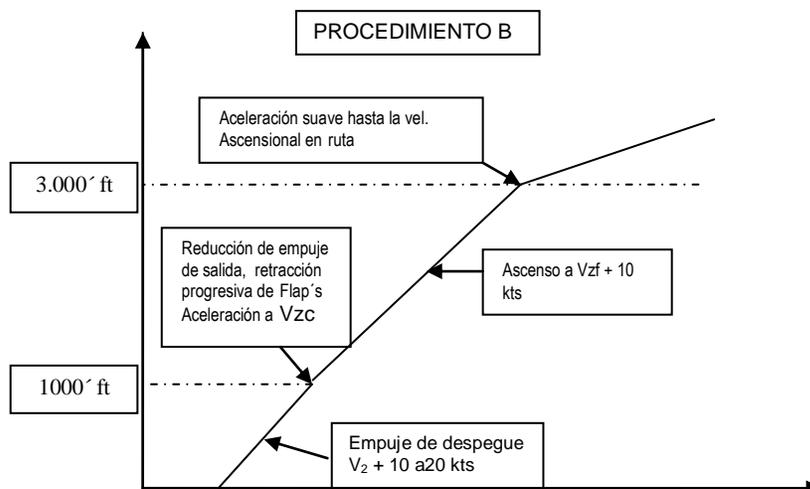


Figura. 2.5 Atenuación de ruido procedimiento tipo B. Fuente OACI.

II.8.8 Limitaciones al procedimiento antiruido de despegue (SEGÚN OACI)

Velocidad de ascenso no inferior a V_2+10 nudos, no exigir la velocidad mínima de ascenso inicial si con ello se excede el ángulo máximo aceptable, no exigir reducir la potencia a menos que se den las siguientes condiciones:

Reversa cuando este en peligro la seguridad de la operación, el avión ha alcanzado al menos 1,000 pies.

No obstante las limitaciones aquí expuestas, las aproximaciones basándose en técnicas de descenso continuo y de reducción de potencia y/o resistencia al avance han demostrado ser eficaces y aceptables desde el punto de vista operacional. La demora en la extensión de los flaps y tren de aterrizaje lleva consigo que las velocidades sean más elevadas. Ello implica menos tiempo de exposición del ruido de trayectoria del avión y requiere menos potencia de los aviones motores, lo que se traduce en menos ruido.

No se debería exigir el cumplimiento de tales procedimientos cuando las condiciones de la pista no sean aceptables para operación antiruido. El aeropuerto podrá exigir el uso de reversa como una medida más en la operación antiruido.

II.9 Contaminación del aire

El olor, la presencia de polvo, el sonido y la visibilidad son características de la atmósfera que tienen connotaciones estéticas y paisajísticas y son a los que se les debe poner más atención.

La construcción va a generar ruido; sin embargo es durante la operación de vuelos cuando se genera este impacto con mayor significado y con características a corto plazo, temporal y frecuente. Esto afectará tanto a las poblaciones vecinas como a la fauna. El sonido se va a ver afectado positivamente por la protección contra el ruido, el monitoreo ambiental y avances tecnológicos. El olor va a verse afectado en pequeña forma en la zona inmediata a la disposición de residuos de alimentos y cerca de las pistas de rodaje y zonas de estacionamiento.

La naturaleza tiene la capacidad en forma global, de limpiar el ambiente por medio de los procesos de precipitación pluvial, oxidación atmosférica y absorción en los océanos y suelos. Aún cuando estos mecanismos son importantes para controlar las acumulaciones a largo plazo de los contaminantes en la atmósfera, son complejos y requieren tiempo y condiciones meteorológicas adecuadas.

La contaminación del aire, no es en realidad, un fenómeno nuevo, ya que el humo liberado por el fuego de la cocina o del calefactor, los olores que provienen de desechos domésticos aguas negras y basura, han sido una característica de los lugares que el hombre ha habitado desde que se comenzó a agruparse en comunidades.

La característica principal de la contaminación del aire está concentrada con la actividad humana, al aumentar la población las cantidades emitidas de contaminantes aumentan y puesto que la cantidad total de aire, tierra y agua en el planeta es invariable, la porción disponible de cada uno de los recursos naturales

para cada persona está disminuyendo; por lo que la contaminación del aire es hoy un elemento de dominio público; es decir, la contaminación interesa tanto a los responsables o generadores como a los que podrían sufrir las consecuencias.

Parece ser hasta ahora que la contaminación atmosférica procedente de los aviones en zonas alejadas de los aeropuertos es de carácter casi imperceptible, dadas las características de las emisiones de los aviones que vuelan a alturas de crucero y el proceso de difusión en los grandes espacios. Sin embargo, en los aeropuertos y sus cercanías, este asunto reviste condiciones que merecen especial atención.

La contaminación del aire en el aeropuerto va a depender de las condiciones climatológicas de la zona. Es menor cuando hay turbulencia y mayor en condiciones atmosféricas tranquilas.

Los aviones subsónicos comerciales vuelan a una altura de cruceros de 10,000 a 12,000 m y se ha investigado que producen nubes cirrus, las que pueden afectar el balance de calor y acelerar la formación de núcleos de condensación (Massachusetts Institute of Technology).

II.9.1 Emisión de los motores

La introducción de los turborreactores ha reducido la producción de contaminantes por las aeronaves. Ya que sólo un 1% de los productos de emisión de los turborreactores son contaminantes, lo cual es bajo en relación al 5% de motores con ciclo diésel y 34% de motores con ciclo Otto.

Para el aeropuerto las siguientes operaciones de los aviones tienen impacto en la producción de contaminantes atmosféricos. Se denomina ciclo de operación al compuesto por las siguientes maniobras de la aeronave:

- El avión arranca y marcha lentamente a las cabeceras de la pista (15 minutos).
- El avión despega (0.7 minutos).
- El avión sube, alejándose (2.2 minutos).
- El avión baja, aproximándose (4 minutos).
- El avión aterriza y se acerca lentamente al estacionamiento (7 minutos).

A todas estas operaciones se les llama un ciclo de operación y en el cuadro 2.9 se presentan los kilogramos de contaminante por ciclo de operación para diferentes tipos de aeronaves (Sbarton, 2007

Cuadro 2.9: Ciclo de operación por tipo de avión.

AVION	Emisiones en.	Marcha lenta	Despegue (0.7 m)	Subida (2.2 m)	Aproximación (4 m)	Marcha lenta llegada	Total parcial	Total global
BO-747	CO	89	0.36	13.4	39.3	41.5	183.6	219.64
	HC	17.1	0.02	2.48	7.5	0.042	27.1	
	NO _x	1.15	1.43	3.28	0.9	0.537	7.3	
	HUMOS	0.5	0.18	0.46	0.27	0.23	1.64	
DC-10	CO	79.26	0.32	11.93	35	37	163.47	195.46
	HC	15.23	0.017	2.20	6.68	0.037	7.3	
	NO _x	1.02	1.27	2.92	0.8	0.478	6.48	
	HUMOS	0.445	0.16	0.41	0.24	0.20	1.46	
BO-727	CO	32.5	0.13	4.9	14.36	15.17	67	80.1
	HC	6.26	0.0073	0.9	2.74	0.015	9.92	
	NO _x	0.42	0.52	1.2	0.33	0.2	2.66	
	HUMOS	0.18	0.065	0.168	0.098	0.084	0.6	
DC-9	CO	21.7	0.08	.327	9.6	10.13	44.78	53.57
	HC	4.17	0.0048	0.6	1.83	0.010	6.61	
	NO _x	0.28	0.35	0.8	0.22	.13	1.78	
	HUMOS	0.122	0.044	0.112	0.066	0.36	0.4	

Fuente: Inventario de emisiones contaminantes atmosféricos generados en aeropuerto. Sbarton 2007

Suponiendo mezclado completo, la carga de contaminantes en la zona del aeropuerto normalmente no rebasa los criterios de calidad del aire. Sin embargo, el mezclado completo es una situación ideal y en la

práctica se presentan manchas contaminadas en forma transitoria que sobre todo afectan a algunos operarios del aeropuerto.

La operación de turborreactores afecta la calidad del aire en el aeropuerto y sus proximidades, así como la estratosfera.

En el cuadro 2.10 se muestran los productos de emisión normales de un motor de combustión y los efectos que produce.

Si se comparan los productos de emisión procedentes de motores de distinto tipo, tendremos el cuadro 2.11, en el que se observa la ventaja de los turbo reactores.

Por tener un orden de ideas respecto al alcance de la contaminación, en la tabla 2.9 se muestran los kilogramos de contaminante de los aviones comerciales actualmente más usuales de cada ciclo de operación.

Cuadro 2.10: Cuadro de emisiones normales en un motor de combustión y sus efectos sobre el medio ambiente.

PRODUCTOS DE EMISION		EFFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE
No contaminantes	Co ₂ H ₂ O	Ligeras modificaciones
Contaminantes	-No ₂ -Hidrocarburos sin quemar -Humos -óxidos sulfuroso -CO -Residuos radioactivos	-Neblinas smog -Restricción de visibilidad -Reacciones fotoquímicas -Acciones sobre la salud del hombre y la fauna -Toxicidad -Olores -Acción destructiva sobre materiales (pinturas, etc.)

Fuente: Inventario de emisiones contaminantes atmosféricos generados en aeropuerto. Sbarton 2007

Cuadro 2.11: Comparación de los productos de emisión de los distintos tipos de motores.

TIPOS DE MOTOR	PRODUCTOS DE EMISION		
	% CONTAMINANTES	% CO ₂	% H ₂ O
ALTERNATIVO CICLO OTTO	34	36	30
ALTERNATIVO DISSEL	5	65	30
TURBORREACTOR	1	70	29

Fuente: Inventario de emisiones contaminantes atmosféricos generados en aeropuerto. Sbarton 2007

II.9.2 Clasificación de los contaminantes.

Existen diferentes formas de clasificar los contaminantes. Según su origen, se distinguen los naturales y los antropogénicos. Los primeros se deben a fenómenos como erupciones, incendios accidentales, producción de gases en pantanos, diseminación del polen por el viento, etc. En cambio los antropogénicos se derivan de las actividades del hombre.

Los contaminantes también se dividen en primarios y secundarios, según sean arrojados tal cual en la atmósfera, o bien, se formen en ella debido a la presencia de diversos compuestos y a la acción de la luz solar. Otra clasificación es por su estado físico, como se presenta en el cuadro 2.12

Cuadro 2.12: Clasificación de contaminantes del aire.

SÓLIDOS	LIQUIDOS	GASES
POLVOS DE 1 O 1000 mm (fracción respirable < 10 nm)	NIEBLAS (<1 nm)	
HUMOS (< 1nm)	AEROSOLES (de 10 a 1000 nm)	

Fuente: Inventario de emisiones contaminantes atmosféricos generados en aeropuerto. Sbarton 2007

Una última clasificación se limita a agrupar los principales contaminantes en las siguientes familias.

- Compuestos inorgánicos del carbono.

- Compuestos derivados del azufre.
- Hidrocarburos.
- Compuestos del nitrógeno.
- Oxidantes fotoquímicos
- Metales.
- Partículas.

Cabe mencionar que, según se encuentre en movimiento la fuente que genera los contaminantes, está se denomina fija (una cementera) o móvil (un avión)

II.9.3 Principales contaminantes del aire.

Para describir los principales contaminantes del aire se empleará la clasificación de acuerdo con las familias químicas.

- **Compuestos inorgánicos del carbón:**
- **Compuestos del azufre**

La combustión empleada para obtener calor, generar energía eléctrica o movimiento, es el proceso de emisión de contaminantes más significativo. Existen otras actividades, tales como la fundición y la producción de sustancias químicas, que pueden provocar el deterioro de la calidad del aire si se realizan sin control alguno. Entendemos pues por contaminación atmosférica cualquier cambio en el equilibrio de estos componentes, lo cual altera las propiedades físicas y químicas del aire.

En el ámbito nacional, la contaminación atmosférica se limita a las zonas de alta densidad demográfica o industrial.

II.9.4 Efecto invernadero.

En el presente siglo, debido al creciente uso del petróleo y carbón, el nivel del CO₂ en la atmósfera ha aumentado de 290 ppm a 330 ppm del actualmente tiene una tasa de producción de 1.8 µg/m³ año. De está forma se ha rebasado la capacidad de asimilación del CO₂ del planeta mediante fotosíntesis o por disolución en el océano.

El aumento de CO₂ en la atmósfera ha dado lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. El dióxido de carbono y el agua retienen las radiaciones infrarrojas provenientes de la reidarrriacion solar por parte de la tierra teniendo como consecuencia la elevación de la temperatura ambiente.

II.9.5 Evaluación de la contaminación del aire.

La evaluación de la calidad del aire se basa en dos conceptos: medir la emisión y medir la inmisión.

1. - EMISION: Se refiere a evaluar la totalidad de sustancias que pasan a la atmósfera a partir de una fuente. Tiene unidades muy variadas en función del tipo de proceso. La rapidez del fenómeno depende tanto de las características del contaminante como las condiciones meteorológicas.

2. - INMISION: Es una medida de la concentración de contaminantes en el aire en un punto suficientemente alejado de sus fuentes como para no poder distinguir de donde proviene. Por tanto, hablar de valores inmisiones equivale a referirse a la calidad del aire.

A partir de los conceptos anteriores se define:

- Concentración de máxima emisión. (CME).
- Concentración máxima de inmisión. (CMI).
- Concentración máxima admisible (CMA).

II.9.6 Prevención y control en los aeropuertos.

En cuanto a las acciones correctivas, se ha de mencionar en primer lugar la estricta normatividad que están imponiendo la OACI y la FAA norteamericana a los fabricantes de motores de aviones y al mantenimiento de las compañías aéreas, estableciendo un programa escalonado para reducir niveles espectacularmente bajos los niveles de inmision específicos de cada uno de los contaminantes. En caso de

no cumplir esta reglamentación, automáticamente se les cancelaría los certificados de homologación y, en consecuencia él poder operar.

Otras soluciones son:

a. La reducción de emisiones cuando los motores van en marcha lenta, mejorando el rendimiento de la combustión, cosa que podría lograrse haciendo que los inyectores de combustión descarguen parcialmente durante la marcha lenta, o dejando inoperativos parte de los inyectores.

b. La reducción de espera en los aeropuertos, solución que depende de la capacidad del aeropuerto y del control de acústica aérea.

II.10 Contaminación en suelos

El suelo es el factor ambiental que sustenta toda la forma de vida terrestre, el suelo es semejante a una "esponja viva" ya que es capaz de retener el agua y liberarla gradualmente sin que haya pérdida excesiva de materiales valiosos; es un factor del medio producido por los organismos. El suelo se encuentra formado por un material materno (la roca madre), del substrato geográfico o mineral subyacente y de un elemento orgánico.

Es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos edáficos:

➤ Factores de capacidad y adaptabilidad de suelos incluyendo los suelos que presenten capacidades para la agricultura, caza, selvicultura y recreación.

➤ Es importante conocer las formas del suelo: formación de lechos rocosos, depósitos superficiales, recursos minerales, características de erosión y hundimiento, y aquellos suelos que presentan adaptabilidad para uso aeroportuario.

➤ Es necesario conocer la estructura en la tenencia y los usos del suelo adyacentes (públicas, privadas o en un estado legal especial, tal como parques nacionales o provincial, santuarios para aves o animales, o de reservación).

➤ Áreas de interés histórico o arqueológico.

➤ Tierras con patrones de uso tradicional (caza nativa, pesca, y áreas de importancia religiosa).

➤ Usos actuales del suelo y usos futuros proyectados en términos de interés industrial, comercial, residencial, recreacional y agrícola.

➤ Desarrollo urbano, industrial y comercial proyectado y esperado como resultado del aeropuerto.

➤ Estado legal de planes regionales (cambios proyectados, abastecimiento y demanda de tierra y agua).

II.10.1 Ocupación y modificación del suelo

Los aspectos principales que incluyen son el relieve, las características topográficas y geológicas de la región. Se deberá conocer si la zona del proyecto posee cualidades únicas. La belleza escénica no necesariamente es dependiente de una extensión montañosa o de arroyos y corrientes.

II.10.2 Impactos sobre uso de suelo

Los factores del suelo que mayor impacto reciben son las características de erosión, el uso potencial, la compatibilidad de usos y la calidad.

Durante la preparación del sitio y la construcción se afecta el relieve y las características topográficas en forma negativa, directa o indirecta, y en forma permanente.

El reacondicionamiento del banco de préstamo va a afectar el relieve y las características topográficas en forma positiva, directa o indirectamente, en el corto o mediano plazo.

II.10.3 Erosión del suelo

Un aeropuerto de clase A puede ocupar una superficie desde 250 ha hasta varios miles de ha, cuya vegetación va a ser removida en la preparación del sitio. Además, las excavaciones, niveles y rellenos van a aumentar la erosión.

La selección del sitio del aeropuerto va a afectar el uso potencial del terreno necesario para la etapa inicial y, en algunos casos, para las posibles ampliaciones. Un aeropuerto requiere servidumbres, las cuales también se verán afectadas.

Un aeropuerto implica restricciones al uso del suelo en los terrenos colindantes, por lo que se afecta también una zona considerable, en la que sólo será posible realizar los usos señalados por los planificadores urbanos de la localidad de acuerdo a los niveles de ruido esperados. Además existe la posibilidad de que se afecten usos del suelo ya existentes. Está situación puede complicarse ya que el aeropuerto tiende a convertirse en polo de desarrollo y atracción para la ubicación de viviendas y zonas comerciales.

La zona árida posee el más alto desarrollo de transportes, lo que ha implicado numerosas modificaciones a las condiciones naturales del ambiente. Aun cuando la cubierta vegetal no es densa, los desmontes ocasionan el deterioro del hábitat.

Los efectos de deforestación no son tan significativos en el microclima, la erosión es considerable únicamente en algunos casos donde realizan movimientos de tierra en sitios de pendientes pronunciadas.

En la zona árida se generan cambios en el uso de suelo y se incrementan los aprovechamientos no permitidos.

II.11 Contaminación del agua

El agua puede tener características estéticas en sus diversas formas: lluvia, lagos, arroyos, cascadas, estanques, géiser, océanos, estuarios, los cuales originan una belleza casi incomparable, la apariencia, el olor y sabor y la interfase tierra-agua, son características del agua que deben ser incluidas en la evaluación ambiental, además se deberá conocer si la zona tiene cualidades únicas o excepcionales.

Las características del drenaje del área ocupada por el aeropuerto se verán radicalmente modificadas desde la preparación del sitio, y posteriormente con excavaciones y nivelaciones. En algunas ocasiones hay canales, arroyos y lagunas que son absorbidos por el aeropuerto y sus caudales son desviados mediante alcantarillas, canales perimetrales y/o cárcamos de bombeo. Esto va a modificar la actividad biológica dentro del área aeroportuaria.

Adicionalmente, durante la construcción y operación son arrojados lubricantes, gasolina, aditivos y agentes químicos utilizados en casos de emergencia, los que van a ser arrastrados por las aguas de lluvia y van a deteriorar la calidad del cuerpo receptor. También en el aeropuerto se producen aguas residuales de los servicios y hasta de las industrias ahí localizadas. Estas aguas residuales deben recibir un adecuado tratamiento antes de ser vertidas al cuerpo receptor.

La modificación del suelo permeable original, en las pistas y áreas construidas, a un suelo impermeable del pavimento (tanto asfáltico como de concreto) reduce la recarga del acuífero y puede alterar el nivel de agua subterránea en la zona. En regiones costeras, esto puede dar lugar a intrusión salina.

II.11.1 Calidad del agua: Subterránea.

Principales ríos o arroyos cercanos. Se localizan los principales ríos cercanos y con datos de las cuencas hidrológicas, las estaciones hidrométricas lo largo de los recorridos de los ríos y sus confluencias, el gasto que llevan, son datos necesarios para la evaluación del impacto que pueda crear el desarrollo sobre estos.

II.11.2 Embalses y cuerpos de agua cercanos.

Localización de los depósitos de agua que estén cercanos al sitio y su capacidad así como sus coordenadas de localización, que poblados dependen de ellos y la superficie que abarcan, la distancia del sitio al depósito, son algunos de los datos que se requieren para Embalses y Cuerpos de Agua

II.11.3 Drenaje subterráneo.

Se hacen mediciones del nivel freático sistemático y continuo se elabora un mapa del drenaje subterráneo.

II.11.4 Parámetros biológicos

El análisis para la evaluación de la calidad biológica del agua consiste, generalmente, en la determinación de indicadores bacteriológicos y no de organismos patógenos como tales. Tradicionalmente,

los grupos de bacterias considerados como indicadores, son los coliformes totales y los coliformes fecales. El indicador ideal es el que se encuentra presente cuando existen bacterias patógenas de origen fecal y cuyo número está relacionado directamente con el grado de contaminación. El indicador tradicional de la calidad microbiológica son las bacterias del grupo de coliformes fecales.

II.11.5 Impactos ecológicos, medio ambiente.

Es el sistema constituido por los elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y la comunidad en que vive, determinando la forma, el carácter, el comportamiento y la supervivencia de ambos. Conocidos también como medio abiótico y biótico

II.11.6 Medio abiótico: Geología.

Es importante conocer las formas topográficas del terreno, ya que se prefieren las llanuras extensas para evitar movimiento de tierras y por los requerimientos aeronáuticos que exigen que las obstrucciones sean nulas en áreas de aproximación y despegue.

Además se requiere conocer las formaciones de lechos rocosos y las características de erosión y hundimientos.

II.11.7 Climatología.

El clima está determinado principalmente por la latitud geográfica y por el relieve. El clima es el conjunto de caracteres atmosféricos que distinguen a una región y es el factor principal para la existencia de los tipos diferentes de vegetación.

Es importante conocer la meteorología de la región donde se llevarán a cabo estos proyectos, tomando en cuenta los siguientes factores.

- Dirección, duración, velocidad y frecuencia del viento.
- Temperaturas medias y extremas.
- Frecuencia y profundidad de las inversiones de temperatura.
- Precipitaciones media y extrema.
- Evapotranspiración.
- Frecuencia, humedad y densidad del aire.

La influencia que presenta el proyecto sobre el clima va a ser despreciable, en cambio el clima afecta significativamente el proyecto.

II.11.8 Hidrología.

Las características hidrológicas de una región están determinadas por su estructura geológica, geográfica y en forma predominante por su clima. Es necesario e importante conocer la localización de arroyos, pantanos o ciénegas, lagos, depósitos de almacenamiento y otros cuerpos de agua; presas y otras estructuras de reserva de agua, hacer una descripción de los regímenes de flujo de corrientes con extremos, incluyendo avenidas y secas y la vertiente de agua, describir los sistemas de agua superficial y agua subterránea y los usos del agua.

La relación que se presenta entre la hidrología y el proyecto es durante la preparación del sitio, la construcción y la operación, ya que los canales, arroyos, lagunas y zonas de recarga de acuíferos pueden ser absorbidos por el aeropuerto.

Hidrología superficial y subterránea.

Los efectos directos sobre este componente del ambiente pueden ser: modificaciones en los flujos de agua superficial y subterránea, efecto barrera, impermeabilización de áreas de recarga de acuíferos, y cambios en la calidad del agua. Un aspecto importante es que los sistemas acuáticos constituyen un vector de transmisión de impactos, por lo tanto, una alteración sobre ellos, inducirá efectos indirectos en puntos cercanos y/o alejados.

Para la hidrología superficial los aspectos que deberán ser considerados son los siguientes:

- Tipo y distribución de las redes de drenaje y escorrentía.
- Corrientes y cuerpos de agua que pueden verse afectados.

- Estimación de caudales tanto en su período anual como en las avenidas. Es importante que el período de avenidas o retorno sea suficientemente largo, (por lo menos 20 años) para disminuir riesgos de inundaciones.
- Análisis de la calidad del agua.

La tipología de las redes de drenaje y de escorrentía, así como el inventario de corrientes y cuerpos de agua puede realizarse a través de cartas topográficas y de hidrología. En la tipificación de geohidrología se debe tomar en cuenta la vulnerabilidad de los terrenos en la entrada de contaminantes en función de su permeabilidad y conexión con los acuíferos, los efectos de corte que pueden generar las excavaciones y obras de drenaje.

Para la geohidrología los aspectos que deben ser considerados son los siguientes:

- Aspectos hidrográficos (localización de aprovechamientos de aguas subterráneas “norias, pozos y manantiales, mediación in situ”, y profundidad del nivel freático, permeabilidad, etc.).
- Geología (cartografía: litología, fisuración, análisis petrográfico, etc.).
- Topografía (pendiente).
- Suelo (textura, análisis).

II.11.9 Medio biótico:

El medio biótico comprende la flora y la fauna acuáticas y terrestres que pueden ser evaluadas en función de su composición y distribución. Los proyectos aeroportuarios están más relacionados con el medio terrestre y sus impactos se presentan: Las plantas existentes en un área, zona, provincia o región dadas representan la historia natural de dicha área ya sea por constituir un ecosistema natural o por formar parte de un ecosistema artificial.

II.11.9.1 Flora terrestre.

La vegetación natural de una región está constituida por especies adaptadas a sus condiciones climáticas y edáficas, y es la base de la producción autotrófica de alimentos para las comunidades faunísticas. Las plantas son organismos que propician y producen cambios sobre la fauna y el ser humano. En las regiones donde se va a localizar un aeropuerto es necesario considerar los aspectos que a continuación se presentan

El tipo de vegetación existente y las especies del contexto ecológico reconociendo sus limitaciones, su uso como hábitat para la fauna silvestre.

Es importante realizar un inventario de los componentes florísticos utilizados como hábitats de vida silvestre. Una descripción comprensible basada en el inventario de los componentes florísticos y la identificación de la importancia relativa de los tipos de hábitat.

Una identificación de las categorías importantes de especies que sean de utilidad como hábitats, comida, de usos comerciales e industriales.

Una descripción de aquellas especies escasas o en peligro de extinción en la zona. Además, es importante anotar los criterios que se hayan tomado para la selección de estas especies.

El impacto que se presenta sobre la flora terrestre es principalmente durante la preparación del sitio por el desmonte y limpieza del sitio donde se realizará el proyecto, este es un impacto directo, a corto plazo y permanente sobre la distribución y composición de la vegetación. En la preparación de los caminos de acceso y el acondicionamiento de áreas para la disposición de residuos hay alteración en la distribución y composición de la flora (esto es directa, a corto plazo y permanente). Durante la construcción con el tendido de líneas se modifica la distribución de la flora lo que puede representar un impacto negativo directo y a corto plazo. Durante la operación, el uso de pesticidas y herbicidas va a modificar la distribución de ciertas especies pequeñas y es un impacto a corto plazo, en forma directa y puede ser temporal o permanente.

El reacondicionamiento del banco de préstamo afectará positivamente la distribución y composición de la vegetación en forma indirecta, a mediano y largo plazo. Además el desarrollo urbano-industrial o

comercial asociado al aeropuerto podrá dañar la composición y distribución de la flora terrestre en el mediano plazo y en forma permanente.

II.11.9.2 Flora acuática.

Los tipos de vegetación que se presentan en los ecosistemas acuáticos son: marginal, emergente, sumergida y flotante. Es necesario realizar una descripción e inventario de las especies existentes en el lugar de ubicación del proyecto, además de describir aquellas especies de utilidad económica e industrial, así como las especies escasas o en peligro de extinción anotando los criterios que se hayan seguido para su selección.

Generalmente este tipo de proyectos estará relacionado con la flora acuática localizados en zonas costeras, cercanos a lagunas, litorales o estuarios.

El impacto que se presenta sobre la flora acuática es durante la operación y por el uso de los pesticidas y herbicidas que alteración en la distribución y composición del plancton, es un impacto directo, a corto plazo y puede ser temporal.

II.11.9.3 Fauna.

La fauna está formada por aquellas especies animales que se encuentran localizadas en un área, región o zona determinada y se encuentra íntimamente relacionada con la vegetación y con los factores abióticos de esa área, zona o región dada.

II.11.9.4 Fauna terrestre

La fauna está relacionada con el tipo de vegetación en la región ya que de ella obtiene su alimento y refugio entre otros medios de subsistencia.

Desde la caracterización ecológica es necesario tomar en consideración que habrá dos tipos de interacciones entre el aeropuerto y la fauna silvestre:

- Efectos directos sobre las poblaciones faunísticas.
- Efectos indirectos sobre las poblaciones y comunidades faunísticas como resultado de la eliminación o modificación del hábitat.

Por lo que es necesario considerar:

- Tipo de fauna existente y las especies componentes del contexto ecológico reconociendo su distribución, estructura y composición.
- Es importante la realización de un inventario de las especies faunísticas y de sus hábitats específicos.
- Un inventario de los hábitats importantes para la fauna silvestre, sus alrededores y la puntualización de cualquier cambio identificable y la tendencia de aquellos que están para ocurrir y sus causas.
- Una identificación de los tipos de hábitats de relativa importancia y de las especies faunísticas que comprenden el contexto de la región donde se planea llevar a cabo la construcción, así como la descripción de aquellas especies de importancia económica, industrial, alimenticia o raras, su importancia comprendida en la cadena trófica alimenticia; y la identificación de aquellas especies que pudieran ser reducidas o en peligro de extinción como resultado de la modificación del hábitat.

Los impactos que se presentan sobre la fauna son originados principalmente durante la construcción, y operación del proyecto, algunas de las actividades diarias de operación o inducidas por la presencia del aeropuerto.

- Alteración de la composición y distribución faunística durante la preparación del sitio por el desmonte y limpieza del sitio donde se llevará a cabo el proyecto, este es un impacto directo, a corto plazo y permanente.
- Alteración y modificación de las áreas de territorialidad, pérdidas de refugio, alteración, rupturas en la cadena alimenticia durante la preparación del sitio, este puede ser un impacto directo, a corto plazo y permanente.

- Alteración en forma parcial de la distribución por la formación de barreras con el tendido de líneas en forma directa y a corto plazo.
- Cambios en las densidades poblacionales de aves como resultado del aumento de áreas con atractivo para algunas especies.
- Modificación de la distribución faunística por el ruido producido durante la operación del aeropuerto, este puede ser un impacto directo, a corto plazo, y puede ser permanente.
- Daño en las rutas migratorias de aves por el cruce con aeronaves durante la operación aérea, este es un impacto directo, a corto plazo, y puede ser permanente o temporal ya que se presentará continuamente mientras dure una operación aeroportuaria.
- Proliferación de fauna nociva en caso de no haber una disposición adecuada de los residuos orgánicos generados.
- Alteración de la distribución de las especies pequeñas (como insectos, arañas, artrópodos) por el uso de pesticidas y herbicidas a corto plazo, puede ser un impacto directo permanente.

II.11.9.5 Fauna acuática.

El tipo de fauna que se presenta en los ecosistemas acuáticos es planctónica, bentónica y neotónica (protocordados y vertebrados) y artrópodos. Es necesario realizar una descripción e inventario de las especies existentes en el lugar de ubicación del proyecto, así como la de aquellas de interés económico, científico e industrial, así como las especies escasas o en peligro de extinción anotando los criterios que se hayan tomado para su selección.

Los impactos generados durante la construcción por las excavaciones y explosiones, pueden causar sedimentación y azolvamiento destruyendo la cadena alimenticia o recurso alimenticio de los pequeños peces y en casos muy extremos ciertas especies de vida marina, puede ser un impacto indirecto de corto plazo y temporal.

Durante la operación y por el uso de los pesticidas y herbicidas en el aeropuerto pueden contaminar el recurso alimenticio de la fauna acuática, esto es directo, a corto plazo y puede ser temporal.

II.12 Descripción y evaluación de medidas de mitigación o de atenuación.

A continuación se describen y discuten las medidas que se consideran más importantes y que deben implementarse durante las diferentes etapas del proyecto. Las medidas de mitigación estarán enfocadas a los impactos más importantes producidos por las actividades aeroportuarias y son: ruido, contaminación del agua, suelo y aire.

II.12.1 Acciones de la actividad donde se requerirá la aplicación de medidas de atenuación.

- Estudio preliminar: localización del sitio.
- Preparación del sitio: Limpieza del sitio y desmonte.
- Construcción: Banco de préstamo de materiales, mano de obra y instalación de construcciones a prueba de ruido.
- Operación: control de vuelos y otras operaciones aéreas, operación de zonas aeronáuticas, operación de servicios complementarios.
- Mantenimiento: mantenimiento de servicios complementarios, mantenimiento de servicios de seguridad, monitoreo ambiental.
- Abandono, actividades futuras y relacionadas: avance tecnológico plan de uso de suelo en la zona

II.12.2 Estudio preliminar.

En este se incluye la selección del sitio y esto va a tener profundas implicaciones en el significado de los impactos generados, por ello deberán incluirse en esta etapa criterios ambientales, además de los criterios aeronáuticos y socioeconómicos.

Para estimar el posible impacto del ruido por las diferentes alternativas, debe realizarse un estudio que determine las isocurvas de ruido producido por las aeronaves que serán utilizadas.

Las consideraciones para la localización son diferentes dependiendo si las posibles zonas son eminentemente agrícolas o tienen propensión a conurbarse. Idealmente, el aeropuerto debe localizarse en zonas de baja productividad agrícola, para que ésta sea afectada lo menos posible.

En zonas con propensión a convertirse en conurbanas, el estudio de localización deberá contemplar las posibles ampliaciones del aeropuerto, como las tendencias de crecimiento urbano para que en el mediano plazo se orienten ambos crecimientos dentro de un desarrollo armónico.

Una vez seleccionado el sitio más idóneo se deben implantar las políticas de uso de suelo en la zona cercana al aeropuerto, así como que éste no dañe actividades urbanas u otras. La elaboración e implantación de estas medidas implica estrecha coordinación de autoridades federales, estatales y municipales.

En los aeropuertos situados en las costas, deberá hacerse una evaluación de la hidrología subterránea que determine la posibilidad que se presente intrusión salina, sus efectos y las medidas de recarga artificial de acuíferos que tendrían que implantar para controlar el fenómeno.

En el diseño del aeropuerto se toman en cuenta las características meteorológicas para satisfacer los requerimientos aeronáuticos. Asimismo debe considerarse la dirección del viento para evitar que la contaminación del aire producido por los aviones afecte núcleos de personas en el edificio o estacionamientos del mismo.

Los edificios normalmente no deterioran el paisaje de la zona; sin embargo las instalaciones relacionadas (bodegas, aduanas, entre otras) frecuentemente lo deterioran por lo que se recomienda establecer lineamientos arquitectónicos para estos edificios relacionados con el aeropuerto.

En el diseño del aeropuerto, y más en particular en la selección de la dirección de la pista, debe considerarse las alternativas que menor impacto de ruido produzca siempre y cuando también satisfagan los requerimientos aeronáuticos.

En la etapas preliminares deben anticiparse los posibles problemas de acústica urbano que el aeropuerto vaya a originar por lo que deberán tomarse las medidas correspondientes. De no implantarse éstas, se contribuye a un rechazo del aeropuerto de parte de la población afectada.

II.12.3 Preparación del sitio.

En la limpia del sitio debe evitarse la erosión, que si bien es transitoria puede dañar los cuerpos receptores al reducir su capacidad de conducción. Para esto debe analizarse el desvío de corrientes que puedan acelerar la erosión.

En la limpia del sitio se van a generar desechos de diferentes clases: troncos de árboles, vegetación intermedia, vegetación menor, suelo y rocas, entre otros. Para su adecuada disposición se recomienda disponerlos en forma separada.

II.12.4 Construcción.

Siempre que sea posible, debe procurarse que el banco de materiales para el aeropuerto quede dentro de éste para el impacto no sea transferido a otras zonas.

Para reducir la erosión en las zonas del aeropuerto debe utilizarse cubierta con la vegetación apropiada, tanto durante su construcción como después.

Si se origina un serio desbalance en las aguas subterráneas, debe realizarse las obras de colección de aguas superficiales y de infiltración para recargar acuíferos.

Cuando por razones de fuerza mayor, el ruido producido por las actividades aeroportuarias afecte asentamientos humanos e instituciones ya establecidas, cuya relocalización no sea factible por diversos motivos, debe procederse a instalar sistemas de aislamiento acústico en los edificios afectados. De acuerdo a Domínguez (1990), esta medida es incompleta ya que no cubre el exterior de los edificios.

II.12.5 Operación.

Han sido numerosas las medidas que se han puesto en práctica durante la operación de los aeropuertos para aminorar los impactos negativos, particularmente en lo referente al ruido, la contaminación del agua, la contaminación del aire y el uso del suelo.

La programación de los vuelos puede reducir el impacto del ruido. Por ejemplo en el aeropuerto de Schiphol de Ámsterdam, Holanda, se ha implantado un toque de queda y después de determinada hora sólo se permite el aterrizaje de aviones que cumplan estrictas normas antirruídos. En los aeropuertos que tengan varias pistas, siempre que las condiciones lo permitan la condiciones meteorológicas, debe procurarse usar aquéllas que produzca un menor impacto de ruido.

El uso de procedimientos de operación más silenciosos, en el aterrizaje y el despegue, puede reducir el ruido; sin embargo estas medidas han provocado protestas por algunos pilotos, quienes aducen que se reduce el margen de seguridad necesario.

En relación a la contaminación del agua, adicionalmente a las medidas anteriormente mencionadas, se recomienda:

- 1) Establecer los procedimientos para mantener los derrames de aceite y gasolinas, separados del drenaje pluvial.
- 2) Realizar el tratamiento de desechos tóxicos de reparaciones, separado del tratamiento de aguas residuales de drenaje sanitario.
- 3) Prohibir el tirado de grasas y aceites al drenaje.
- 4) Usar detergentes con bajo contenido de fósforo para el lavado de aeronaves.
- 5) Limitar la cantidad usada de pesticidas para control de insectos y vegetación.

Asimismo, en algunos casos, el agua de escurrimiento del área de pistas puede usarse para recargar acuíferos.

Para reducir la contaminación del aire, en la etapa de operación, puede:

- 1) Hacerse los ajustes a la programación de los vuelos, para minimizar los tiempos de espera.
- 2) Reducir las emisiones en marcha lentas, que originan productos de combustión incompleta, mediante el uso de menos motores a más revoluciones.

El cumplimiento de las restricciones al uso de suelo en la zona es fundamental para reducir los impactos ambientales de la operación aeroportuaria, por lo que debe establecerse vigilancia al respecto de parte de las autoridades competentes.

II.12.6 Mantenimiento.

Para el correcto funcionamiento del aeropuerto es necesario un programa de escrupulosa limpieza en las instalaciones, especialmente en aquellas a donde tengan acceso los usuarios.

Para conocer la evolución de los factores ambientales es necesario implantar un programa de monitoreo ambiental, que además sirva para verificar si las estimaciones en que se basó el diseño del aeropuerto fueron acertadas y, en su caso, poder hacer los ajustes correspondientes. En las ciudades donde existe red de monitoreo de la calidad del aire, puede colocarse una estación en el aeropuerto, adscrita a la estación meteorológica.

Con objeto de evitar el ingreso de personas y animales se cuenta con un cercado, cuya integridad deberá mantenerse.

El cuerpo de recate del aeropuerto deberá mantenerse en frecuente entrenamiento para que pueda cumplir con sus labores, en caso de ser requeridos sus servicios.

II.12.7 Abandono, actividades futuras y relacionadas.

El abandono de instalaciones de un aeropuerto sólo raras veces se realiza por las inversiones adicionales que esto representa.

Cuando esto sucede es porque el campo de aterrizaje ya no es suficiente, por la necesidad de utilizar una aeronave de mayor capacidad y peso, requiriendo una mayor longitud de pista y mayor libertad de espacio aéreo. Esto aunado a que la mayoría de los casos, por falta de una planeación adecuada de los desarrollos urbanos se encuentran ligados y circundando las instalaciones aeroportuarias.

Se ha visto que tratar de indemnizar a las zonas urbanas implica un mayor costo que la primera etapa de construcción de otro sitio, sin olvidar el costo social que significa demoler viviendas. De esta forma, al ser las instalaciones abandonadas, los elementos desmontables como hangares, ayudas visuales, señalamientos, algunas torres de control que se diseñan ex profeso desmontables, son recuperados y puestos en servicio en otros sitios.

Una actividad relacionada con la construcción y operación de aeropuertos, es el desarrollo tecnológico de aeronaves y turborreactores, lo cual es realizado a nivel internacional. Estos desarrollos pueden producir aeronaves ambientales más sanas. Sin embargo, la aportación de los avances tecnológicos a la solución de los problemas ambientales originados por la operación de aeronaves son por una parte lentos e impredecibles, y por otra parte, su implantación sólo es en el mediano y el largo plazo. Además están fuera de la responsabilidad del proponente de un proyecto aeroportuario.

II.12.8 Compensación ambiental.

El proyecto aeroportuario va a producir ciertos daños que son irreversibles a nuestro medio ambiente, para los cuales no habrá ninguna medida de reparación o mitigación adecuadas. Por ejemplo el remover la vegetación del área de pistas. La idea es que a cambio de algunos impactos, el proyecto regrese al medio ambiente algunas acciones compensatorias a su bienestar.

Identificamos dos posibles acciones compensatorias:

1. Reforestación de zonas cercanas.
2. Establecer un área de protección de la fauna.

Pero la validez y aplicación de estas medidas será evaluada para cada caso en particular.

Es particularmente importante llevar a cabo una serie de pasos para intentar dar solución a otros problemas ambientales que se hayan detectado ya sea en la zona del proyecto o en zonas aledañas, como:

- Programas de conservación del suelo.
- Programas para la protección para las especies raras o en peligro de extinción, así como el manejo de la vegetación existente.
- Reforestación con flora adecuada a la zona y la recuperación de la vegetación natural por medio de la colección y siembras de semillas.
- Limitar las actividades cinegéticas y deforestación e implantar una adecuada vigilancia.

II.13 Legislación ambiental en México.

Normas Oficiales mexicanas e instrumentos de regulación.

El proyecto de un aeropuerto, debe cumplir con las disposiciones que emanan de las siguientes leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas así como la legislación estatal. Los cuadros 2.14 y 2.15 presentan estas disposiciones legales.

Cuadro 2.14 instrumentos de Regulación federal.

INSTRUMENTOS DE REGULACION FEDERAL
Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicado en el D.O.F. ultima reforma publicada el 16 de Mayo del 2008
Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en materia de impacto ambiental publicado en el D.O.F. ultima reforma publicada el 24 de agosto 2009
Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, publicado en el D.O.F., ultima reforma publicada el 3 de junio del 2004
Reglamento para la Protección al Ambiente contra la Contaminación originada por la emisión de ruidos, publicado en el D.O.F. el 06 de Diciembre de 1982.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, publicado en el D.O.F. ultima reforma con fecha 24 de noviembre se 2008.
Ley de Aguas Nacionales, publicada en el D.O.F., el 28 de agosto del 2002
Ley General de Vías de Comunicación, publicada en el D.O.F., ultima reforma 25 de octubre de 2005
Ley de Aeropuertos, publicada en el D.O.F. ultima reforma 21 de enero de 2009
Reglamento de la ley de Aviación Civil, publicada en el D.O.F. el 7 de diciembre de 1998.
Ley de Aviación Civil, publicada en el D.O.F. el 25 de enero de 2001.

Cuadro 2.15 Normas Oficiales Mexicanas

NORMAS OFICIALES MEXICANAS	DESCRIPCION
NOM – 001- SEMARNAT –1996	Que establece los limites máximos permisibles de contaminantes en descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
NOM- 003-SEMARNAT- 1997	Que establece los limites máximos permisibles para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos
NOM-004-SEMARNAT- 1996	Protección ambiental- lodos y biosólidos- especificaciones y limites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final
NOM-041-SEMARNAT-1999	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
NOM-045-SEMARNAT-1996	Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible
NOM-052-SEMARNAT- 1993	Que establece las características los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los limites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-059-SEMARNAT-2001	Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestre- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
NOM-002-SCT3-2001	Que establece el contenido del Manual General de Comunicaciones.
NOM-003-SCT3-2001	Que regula el uso obligatorio dentro del espacio aéreo mexicano, del equipo transponedor para aeronaves, así como los criterios para su instalación, certificación y procedimientos de operación.
NOM-006-SCT3-2001	Que establece el contenido del Manual General de Mantenimiento
NOM-036-SCT3-2000	Que establece dentro de la República Mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsados por hélices supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites.
NOM-070-SCT3-2001	Que establece el uso obligatorio del sistema de advertencias de proximidad del terreno (GPWS) en aeronaves de ala fija que operen en espacio aéreo mexicano, así como sus características.

III METODOLOGIA DE EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL Y CASOS ESTUDIO EN EL ÁMBITO NACIONAL E INTERNACIONAL.

III.1 Evaluación del impacto ambiental.

Numerosos tipos de métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación de impacto ambiental (EIA) de proyectos. Sin embargo, ningún tipo de método por si solo, puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto ambiental, por lo tanto la clave esta en seleccionar adecuadamente el método o métodos mas apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto ambiental.

Los métodos mas usados tienden a ser los mas sencillos, incluyendo analogías, lista de verificación, opiniones de expertos (dictámenes profesionales), calculo de balance de masas y matrices, etc... Es más aun los métodos de evaluación de impacto ambiental (EIA), pueden no ser aplicables en todos los países de manera uniforme debido a diferencias entre las legislaciones, marcos de procedimientos, datos de referencia, estándares ambientales y programas de administración ambiental vigentes en cada país.

III.1.1 Metodologías de evaluación del impacto ambiental

Una de las primeras clasificaciones hecha por Warner y Bromley relaciona los métodos en cinco grupos:

1. Métodos Ad-hoc
2. Técnicas graficas mediante mapas y superposiciones.
3. Lista de chequeos.
4. Matrices.
5. Diagramas.

Canter y Sandler clasificaron las metodologías para la EIA en 22 grupos listados alfabéticamente y no en orden de importancia o de uso, descritos a continuación:

1. Analógicos: se remite a información de proyectos ya existentes de tipo similar al que esta siendo analizado por un estudio de impactos ambientales, puede ser una analogía a los impactos anticipados del proyecto propuesto. Además de que, proyectos similares se pueden utilizar para un programa de de seguimiento que desarrolle información sobre la huella del impacto de un proyecto propuesto.

2. Lista de chequeo: este tipo de metodología es la más frecuentemente utilizada en los procesos de EIA. Típicamente este tipo de listas contiene una serie de puntos, asuntos de impacto o cuestiones que el usuario atenderá o contestara como parte del estudio de impacto. estas listas de chequeo representan un recordatorio útil para identificar impactos y proporcionar una base sistemática y reproducible para el proceso de EIA.

3. Listas de chequeo enfocada a decisiones: es un grupo de métodos los cuales están referidos a comparar alternativas y conducir un análisis de equilibrio. Tales métodos son inicialmente útiles para la síntesis de información de impacto; y cada alternativa esta sujeta a estudio. El proceso de EIA consistirá en una fase de análisis y una fase de síntesis, la lista de chequeo para decisiones puede ser útil para ambas fases, con particular valor asociado a la fase de síntesis. Hay varios tipos de listas de chequeo para decisiones y esta fuera del alcance de este trabajo resumir todos los tipos.

4. Análisis ambiental coste-beneficio: Este método complementa al tradicional análisis de coste-beneficio con atención adicional al los recursos naturales y su valor económico. Su aplicación a la evaluación económica de impactos específicos para un proyecto propuesto y alternativo tiene un sinnúmero de limitaciones considerables. Las técnicas de estimación varían en complejidad y alcance, pero tienen una gran demanda entre profesionales y usuarios de estos estudios.

5. Opinión de expertos o dictamen profesional: Este método se utiliza normalmente para señalar los impactos específicos de un proyecto sobre los diferentes componentes medioambientales. Las herramientas específicas dentro de la categoría de opinión de expertos que pueden utilizarse para delinear información, incluyendo estudios de Delphi uso del proceso adaptativo de evaluación ambiental. Con este enfoque el grupo de expertos identifican la información apropiada y elaboran modelos cualitativos/cuantitativos para predecir los impactos o para simular procesos medioambientales.

6. Sistemas expertos: consiste en recoger el conocimiento profesional y el juicio de expertos en áreas temáticas específicas y de actualidad. Este conocimiento es codificado, mediante una serie de reglas

o experiencias prácticas (heurísticas), en entornos informáticos computacionales. Los sistemas expertos son amigables al usuario y solo requieren la respuesta de una serie de preguntas para conducir a un análisis particular.

7. Índices o indicadores: se refiere a características específicas o integradas de factores medioambientales o recursos. Se utilizan dentro de los estudios de impacto para representar parámetros de amplitud de medios o recursos. específicamente, los índices se refieren a información numérica o catalogada. Se usa como sistema auxiliar para describir los ambientes afectados así como para la predicción y evaluación de impactos. Los índices numéricos o descriptivos se han desarrollado como una medida de la vulnerabilidad del medio ambiente y los recursos a la contaminación u otras acciones humanas y han probado su utilidad en la comparación de localizaciones para una actividad propuesta. Sobre estas bases se pueden formular las medidas para minimizar los impactos ambientales e incluir controles.

8. Pruebas de laboratorio y modelos a escala: se pueden aplicar para conseguir información cualitativa/cuantitativa sobre impactos anticipados de un determinado tipo de proyecto en una localización geográfica dada. Aunque este tipo de métodos no son apropiados para ciertos proyectos.

9. Evaluación de paisajes: son inicialmente útiles para valorar los recursos estéticos o visuales. Estos métodos están basados típicamente en el desarrollo de información derivada de una serie de indicadores y la incorporación de esta información sobre una puntuación global o índice para el escenario ambiental. Esta información puede ser usada como representativa de las condiciones de partida. El potencial impacto estético o visual de un proyecto puede ser estimado nuevamente sobre los registros base o índices.

10. Revisión bibliográfica: se ensambla información sobre los tipos de proyectos y su impacto típico. Puede ser muy útil esta información para definir rápidamente los impactos potenciales, se usa para cuantificar anticipadamente cambios específicos e identificar las medidas mitigables para minimizar efectos indeseables.

11. Cálculos de balance de materia: están basados en inventarios de condiciones existentes para compararla con los cambios que resultarán de una acción propuesta. Son frecuentemente usados en los procesos de EIA en el contexto de emisiones de contaminantes al aire, al agua y la generación de residuos sólidos y peligrosos. Estos requieren la descripción del área de estudio para establecer las condiciones iniciales. Una manera de expresar los impactos es considerar los cambios absolutos y porcentuales en el inventario como resultado de la acción propuesta.

12. Matrices de interacción: es el tipo de método mas ampliamente utilizado en los procesos de EIA. Las variantes de matrices sencillas de interacción han sido desarrolladas para enfatizar rasgos característicos deseables, las matrices representan un tipo de método muy útil para el estudio de diversas actividades dentro de los procesos de EIA.

13. Monitorización. Son las mediciones sistemáticas para establecer las condiciones existentes de los ambientes afectados, así como servir de base de datos inicial para interpretar la importancia de los cambios anticipados de un proyecto propuesto. Se enfoca a los ambientes físico-químicos, biológicos, culturales y socioeconómicos, esto deberá ser realizado en función de la disponibilidad de información ya existente como el tipo de proyecto y de los impactos previstos.

14. Estudios de campo: estos métodos son muy especializados; específicamente, monitorización y análisis de impactos evidentes, manifestados actualmente a consecuencia del proyecto, resultantes de proyectos similares al proyecto del que se quiere prevenir los impactos. Se dará énfasis al seguimiento de indicadores seleccionados.

15. Redes: estos métodos se refieren a las conexiones o relaciones entre acciones proyectadas e impactos resultantes. Están referenciados de alguna manera con la práctica de EIA. Son útiles para demostrar las relaciones entre impactos primarios, secundarios y terciarios, resultantes de acciones particulares. Pueden ser utilizados junto con matrices como herramienta para la identificación de impactos y la predicción cualitativa de los mismos.

16. Sobreposición de mapas: propuesto en 1969 por McHarg, estos han servido de base para otros métodos utilizados en la actualidad cuando se trata de localizar un pasillo o trazo lineal para vías de acceso, gasoductos o líneas de transmisión de energía eléctrica. Usado desde que comenzó a requerirse los EIA y en su inicio consistió en un ensamble físico de mapas que desplegaban diferentes características

ambientales y ahora se hace digitalmente. La tecnología de los sistemas de información geográfica, herramienta inspirada en este tipo de métodos bastante útil en los procesos de EIA.

17. Fotografías o montajes: son útiles herramientas con propósitos de desplegar la calidad visual del ambiente seleccionado e identificar los potenciales impactos visuales de una acción propuesta. Esta aplicación esta relacionada con los métodos de evaluación del paisaje descrito anteriormente, con una gran ventaja adicional, que es el uso de la fotografía digitalizado.

18. Modelización cuantitativa (matemática): es un extenso grupo de métodos, que se usan específicamente para prestar atención anticipadamente a los cambios del medio ambiente o los recursos, como resultado de acciones propuestas. Estos modelos pueden variar desde versiones simples hasta las muy complicadas como la simulación tridimensional basada en ordenadores que requieren una gran cantidad de datos y estan disponibles para muchas de las áreas típicas de impactos asociados con proyectos particulares.

19. Modelización cualitativa: es el grupo de métodos donde la información descriptiva es utilizada para relacionar varias acciones con cambios resultantes en los componentes ambientales, puede ser considerada como una extensión de las categorías de redes de trabajo descritas anteriormente. El enfoque del modelo cualitativo es la comprensión de las interrelaciones fundamentales de los aumentos o disminuciones en ciertos rasgos ambientales como resultado de acciones particulares. Y esta basado en opiniones de expertos.

20. Evaluación de riesgos: herramienta emergente en la practica de EIA e inicialmente se uso para establecer estándares ambientales basados en temas de salud humana y abarca la identificación de los riesgos, consideraciones sobre la relación dosis-respuesta, conducción de una evaluación a la exposición y evaluación del riesgo asociado; y puede ser usado tanto para salud humana como para riesgo ecológico.

21. Construcción de escenarios: utiliza consideraciones alternativas futuras como resultado de suposiciones iniciales diferentes. Esta técnica se utiliza en las áreas de planeación, pero tambien tiene aplicabilidad en EIA, particularmente en el contexto de la evaluación ambiental estratégica (SEA) de políticas, planes y programas.

22. Extrapolación de tendencias: utiliza tendencias históricas y las proyecta al futuro basada en suposiciones asociadas a condiciones de cambio continuo. Estos métodos son particularmente valiosos cuando se enfocan a condiciones ambientales futuras sin que haya una acción propuesta.

Para seleccionar una metodología, es recomendable tomar en cuenta algunas características importantes como son: si tiene una visión global, si es selectivo, mutuamente excluyente, si considera la incertidumbre, si es objetivo e interactivo.

Entre la variedad de metodologías se pueden seleccionar en función de que representan un amplio rango de opciones, las siguientes:

- Lista de chequeo.
- Matriz de Leopold.
- Sistema de evaluación ambiental Batalle-Columbus.
- Método de transparencia (Mc Harg).
- Análisis de coste-beneficio.
- Modelos de simulación.
- Sistemas basados en un soporte informatizado del territorio.

Las características deseables en los métodos que se adopten comprenden los siguientes aspectos

1. Deben ser adecuados a las tareas que hay que realizar como la identificación de impactos o la comparación de opciones.
2. Ser lo suficientemente independientes de los puntos de vista personales del equipo evaluador y sus sesgos.
3. Ser económicos en términos de costes y requerimiento de datos, tiempo de aplicación, cantidad y tiempo de personal, equipo e instalaciones.

Las metodologías no proporcionan respuestas completas a todas las preguntas sobre los impactos de un posible proyecto o conjunto de alternativas ni son libros de cocina que conduzcan a un fin con solo seguir las indicaciones. Además que la selección es a partir de una valoración apropiada producto a partir de la experiencia profesional y aplicando un juicio que debe ser crítico sobre los datos de insumo, con su respectivos análisis e interpretaciones. Ya que el propósito es estar seguro de que se han incluido todos los factores ambientales que son pertinentes en dicho estudio.

La utilización de técnicas en la Evaluación de Impacto Ambiental enriquece las metodologías convencionales en varios aspectos:

- Permite definir de formas mucho mas adecuada conceptos vagos tales como *impacto leve*, o *impacto moderado*.
- Permite representar la incertidumbre de las predicciones efectuadas en la evaluación.
- Permite obtener un marco conceptual para el manejo simultáneo de variables lingüísticas y numéricas, es decir, para la combinación de información cualitativa y cuantitativa.
- Facilita la labor de equipos interdisciplinarios, ya que cada experto, o grupo de expertos, pueden caracterizar los impactos según las propiedades que estimen necesarias, sin que necesariamente sean las mismas empleadas por los otros expertos. Lo anterior se debe a que cada impacto se puede calcular con un sistema de computación con palabras diferentes.
- Pueden manejarse simultáneamente variables definidas con distinta granularidad, de tal manera que los distintos impactos pueden estudiarse con diferente nivel de detalle.
- Permite caracterizar las medidas correctoras a tomar, gracias a la utilización del razonamiento inverso en los sistemas de computación con palabras.
- La metodología difusa abarca varias metodologías crisp.

III.1.2 Procedimiento por medio de matriz de interacción.

Los impactos ambientales derivados de la construcción, operación y mantenimiento de un aeropuerto son los que mayor atención han recibido, por que han incidido en actividades humanas principalmente de tipo urbano. Se considera al aeropuerto un vecino molesto, ruidoso y que puede extenderse a costa de los terrenos colindantes. En el presente capítulo se identificarán los impactos ambientales, enseguida se describen los más importantes y se hace una evaluación de la aplicabilidad de las técnicas de impacto ambiental a esta actividad.

III.1.3 Identificación de Impactos Ambientales.

Mediante una matriz de interacción ambiental serán identificados los principales impactos ambientales de esta actividad. Esta técnica permite identificar las interrelaciones de cada una de las actividades típicas de la construcción, operación y mantenimiento de aeropuertos con cada uno de los factores ambientales asociados a esta actividad. Esta matriz es elaborada con las características de este tipo de proyectos de los cuales se hablo en el capítulo I y con los factores ambientales relacionados a esta actividad.

Las interacciones ambientales han sido clasificadas en:

	No existen efectos adversos	?	No se sabe si los efectos son significativos
A	Adverso significativo	a	Adverso no significativo
B	Benéfico significativo	b	Benéfico no significativo



y



Adverso, se ha detectado medida de mitigación

Para la aplicación a un proyecto específico, la información deberá complementarse teniendo en cuenta las singularidades del proyecto y del entorno ambiental.

La interacción que tiene el hombre con el sistema natural en la construcción y operación de proyectos aeroportuarios y pistas aéreas es de diversas formas, las cuales van a causar cambios en la calidad, y distribución de los componentes naturales del sistema, ya sea por la acción de las actividades durante la selección del sitio, la construcción, operación y mantenimiento principalmente. A continuación se describirán uno por uno estos impactos.

III.2 La auditoría ambiental

III.2.1 La auditoría como un instrumento para identificar la problemática ambiental.

Cuando ya es puesto en operación un aeropuerto, es de suma importancia identificar su problemática ambiental generada por las actividades relacionadas con su operación. La manera de llevar a cabo esto es por medio de la auditoría ambiental. Esta consiste en llevar a cabo una relación sistemática y exhaustiva de todas las instalaciones y actividades asociadas a la operación del aeropuerto. Como parte de la auditoría ambiental es importante incluir un estudio de riesgos, a fin de identificar también las actividades que ponen en riesgo la operación del aeropuerto.

Como resultado de la auditoría, también es posible identificar áreas de oportunidad para el aprovechamiento eficiente de los recursos, como son la energía eléctrica y el agua, así como la reutilización de los residuos generados.

En México, La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuenta con un programa de auditorías ambientales voluntarias. El programa de auditorías ha funcionado desde 1989 como parte de una política preventiva y correctiva para solucionar problemas ambientales, ya que una vez identificada la problemática ambiental se concreta con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, un Programa de Obras y Actividades encaminado a corregir, reparar, construir o realizar las acciones necesarias para dar solución a las deficiencias identificadas durante la auditoría.

III.2.2 Principales deficiencias identificadas

Las deficiencias identificadas generan un gran número de impactos que dependen de las características de cada aeropuerto; número de operaciones, características del medio ambiente, nivel socioeconómico, por mencionar algunos. En el cuadro 3.1 se presentan ejemplos de las actividades que producen impactos ambientales en los aeropuertos.

Cuadro 3.1: Principales deficiencias identificadas

Actividad	Interacción ambiental	Impacto potencial	Marco regulatorio si/no no. de permiso	Significativo
Manejo del agua residual de los aviones.	Químicos que pueden mezclarse con la descarga al drenaje o a cielo abierto	DBO elevada en la descarga, impacto negativo a la vida acuática	Sí (condiciones particulares de descarga)	Sí
Manejo inadecuado de residuos sólidos	Riesgo potencial de contaminación del suelo, desequilibrio en la pirámide alimentaria	Contaminación del suelo por lixiviados, proliferación de fauna nociva, presencia de aves.	Sí (condiciones particulares de descarga)	Sí
Almacenamiento de sustancias químicas	Riesgo potencial de que grandes cantidades de químicos se derramen	Contaminación del suelo y DBO elevada en la descarga, impacto negativo a la vida acuática.	Sí (condiciones particulares de descarga, normatividad sobre contaminación del suelo)	Sí
Almacenamiento de productos derivados del petróleo	Riesgo potencial de que grandes productos derivados del petróleo se mezclen con la descarga del drenaje	VOC's y TOC's elevados el efluente de descarga.	Sí (condiciones particulares de descarga)	Sí
Actividades de construcción	Sólidos que pueden acumularse alterando el hábitat y/o mezclarse en la descarga del drenaje	Cambio del hábitat para la fauna silvestre. Elevada materia suspendida en el efluente de descarga, impacto negativo a la vida acuática.	Sí (reglamentación de impacto ambiental, condiciones particulares de descarga)	
Almacenamiento de materiales líquidos empleados durante las actividades de construcción	Riesgo potencial de que grandes cantidades de sustancias peligrosas se derramen en el suelo	Solvente, aceites y grasas y VOC's en el suelo y en el efluente de descarga	Sí (reglamentación de impacto ambiental, condiciones particulares de descarga)	Sí
Operación de instalación de aire acondicionado	Emisiones de ozono si se operan con fluoro carbonos	Afectación de la capa de ozono	Normatividad sobre emisiones a la atmósfera	
Sobrevuelos de aviones en áreas pobladas	Emisiones de ruido	Molestias alas comunidades aledañas	Sí (normatividad sobre impacto por ruido)	Sí

Fuente: Manual de derecho ambiental. LEGEEPA 2003

III.2.3 Beneficios de la auditoría ambiental.

- Cumplimiento con la normatividad, evitando costosas multas o la clausura temporal de las instalaciones.
- Disminución y/o mitigación de emisiones de contaminantes a la atmósfera, al agua y al suelo.
- Ahorro de energía a través del manejo adecuado de los equipos.
- Definición y reducción de riesgos existentes o potenciales, economizando así en el costo de las materias primas de seguro.
- Revisión de las medidas de seguridad, disminuyendo el riesgo de accidentes a los trabajadores, a la población aledaña y a los ecosistemas.
- Mejorar la imagen aeroportuaria a nivel nacional e internacional.
- Permite cuantificar el pasivo ambiental y por lo tanto, incluir el presupuesto de las acciones que se deberán realizar.

III.2.4 Obras de protección ambiental recomendadas por la auditoría.

Como parte del programa de obras y actividades, se deberán planear la construcción de las principales obras de protección como son:

- Separación de redes de drenaje pluvial y sanitario.
- Trampas de grasas en áreas estratégicas del drenaje pluvial y sanitario.

- Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Sistemas de tratamiento de aguas residuales de las aeronaves, integrados a la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Sistemas de riego de áreas verdes para el aprovechamiento del agua tratada.
- Almacenes de residuos peligrosos.
- Impermeabilización de las zonas de almacenamiento de combustibles.

III.3 Caso estudio en el ámbito nacional.

Aeropuerto internacional “Ángel Albino Corzo” en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas.



Fuente: Manual de derecho ambiental. LEGEEPA 2003

III.3.1 Selección del sitio:

Originalmente se consideró la posibilidad de expandir los elementos en los dos aeropuertos existentes en Tuxtla Gutiérrez, sin embargo, se concluyó que en el primero la mayor parte de sus elementos se encuentran saturados y en el segundo, la presencia de niebla durante gran parte del año. Lo que impide llevar a cabo una operación regular de las aerolíneas de itinerario.

Por lo anterior, con base en las características que para el caso recomienda la organización de OACI, se analizan 5 sitios, de los cuales se selecciono el sitio denominado “Francisco Sarabia” como el mas idóneo para alojar la infraestructura del nuevo aeropuerto.

Derivado del análisis de la información contenida en el Estudio de Dimensionamiento y Desarrollo por Etapas del Plan Maestro del Aeropuerto de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, generado por Aeropuerto y Servicios Auxiliares (ASA); el pronóstico se fijó en un periodo de 35 años, integrado en 3 etapas de crecimiento a partir del año 2005, la etapa inicial con duración de 15 años, la segunda 10 años y la tercera a los 10 años después de la segunda.

Considerando la naturaleza de la obra, su importancia y la inversión requerida, está proyectado para tener una vida útil, permanente y por tiempo indefinido.

El proyecto consistirá en una obra nueva a la que se le denominara Nuevo Aeropuerto Internacional “Ángel Albino Corzo”, el cual esta clasificado como internacional, con una pista de 45 m de ancho y una longitud total de 3000 m.

El polígono donde se prevé la construcción del aeropuerto, ocupa una superficie total de 7349698 m². Lo que equivale a 734.9698 hectáreas de las cuales, la infraestructura al alcanzarse el máximo desarrollo ocupará una superficie de 156.5942 hectáreas, mientras que la primera etapa requerirá de 56.6436 hectáreas para su construcción.

Derivado de los trabajos de campo y gabinete, se determinó que la superficie de terrenos forestales con vegetación forestal existente en el área de estudio representa el 13.6% de la superficie total y el resto, corresponden a otros usos.

Con la información recabada, editada por el INEGI (2001), se determinó que el uso de suelo actual en el polígono del nuevo aeropuerto se encuentra distribuido de la siguiente manera. Cuadro 3.2

Cuadro 3.2 uso de suelo.

USO ACTUAL	CLAVE	SUPERFICIE (ha)	% DE SUPERFICIE
Superficie arbolada		99.9670	
Bosque tropical caducifolio	BTC	99.9670	13.6
Superficie no arbolada	CA	635.0026	
Cuerpos de agua intermitentes	FOU	2.1899	0.3
Forestal otros usos (agrícola y pecuario)	C	625.2582	85.07
Caminos		7.5545	1.03
total		734.9698	100

Fuente: M I A para la construcción del aeropuerto Ángel Albino Corzo 2003

Debido al cambio de uso de suelo en terrenos forestales se estima la remoción de 2, 697,332 m³ de árbol de especies arbóreas y arbustivas característicos del bosque tropical caducifolio.

III.3.2 Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos.

Se prevé que con la construcción del nuevo aeropuerto, será necesario la ampliación de los servicios básicos existentes y de dotación de aquellos que actualmente no se dispone como son: recolección de basura, plantas de tratamiento de aguas residuales, agua potable, alumbrado público, y alcantarillado, entre otros.

III.3.3 Tipo y características de la infraestructura aeroportuaria.

El nuevo aeropuerto, es de clasificación internacional, y contara con una pista de 3000 m de longitud, por 45 m de ancho y radios de ayudas como el sistema de aproximaciones de precisión por instrumentos ILS de categoría I, y ayudas visuales como el sistema PPI para ambas cabeceras.

Dentro de la superficie total, se albergara las diferentes obras como son: pista de aterrizaje, calles de rodaje, plataformas comerciales y generales, edificio terminal, caminos de acceso y de servicio, vialidades internas, torre de control, CREI, zona de almacenamiento y red de dosificadores de combustible, obras de servicio, drenaje y obras complementarias.

Su capacidad se estima en un máximo de 11 posiciones, 20 operaciones por hora, y 1,541 pasajeros, y el tránsito estimado es de 569 mil pasajeros para el año 2005, de los cuales 28 mil serán internacionales, mientras que para el año 2035 se tiene una proyección total de 1,841mil pasajeros, de los cuales 92 mil serán internacionales.

III.3.4 Descripción de la infraestructura aeroportuaria.

Los siguientes componentes que conformarán el nuevo aeropuerto:

- Pista, salidas de alta velocidad, plataforma de aviación comercial, plataforma de aviación general, calles de rodaje, ayudas a la navegación, edificio terminal de pasajeros, terminal de carga aérea, acceso al aeropuerto, vialidades internas, bulevar principal de acceso y conexión con carreteras, estacionamiento de taxis, estacionamiento de autobuses, torre de control, cuerpo de rescate extinción de incendio, combustibles, almacenamiento y red de dosificadores de combustible, suministro de energía eléctrica, alta tensión.

III.3.5 Programa general de trabajo

III.3.5.1 Preparación del sitio.

Se realizarán actividades de desmonte, despalmes, excavación y nivelación durante la preparación del sitio, con lo que se afectará una superficie de 566436 m² para la primera etapa, y se despalmara un volumen de 92464.06 m³ Además, se prevé la utilización de bancos de material de la región para la nivelación del terreno, para lo cual se requiere un volumen de 221828.08 m³ de material mejorado. Durante el corte se prevé la remoción de 150182.44 m³

III.3.5.2 Etapa de construcción.

Las características más sobresalientes de las obras permanentes y asociadas que conformarán el nuevo Aeropuerto Internacional son las siguientes:

- Pistas: su longitud era de 3000 m y 45 m de ancho, cuya orientación es 15-33, y la longitud inicial será de 2500 m.

- Calles de Rodaje: para la primera etapa serán 2 y se espera que para la etapa finales concluyan con 4, de tal forma que sus características geométricas deberán permitir el tránsito de los aviones conforme a las indicaciones y recomendaciones del anexo 14 de la OACI para la categoría E.

➤ Salidas de alta velocidad: para la primera etapa se ha propuesto una gota de retorno a 1900 m de la cabecera 33 y para prever despegues desde la cabecera 15 o aterrizajes muy largos por la 33 y se ha propuesto una gota adicional al final de la pista.

➤ Plataformas de aviación comercial: el diseño de la plataforma será de categoría E. Considerando las distancias libres establecidas en el anexo 14 de la OACI del eje de pista al eje de rodaje e plataforma es de 46.5 m de ancho.

En cuanto a la plataforma de aviación general, se ha determinado que cada aeronave requiere una superficie promedio de 450 m² para su espacio de estacionamiento, se determina que el tamaño de la plataforma en esta primera etapa será de 30 posiciones en una superficie aproximada de 13500 m².

- Análisis de las terracerías y pavimentos de pistas, acotamientos, calles de rodaje y plataforma.
- Pavimento de Concreto Hidráulico: la capa subyacente será de espesor variable y se ajustara a los niveles de piso definidos.
- Pavimentos Flexibles: considerando los resultado obtenidos en el estudio geotécnico sugiere que las condiciones de apoyo son muy desfavorables, por lo que se propone de una manera conceptual hacer una sustitución parcial del material, y se sugiere que sea de un espesor de 50 cm de una capa subyacente
- Edificio terminal: para su construcción se ocupará una superficie de 64,401 m² para lograr su máximo desarrollo, en esta primera etapa se requerirá de 11,851 m².
- Torre de Control y CREI.
- Tanques de almacenamiento. Se componen de dos partes los tanques de combustible; la zona de almacenamiento y el sistema de distribución, la superficie a ocupar es de 4 ha.

III.3.6 Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias de desarrollo y deterioro de la región.

La zona en donde se construirá el Aeropuerto Internacional y su área de influencia se localizan en la región geológica denominada Depresión Central de Chiapas, la cual está representada por un amplio valle bisectado por cauces alargados que lo drenan en la época de lluvia, pues en el estiaje se secan y permanecen únicamente como zanjonés, en la zona se presenta un clima de tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación al mes más seco menor de 60 mm y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5.

En la zona de estudio, los tipos de vegetación presente corresponden al bosque tropical caducifolio, con pequeñas porciones de bosque espinoso.

En el área del proyecto la agricultura abarca la mayor parte del polígono destinado para la construcción del aeropuerto. Las actividades agrícolas que se perderán con la construcción del aeropuerto son: el cultivo de maíz, cacahuate, frutas y legumbres. La ganadería y la apicultura se realizan en menor escala. Los principales cuerpos de agua que atraviesan el área de estudio, son los Ríos Grijalva, Santo Domingo y Suchiate.

Además, con base en las características geológicas que prevalecen en la zona, se puede decir que la existencia del agua subterránea depende directamente de la litología y posición estructural de materiales que la conforman, razón por la cual se considera que la presencia de las aguas del subsuelo es más bien en forma de humedad que como agua libre en un acuífero.

En la zona del proyecto se localizan poblados que colindan con el mismo, caminos, carreteras pavimentadas, y la infraestructura mínima necesaria para cubrir las necesidades básicas humanas (energía eléctrica, agua entubada, drenajes, escuelas, etc.), aunque estas distan de ser absolutas.

III.3.6.1 Tipología de los impactos

Una vez definido el concepto de impacto ambiental, se expone una clasificación de los distintos tipos de impacto que tienen lugar más comúnmente sobre el medio ambiente.

Se hace notar que la clasificación ni es exhaustiva, ni excluyente, esto es, pueden existir impactos no descritos, y un impacto concreto puede pertenecer a la vez a dos o más grupos tipológicos.

III.3.6.2 Por la variación de la CA**Impacto positivo**

Aquél, admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos y de los aspectos externos de la actuación contemplada.

Impacto negativo

Aquél cuyo efecto se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada.

III.3.6.3 Por la intensidad (grado de destrucción)**Impacto notable o muy alto**

Aquél cuyo efecto se manifiesta como una modificación del Medio Ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos. Expresa una destrucción casi total del factor considerado en el caso en que se produzca el efecto. En el caso de que la destrucción sea completa, el impacto se denomina total.

Impacto mínimo o bajo

Aquél cuyo efecto expresa una destrucción mínima del factor considerado.

Impactos medio y alto

Aquéllos cuyo efecto se manifiesta como una alteración del Medio Ambiente o de alguno de sus factores, cuyas repercusiones en los mismos se consideran situadas entre los niveles anteriores.

III.3.6.4 Por la extensión**Impacto puntual**

Cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado.

Impacto parcial

Aquél cuyo efecto supone una incidencia apreciable en el medio.

Impacto extremo

Aquél cuyo efecto se detecta en una gran parte del medio considerado.

Impacto total

Aquél cuyo efecto se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado.

Impacto de ubicación crítica

Aquél en que la situación en que se produce el impacto sea crítica. Normalmente se da en impactos puntuales.

Así, el vertido en un cauce, próximo y aguas arriba de una toma de agua para consumo humano, presenta una ubicación crítica.

III.3.6.5 Por el momento en que se manifiesta**Impacto latente (corto, medio y largo plazo).**

Es aquél cuyo efecto se manifiesta al cabo de cierto tiempo desde el inicio de la actividad que lo provoca (tanto a medio como a largo plazo), como consecuencia de una aportación progresiva de sustancias o agentes, inicialmente inmersos en un umbral permitido y debido a su acumulación y/o a su sinergia, implica que el límite sea sobrepasado, pudiendo ocasionar graves problemas debido a su alto índice de imprevisión. Puede servir de ejemplo, la contaminación de un suelo como consecuencia de la acumulación de productos químicos agrícolas.

La incidencia puede manifestarse, respectivamente, dentro del tiempo ($t_i - t.$) comprendido en un ciclo anual, (impacto a corto plazo) antes de cinco años (medio plazo) o en un periodo superior (largo plazo).

Impacto inmediato

Aquél en que el plazo de tiempo entre el inicio de la acción y el de manifestación de impacto es nulo

A efectos prácticos de valoración, el impacto inmediato se asimila al impacto a corto plazo.

Impacto de momento crítico

Aquél en que el momento en que tiene lugar la acción impactante es crítico, independientemente del plazo de manifestación.

Pueden servir como ejemplo, los siguientes efectos:

Ruido por la noche en las proximidades de un centro hospitalario (Inmediato-Crítico).

III.3.6.6 Por su persistencia

Impacto temporal

Aquél cuyo efecto supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede determinarse.

Si la duración del efecto es inferior a un año, consideramos que el impacto es fugaz, si dura entre 1 y 3 años, temporal, propiamente dicho y si dura entre 4 y 10 años, pertinaz.

Sirva de ejemplo, una repoblación forestal por terrazas que en su momento inicial produce un gran impacto paisajístico que va desapareciendo a medida que la vegetación va creciendo y cubriendo los desmontes.

Impacto Permanente

Aquél cuyo efecto supone una alteración, indefinida en el tiempo, de los factores. Relaciones ecológicas o ambientales presentes en un lugar. Es decir, aquel impacto que permanece en el tiempo.

A efectos prácticos aceptamos como permanente un impacto, con una duración de la manifestación del efecto, superior a 10 años. (Construcción de carreteras, conducciones vistas de agua de riego, etc...).

III.3.6.7 Por su capacidad de recuperación

Impacto Irrecuperable

Aquél en el que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, tanto por la acción natural como por la humana.

Todas las obras en las que interviene el cemento o el hormigón son, en general, irrecuperables.

Impacto Irreversible

Aquél cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar o recuperar el entorno.

Presentan impacto irreversible las zonas que se van degradando hasta entrar en proceso de desertización irreversible

Impacto Reversible

Aquél en el que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

Los desmontes para carreteras con vegetación pionera circundante, se recubren en unos años sin tener que actuar para que ello ocurra.

Impacto mitigable

Efecto en el que la alteración puede paliarse o mitigarse de una manera ostensible, mediante el establecimiento de medidas correctoras.

Impacto recuperable

Efecto en el que la alteración puede eliminarse por la acción humana, estableciendo las oportunas medidas correctoras, y asimismo, aquel en que la alteración que supone puede ser reemplazable.

Así, cuando se elimina la vegetación de una zona, la fauna desaparece. Si tiene lugar una repoblación vegetal sobre la zona y la masa forestal se cierra de nuevo, la fauna regresará.

Impacto fugaz

Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas correctoras o protectoras, Es decir, cuando cesa la actividad, cesa el impacto.

Un ejemplo son las máquinas que producen ruido. Cuando para la máquina, desaparece el impacto.

III.3.6.8 Por la relación causa-efecto.**Impacto directo**

Es aquél cuyo efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental. (Tala de árboles en zona boscosa).

Impacto indirecto o secundario

Aquél cuyo efecto supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia o, en general a la relación de un factor ambiental con otro

Un ejemplo común, es la degradación de la vegetación como consecuencia de la lluvia ácida.

III.3.6.9 Por la interrelación de acciones y/o efectos**Impacto simple**

Aquél cuyo efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación ni en la de su sinergia. (La construcción de un camino de penetración en el bosque incremento el tránsito.)

Impacto acumulativo

Aquel efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incremento progresivamente su gravedad al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto. (Construcción de un área recreativa junto al camino mencionado, en el ejemplo anterior.)

Impacto sinérgico

Aquél que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes o acciones supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Asimismo, se incluye en este tipo aquel efecto cuyo modo de acción induce con el tiempo la aparición de otros nuevos. (La construcción de un camino de enlace entre el camino del ejemplo anterior y otro próximo, propiciaría un aumento de tráfico muy superior al que había entre los dos caminos independientes).

III.3.6.10 Por su periodicidad**Impacto continuo**

Aquél cuyo efecto se manifiesta a través de alteraciones regulares en su permanencia.

Un ejemplo son las canteras.

Impacto discontinuo

Aquél cuyo efecto se manifiesta a través de alteraciones irregulares en su permanencia.

Las industrias poco contaminantes que eventualmente desprendan sustancias de mayor poder contaminante, pueden ser un ejemplo ilustrativo.

Impacto periódico

Aquél cuyo efecto se manifiesta con un modo de acción intermitente y continúa en el tiempo, por ejemplo un fuerte incremento de los incendios forestales en la estación veraniega.

Impacto de aparición Irregular

Aquél cuyo efecto se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia, sobre todo en aquellas circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional.

(Incremento del riesgo de incendios por la mejora de la accesibilidad a una zona forestal).

III.3.6.11 Por la necesidad de aplicación de medidas correctoras**Impacto ambiental crítico**

Efecto cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas correctoras o protectoras. Se trata pues, de un Impacto Irrecuperable.

Impacto ambiental severo

Efecto en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas correctoras o protectoras y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa de un periodo de tiempo dilatado.

Sólo los impactos recuperables, posibilitan la introducción de medidas correctoras.

Impacto ambiental moderado

Efecto cuya recuperación no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas y en el que el retorno al estado inicial del medio ambiente no requiere un largo espacio de tiempo.

III.3.7 Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional.

Se puede señalar que las condiciones prevalecientes de la región objeto de interés se encuentra modificado por el avance de la frontera agrícola y pecuaria sobre el Bosque Tropical Caducifolio, por lo que se considera que los impactos serán en gran medida mitigables. Sin embargo, es palpable el hecho de que la creación de un nuevo aeropuerto en esta región, tendrá efectos positivos y negativos sobre los diferentes elementos ambientales que conforman los diferentes ecosistemas del medio ambiente.

Aun cuando el suelo no sufrirá cambios significativos en su composición, el cambio de uso del suelo que actualmente sustentan los terrenos se modificarán, tanto los que se ubican en el interior del polígono como aquellos que por consecuencia del efecto detonador pasará del uso agropecuario a zonas industriales, comerciales y de servicio. Como consecuencia la flora, aun cuando ésta ha sido sustituida en gran parte por terrenos con cultivos agrícolas y pastizales, en los relictos de vegetación que aun se conservan existen especies bajo la categoría de riesgo Amenazada no endémica de acuerdo con la NOM-59-ECOL-1994 reformada en 2008 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección; las cuales son *LICANEA ARBOREA SEMM* (totoposte) y *ASTRONIUM GRAVEOLENS* (jocotillo), y que junto con las que se localicen al interior del polígono se removerán junto con el recurso del suelo durante la preparación del sitio, por lo que será necesario considerar medidas compensatorias que permitan reparar el daño ocasionado durante la construcción del aeropuerto.

Lo anterior, también tendrá efectos sobre la fauna, la cual se verá reducida en número y especies por la pérdida de su hábitat natural, por lo que considerando la presencia de especies In Situ como la *CTENOSAURA PECTINATA* (iguana negra) y *CROTALUS DURISSUS* (cascabel) que se encuentra bajo la categoría de riesgo Amenazada no endémica y Protección no endémica, de acuerdo la NOM-59-ECOL-1994 reformada en 2008 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección respectivamente; será necesario tomar medidas que permitan mitigar el daño que causará la obra, como es el caso de tratar de proteger las áreas con vegetación mejor conservadas aledañas al polígono del aeropuerto.

III.3.7.1 Técnicas para evaluar los impactos

De las distintas técnicas existentes para identificar y evaluar los impactos ambientales se usan las matrices de causa-efecto, con resultados cualitativos, pero que valora las alteraciones que el proyecto llevará a cabo por medio del signo, grado de manifestación y magnitud y porque este método presenta mejores ventajas para la evaluación y facilidad de identificación de los impactos significativos.

La importancia del impacto se representa por un número que se deduce mediante el siguiente modelo propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados.

De las distintas técnicas existentes para identificar y evaluar impactos ambientales se seleccionó la Matriz CONESA - VITORA, la cual se deriva de la Matriz de Leopold (matriz causa-efecto) con resultados cualitativos, pero que valora las alteraciones que el proyecto llevará a cabo por medio del signo, grado de manifestación y magnitud y porque este método presenta mejores ventajas para la evaluación y facilidad de identificación de los impactos significativos.

En este método la valoración cualitativa viene dada por la elaboración de las siguientes matrices:

- Matriz de identificación de impactos.
- Matriz depurada o Cribada.
- Matriz de importancia

IMPORTANCIA DEL IMPACTO (i)

$$I = +/- (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$$

Donde:

M: magnitud del impacto
 I: intensidad
 E: extensión
 + o - : carácter beneficioso o perjudicial de las acciones realizadas
 Mo: momento
 Pe: persistencia
 Rv: recuperabilidad
 A: acumulativo
 F: factor de corrección
 X: factor de efectos asociados
 MC: medio considerado
 SI: sinergismo.
 Pr: periodicidad.

Este modelo en nos indica la importancia de los impactos de forma cualitativa, que se obtiene a partir del grado de incidencia (intensidad) de la alteración producida, y de una caracterización del efecto obtenidas a través de ciertos atributos.

Y de acuerdo a esta expresión los impactos de pueden clasificar en:

- Irrelevante o compatible con valores de $0 \leq I < 25$
- Moderado con valores de $25 \leq I \leq 50$
- Severo con valores de $50 \leq I \leq 75$
- Critico con valores de $75 \leq I$

III.3.7.2 Impactos ambientales generados

El primer paso es diseñar la matriz de identificación de impactos, Por lo que para el proyecto, la matriz de identificación de impactos estará integrada con 20 acciones que se consideran puede causar algún tipo de impactos a los 26 factores ambientales y socioeconómicos durante las diferentes etapas del proyecto.

III.3.7.3 Selección y descripción de los impactos significativos.

Se detectaron 31 impactos significativos, los cuales, con base en la metodología aplicada, la importancia del impacto se encuentra en el rango de 26 a 100 puntos, por lo que dichos impactos van de moderados a críticos.

III.3.7.4 Impactos al paisaje.

En el polígono del aeropuerto se presentará una modificación de la fisonomía, cambiando el uso de suelo de agrícola a industrial y de servicios, por lo que el impacto tendrá una intensidad media con una manifestación inmediata al concluirse el proceso de compra-venta, por lo que el efecto es irreversible. El efecto detonador que tendrá el aeropuerto y la cercanía con la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del Estado, tendrá una sinergia hacia el exterior del polígono al modificarse en forma paulatina el paisaje que predomina en la región por zonas industriales y de servicio.

III.3.7.5 Impactos a la población.

Las actividades que se desarrollarán durante la etapa de preparación del sitio y construcción; si se les diera un mal manejo de los residuos que se generen durante la operación del aeropuerto, afectará a la salud y bienestar de la población, sin embargo si se aplican las medidas apropiadas, estos impactos se pueden mitigar.

III.3.7.6 Impactos al aire

La construcción de las diferentes obras (terracerías, canales, excavaciones, caminos interiores, desmonte, despirme, caminos de acceso, etc.) que conllevarán a la creación del nuevo aeropuerto durante la etapa de preparación del sitio y construcción, tendrán como consecuencia la emisión de partículas de polvo; además de que se tendrán emisiones de gases de combustión cuando el aeropuerto inicie con sus operaciones, debido al tráfico aéreo y al incremento del tráfico vehicular.

Sin embargo, es importante mencionar que por encontrarse en un valle extenso y por las corrientes de aire que se presenta en la zona, aunado a la poca actividad industrial, la dispersión de los contaminantes se dará en forma eficiente, permitiendo mantener una buena calidad del aire la mayor parte del tiempo, por lo que resultará un impacto de baja intensidad, aunque extenso por el transporte de los contaminantes por las corrientes de viento

III.3.7.7 Impactos por ruido.

Durante el desarrollo de estas actividades se generan ruidos por la utilización de maquinaria pesada y la operación de los aviones y vehículos de apoyo.

Sin embargo, es importante mencionar que por encontrarse en un valle extenso que se presenta en la zona, aunado a la poca actividad industrial, la dispersión de los ruidos se dará en forma eficiente, permitiendo mantener una buena calidad del ambiente sin ruido, la mayor parte del tiempo, por lo que resultará un impacto de baja intensidad.

III.3.7.8 Impactos al suelo.

Con las actividades de desmonte y despalme se perderá en forma definitiva superficies pecuarias, agrícola de temporal y una pequeña porción de vegetación forestal perturbada en los terrenos destinados aeropuertos, por lo que se considera como un impacto de baja intensidad por tratarse de tierras de temporal en su mayor parte y terrenos ganaderos, y de tipo parcial en cuanto a su extensión con respecto a la planicie donde se ubicará.

III.3.7.9 Impactos al agua.

Aun cuando no existen corrientes de agua superficiales perennes, con la construcción de las diferentes obras que impliquen el asfaltado y pavimentación con concreto hidráulico se interrumpirán los cauces o zanjones que en la mayor parte del tiempo se mantienen secos pero en la temporada de lluvias ayudan a drenar toda el agua que se precipita tanto en el interior del polígono como las que se generan en la sierra circunvecina.

Sin embargo, considerando que son escurrimientos temporales, la intensidad de los impactos es media, de extensión parcial y efecto permanente e irreversible.

Por otra parte, la demanda de agua durante la etapa de preparación del sitio y construcción, el impacto no será significativo, sin embargo, en la etapa de operación habrá una demanda permanente y creciente para los servicios del aeropuerto y los que este induzca, pero también por el aumento de la población que se espera en la zona de influencia de la aeropuerto. Teniendo un efecto que trascienda al sitio de proyecto, reflejándose en el mediano y largo plazo, por lo que se considera el impacto tendrá un efecto irreversible, toda vez que para la operación del aeropuerto se aprovechará el manto acuífero a través de la construcción de un pozo profundo.

El efecto se acumulará, reflejándose en la sobreexplotación del acuífero, sin embargo, puede ser reversible si se toman medidas eficientes de administración del recurso.

III.3.7.10 Impactos a la flora.

Partiendo del hecho de que los terrenos del polígono se encuentran altamente perturbados por la presencia de cultivos agrícolas y pecuarios, la intensidad del impacto es alta y parcial, el impacto se manifestará de forma inmediata, una vez que se concluya con el proceso de compraventa de los terrenos.

Sin embargo, por existir especies con categoría de riesgo amenazada, no endémica *licanea arbórea* Semm (totoposte) y *Astronium graveolens* (Jocotillo), las cuales durante la etapa de preparación del sitio (desmonte) se derribarán, por lo que la intensidad del impacto se calificó de muy alta, el efecto es irreversible, pero se considera que el impacto es mitigable si se realizan acciones que conlleven a la compensación del daño ocasionado por el aeropuerto, como es el caso de la reproducción sexual (semilla) masiva de estas especies a través de la construcción de viveros o de utilizar los que ya existen (viveros oficiales), en caso contrario, el efecto será acumulativo, con los cambios de uso de suelo que se darán como consecuencia de la influencia del aeropuerto.

III.3.7.11 Impactos a la fauna.

Como consecuencia del proceso de cambio de uso de suelo que se ha venido dando tanto en el polígono como en el área de estudio, la fauna se ha reducido en número y especies, dando lugar a otras que se adaptan a la convivencia en el medio ambiente modificado por el hombre; sin embargo a pesar de ello, de la fauna observada en situ, sobresalen dos especies de reptiles que se encuentran bajo las categorías de riesgo amenazada, no endémica (*ctenosaura pectinata*) y protección, no endémica (*crotalus durissus*).

La intensidad del impacto es media, toda vez que estas especies están adaptadas al medio que prevalece en la zona y por lo tanto, al desaparecer la vegetación forestal y cultivos agrícolas, estas emigraran a las zonas aledañas más conservadas donde dispongan de los medios para subsistir. El impacto sobre estas especies se puede dar en forma inmediata si no se realizan acciones que permitan ahuyentar a los ejemplares que se localicen dentro del polígono, previo a la construcción de las obras del aeropuerto. O

en caso contrario se tendrá un efecto permanente, irreversible y acumulativo considerando la influencia que tiene la población local sobre estas especies, ya que, por una parte la *iguana negra (Ctenosaura Pectinata)* es muy perseguida por su carne que se utiliza para el consumo humano y así mismo la *cascabel (Crotalus Durissus)* que es muy temida por el veneno tan poderoso y representa un peligro. Sin embargo, el impacto es mitigable, rescatando y reubicando a los especímenes que se encuentren dentro del polígono.

III.3.7.12 Evaluación de los impactos ambientales.

En términos generales el proyecto generará modificaciones importantes al paisaje tanto en el polígono que ocupará el aeropuerto como en su área de influencia, al cambiar de una zona rural dedicada a la agricultura y ganadería a una zona urbana y suburbana con actividades industriales, comerciales y prestación de servicios, lo que implica una alteración importante en los usos actuales del suelo y el esquema del desarrollo predominante.

Sin embargo, se estima que los costos ambientales serán compensados con creces por los beneficios económicos y sociales, siempre y cuando se cumplan con los criterios y normas que establezca el plan desarrollo urbano regional, así como la aplicación adecuada de las leyes y normas ambientales vigentes que rigen la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del nuevo aeropuerto.

III.3.8 Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional.

Con el propósito de reducir los impactos ambientales identificados, se proponen las siguientes medidas de mitigación:

III.3.8.1 Etapa: preparación del sitio.

Acción: Obras Provisionales:

Impacto que se mitiga

➤ A la salud por el depósito de excretas al aire libre y el depósito de residuos sólidos. Se deberá contratar empresas que brinden el servicio de sanitarios portátiles, el número de sanitarios dependerá de la cantidad de personas que se contraten para realizar los trabajos durante esta etapa, los cuales se colocarán en lugares estratégicos que permitan captar la mayor cantidad de contaminantes (heces y orina).

Para la contratación de la empresa que preste el servicio, deberá considerarse la capacidad de esta, para incluir el servicio de tratamiento de este tipo de residuos contaminantes.

Por otra parte, se recomienda instalar contenedores con etiquetas que identifiquen el tipo de residuo sólido o líquido peligrosos o no peligrosos que se deberá depositar en ellos, distribuyéndose de tal forma que se logre captar la mayor cantidad de residuos contaminantes.

Estas medidas de mitigación tendrán una duración igual al tiempo que permanezcan en situ el personal contratado para la ejecución de las obras provisionales

➤ Pérdida de fauna bajo categoría de riesgo amenazada, no endémica cascabel (*crócalos durissus*) y protección no endémica iguana negra (*ctenosaura pectinata*). Previo al inicio de los trabajos de preparación del sitio, es necesario contratar personal de campo para que realice trabajos de ahuyentamiento de la fauna silvestre mediante recorridos terrestres en toda la superficie donde se construirán las obras provisionales. Prohibir temporalmente a los trabajadores que participen de este proyecto, la captura o caza de cualquiera de estas especies con el propósito de aprovechar la carne de iguana para alimento, o la muerte por temor en caso de la víbora de cascabel. Se hace imprescindible la contratación de personal que tenga la atribución de vigilar que se de cabal cumplimiento a las medidas de mitigación plasmadas en el documento y las que determine la autoridad competente.

El trabajo de ahuyentamiento se deberá realizar por lo menos durante toda una semana, previo a los trabajos de construcción de las obras provisionales. La o las personas que vigilen la no ocurrencia de estos eventos deberán permanecer hasta que entre en operación el aeropuerto.

Acción: Desmante, despalde y cortes

Impacto que se mitiga

➤ Pérdida de flora nativa y especies bajo categoría de riesgo amenazada, no endémico Totoposte (*Licanea Arbórea Semm*) y Jocotillo (*Astronium Graveolens*). Como medida de compensación el promotor deberá implantar un programa de reforestación con estas especies, para lo cual, mediante convenio de colaboración deberá solicitar el apoyo de los viveros oficiales de la Comisión Nacional Forestal a través del Programa Nacional de reforestación.

El programa de reforestación, deberá considerar la recolección de germoplasma de buena calidad de las dos especies de interés, para lo cual tendrán que tomar en cuenta las características de cada una de las especies para determinar la temporada de fructificación, el Totoposte fructifica en los meses de enero a junio y el Jocotillo de abril a junio, por lo cual se tendrá que contratar personal para recolectar esas semillas.

Considerando que no se tiene experiencia en campo sobre la viabilidad de las semillas de estas especies, será necesario hacer pruebas de germinación para determinar la cantidad de semilla que se requerirá recolectar para producir la cantidad de plantas que la autoridad competente determine.

Una vez que se tenga el germoplasma se procederá a la producción de plantas en el vivero más próximo.

Y una vez obtenida la planta, el promovente deberá asegurar la reforestación y su mantenimiento que permita el éxito de esta actividad en el lugar que determine la autoridad competente.

En su defecto, conforme al artículo 118 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, los interesados en el cambio de uso de terrenos forestales, deberán acreditar que otorgaron depósito ante el Fondo, para conceptos de compensación ambiental para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

➤ Pérdida de Suelos fértiles. Reutilizar todo el material fértil producto del despalme para la construcción de las áreas verdes. Reutilizar la tierra fértil producto de los cortes y de la construcción para mejorar los suelos pobres de los sitios de tiro, bancos de material abandonados o de las áreas de reserva y amortiguamiento que norme el Plan Integral de Desarrollo Urbano Regional (el cual se encuentra en proceso de elaboración). Estas se realizarán en cuanto se inicie con los trabajos de despalme y corte del suelo.

➤ Daños a la salud y contaminación del aire por la emisión de partículas a la atmósfera y generación de ruido con la operación de maquinaria pesada. Se deberá humedecer el suelo con el propósito de disminuir la emisión de polvo a la atmósfera. Para prevenir el daño a la salud por ruido, se protegerá con el equipo y vestimenta adecuada al personal que labore o permanezca en contacto directo con las fuentes emisoras de ruido. Estas se realizarán durante el tiempo que duren los trabajos de despalme y corte del suelo.

Acción: Caminos de acceso.

Impacto que se mitiga

➤ Emisión de las partículas a la atmósfera y generación de ruido con la operación de maquinaria pesada. Se deberá humedecer el material que se empleará para formar los caminos de terracería con el propósito de disminuir las emisiones de polvo a la atmósfera. Para prevenir el daño por ruido, se protegerá con el equipo y vestimenta adecuada al personal que labore o permanezca en contacto directo con las fuentes emisoras de ruido. Estas medidas de mitigación tendrán una duración igual al tiempo que dure la ejecución de estas obras.

III.3.8.2 Etapa: construcción

Acción: asfalto y pavimentación con concreto hidráulico

Impacto que se mitiga

➤ Recarga de los mantos acuíferos por la impermeabilidad de la superficie. Utilizar materiales permeables para el acabado de calles, andadores, estacionamientos y demás obras similares que no contravengan a la funcionalidad para la que están diseñados y que permiten la infiltración del agua al subsuelo. Se recomienda construir tanques elevados o cisternas para captar las aguas pluviales y tratadas, para que se reutilice en el riego de las áreas verdes y los sistemas contra incendios.

Se ejecutarán durante la fase de construcción de la obra, durante el tiempo que se requiera.

➤ Interrupción de corrientes superficiales e intermitentes. Se deberán construir obras de drenaje que permitan fluir los escurrimientos que se formen durante la temporada de lluvias, de acuerdo a las características constructivas que determinen los estudios correspondientes.

Se ejecutará durante la fase de construcción de la obra, durante el tiempo que se requiera.

➤ Generación de ruido por la operación de maquinaria pesada. Para prevenir los daños a la salud por ruido se protegerá con el equipo y vestimenta adecuada al personal que labore o permanezca en contacto directo con las fuentes emisoras de ruido.

Esta medida de mitigación tendrá una duración igual al tiempo que dure la ejecución de las obras.

Acción: Edificaciones**Impacto que se mitiga**

➤ Emisión de partículas a la atmósfera y generación de ruido por la operación de maquinaria pesada. Se deberá humedecer el material que se empleará en la construcción de los diferentes edificios que conformará el aeropuerto, con el propósito de disminuir las emisiones de polvo a la atmósfera. Para prevenir el daño por ruido, se protegerá con el equipo y vestimenta adecuada al personal que labore o permanezca en contacto directo con las fuentes emisoras de ruido.

Estas medidas de mitigación tendrán una duración igual al tiempo que dure la ejecución de estas obras.

➤ Recarga de los mantos acuíferos por la impermeabilidad de la superficie. Se recomienda construir tanques elevados o cisternas para captar las aguas pluviales y tratadas, para que se reutilice en el riego de las áreas verdes y los sistemas contra incendio.

Se ejecutará durante la fase de construcción de la obra, durante el tiempo que se requiera.

Acción: Caminos interiores**Impacto que se mitiga**

➤ Emisión de partículas a la atmósfera y generación de ruido con la operación de maquinaria pesada. Se deberá humedecer el material que se empleará para formar los caminos interiores, con el propósito de disminuir las emisiones de polvo a la atmósfera. Para prevenir el daño por ruido, se protegerá con el equipo y vestimenta adecuada al personal que labore o permanezca en contacto directo con las fuentes.

Estas medidas de mitigación tendrán una duración igual al tiempo que dure la ejecución de estas obras emisoras de ruido.

III.3.8.3 Etapa: operación y mantenimiento**Acción: Aguas residuales****Impacto que se mitiga**

➤ Riesgos en la salud de la población y contaminación del agua por el inadecuado manejo de las aguas residuales. Construir la planta de tratamiento de aguas residuales programada en el Plan Maestro y vigilar su correcto funcionamiento para obtener la calidad de aguas que establece la NOM-003-SEMARNAT-1997, (límites máximos permisibles de contaminantes de aguas residuales tratadas que se rehusen en servicios públicos) para el reúso de estas aguas en el riego de las áreas verdes y sistemas contra incendios. Además es recomendable hacer muestreos periódicos de la calidad del agua del efluente, para verificar la eficiencia de la planta de tratamiento. Instalar dispositivos que permitan la remoción de grasas y aceites en los talleres y cocinas de los restaurantes. Previo a la llegada de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Se ejecutarán durante la fase de construcción de la obra, durante el tiempo que se requiera.

Acción: Demanda de agua**Impacto que se mitiga**

➤ Incremento en los volúmenes de extracción de agua para la operación del aeropuerto, con el consecuente abatimiento de los mantos acuíferos. Construir la planta de tratamiento de aguas residuales programada en el Plan Maestro y vigilar su correcto funcionamiento para obtener la calidad de aguas que establece la NOM-003-SEMARNAT-1997, límites máximos permisibles de contaminantes de aguas residuales tratadas que se rehusen en servicios públicos) para el reúso de estas aguas en el riego de las áreas verdes y sistemas contra incendios. Construir tanques elevados o cisternas para captar las aguas pluviales y tratadas, para que se reutilice en el sistema de riego de las áreas verdes y los sistemas contra incendios, para reducir la demanda de agua. Instalación de aditamentos y sistemas ahorradores de aguas en todas las instalaciones sanitarias y cocinas de restaurantes.

Se ejecutarán durante la fase de construcción de la obra, durante el tiempo que se requiera.

Acción: Emisiones a la atmósfera**Impacto que se mitiga**

➤ Molestias de la población por la emisión de ruido. Dar cumplimiento a las normas de uso del suelo que establezca el Plan Integral de Desarrollo Urbano Regional (en proceso de elaboración), para prevenir el asentamiento de núcleos de población cerca de las fuentes emisoras de contaminantes. Se recomienda establecer una barrera natural con especies nativas de la región, con 5 líneas de reforestación, de tal forma que forme una rampa que contribuya a la absorción y desviación de las ondas sonoras. Para

ello se recomienda obtener planta de los viveros oficiales del Programa Nacional de Reforestación, previo convenio de colaboración, para poder obtener asesoría técnica especializada relacionada con esta actividad. Se deberá ejecutar el Plan en forma inmediata a la entrada en vigor. Y las demás se deberá ejecutar en forma inmediata después de obtener las plantas.

➤ Afecciones a la salud de la población por la emisión de humos, gases y partículas generadas por los vehículos automotores y aviones en operación. Dar cumplimiento a las normas de uso del suelo que establezca el Plan Integral de Desarrollo Urbano Regional (en proceso de elaboración) para prevenir el asentamiento de núcleos de población cerca de las fuentes emisoras de contaminantes. Reducción de gases de efecto invernadero a través de la verificación del parque vehicular y aéreo, de conformidad con las normas vigentes que regulen estas actividades.

Se deberá ejecutar el plan en forma inmediata a la entrada en vigor. Cada seis meses, a partir de la entrada en operación del aeropuerto.

Acción: Residuos peligrosos

Impacto que se mitiga.

➤ Posibles afecciones a la salud y bienestar de la población. El responsable de la operación del aeropuerto (persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca o genere residuos peligrosos) deberá cumplir con todas las obligaciones que establece el Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente (LGEEPA), así como todas las disposiciones legales que regulen el manejo, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final. El generador de residuos peligrosos podrá contratar los servicios de empresas autorizadas por SEMARNAT para que presten los servicios antes mencionados. En la medida de lo posible, el generador de residuos peligrosos deberá prevenir su generación, así como su minimización a través del reusó o reciclado de aquellos residuos que lo permitan, o bien proceder a su tratamiento para reducir su volumen y en el último de los casos proceder a su confinamiento. Para el caso de las aguas azules (sentinas), que se generarán durante la operación de las aeronaves, se recomienda construir un sistema de pretratamiento, con el propósito de poder incorporarlo a la planta de tratamiento de aguas residuales, para obtener agua tratada, o en su defecto incorporarlo al manejo de los residuos peligrosos, según corresponda.

Estas medidas de mitigación tendrán una duración igual al tiempo que dure la vida útil del aeropuerto

Acción: Manejo de combustible

Impacto que se mitiga

➤ Contaminación del agua suelo y aire (propiedades físicas y químicas).

Cumplir con las especificaciones técnicas, operativas y constructivas que señalan las normas emitidas por la autoridad correspondiente para tal fin, con el propósito de prevenir derrames y/o emisiones que contaminen la atmósfera, el suelo y el agua; entre los que destacan los siguientes:

Para el diseño y selección de los materiales de los tanques, bombas, filtros y tuberías de la estación de combustible del nuevo aeropuerto, se consideran los siguientes aspectos: características físicas y químicas de los combustibles a transportar y almacenar, máxima presión de operación y, máxima temperatura de operación. Para el diseño de tuberías del manejo de combustible deberá considerar los criterios específicos de la norma ASTM Clase A3A, considerando entre otros aspectos los siguientes: Para el dimensionamiento de los diques de los tanques de combustible y la distancia entre tanque-tanque y tanque-dique, se deberán considerar los criterios normativos de diseño de PEMEX (petróleos mexicanos). Para el dimensionamiento de tanques, tuberías y bombas del sistema contra incendios se tomara en consideración la Norma 2.431.01 de PEMEX, (sistema de aguas de servicios contra incendios). Considerar dentro del diseño de construcción, infraestructura (piso de concreto hidráulico) que permita retener líquidos sobre la superficie del suelo y no que estos se filtren, para poder hacer los trabajos necesarios de recuperación de estos combustibles

Estas medidas de mitigación tendrán una duración igual al tiempo que dure la ejecución de estas obras. Se aplicará a partir de la entrada en operación del aeropuerto hasta la conclusión de la vida útil del mismo.

➤ Daños a la salud por la contaminación del agua y la exposición a gases, así como la posibilidad de un evento catastrófico. La aplicación estricta de medidas de seguridad, planes de mantenimiento, revisión de acuerdo a normas, programas de prevención y atención de contingencias. Recuperación de suelos dañados por derrame de combustibles, lubricantes o cualquier otra causa imputable al proyecto.

Estas medidas de mitigación tendrán una duración igual al tiempo que dure la ejecución de estas obras. Esta medida se aplicará en forma inmediata después de ocurrir el evento.

Acción: Residuos sólidos no peligrosos
Impacto que se mitiga

➤ Posibles afecciones a la salud y bienestar de la población y contaminación del agua, el suelo y la atmósfera. Diseñar un programa de recolección y reciclado de basura, que permita reutilizar la mayor cantidad de residuos sólidos no peligrosos en las diferentes instalaciones que presten servicios al aeropuerto. Como parte del programa de reciclado, se recomienda colocar recipientes para cada tipo de residuos sólidos, con el fin de realizar una separación de origen.

Estas medidas de mitigación tendrán una duración igual al tiempo que dure la vida útil del aeropuerto.

III.3.8.4 Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas.

La construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional Ángel Albino Corzo tendrá efectos negativos y positivos sobre el sistema ambiental de la zona de influencia donde se ubicará la infraestructura aeroportuaria.

Las condiciones prevalecientes en el área de estudio corresponden a un ecosistema altamente perturbado por las diferentes actividades antropogénicas que el hombre ha realizado como medida para subsistir; y prueba de ello, es que dentro del polígono que ocupara el aeropuerto, predominan los terrenos dedicados a la agricultura y ganadería, y en menor proporción es posible observar pequeños mechones de vegetación forestal nativa, que la misma población para satisfacer sus necesidades de construcción (postes y muros) y combustible (leña y carbón).

Considerando la presencia de flora y fauna con categorías de riesgo, serán los componentes ambientales más afectados por la obra, sin embargo, se visualiza un escenario fortalecido por las acciones que conllevaran al rescate e incremento del número de individuos de dichas especies, con la colaboración de entidades que se dedican al estudio de la flora y la fauna chiapaneca, a través de la firma del convenio de colaboración, además, de que en el estado existen zonas sujetas a conservación y parques nacionales y estatales que se seguirá promoviendo su conservación.

Para el caso del recurso del agua, este se verá mejorado en la calidad si se construyen las obras necesarias que permitan tratar y reutilizar las aguas residuales que se generarán durante la operación del aeropuerto, aunado a la posibilidad de que por efecto detonador, los municipios inviertan en más y mejor infraestructura para tratar las aguas residuales que estos generan y disminuir la contaminación de los afluentes más importantes de la zona (Río Grijalva, Santo Domingo y Suchiapa).

Por otra parte, la zona de influencia sufrirá un cambio radical en el uso del suelo, ya que pasará de netamente agrícola a una zona urbana comercial y prestadoras de servicio, en el cual, comparando la rentabilidad de la actividad agrícola es mucho muy inferior con la prestación de servicios que se pueda dar en la zona, lo cual redundará en el bienestar de las familias de la zona.

Por lo anterior y derivado del análisis de cada uno de los impactos que ocasionará el proyecto, y de la aplicación correcta de las medidas de mitigación propuestas, se considera que los efectos negativos serán inferiores en comparación con los efectos positivos que se tendrán con la ejecución y operación del aeropuerto, haciéndolo compatible con el medio.

La zona se beneficiará con la generación de empleos temporales durante las etapas de preparación del sitio y construcción, y permanentes durante la operación, por lo que será conveniente emplear a las personas que hayan perdido su fuente de ingresos con el proyecto, en ambos tipos de empleos. Habrá un mejoramiento en el ingreso mediante salarios remunerados por un empleo permanente que beneficiará a la población local, permitiéndose elevar su nivel de vida. Con el desarrollo de la zona habrá un incremento de plusvalía del suelo que beneficiará a sus poseedores, aunque esto puede generar especulación y presiones para cambiar el uso del suelo.

III.3.8.5 Programa de vigilancia ambiental.

La vigilancia ambiental es una de las principales actividades que el promovente deberá considerar, con el propósito de dar cabal cumplimiento a las indicaciones y medidas de mitigación incluidas en el estudio de impacto ambiental

Por lo anterior se presenta el programa de vigilancia ambiental, en el cuadro 3.3

Cuadro.3.3: Programa de vigilancia ambiental.

Fase del proyecto	Objetivos	Tipo de impacto	Indicadores
Preparación del sitio y Construcción	Prevenir la contaminación del aire y daños a la salud	Contaminación por humo y polvo producido durante el despalme, (cortes) del suelo y la construcción de caminos de acceso, asfalto y pavimentación con concreto hidráulico, caminos interiores y edificaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • A través de observación directa verificar la aplicación correcta de los riegos de agua que permita humedecer el material que se empleará para formar los caminos de terracería y pavimentadas, el acceso interno y las pistas de aterrizaje, así como las edificaciones.
		Generación de ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante la supervisión de bitácora, exigir la realización del mantenimiento oportuno de los vehículos • Vigilar que los trabajadores cumplan con las normas de seguridad e higiene, para reducir los riesgos de enfermedad.
Preparación del sitio	Compensar los daños ocasionados a la flora y la fauna.	Derribo de la vegetación bajo la categoría de riesgo.	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisar mediante recorridos de campo que no se derribe vegetación más de lo necesario. • Realizar evaluación técnica a la producción de planta de vivero de las especies bajo categoría de riesgo, para determinar la calidad de planta que se esta produciendo. • Después de establecer la reforestación de dichas especies, evaluar las plantaciones para determinar la supervivencia y la calidad de la plantación.
		Daños a la fauna bajo categoría de riesgo.	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisar y cuantificar mediante trabajo de campo, el número de especies rescatadas y reubicadas. • Derivado de los recorridos de campo, en coordinación con los institutos de investigación, determinar la necesidad de realizar estudios sobre el comportamiento de la fauna.
Construcción	Reducir al mínimo necesario las superficies impermeables	Construcción de obras con superficies impermeables.	<ul style="list-style-type: none"> • Vigilar que se utilicen materiales permeables en el acabado de calles, andadores, estacionamientos y demás obras similares que no contravengan la funcionalidad para la que están diseñados.

Fase del proyecto	Objetivos	Tipo de impacto	Indicadores
Operación y Mantenimiento	Prevenir los riesgos a la salud de la población	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación al aire, suelo y agua, así como daños a la integridad física del ser humano como consecuencia del mal manejo de combustibles. 	<ul style="list-style-type: none"> Supervisar y exigir que se cumplan con las normas, respecto a los diseños de construcción de la infraestructura donde se almacenarán los combustibles
		<ul style="list-style-type: none"> Contaminación del agua, aire y suelo por el mal manejo de los residuos peligrosos y residuos sólidos no peligrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> Vigilar la aplicación estricta de las medidas de seguridad, planes de mantenimiento y prevención de accidentes, manejo de combustible, y la atención de posibles emergencias.
		<ul style="list-style-type: none"> Contaminación del agua, aire y suelo por el mal manejo de los residuos peligrosos y residuos sólidos no peligrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> Vigilar el cumplimiento de las normas que rigen el manejo, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos sólidos.
Operación y Mantenimiento	Reducir la demanda de agua.	Incremento en el volumen de extracción de agua para la operación del aeropuerto	<ul style="list-style-type: none"> Supervisar la calidad del agua pluvial y tratada, mediante muestreos, para determinar la viabilidad de reúso en las actividades de riego de áreas verdes y sistemas contra incendios. Evaluar la funcionalidad de aditamentos y sistemas ahorradores de agua que se deberá instalar en los sanitarios y la red.
	Prevenir los riesgos a la salud y la contaminación del agua.	Contaminación del agua y daños a la salud, por el mal manejo de las aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la calidad del agua que se obtendrá de la planta de tratamiento mediante muestreo, para determinar si cumple con lo establecido en norma, para reusar el agua en el riego de áreas verdes y sistemas contra incendios.
	Prevenir riesgos a la salud	Generación de gases a la atmósfera y ruido producto del parque vehicular y aéreo.	<ul style="list-style-type: none"> Supervisar y evaluar la verificación vehicular y aérea, conforme a normas. Supervisar el cumplimiento de las normas que emitirá el Plan Integral de Desarrollo Urbano Regional

III.3.8.6 Planes de desarrollo urbano federal, estatal y municipal.

En este plan de desarrollo urbano se menciona entre otros, las normas y criterios generales para el desarrollo urbano y protección ambiental.

El Programa de desarrollo urbano de población de Suchiapa, Chiapas, se elabora con la finalidad de aportar una herramienta para promover el ordenamiento urbano, la regulación y administración del desarrollo urbano local, el cual fue aprobado por cabildo en diciembre de 2002.

El plan manifiesta como una de las políticas de desarrollo urbano al mejoramiento urbano con el propósito de ordenar, fortalecer, renovar y efectuar mejoramientos en zona particularmente deterioradas

dentro de la ciudad, áreas con carencias de servicios urbanos, equipamiento e infraestructura; mejoramiento de la vivienda mala y precaria; así como el mejoramiento de la estructura vial.

Dicho documento rector, se encuentra en fase de desarrollo, por lo que una vez concluido se deberá de considerar las normas y criterios que establezca en un adendum a la presente manifestación de impacto ambiental, para determinar la vinculación y compatibilidad con la construcción del aeropuerto.

III.3.8.7 Normas oficiales mexicanas e instrumentos de regulación utilizados en la construcción del nuevo aeropuerto angel Albino Corzo de Chiapas.

El proyecto objeto del presente análisis, debe de cumplir con las disposiciones que emanan de las siguientes leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas.

- Ley general de equilibrio ecológico.
- Reglamento de la Igeepa, en materia de evaluación de impacto ambiental.
- Reglamento de la Igeepa, en materia de prevención y control de la contaminación de la atmosfera.
- Ley general de desarrollo forestal.
- Ley general de vías de comunicación.
- Ley de aviación civil.
- Ley de equilibrio ecológico y protección al ambiente del estado de Chiapas.
- **NOM-001-SEMARNAT-1996.** (Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.)
- **NOM-003-SEMARNAT-1997.** (Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público.)
- **NOM-004-SEMARNAT-2002.** (Protección ambiental –lodos y biosólidos – especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.)
- **NOM-041-SEMARNAT-1999.** (Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.)
- **NOM-045-SEMARNAT-1996** (Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.)
- **NOM-052-SEMARNAT-1993.** (Características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente)
- **NOM-056-SEMARNAT-2001.** (Requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.)
- **NOM-059-SEMARNAT-2001** (Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo)
- **NOM-081-SEMARNAT-1994.** (Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición)
- nom-036-sct3-2000. (Que establece dentro de la república mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites.)
- **NOM-002-SCT3-2001.** (Listado de las sustancias y materiales peligrosos mas usualmente transportados)
- **NOM-003-SCT3-2001.** (Que regula el uso obligatorio dentro del espacio aéreo mexicano, del equipo transponedor para aeronaves, así como los criterios para su instalación, certificación y procedimientos de operación.)
 - **NOM-006-SCT3-2001**(Establece el contenido del Manual General de Mantenimiento
 - **NOM-070-SCT3-3-2001.**, (Que establece el uso obligatorio del sistema de advertencia de la proximidad del terreno (GPWS) en aeronaves de ala fija que operen en espacio aéreo mexicano, así como sus características.)

III.3.8.8 Conclusiones.

Las conclusiones que se presentan a continuación en referencia del estudio de Impacto Ambiental, las cuales se abordan para cada uno de los componentes ambientales que se consideraron para el análisis de los impactos ambientales, tomando en cuenta que para la mayor parte de los impactos detectados se cuenta con medidas para prevenir, mitigar y compensarlos:

Uso del suelo.

Se perderán terrenos de temporal de uso agropecuario en su mayor parte, sin ser un impacto significativo en el entorno regional, por la baja rentabilidad económica que se tiene de estas actividades; mientras que los terrenos forestales que se perderán se consideran como impacto insignificante, debido al alto grado de perturbación que presentan estos terrenos.

El proyecto no afectará los caminos existentes; el incremento en el tráfico vehicular no será significativo para la capacidad de los caminos, pues está prevista la ampliación de la carretera federal 190 y el tramo Salvador Urbina – Galecio Narcia – Francisco Sarabia a cargo de Gobierno del Estado, que es la principal ruta de acceso al aeropuerto.

Aun cuando la transformación del paisaje será irreversible, se considera que no tendrá un impacto importante, ya que este no representa valor económico para la población; además, no se verán afectadas por el proyecto, las zonas de recreación que se ubican fuera del polígono del aeropuerto.

Economía.

La zona se beneficiará con la generación de empleos temporales durante las etapas de preparación del sitio y construcción, y permanentes durante la operación, por lo que será conveniente emplear a las personas que hayan perdido su fuente de ingresos con el proyecto, en ambos tipos de empleo. Habrá un mejoramiento en el ingreso mediante salarios remunerados por un empleo permanente que beneficiará a la población local, permitiéndose elevar su nivel de vida.

Con el desarrollo de la zona habrá un incremento de plusvalía del suelo que beneficiará a sus poseedores, aunque esto puede generar especulación y presiones para cambiar el uso de suelo

Ruido.

El ruido puede afectar el bienestar y la salud de la población aledaña, resintiéndose con mayor intensidad en las comunidades más cercanas a la pista, sin embargo, la población expuesta es pequeña facilitando la aplicación de medidas de compensación; las emisiones de gases de combustión por el tráfico aéreo y por el aumento del tráfico vehicular no significarán un factor de riesgo para la salud.

Por otro lado, las vibraciones por el ruido de los aviones pueden afectar las construcciones en las comunidades antes mencionadas, sin representar un riesgo para sus moradores.

Los servicios en general se verán beneficiados con el proyecto, al tener la posibilidad de mejorar con el desarrollo en la zona.

El ruido será significativo debido a la operación de las aeronaves, afectando las comunidades cercanas, entre otras pocas con posibilidades de mitigación, por quedar debajo de la ruta de despegue o aterrizaje de las aeronaves.

Aire

Debido a que el proyecto se localiza en una zona abierta con buenas condiciones para la dispersión de contaminantes, no se esperan impactos significativos en la calidad del aire.

Suelo.

En el ámbito regional es despreciable el cambio en la estructura y características físico-químicas como consecuencia del proyecto, pero en el sitio hay un cambio radical de uso de suelo, además de que será removido en las áreas donde se realizarán las obras.

Agua.

Este componente ambiental no resultará afectado por el proyecto en sus distintas etapas, en virtud de que no hay corrientes de agua perennes importantes dentro del polígono del aeropuerto, y con la planta de tratamiento de aguas residuales que se tiene previsto construir no se contaminarán las corrientes de agua de los ríos más importantes (Grijalva, Santo Domingo y Suchiapa) de la zona de influencia, mientras que la reducción en la recarga del acuífero no es significativa por la operación del proyecto, si se construyen obras que permitan reducir la extracción de este líquido, con lo que el impacto es mínimo; con la construcción de sistemas de tratamiento de aguas el impacto en la calidad es insignificante o no se presentará en la zona. Adicionalmente, con la puesta en práctica de las medidas de mitigación que se proponen, se protege el acuífero contaminado.

Flora.

En términos generales, los cambios en este componente ambiental serán despreciables ya que se trata de una estructura que ha sido fuertemente perturbada por las actividades humanas que se realizan en

la zona de estudio desde hace muchas décadas, sin embargo, por la presencia de dos especies *Licaneia arbórea SEMM-Totoposte* y *Astronium graveolens-Jocotillo*, bajo categoría de riesgo amenazada, no endémica, se considera una pérdida importante en la estructura de la vegetación; por lo que se aplican las medidas de mitigación que se proponen en el presente estudio, el impacto ocasionado por la obra es compensable.

Fauna.

La pérdida de hábitat temporal para las especies de la fauna las obligará a migrar a las áreas circundantes, compitiendo por alimento y espacio con poblaciones ya radicadas ahí, lo cual no representa un impacto de consideración, dada la escasa variedad y el reducido número de individuos presentes en el sitio del proyecto.

Sin embargo, el hecho de encontrar especies como *Ctenosaura pectinata - Iguana Negra-* y *Crotalus durissus - cascabel* -, bajo categoría de riesgo amenazada, no endémica y protección, no endémica, respectivamente; implica trabajos de coordinación entre dependencias e institutos para mitigar el impacto que ocasionará la obra sobre este componente.

En conclusión se determina que la ejecución del proyecto es viable en sus aspectos ambientales, sociales y económicos, en virtud de estar acompañado de las medidas pertinentes para hacerlo compatible con su entorno.

III.4 Caso en el ámbito internacional, Chile.

Nuevo aeropuerto “Serena de la IV región” en el sector Guanaqueros-Tongoy, Coquimbo, Chile.



III.4.1 Selección del sitio

El sector “Guanaqueros-Tongoy” se encuentra fuera del límite urbano, según la división político-administrativa del territorio. El nuevo aeropuerto se ubicará en el distrito censal de Guanaqueros, de acuerdo al plan regulador comunal de Coquimbo, el cual se encuentra vigente, esta localidad queda fuera del límite urbano. Dicho plan regulador está siendo objeto de estudio para su modificación, incorporando entre otros temas, el tipo de uso de infraestructura aeroportuaria. No existen áreas de interés de conservación en la zona de emplazamiento del proyecto.

El emplazamiento del proyecto implicará la determinación de zonas de protección que crean restricciones al uso de suelo, que serán definidas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), de acuerdo al código aeronáutico.

Derivado del análisis de la información contenida en el estudio del plan maestro del aeropuerto de La Serena, en la IV región, Guanaqueros-Tongoy, el pronóstico se fijó en un periodo de 20 años; más allá a través de la conservación, renovación o ampliación de estructura e instalaciones.

El proyecto consistirá en una obra nueva a la que se denominará “Nuevo Aeropuerto Internacional La Serena de la IV región” el cual está clasificado como internacional, con una pista de 45 metros de ancho y una longitud total de 3200 metros, con un rodaje paralelo.

El polígono del proyecto ocupará un área total aproximada de 474 hectáreas, que se considera el requerimiento efectivo de terrenos para edificaciones, pistas, plataformas, vialidades internas y obras anexas.

III.4.2 Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos.

Se prevé que con la construcción del nuevo aeropuerto, será necesario la ampliación de los servicios básicos existentes y dotar de aquellos que actualmente no existen como son: recolección de basura, construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, agua potable, alumbrado, alcantarillado entre otros.

III.4.3 Tipo y características de la infraestructura aeroportuaria

En el plan maestro del nuevo aeropuerto, se definen todas las instalaciones del mismo, dentro del cual se encuentran las obras obligatorias a ejecutar por la sociedad concesionaria y estas son: una pista de aterrizaje de 3200 m y un ancho de 45 m, con trayectorias de aproximación y radio de ayuda con sistemas de aproximación por instrumentos y ayudas visuales.

Dentro de la superficie total, se encuentran las diferentes obras las cuales son: pista, calle aeronáutica, plataforma para aviones comerciales, plataforma para aviación general cada una con sus respectivos desahogos, edificio terminal de pasajeros, SEI (Servicio de Extinción de Incendios), edificio administrativo para la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), vialidades y estacionamientos y obras complementarias como son: redes de agua potable, planta de tratamiento, sistemas de climatización, aire acondicionado, energiza eléctrica, instalaciones para gas licuado y áreas verdes.

El nuevo aeropuerto será construido considerando la operación actual de aviones Boeing 737-200 y de las naves Airbus a-320. El diseño permitirá la operación de aviones tipo 4-D en la primera fase de la construcción y en la etapa final aviones 4-e y permitiéndolo el diseño por una ampliación a futuro podrán recibirse aviones tipo F.

Se ha estimado un tránsito debido al incremento del tráfico aéreo en Chile durante los últimos años y debido también a un incremento de significativo de los viajes hacia y desde la cuarta región, por lo que se prevé un que el movimiento de pasajeros aumentará progresivamente en el futura hasta un 78% den concordancia con el crecimiento económico de Chile.

En relación con áreas de riesgo, la superficie donde se desarrollará el proyecto se clasifica como estable frente a eventos sísmicos, situándose sobre un área de generación constante de estos eventos.

III.4.4 Descripción de la estructura aeroportuaria.

Los componentes del Nuevo Aeropuerto serán.

➤ Pista aeronáutica, plataforma de estacionamiento de aviones, instalaciones para combustible, Edificio terminal de pasajeros, cuartel del SEI, edificio de la DGAC, torre de control, talleres de mantenimiento, cierre perimetral, vialidades y estacionamientos, hangares, equipamiento residencial y recreativo, estación de servicio para combustible, instalaciones de saneamiento, agua potable, energía eléctrica, sistema de combustible y almacenamiento y áreas verdes.

III.4.5 Programa general de trabajo

III.4.5.1 Preparación del sitio

Previo a la construcción de obras, se realizará el despeje del terreno, eliminando malezas y otros materiales. Luego se verificarán los límites del área aeronáutica, sus ángulos y niveles, para proceder al replanteo de las construcciones provisionales.

Lo anterior sin perjuicio de las medidas que se señalen en el Estudio de Impacto Ambiental y su correspondiente Resolución de Calificación Ambiental.

III.4.5.2 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Las construcciones provisionales consistirán en:

- Oficinas de inspección fiscal (IF).
- Recinto para obreros.
- Bodegas.
- Instalaciones de agua potable.
- Instalaciones de energía eléctrica.
- Instalaciones de teléfonos.
- Plantas de producción de materiales.

III.4.5.3 Etapa de construcción

Las características más importantes de las obras permanentes y asociadas que conformarán el nuevo aeropuerto son:

➤ Pista aeronáutica: En una primera fase de construcción, esta contará con una longitud de aproximadamente 2200 m. En la fase final de desarrollo del proyecto, la pista tendrá una longitud de 3200 m de largo por 45 m de ancho; un rodaje paralelo de aproximadamente 3200 m de largo por 23 m de ancho. Además se considera la construcción de un camino de servicio que comprende 10560 m de longitud con un ancho de 5 m.

➤ Plataforma de estacionamiento de aviones: Se considera la construcción de una plataforma para la aviación comercial. Además, se considera la construcción de dos plataformas de estacionamiento, una destinada a los aviones de carga, y otra para la aviación general.

➤ Instalaciones para combustibles: Se dispondrá de un área de 90 m por 100 m para la localización de estanques de combustibles.

➤ Edificio terminal de pasajeros: Esta construcción tiene reservada un área de aproximadamente 480 m de longitud por 50 m.

➤ Cuartel SEI: El diseño contempla para este edificio una superficie de aproximadamente 619 m².

➤ Edificio Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC): Se considera la construcción de un edificio que comprenderá una superficie de 445 m² en 1 nivel.

➤ Torre de control: Esta estructura contará con una altura de 18,8 m.

➤ Talleres de mantenimiento.

➤ Cierre perimetral: Tendrá una longitud de aproximadamente 13250 m.

➤ Vialidad y estacionamientos: El proyecto considera la construcción de un acceso principal con sentido norte-sur.

➤ El camino de acceso conectará con 4 áreas de estacionamiento. El área total de estacionamientos será de 63600 m².

➤ Hangares para el servicio de carga aérea: Estas instalaciones tienen reservada un área que ocuparán una superficie de aproximadamente 3500 m².

➤ Equipamiento residencial y recreacional: Se incluirá la construcción de un hotel y dependencias anexas para los pasajeros y sus acompañantes. Estas instalaciones serán implementadas en la fase final de la construcción.

➤ Estación de servicio de combustible vehicular.

III.4.6 Legislación chilena en materia ambiental

La más importante es la Ley de bases generales del medio ambiente, del 9 de marzo de 1994. Es la segunda norma jurídica más importante después de la Constitución Política.

Crea el sistema de "Evaluación de Impacto Ambiental". Esto está relacionado con el carácter preventivo del derecho ambiental. Es decir, el control ex-ante de los proyectos de impacto ambiental (se rechaza o se aprueba).

Objetivos que persigue lograr la Ley de bases:

- Dar contenido y plasmar la garantía constitucional del artículo 19.
- Crear una institucionalidad a través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

La ley "establece restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente".

Sistema de evaluación de impacto ambiental:

Este sistema responde al principio preventivo del derecho ambiental que básicamente consiste en evitar que se produzcan los problemas ambientales antes que repararlos una vez producidos.

La Ley ambiental dedica el título II y el título IV al estudio del sistema de impacto ambiental, SEIA. Lo que es una manifestación evidente de la importancia que el texto legal otorga a este instrumento de gestión ambiental.

Por su parte, el Decreto Supremo N° 30, de 3 de abril de 1997, contiene el Reglamento del SEIA, con lo cual se puso en vigencia la ley ambiental.

CONAMA da un concepto de sistema de evaluación de impacto ambiental, indicando que debe entenderse como un conjunto de procedimientos que tienen por objeto identificar y evaluar los impactos ambientales positivos y negativos, que un determinado proyecto o actividad generara o presentara, permitiendo diseñar medidas que reduzcan los impactos negativos y fortalezcan los impactos positivos.

La Ley Ambiental radica en CONAMA la administración del SEIA, así como la coordinación de los organismos del Estado involucrados en el mismo para los efectos de obtener los permisos o pronunciamientos necesarios. Todos los permisos o pronunciamientos de carácter ambiental que de acuerdo a la ley deban emitir los organismos del Estado respecto de proyectos o actividades sometidos al sistema de evaluación, serán otorgados a través de dicho sistema.

Las Declaraciones o estudios de impacto ambiental deben presentarse ante la COREMA de la región en que se realizaran las obras materiales que contemple el proyecto o actividad. En los casos en que el proyecto pueda causar impactos ambientales en zonas situadas en distintas regiones, as declaraciones o los estudios deberán presentarse ante la Dirección Ejecutiva de la CONAMA.

Tanto las declaraciones como los estudios deben presentarse con anterioridad a la ejecución del proyecto o actividad, como lo señala expresamente el artículo 8° inciso primero de la Ley de Bases. Conforme a la norma citada, el proyecto no se puede someter al SEIA una vez iniciado, ya que con ello se malogra prevenir situaciones embarazosas para el medio ambiente que después es difícil reparar. Lo mismo ocurre cuando a un proyecto terminado desea alguna modificación, la cual podrá iniciarse solo una vez que se haya presentado un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso.

Desde el momento en que el que no está obligado a presentar un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental se somete a ellos y realiza compromisos ambientales voluntarios queda obligado a cumplirlos

Plan de medidas de mitigación, reparación y compensación.

Basado en el principio preventivo, el titular tiene que demostrar a través de la generación de este plan que los daños al medioambiente o efectos adversos que provoque serán mitigados, reparados y/o compensados.

- Mitigación: disminuir o evitar efectos adversos, debe indicar las medidas para minimizarlos, o sea que si se producen por que no pudo evitarlo debe dejar los menos efectos dañinos posibles.
- Reparación o restauración: reparar el medioambiente al estado en que se encontraba con anterioridad de causar el daño, si falla el plan de mitigación opera este. Debe hacerlo en acciones concretas.
- Compensación: producir un efecto positivo alternativo, generar un entorno nuevo con el que se compense el daño.

La implementación de estas medidas requiere un procedimiento y una fiscalización. El Art. 64 del Reglamento establece que el no cumplimiento de las condiciones da origen a amonestaciones, multas y revocación de la aprobación respectiva.

La fiscalización no le corresponde ni a la CONAMA ni a la COREMA, los órganos de la administración del Estado son los que solicitan estas sanciones facilitando los antecedentes necesarios.

III.4.7 Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias de desarrollo y deterioro de la región.

En lo relacionado con las áreas de riesgo, se clasifica la superficie donde se desarrollará el proyecto como estable frente a eventos sísmicos, situándose al igual que casi la totalidad del territorio nacional costero, sobre un área de generación constante de estos eventos.

El terreno se ubica en un sector de terrazas marinas, y las quebradas y cuencas de ríos son lugares de depósito. Estos suelos, de origen granítico sobre roca ígnea, contienen una buena aptitud para arbustos y forestales. Se trata de suelos inadecuados para cultivos con limitaciones permanentes, tales como pendientes pronunciadas, piedra excesiva, alto contenido de sales o sodio, u otras restricciones severas.

La región de Coquimbo se caracteriza por presentar en forma predominante un clima de estepa cálida con dos matices principales: costero o nuboso en el litoral y estepario cálido en el interior. El régimen térmico de esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 13.5 °C.

Las precipitaciones se producen en forma de lluvia principalmente en los meses de mayo a septiembre.

La recarga por precipitaciones del sistema subterráneo es prácticamente nula. El agua, producto de la precipitación acaecida en el área no logra infiltrarse hasta alcanzar el acuífero, permaneciendo en la parte alta del suelo, donde sólo consigue humedecerlo, y posteriormente, debido a los efectos de la intensa radiación solar y del viento, se evapotranspira.

La escorrentía, corresponden a descargas del sistema subterráneo, y en menor medida se manifiesta asociada a la ocurrencia de precipitaciones intensas y concentradas en el tiempo.

El área del estudio presenta una vegetación altamente modificada, con presencia de al menos 5 especies en categorías de conservación. A pesar, del alto nivel de modificación del ambiente un 47 % de flora es endémica de Chile. La presencia de especies como *el guayacán* y los *sandillonos* ameritan la presentación de planes de mitigación respecto del impacto del proyecto sobre ellos.

En el área de estudio está representada una parte significativa de la fauna característica de la región mediterránea xeromórfica costera de Chile, aunque no obstante probablemente la fauna nativa esté subrepresentada respecto a lo que originalmente existió en esta eco-región del país. Existen al menos dos especies en categoría de conservación, *el zorro chilla* que se considera inadecuadamente conocido, y la lagartija, *Liolaemus tenius* que está considerada como vulnerable.

Identificar las especies amenazadas tiene importantes implicancias, no sólo por su potencial efecto en la aplicación de instrumentos de gestión ambiental como el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, sino también sobre la ley de caza y la ley de recuperación del bosque nativo y fomento forestal, ya que en ellas se señala la prohibición de caza, captura y corta de especies calificadas como amenazadas. Por otro lado, la identificación de las especies, según su estado de conservación permite definir prioridades de acción y con ello, esfuerzos y recursos destinados a la conservación de las mismas. En 1992, con la firma del convenio de la diversidad biológica y posteriormente con la dictación de la ley N° 19.300, sobre bases generales del medio ambiente (1994), se inicia el proceso para contar con un procedimiento más objetivo y basado en criterios técnicos y científicos, que permitiera clasificar las especies en categorías de conservación.

En marzo de 2005, se dicta el Decreto Supremo N° 75 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que contiene el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestre en categorías de conservación, basado en antecedentes técnicos y científicos.

Como complemento de dicho reglamento, y siguiendo los lineamientos de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, el Consejo Directivo de la CONAMA a fines de 2005, aprobó la Política Nacional para la Protección de Especies Amenazadas, la que se orienta a coordinar acciones de los servicios del Estado para la recuperación de las especies de flora y fauna silvestres en riesgo.

III.4.7.1 Identificación de las afectaciones a la estructura y funciones del sistema ambiental.

Las actividades de importancia para el EIA a desarrollarse durante la operación serán: movimiento de aviones, vehículos y eventualmente carga; mantenimiento de aviones e infraestructura.

En esta sección se identifican las zonas donde existen elementos ambientales que serán directamente afectados por las obras o actividades del proyecto y que se ubican dentro de su área de influencia directa (AID). Esto tiene como finalidad definir con precisión las zonas geográficas donde se focalizará la evaluación de impacto ambiental.

Los impactos relativos a la disminución de la abundancia y riqueza de vegetación en el área de inserción del proyecto, y el desplazamiento de la fauna local, particularmente producto de la alteración de su hábitat natural fueron calificados con significado menor, considerando la baja magnitud de los efectos esperados y a que su ocurrencia no pondrá en riesgo la sobrevivencia de las especies involucradas. Por otra parte, las medidas de manejo ambiental y en especial, el establecimiento de zonas de restricción, minimizarán los efectos ambientales sobre las especies con problemas de conservación existentes en la zona.

Otros impactos negativos de significado menor, son la alteración de las vistas y continuidad paisajística, especialmente durante la etapa de operación del proyecto, y el aumento del ruido ambiental en inmediaciones del aeropuerto por efecto de la operación de aviones, especialmente durante maniobras de aproximación y despegue. El resto de los impactos, es decir, alteración de la calidad del aire, pérdida de suelos y la modificación del escurrimiento superficial del agua en el área del proyecto se consideran no significativos.

Por otra parte, se prevé la ocurrencia de dos impactos positivos de importancia para los asentamientos humanos de la comuna de Coquimbo, que geográfica y funcionalmente se vincularán con el futuro aeropuerto. De éstos, la generación de empleo se valoró como significativo, mientras que la potenciación de la actividad turística se valoró como altamente significativa.

III.4.8 Técnicas para evaluar los impactos ambientales.

III.4.8.1 Identificación de los Impactos Ambientales

La identificación de los impactos ambientales se realiza mediante una matriz de identificación de impactos ambientales en la cual se relacionan las distintas actividades y obras del proyecto, durante las etapas de construcción y operación, con los elementos ambientales afectados.

La metodología utilizada para establecer la calificación ambiental por impacto (CAI) por elemento corresponde a una técnica de tipo matricial, en que se analizan las relaciones causa - efecto dentro de las zonas sensibles (ZS), entre las distintas obras y actividades del proyecto y los elementos ambientales afectados. La CAI se expresa numéricamente como resultado de la multiplicación del valor ambiental por elemento (VAE) afectado por la magnitud (M) del impacto, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{CAI} = \text{VAE} + \text{M}$$

III.4.8.2 Jerarquización de Impactos Ambientales

Sobre la base a los resultados emanados de la aplicación de la fórmula de evaluación ambiental (CAI), se realiza una jerarquización de los resultados. Por otra parte, esta servirá para definir de manera más precisa las medidas de mitigación que se desarrollan y se presentan en el plan de manejo ambiental, apuntando fundamentalmente a mitigar aquellos impactos negativos considerados de mayor significado. En este sentido, un impacto considerado como significativo o altamente significativo se referirá a impactos de alta magnitud, que afectan componentes ambientales de gran valor.

Para la jerarquización de los impactos se han considerado solamente aquellos considerados medianamente significativos, significativos y altamente significativos, es decir a aquellos impactos que de acuerdo a la clasificación anterior se ubican entre 41 y 100. Estos valores pueden ser positivos o negativos, dependiendo del carácter del impacto.

III.4.8.3 Identificación y valoración de los elementos ambientales susceptibles de recibir impactos

La valoración de los elementos ambientales (VAE) presentes en el área de influencia del proyecto, que son susceptibles de ser afectados por sus obras y actividades, se ha realizado, fundamentalmente, a partir de la información contenida en la línea de base.

Las ZS del área del proyecto, sobre las cuales se realizará la evaluación de impactos ambientales, se han definido de acuerdo a los componentes y elementos ambientales potencialmente afectados por las obras y actividades del proyecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos es posible indicar que el proyecto no generará impactos adversos de relevancia.

III.4.9 Selección y descripción de los impactos significativos.

III.4.9.1 Impactos al paisaje

La alteración será provocada por la intrusión visual de elementos artificiales, es decir, el emplazamiento de obras y faenas durante la etapa de construcción, y la presencia de edificaciones, plataformas, aviones, etc., además de uso del espacio aéreo, durante su etapa de operación. La zona del proyecto, no contrasta con la morfología general del relieve.

La continuidad paisajística se verá afectada por el despeje de estratos arbustivos y herbáceos, que rompe con la ordenación natural del paisaje y con la continuidad de formas, colores y texturas vegetales.

El impacto sobre el paisaje será negativo, de ocurrencia cierta y tendrá una extensión local. El impacto tendrá un rápido desarrollo, larga duración y se considera parcialmente reversible. Es posible considerar como zona sensible desde el punto de vista del paisaje a toda el área del proyecto y sus inmediaciones dentro de la unidad planicie litoral.

III.4.9.2 Impactos a la población.

La comuna de Coquimbo tiene importantes atractivos turísticos, y se han constituido en fuente de ingresos y empleos, asociados a diversos servicios turísticos

Dada la importancia que tiene este elemento para la interrelación entre los asentamientos humanos en el área del proyecto, su valoración es alta.

La oferta de nuevos puestos de trabajo debido al proyecto implicará un aumento de empleos directos e indirectos. Es decir el proyecto podría generar una cantidad de empleos indirectos para las etapas de construcción y operación respectivamente.

Este efecto se manifestará en el sector económico de la construcción, transporte y servicios.

En síntesis, el impacto asociado a la generación de empleos es de carácter positivo y se califica de intensidad media, reversible, de ocurrencia cierta y extensión local. La duración de este impacto será media para la etapa de construcción y larga para la etapa de operación, y tendrá además un desarrollo rápido.

III.4.9.3 Potenciación de la Actividad Turística

Se constató que la comuna de Coquimbo ha tenido importante crecimiento de sus actividades turísticas, convirtiéndose éstas en una creciente fuente generadora de ingresos y empleo para sus habitantes.

Se prevé que el proyecto, favorecerá de manera importante el desarrollo de la actividad turística en la comuna, considerando tres aspectos fundamentales:

- El proyecto permitirá atender el progresivo aumento de pasajeros. Ello implicará que se genere una redistribución de la demanda por servicios de alojamiento, transporte, comercio, equipamiento turístico, etc...
- Se prevé que la presencia del aeropuerto genere un aumento en la plusvalía de los terrenos.
- Los efectos del proyecto sobre la actividad turística, se verán sinergizados con algunas iniciativas públicas impulsadas para el fomento de la actividad turística.

Finalmente el proyecto no afectará zonas bajo protección oficial u otras de importancia para el desarrollo de actividades turísticas.

El impacto del proyecto sobre la actividad turística se califica como positivo, probable, parcialmente reversible, y de fuerte intensidad. La extensión del impacto será regional por cuanto incluirá tanto a la capital regional como a las además localidades cercanas al área del proyecto. Tendrá una manifestación larga o permanente y un desarrollo rápido, aunque sus efectos más notorios serán evidentes en un mediano a largo plazo.

III.4.9.4 Impactos al aire.

En el área del proyecto no existen fuentes emisoras importantes que representen un menoscabo en la calidad del aire, siendo las únicas formas de emisión local, el de vehículos por caminos no pavimentados. La acción de los vientos y las características orográficas del área permiten una buena ventilación y por consiguiente una buena calidad del aire.

Por lo tanto, se considera que la zona contará con vientos favorables para la dilución y dispersión de contaminantes atmosféricos. Por esta razón, se estima que la calidad del aire asociada a estos elementos no es susceptible de verse alterada de manera significativa dentro del área de influencia del proyecto. La evaluación del impacto sobre este factor ambiental es de pequeña magnitud.

III.4.9.5 Impactos por ruido.

El nivel de presión sonora (NPS) constituye un elemento importante que incide sobre la calidad de vida de las personas tanto en áreas rurales como urbanas.

Las zonas sensibles al proyecto se encuentran actualmente bajo los límites máximos de exposición al ruido establecidos. En dichas zonas la principal fuente de ruido es el vehicular en donde existen diferencias mínimas entre el nivel de ruido diurno y nocturno.

En términos de lo anterior, se califica con valorización alta considerando el estado de conservación actual de este parámetro.

III.4.9.6 Impactos al suelo.

Durante la etapa de construcción se producirá la pérdida de suelos debido a la remoción y alteración del terreno. Este impacto se producirá en la porción del predio donde se efectuará el despeje del terreno para el emplazamiento de obras. No se prevén impactos sobre los suelos durante la etapa de operación. Los potenciales problemas de drenaje, debido a la modificación de las condiciones de escurrimiento e infiltración, serán evitados mediante la construcción y mantenimiento de obras de saneamiento. En el área de estudio corresponde a un uso rural el cual será modificado para uso aeroportuario, a excepción de la vialidad. A este elemento se le da una valoración baja.

La superficie que se verá afectada por obras y actividades del proyecto será de 474 has.

Este impacto es de carácter negativo, parcialmente reversible y de intensidad baja debido a que implica la pérdida de terrenos sin capacidad agrícola. El desarrollo del impacto será rápido y tendrá una duración permanente ya que se manifestará durante toda la vida útil del proyecto.

III.4.9.7 Impactos al agua.

El Proyecto no incluye desvíos temporales o permanentes de cauces. Sin embargo, se prevé que durante la etapa de operación, es posible que las obras del proyecto generen una modificación en las condiciones de drenaje e infiltración de las aguas lluvias.

Las aguas serán conducidas a través de obras de saneamiento, para prevenir en especial un eventual anegamiento del área de plataformas y pista aeronáutica.

Este impacto será negativo y de pequeña magnitud considerando básicamente la extensión puntual en que se manifestará, tendrá un desarrollo rápido pues el cambio en las condiciones de drenaje se manifestará en forma inmediata. El impacto será parcialmente reversible y será permanente.

III.4.9.8 Impactos a la flora.

El área de estudio, corresponde a una plantación de *Atriplex nummularia*, muy homogénea.

Con las obras asociadas a las etapas de construcción y operación del proyecto, se afectará la flora en categoría de conservación que corresponde a las siguientes especies:

➤ *Alstroemeria* cf. *hookerii* (liuto): hierba perenne provista de bulbos y rizomas. Está como vulnerable, tanto al nivel nacional como al regional. Crece como parte del estrato herbáceo de la plantación de *Atriplex nummularia* y en el arbustal nativo.

➤ *Caesalpinia angulata* (retama): Corresponde a un arbusto caducifolio, de categoría de vulnerable. Escasa, crece en los bordes de la plantación de *Atriplex nummularia*.

➤ *Eriosyce heinrichiana* (quisquito): Corresponde a una cactácea. Es escasa en el área del estudio. Se la considera como vulnerable al nivel regional.

➤ *Eriosyce sandillon* (sandillón): Corresponde a una cactácea. Considerada como vulnerable tanto al nivel nacional como regional. En el área de estudio se detectaron al menos 15 individuos. Creciendo entre los arbustos de *Atriplex nummularia*.

➤ *Porlieria chilensis* (guayacán): Corresponde a un pequeño árbol, pero es más frecuentemente encontrado como un arbusto muy ramificado.

Dada la baja magnitud territorial que representa la intervención del proyecto, se considera que el impacto por despeje de la vegetación constituye un impacto de carácter negativo, con una extensión local, puesto que sólo se afectarán los terrenos requeridos por el proyecto.

La intensidad del impacto se califica como baja. La probabilidad de ocurrencia de este impacto es alta, pues deberá removerse la vegetación previo emplazamiento de obras. La pérdida efectiva de bulbos o semillas se verá en gran parte minimizado por las medidas de rescate propuestas.

Este impacto será de larga duración, rápido desarrollo y parcialmente reversible, pues dicho efecto no se revertirá en forma natural, requiriendo para ello de acciones correctivas.

III.4.9.9 Impactos a la fauna

En el área de estudio existen al menos dos especies en categoría de conservación, el zorro chilla que se considera inadecuadamente conocido, y la lagartija, *Liolaemus tenuis* que está considerada como vulnerable.

En consecuencia, el impacto relativo al desplazamiento de fauna local debido a la perturbación del hábitat natural se considera negativo y probabilidad cierta de ocurrencia, debido al emplazamiento de obras y especialmente a la aplicación de un plan de rescate en temporada prereproductiva que asegurará la relocalización de la mayor cantidad posible de ejemplares.

Este impacto se considera parcialmente reversible, pues podría ser revertido mediante acciones correctivas que restablezcan las condiciones iniciales, luego del término de la vida útil del proyecto.

La extensión del impacto se califica como local. La intensidad del impacto se considera bajo, pues el desplazamiento local de ejemplares no pondrá en riesgo la supervivencia de las especies o la viabilidad del ecosistema. Además no serán afectadas otras especies con problemas de conservación y que utilicen la zona como hábitat exclusivo, este impacto se manifestará en forma rápida y será de larga duración

III.4.10 Evaluación de los impactos ambientales

A continuación se presenta un resumen de los impactos ambientales generados por el proyecto (cuadro 3.6), ordenados según la variable ambiental potencialmente afectada y la zona sensible a la cual pertenece, identificación del impacto y finalmente una calificación del mayor impacto potencialmente esperado.

Cuadro 3.6: Resumen de zonas sensibles e impactos ambientales

Elementos o Variables	ZS	Impacto	Calificación
Calidad del aire	-	Alteración de la calidad del aire	Negativo No significativo (-2)
Ruido	1	Aumento del nivel de presión sonora	Negativo Significancia menor (-36)
Suelo con valor productivo	-	Pérdida de suelos	Negativo No significativo (-15)
Escurrimiento	-	Modificación del escurrimiento superficial	Negativo No significativo (-8)
Formaciones vegetales	-	Disminución de la abundancia y riqueza de vegetación	Negativo Significancia menor (-30)
Fauna	-	Desplazamiento de fauna local	Negativo Significancia menor (-21)
Aspectos socioeconómicos	3	Generación de empleo	Positivo Significativo (64)
Actividad turística	4	Potenciación de la actividad turística	Positivo Altamente significativo (95)
Unidades de paisaje	5	Alteración de vistas y de la continuidad paisajística	Negativo Significancia menor (-34)

Son métodos cualitativos, preliminares y muy valiosos para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto, describiéndose a continuación el más conocido: Cada cuadrícula de interacción se dividirá en diagonal, haciendo constar en la parte superior la magnitud, M (extensión del impacto) precedido del signo + o -, según el impacto sea positivo o negativo en una escala del 1 al 10 (asignando el valor 1 a la alteración mínima y el 10 a la máxima).

En el triángulo inferior constará la importancia, 1 (intensidad o grado de incidencia) también en escala del 1 al 10. Ambas estimaciones se realizan desde un punto de vista subjetivo al no existir criterios de valoración, pero si el equipo evaluador es multidisciplinario, la manera de operar será bastante objetiva en el caso en que los estudios que han servido como base presenten un buen nivel de detalle y se haya cuidado la independencia de juicio de los componentes de dicho equipo.

La sumatoria por filas nos indicará las incidencias del conjunto sobre cada factor ambiental y por tanto, su fragilidad ante el proyecto. La suma por columnas nos dará una valoración relativa del efecto que cada acción produciría en el medio y por tanto, su agresividad.

Así pues, la matriz se convierte en un resumen y en el eje del Estudio del Impacto Ambiental adjunto a la misma, que nos sirvió de base a la hora de evaluar la magnitud y la importancia.

Es importante destacar que se deben evitar duplicaciones de las interacciones obtenidas en la matriz, ya que se nos puede presentar la misma interacción con distintos

III.4.11 Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional

III.4.11.1 Plan de medidas de mitigación, reparación y compensación

Como medida general, se establecen las zonas de restricción indicadas, cuya condición se justifica por la valoración ambiental de algún componente y/o elemento existente en esa zona, o bien su grado de vulnerabilidad. Estas prescripciones serán de carácter obligatorio.

Las medidas de manejo ambiental específicas que se implantaran durante la etapa de construcción, se indican a continuación según el tipo de impacto a controlar.

III.4.11.2 Alteración de la calidad del aire

El transporte de materiales en camiones se hará utilizando lonas que eviten desprendimientos o suspensión de polvo.

Los caminos internos más inmediatos al sector de faenas, serán estabilizados para evitar la suspensión de polvo. La estabilización se hará mediante la disposición de una carpeta de rodado.

III.4.11.3 Pérdida de suelos y disminución de la abundancia y riqueza de vegetación

Se efectuará una recuperación del suelo orgánico, para lo cual se removerá y apilará del horizonte superficial del suelo. El suelo removido se dispondrá en áreas que se ubiquen dentro o fuera del predio ocupado por el aeropuerto. Este material será utilizado como cobertura final.

III.4.11.4 Desplazamiento de fauna local

Se realizará un plan de rescate de reptiles, en particular para las lagartijas *Liolaemus tenuis*. Los individuos capturados serán liberados en áreas contiguas con similares condiciones ambientales.

Se deberá instruir al personal sobre normas de conducta adecuadas para la protección de la fauna local. Esta medida se materializará a través de exigencias contractuales. Las normas de conducta serán: evitar el uso de vehículos y maquinarias fuera de las áreas de trabajo o caminos habilitados para la construcción, prohibición de caza de fauna silvestre y del uso de fuego para la eliminación de la vegetación.

III.4.11.5 Alteración de vistas y continuidad paisajística

Se propone incorporar una serie de consideraciones. Estas consideraciones acogen el concepto de integración del proyecto a su área de inserción, respetando las características intrínsecas de ésta.

Lo anterior se traduce en la incorporación de elementos propios del entorno al diseño paisajístico y que sean compatibles con el tipo y estructura de la vegetación, texturas y colores del lugar de emplazamiento, entre otros. Esto favorecerá la integración del proyecto al mantener la identidad del lugar, potenciando la valoración que el observador reconoce para este tipo de ambientes.

III.4.11.6 Aumento de los niveles de ruido

De acuerdo a la evaluación efectuada el lugar más sensible corresponde a la Bahía de Guanaqueros. Los niveles de ruido proyectados (al inicio de la operación del aeropuerto) son inferiores al valor límite indicado por dicha norma.

No se contemplan medidas específicas para la mitigación del ruido generado por el aeropuerto durante su operación.

III.4.11.7 Medidas de prevención de riesgos

Los planes de prevención de riesgos para las etapas de construcción y operación que luego la sociedad concesionaria deberá desarrollar en detalle y presentar al inspector fiscal para su aprobación. En estos planes se indican las medidas que se impondrán para prevenir el riesgo de ocurrencia de algún

impacto no deseado a los usuarios, al medio ambiente y a la obra. Los planes de prevención de riesgos deberán observar posibles riesgos naturales, técnicos y laborales.

Dentro de los aspectos relevantes, desde el punto de vista de seguridad ambiental, deberán considerarse lo siguiente:

Lugares de trabajo seguros y que cumplan con los requerimientos sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

Sistemas y métodos de trabajo que no involucren riesgos para la salud, el medio ambiente o la seguridad.

Personal adecuadamente entrenado para reconocer, evaluar y controlar riesgos, en los lugares de trabajo, cuya ocurrencia cause un deterioro del medio ambiente. Adoptar las medidas correctivas cuando sea necesario, tales como: suspensión de tareas, retiro de materiales, limpieza de áreas de trabajo, etc.

Este plan deberá ser mantenido en la forma de un manual, de fácil comprensión y disponible para todo el personal.

Se deberán incorporar al plan antes señalado las siguientes actividades:

III.4.11.8 Suelos:

Se tomarán las medidas que se presentan en el cuadro 3.7 para evitar posibles derrames contaminantes:

Cuadro 3.7: Medidas para la prevención de contaminación de suelos

Etapa	Operación	Medidas
Construcción Operación	Transporte	Se llevará un registro en obra que permita cuantificar las cantidades recibidas, utilizadas y en stock. Asimismo, el transportista llevará un registro de las cantidades que transporta.
Construcción Operación	Transporte	El transporte de líquidos, tales como combustible y otros que se puedan requerir en faenas se registrarán por las disposiciones de la legislación vigente.
Construcción Operación	Almacenamiento	Se dispondrá de un área especial de almacenamiento para estos materiales, la cual deberá estar debidamente señalizada. Esta área deberá estar suficientemente alejada del área de dormitorios o alimentación del personal de faenas.
Operación	Almacenamiento	Los estanques contarán con estructuras de contención para evitar la infiltración de líquidos en el suelo. Ello se hará emplazando fosas de contención bajo los estanques con volumen de capacidad del 110% del volumen del estanque. Si no esto no es posible, se dispondrá una superficie impermeable conectada a una cámara que permita su recuperación.
Construcción Operación	Almacenamiento	Se mantendrá un registro (ficha) indicando la información mínima que permita dimensionar el derrame producido y las características del producto (ficha del fabricante o proveedor).
Construcción Operación	Almacenamiento	Los tambores de combustibles y aceite se dispondrán sobre pallets de madera u otros dispositivos que eviten el contacto directo entre los tambores y el suelo, y en lo posible evitando su permanencia a la intemperie.
Construcción Operación	Manipulación	La carga de combustible a maquinarias y equipos se hará en un área previamente definida y habilitada especialmente para ello.
Construcción Operación	Manipulación	Los aceites de cambio y otros desechos aceitosos se almacenarán en tambores vacíos para su posterior comercialización o disposición en lugares autorizados, de acuerdo a lo que disponga la autoridad del municipio que corresponda.

III.4.11.9 Fauna

Durante la construcción se cumplirá la normativa vigente en lo referente a fuegos y roces asociados a las obras y, especialmente, prevenir los fuegos en áreas de vegetación natural por cuanto constituyen hábitats de fauna silvestre de interés de conservación.

Esta norma vigente estipula que debido al producto de las actividades de construcción de los accesos a la estructura, construcción en general, se generara material vegetal, el que se clasificará para su destino final. El material de uso comercial será apilado y clasificado en trozos para aserrar o cortados como leña para que las comunidades lo puedan utilizar, el material vegetal que no sea transportado, será apilado convenientemente para favorecer su descomposición natural y en ningún caso se podrá utilizar el fuego

como forma de eliminarlo, ya que de esta forma se afectaría el hábitat natural de todas las especies y así contribuir en el cuidado y protección de esta.

III.4.11.10 Medidas de control de accidentes

Para las etapas de construcción y operación que luego la sociedad concesionaria deberá desarrollar en detalle y presentar al inspector fiscal para su aprobación. Estos planes señalan la forma en que se intervendrá eficazmente ante los sucesos causales que alteren el desarrollo normal del proyecto o actividad. Dicho plan contendrá acciones a tomar en caso de ocurrencia de eventos accidentales de relevancia para el medio ambiente.

III.4.11.11 Pronósticos ambientales regionales y en su caso, evaluación de alternativas.

Se presenta el plan de medidas de mitigación, reparación y compensación y el plan de medidas de prevención de riesgos y control de accidentes, del reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental. En cada uno de estos se hace referencia a la componente ambiental, indicando las medidas que se aplicarán.

III.4.12 Plan de medidas de mitigación, reparación y compensación durante la etapa de construcción

III.4.12.1 Zonas de restricción

Como medida general del proyecto para la protección de todos los componentes ambientales susceptibles de verse afectados por él, se establece que en las zonas de restricción identificadas, no se podrán instalar o ejecutar las obras y actividades.

Las zonas de restricción (Zr) se definen como zonas donde no se puede realizar ninguna de las actividades indicadas en el cuadro 3.8 la condición de restricción se justifica por la valoración ambiental de algún componente y/o elemento existente en esa zona.

Cuadro 3.8 Actividades no Ejecutables en Zonas de Restricción

Actividades
Despeje de la vegetación
Acumulación temporal o permanente de materiales de construcción
Movimiento de maquinarias o vehículos de construcción o transporte de trabajadores
Emplazamiento de obras provisorias o permanentes
Pavimentación o construcción de caminos de acceso
Emplazamiento de faenas
Explotación de empréstitos*
Emplazamiento de tiraderos
Emplazamiento de plantas de producción de materiales

* En general esta actividad sólo podrá ser realizada en sectores que cuenten con las autorizaciones correspondientes

A continuación, se describen en forma particular las medidas de manejo ambiental por componente o variable ambiental afectada por el proyecto nuevo aeropuerto para la IV región. Todas las medidas propuestas serán aplicadas durante la etapa de construcción del proyecto.

III.4.12.2 Alteración de la calidad del aire

Considerando la inexistencia de población o viviendas en las inmediaciones del proyecto, las medidas de mitigación propuestas están orientadas a la prevención de emisiones, que pudiesen en algunos casos, causar molestias a los trabajadores exclusivamente durante la etapa de construcción. Las medidas de mitigación serán las siguientes:

➤ El transporte de materiales en camiones se hará utilizando lonas que eviten desprendimientos o suspensión de polvo. Estas medidas de mitigación son comúnmente utilizadas en faenas de construcción, siendo en general de fácil implementación y bajo costo.

III.4.12.3 Pérdida de suelos

Se propone como medida de mitigación la conservación del horizonte superficial del suelo.

III.4.12.4 Modificación del escurrimiento superficial

No se requiere de medidas adicionales a aquellas consideradas por proyecto y que consistirían en la construcción y mantenimiento de obras de saneamiento.

III.4.12.5 Disminución de la abundancia y riqueza de vegetación

Para minimizar los efectos del proyecto sobre las formaciones de vegetación se consideran como medidas generales: i) concentrar los trabajos e instalaciones provisionales en las áreas destinadas al emplazamiento de obras evitando afectar zonas sensibles, y ii) prohibir cualquier forma de intervención en las zonas que no correspondan a la del proyecto.

Adicionalmente se efectuará una recuperación del suelo orgánico, en términos que éste puede contener distintos tipos de semillas y bulbos de especies vegetales de importancia de conservación.

El suelo removido se dispondrá en:

- Áreas que sean temporalmente ocupadas por obras o instalaciones de la construcción. Sitios de tiradero o de extracción de empréstitos. Este material será utilizado como cobertura final.

III.4.12.6 Intervención sobre flora nativa.

Se desarrollará un plan de manejo para las especies cactáceas (sandillones), que consistirá en el traslado de todas las especies afectadas, lo que deberá ser realizado por profesionales y de acuerdo a un plan de trabajo previamente acordado con el SAG, en especial en lo referente a las metodologías y sitio de traslado y trasplante.

III.4.12.7 Desplazamiento de fauna local

El efecto esperado consiste en que los individuos se desplacen hacia sectores vecinos sin intervención, es posible que el movimiento de maquinaria produzca la destrucción de algunas madrigueras y con ello la pérdida de algunos individuos. Para minimizar este impacto se efectuarán las siguientes acciones:

Se realizará un plan de rescate de reptiles, en particular para la lagartija *liolaemus tenuis*. Los individuos capturados serán liberados en áreas contiguas con similares condiciones ambientales.

Las actividades de este plan consistirán en descubrir las madrigueras. Se utilizarán redes para la captura de ejemplares.

Se ejecutará bajo las siguientes consideraciones:

- El rescate de reptiles será realizado en otoño.
- La relocalización de un grupo de individuos será realizada en un área mayor a aquella donde dicho grupo fue recolectado.
- Los individuos capturados serán relocalizados en el menor tiempo posible minimizando el tiempo de cautiverio.
- El transporte se realizará en lo posible separando individuos adultos y juveniles, así como las especies encontradas.

El concesionario deberá instruir al personal, con respecto a las normas de conducta adecuadas para la protección de la fauna local.

Las principales medidas de conducta serán las siguientes:

- Se evitará el uso de vehículos y maquinarias fuera de las áreas de trabajo. de esta manera se evitará destruir madrigueras de reptiles o roedores.
- No se permitirá, bajo ningún concepto la caza de fauna silvestre.
- No se permitirá el uso de fuego para la eliminación de la vegetación.

III.4.12.8 Alteración de vistas y continuidad paisajística

Las medidas de manejo ambiental para esta componente en general corresponden a acciones correctivas de carácter multipropósito, siendo aplicadas como acciones concretas para la recuperación del recurso suelo, la restitución de la vegetación, recuperación de hábitats naturales, entre otras.

Medidas de compensación

Lo anterior se traduce en la incorporación de elementos propios del entorno al diseño paisajístico y que sean compatibles con el tipo y estructura de la vegetación, texturas y colores del desierto, entre otros. Consecuentemente, las medidas propuestas son las siguientes:

- El diseño paisajístico de las áreas verdes, deberá mantener el tipo y estructura de las formaciones de vegetación originales que dominan el paisaje.
- Se deberán considerar las especies cactáceas que serán motivo de traslado y además, se

deberán incluir nuevas especies de guayacanes en una proporción 3:1 por cada especie que sea extraída.

➤ Los jardines del aeropuerto utilizarán materiales duros en reemplazo de los tradicionales cubresuelos, no aptos en este caso. los materiales recomendados son piedrecillas y conchas de distinto tamaño y color.

➤ En el diseño de jardines, se priorizará la inclusión de especies de arbustos tales como: zahumerio, palo negro, ratama, u otros característicos de la zona.

➤ Se procurará mantener la continuidad paisajística del área, la cual está determinada por las formas, colores y texturas vegetales características del desierto. para ello, las zonas destinadas al mejoramiento paisajístico deberán mantener una cobertura de vegetación baja, es decir no superior al 40%.

➤ La reutilización del agua depurada en la planta de tratamiento de aguas servidas se hará en forma regulada, para no producir la alteración de las formaciones de vegetación existentes, además de evitar la explosión de diverso tipo de malezas alóctonas fuertemente competidoras por este recurso. Para ello, se evitará el riego por aspersión, implantando en su lugar un sistema de riego por goteo.

III.4.13 Plan de medidas de mitigación, reparación y compensación durante la etapa de operación

III.4.13.1 Aumento en el nivel de presión sonora

De acuerdo a la evaluación efectuada el lugar más sensible corresponde a la bahía de Guanaqueros. Sin embargo, de acuerdo a la norma de referencia Suiza, los niveles de ruido proyectados para el corte temporal año 2006 (al inicio de la operación del aeropuerto) son inferiores al valor límite indicado por dicha norma.

Por lo tanto, no se contemplan medidas específicas para la mitigación del ruido generado por el aeropuerto durante su operación, excepto lo relativo al monitoreo descrito en la sección 8.1 “seguimiento ambiental del ruido”.

III.4.13.2 Plan de medidas de prevención de riesgos y control de accidentes

la sociedad concesionaria deberá presentar al inspector fiscal para su aprobación, un plan de prevención de riesgos para la etapa de construcción y para la etapa de operación, respectivamente, en el que se indiquen las medidas que se impondrán para prevenir el riesgo de ocurrencia de algún impacto no deseado a los usuarios, al medio ambiente y a la obra. Los planes de prevención de riesgos deberán observar posibles riesgos naturales, tecnológicos y laborales. Estos planes deberán ser elaborados independientemente para la etapa de construcción y la etapa de operación de la concesión. Los tópicos a incluir en cada uno de estos planes son los que se definen a continuación.

Dentro de los aspectos relevantes, desde el punto de vista de seguridad ambiental, deberán considerarse los siguientes:

➤ Lugares de trabajo seguros y que cumplan con los requerimientos establecidos en el decreto supremo nº 594 de 2000 del minsal sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

➤ Sistemas y métodos de trabajo que no involucren riesgos para la salud, el medio ambiente o la seguridad, tales como, programas de control y protección contra incendios, transporte de combustibles y que se encuentren especificados sus modos de operar en normas o instructivos de las asociaciones de seguridad y superintendencia de electricidad y combustible (sec).

➤ Personal adecuadamente entrenado para reconocer, evaluar y controlar riesgos, en los lugares de trabajo, cuya ocurrencia cause un deterioro del medio ambiente.

La implantación del plan de prevención de riesgos, cuya responsabilidad recae directamente sobre la sociedad concesionaria incluirá el entrenamiento del personal a través de un programa de capacitación dirigido a los encargados de la supervisión de las obras y del control de las consideraciones ambientales, la definición de roles y responsabilidades, y un plan de emergencia desde el punto de vista ambiental, para tales efectos la sociedad concesionaria deberá contar con un profesional experto en prevención de riesgos e idóneo en materia ambiental, que será responsable de la supervisión del cumplimiento de las medidas ambientales en los frentes de trabajo, áreas de acopio, campamentos y transporte. Dicho profesional deberá informar y coordinarse con el inspector fiscal para adoptar las medidas correctivas cuando sea necesario: suspensión de tareas, retiro de materiales, limpieza de áreas de trabajo, etc.

Este plan deberá ser mantenido en la forma de un manual, de fácil comprensión y disponible para todo el personal.

III.4.13.3 Plan de prevención de riesgos durante la construcción de la obra

Los principales riesgos que se identifican en la etapa de construcción y que deberán ser considerados en la elaboración de este plan, son:

a) Riesgos por accidentes en el transporte vehicular

Las medidas mínimas de seguridad que se establecerán para minimizar este riesgo son:

- El personal a contratar para conducir los vehículos de transporte o maquinarias necesarias en un área específica, será personal calificado, con licencia de conducir al día.
- Los vehículos que transporten maquinaria y materiales al área de trabajo contarán con las señalizaciones exigidas por la legislación vigente.
- Se privilegiará el uso de rutas con menos circulación de vehículos.
- El peso de los camiones cargados con equipos o materiales no deberá exceder los máximos permitidos de acuerdo a la ruta que se esté utilizando.
- El transporte de combustible, explosivos u otros materiales se realizará de acuerdo a lo estipulado en la legislación vigente.
- Toda vez que sea necesario, se coordinará con las autoridades locales correspondientes el paso de grandes vehículos o maquinarias por calles de ciudades o pueblos.

b) Riesgos por derrame de materiales peligrosos

Tanto el transporte como el almacenamiento de materiales potencialmente peligrosos, tales como combustible, gasolina, petróleo, aceite para maquinarias, etc., se deberá realizar implantando las siguientes medidas de seguridad:

Transporte:

- El transporte de líquidos, tales como combustible y otros que se puedan requerir en faenas se regirán por las disposiciones de la legislación vigente.
- Se llevará un registro en obra que permita cuantificar las cantidades recibidas, utilizadas y en stock. asimismo, el transportista llevará un registro de las cantidades que transporta.
- El proyecto proveerá todos los recursos que aseguren un transporte adecuado para este tipo de elementos.

Almacenamiento:

- El almacenamiento de productos inflamables, corrosivos u otros potenciales de causar daños se realizará considerando solo exigencias mínimas.

c) riesgos de incendios en el área de faenas.

Los riesgos de incendio en el área de faenas están asociados a un manejo inadecuado de materiales combustibles.

Las siguientes medidas de seguridad permitirán minimizar el riesgo asociado a incendios en faenas:

- El manejo de combustible se realizará de acuerdo a lo expuesto en el punto precedente, más todas aquellas disposiciones específicas que se definan en el plan correspondiente.
- El experto de seguridad en faenas definirá una zona, alrededor del área de almacenamiento de combustibles, donde esté expresamente prohibido encender fogatas, portar fósforos u otros elementos que produzcan chispas, todo lo cual deberá estar adecuadamente señalizado.
- Se dispondrá en faenas los elementos mínimos para combatir fuegos pequeños (extintores, manguera, etc.).

Durante la etapa de instalación de faenas el inspector fiscal (es el profesional responsable de desarrollar, coordinar y controlar la inspección fiscal y todos los aspectos técnicos de los proyectos entre

los cuales se incluyen los aspectos ambientales; así como la relación con usuarios, internos y externos), autoridades y otros organismos públicos

- Funciones y el experto en seguridad definirán las fuentes de agua más cercana y su forma de utilización, en caso de producirse un incendio en el área.
- Se prohibirá expresamente a los trabajadores prender fogatas para calentar alimentos en el área de dormitorios, cuando existieren.

Sin perjuicio de lo señalado anteriormente, la sociedad concesionaria deberá incorporar al plan antes señalado las siguientes actividades:

d) Suelos

Es probable la ocurrencia de eventos de contaminación del suelo debido a derrames accidentales de materiales potencialmente peligrosos, tales como combustible, gasolina, petróleo, aceite para maquinarias, etc., ya sea por eventuales filtraciones, pérdidas por trasvasije o mantenimiento, etc.

Para prevenir derrames de estos materiales durante la operación, especialmente asociados a su manipulación, y en caso que durante la construcción se requiera de estanques para estos materiales, se tomarán medidas de las que se mostraron anteriormente en el cuadro 3.7.

III.4.13.4 plan de prevención a la fauna

Durante la construcción se cumplirá la normativa vigente en lo referente a fuegos y roces asociados a las obras y, especialmente, prevenir los fuegos en áreas de vegetación natural por cuanto constituyen hábitats de fauna silvestre de interés de conservación.

III.4.13.5 Plan de prevención de riesgos durante la operación de la obra

Los principales riesgos que se identifican en la etapa de operación y que deberán ser considerados en la elaboración de este plan, son:

1. Riesgos de accidentes en el área de concesión del aeropuerto.
2. Riesgos de incendios.
3. Riesgos de eventos naturales.

Los estándares de seguridad mínimos que deben orientar la elaboración de este plan son:

- Proteger en primer lugar a las personas y en segundo lugar el medio ambiente, y poseer la capacidad de mantener a la gente segura de riesgos actuales o potenciales.
- Proteger cada uno de los elementos ambientales identificados en el desarrollo del plan.
- Disposición de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos en el sitio afectado por una emergencia.
- Establecer y mantener una estrecha comunicación y coordinación, a través de la inspección fiscal, con la DGAC, bomberos, carabineros y otros servicios públicos, de manera de obtener recursos y un conocimiento actualizado de las responsabilidades de cada organización en caso de que tuvieran que responder ante una emergencia y coordinar asistencia mutua en la respuesta a dicha emergencia.

III.4.13.6 Plan de medidas de control de accidentes o contingencias

La sociedad concesionaria deberá presentar al inspector fiscal, un plan de medidas de control de accidentes o contingencias para la etapa de construcción y otro para la etapa de operación, respectivamente, el que deberá señalar la forma en que se intervendrá eficazmente ante los sucesos causales que alteren el desarrollo normal del proyecto o actividad. Dicho plan contendrá acciones a tomar en caso de ocurrencia de eventos accidentales de relevancia para el medio ambiente.

Los contenidos mínimos que deberá tener este plan tanto para la etapa de construcción como para la etapa de operación son los que se indican a continuación.

III.4.13.7 Plan de control de accidentes o plan de contingencias durante la etapa de construcción

Antes de iniciar la construcción la sociedad concesionaria deberá realizar una serie de actividades tendientes a capacitar a sus trabajadores, en temas relacionados, entre otros, con:

- Procedimientos en caso de accidente en las vías de acceso o traslado de materiales.

- Manejo seguro en el transporte y almacenamiento de materiales.
- Procedimientos en caso de accidente en plantas de instalación de faenas, de explotación de empréstitos, plantas productoras de materiales y botaderos.
- Procedimientos en caso de accidente en los frentes de faenas.

III.4.14 Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y con la regulación.

El plan de seguimiento ambiental para el proyecto del nuevo aeropuerto para la iv región, que a continuación se indica, se ajusta a lo indicado en el título vi, párrafo 2º del reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA), y tiene por finalidad asegurar lo siguiente:

- Que las medidas indicadas en el plan de medidas de mitigación, reparación y/o compensación son las adecuadas y suficientes.
- Demostrar que el estado de los elementos del medio ambiente evolucionará según lo establecido en la evaluación respectiva, y
- Acreditar el cumplimiento de las normas ambientales que le fueran aplicables.

Si a consecuencia de la aplicación del plan de seguimiento ambiental, se detectare que las medidas específicas establecidas en dichos planes no cumplen con sus finalidades o que el estado de los elementos del medio ambiente no evolucionó de acuerdo a lo establecido en la evaluación respectiva, el titular del proyecto readecuará el plan de manejo, sometiéndolo a la aprobación de la Corema iv región.

III.4.14.1 Seguimiento ambiental del medio biótico

Dado que las variables ambientales relevantes que dieron origen al estudio de impacto ambiental consideradas, se asocian con especies de flora en categoría de conservación y con la existencia de al menos dos especies de fauna silvestre en categoría de conservación, se desarrollarán las siguientes acciones: un plan de manejo para mitigar los efectos adversos sobre la especie *cactaceae* (sandillones); medidas para compensar los efectos sobre la especie *zygophyllaceae* (guayacanes) y, medidas para mitigar los efectos adversos sobre la especie *liolaemus tenuis*.

Para asegurar la correcta evolución del proceso de trasplante y prendimiento de los sandillones se realizarán 2 monitoreos trimestrales durante el primer semestre de vigencia de la concesión; para el proceso de prendimiento y supervivencia de los guayacanes dentro del área ocupada por el aeropuerto en la proporción 3:1, se realizarán monitoreos trimestrales durante los primeros cinco años de la concesión, y para el plan de rescate de reptiles, habrá un informe elaborado por los profesionales que lo realicen que dará cuenta de todo el proceso.

III.4.14.2 Seguimiento ambiental del ruido

A partir de la evaluación ambiental realizada se considera pertinente efectuar un monitoreo ambiental del ruido generado por el proyecto, particularmente para el sector de bahía de Guanaqueros, que es el área sensible al ruido durante la etapa de operación del aeropuerto, conforme a las trayectorias de vuelo proyectadas.

Sin embargo, los valores proyectados para el primer año de operación cumplen con los niveles máximos permisibles de referencia considerados.

Para verificar los resultados de la modelación de ruido, se efectuará un monitoreo al inicio de la operación del aeropuerto para luego repetirlo una vez que el flujo se duplique o en su defecto a los 5 años de operación.

La ubicación del punto de medición será en la bahía de Guanaqueros, pero con la menor influencia posible de fuentes ajenas al tráfico aéreo.

III.4.15 Vinculación con los planes de ordenamiento ecológico del territorio normativa, componente, cumplimiento y fiscalización, del territorio chileno.

- **Decreto Supremo N° 594/99.** Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
- **Decreto con Fuerza de Ley N° 725.** Código sanitario
- **Norma Chilena N° 1.333.** Norma de Calidad de agua para diferentes usos
- **Decreto con Fuerza de Ley N° 725/68** Min. Justicia

- **Decreto Supremo N° 144/61.** Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricas de cualquier naturaleza
- **Decreto Supremo N° 59/98, modificado por D.S. N° 45/01.** Establece norma de calidad primaria para material articulado respirable MP10, en especial de los valores que definen situaciones
- **Decreto Supremo N° 75/87.** Establece condiciones para el transporte de cargas que indica.
- **Decreto Supremo N° 146/98.** Establece norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas
- **Ley N° 18.378.D.O. 29/12/84.**
- **Decreto Supremo N° 868/98.** Establece norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica
- **Plan Regulador de Coquimbo aprobado por D.S. N° 47 del 22/03/84.** Plan regulador de Tongoy aprobado por D.S. N° 130 del 25/07/88.
- **Plan Regulador de Guanaqueros** aprobado por D.S. N° 759 del 23/11
- **Ley N° 4.601 texto sustituido por la Ley N° 19.473**
- **Ley de Caza**
- **Decreto Supremo N° 5 de 1998,** del Ministerio de agricultura
- **Decreto Supremo N° 336 /44** del Ministerio de tierras y colonización
- **Ley N° 17.288**
- **Ley sobre monumentos naturales.**
- **Decreto Supremo N° 379/86.** Almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo destinado a consumo propio
- **Decreto Supremo N° 90/96.** Reglamento de seguridad para almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo.
- **Decreto Supremo N° 29/86.** Reglamento de seguridad para el almacenamiento y expendio de gas licuado.

CONCLUSIONES

Durante los últimos años el medio ambiente natural ha sufrido las consecuencias negativas del desarrollo industrial y los efectos de la sobreexplotación de la tierra, así como la presión del propio crecimiento de la población humana. A pesar de contar con tecnología sofisticada, normatividad y conocimientos para aminorar en lo posible estos efectos negativos, la humanidad, aun tiene pendiente una deuda enorme con la naturaleza para desarrollar en toda su plenitud, prácticas sostenibles desde el punto de vista ambiental. Esta necesidad se contempla también para los aeropuertos, infraestructuras del transporte que potencian el desarrollo económico y social de los lugares donde se ubican, pero que como toda actividad humana tiene costos e impactos en el medio ambiente. Son muchas las áreas y los aspectos desde los que se pueden actuar para minimizar los impactos negativos e incrementar los positivos.

La toma de decisiones ambientales es un proceso complicado que involucra compromisos y negociaciones entre valores e intereses, lo cual genera un conflicto, y al elaborar una Evaluación de Impactos Ambientales que es el instrumento de decisión que no solo ofrece una ruta de seguimiento de las consecuencias de dicha decisión, sino que implica a los principales actores y a quien toma la decisión mediante un análisis razonado de las acciones de dicho proyecto; además de los factores ambientales que a corto, mediano y largo plazo han de recibir los impactos, por esa razón la EIA es un proceso destinado a mejorar el sistema en la toma de decisiones y debe garantizar que las opciones de proyectos considerados sean ambiental y socialmente sostenibles, además de permitir seleccionar alternativas, que cumplan los objetivos propuestos, maximice los beneficios y disminuya los impactos no deseados.

Los impactos generados por la construcción de un aeropuerto en su entorno, deben ser útiles para comprender el futuro de la región en el que se está emplazando, y así implantar las obras necesarias para subsanar dichos impactos, esta obras deben se acordes a las necesidades que se están creando, de tal forma que se aprovechen las oportunidades que se presentan bajo las condiciones que se generen.

Es importante recalcar que si tenemos la visión clara de los efectos causados por la realización de un aeropuerto antes de iniciar su diseño, y se evalúan dichos impactos y su factibilidad tanto técnica, financiera, ambiental y social, se obtendrá un proyecto que rinda más beneficios y mucho menos problemas. El planear bien es esencial para obtener un proyecto viable. Este proyecto debe abarcar desde la planeación, operación, mantenimiento y en caso dado el abandono al término de la vida útil del mismo.

El estudio de impacto ambiental debe de realizarlo un equipo interdisciplinario para que el resultado sea satisfactorio, además cada caso es diferente y tienen sus particularidades. No existe un método que sea certero y eficiente por lo que estos mismos tenderán a perfeccionarse y responder a las exigencias de las normatividades existentes tanto a nivel nacional como internacional.

❖ En lo económico la zona donde se emplace se vera favorecida directamente con los ingresos por los diferentes conceptos ya sean de impuestos o por la misma derrama económica debido al turismo; por lo tanto estos ingresos adicionales que se obtendrán será un impacto positivo en la economía nacional y regional.

El impacto a la economía entonces es favorable, ya que esta directamente relacionado con el bienestar de la población favorecida por las diferentes actividades desarrolladas en las etapas de construcción y operación del proyecto.

❖ En el impacto laboral a nivel local se debe considerar positivo a corto plazo y de alta frecuencia. A largo plazo a nivel regional se considerara que el impacto es positivo sostenible.

❖ En cuanto a la población dichas actividades resultarían negativas si no se diera un buen manejo a los residuos que se generen durante la operación del aeropuerto, afectará la salud y bienestar de los pobladores de la zona de emplazamiento, pero con las medidas apropiadas estos impactos se mitigarán.

❖ Con respecto a la contaminación y pérdida de suelos durante las diversas fases son todos negativos ya que desde las actividades de desmonte y despalme se pierden en forma definitiva superficies ya que se remueve y altera el terreno, por otro lado, los posibles problemas de drenaje y escurrimiento serán evitados mediante la construcción y mantenimiento de obras para tal propósito.

❖ Los impactos al paisaje son negativos pero de intensidad media por lo que los efectos son irreversibles ya que las alteraciones que se dan debido a la intromisión de elementos no pertenecientes al espacio natural, o sea se presentan modificaciones en la fisonomía cambiando el uso de suelo de agrícola a industrial y de servicios, esto tendrá una sinergia hacia el exterior del polígono y se irán modificando paulatinamente el paisaje en forma paulatina.

❖ En relación a los sistemas de agua, es preciso adoptar todas las medidas preventivas que sean necesarias para impedir que la realización o funcionamiento del aeropuerto sea perjudicial para las reservas de aguas subterráneas o su calidad. Es importante implementar un control regular del manto acuífero a través de pozos de nivel superior e inferior a la napa freática.

Debido a que se impermeabilizan grandes extensiones en las áreas edificadas y en las que estas destinadas a la circulación de los aviones, debe considerarse la planificación de sistemas de evacuación del agua de lluvia; esto en base a los datos necesarios como la pluviometría, precipitaciones máximas y mínimas, etc e igualmente debe considerarse el factor de desagüe de cada superficie.

Los terrenos del aeropuerto deben de contar con un sistema de estancos de captación y evacuación de aguas de lluvia, el cual debe derivarse hacia un sistema de depuración provisto de separadores de aceite y carburantes.

Las aguas residuales deben de canalizarse hacia un sistema de depuración. Al almacenarse sustancias peligrosas para el agua, el peligro de vertido debe minimizarse mediante la aplicación de normas de trabajo referidas a la manipulación de dichas sustancias y no puede excluirse a la posibilidad que ocurra un accidente y se liberen sustancias tóxicas, con el consiguiente peligro de contaminar las aguas superficiales y subterráneas, así pues un aeropuerto no debe ubicarse en terrenos de protección para las aguas subterráneas y superficiales, especialmente cuando estas se utilizan para el suministro de agua potable.

❖ En cuanto a la calidad del aire estos impactos son considerados insignificantes durante la fase de construcción debido a la duración de las actividades y a la ubicación del aeropuerto, ya que las áreas están alejadas de las grandes concentraciones urbanas. En cuanto a la etapa de operación los impactos son considerados como de mediana intensidad ya que el aumento de maquinaria y automóviles aumenta y el impacto es innegable. Aunque si son emplazamientos nuevos los impactos serán considerados de pequeña magnitud, ya que por estar generalmente en áreas o valles extensos y sin áreas industriales, los vientos son favorables por lo que la dispersión de los contaminantes serán favorables, existiendo una buena calidad del aire la mayor parte del tiempo, por lo que en general será un impacto de baja intensidad, aunque generalmente extensos por las corrientes del viento.

Las emisiones de automóviles y maquinaria son impactos negativos de baja intensidad durante la construcción y esto es inevitable, y en cuanto a la etapa de operación sus impactos son mayores ya que el aumento del tránsito hacia esta área es considerado; ya sea transporte público o privado.

❖ El nivel de presión sonora constituye un elemento importante que incide sobre la calidad de vida de las personas tanto en áreas rurales como urbanas. No se encuentran zonas sensibles a los proyectos ya que por tratarse de nuevos emplazamientos la generación de ruido, no afecta a la población en el entorno, por lo que no se verá afectada por los ruidos ocasionados por el aumento del tráfico aéreo, ya que este se encontrará lejos de zonas urbanas. Por lo que siempre se clasifica como de bajo impacto. El ruido que se generará en la etapa de operación debido al aumento de los vuelos propios de la región es uno de los impactos negativos encontrados durante la evaluación. Este impacto dependerá del aumento en los vuelos

en las horas pico y causará un mayor impacto que el de un incremento similar de vuelos distribuidos periódicamente en el trayecto del día. En cuanto a los ruidos generados por la operación diaria en tierra estos son negativos y de baja intensidad, ya que la dispersión de ruido deberá darse en forma eficiente, permitiendo una buena calidad del ambiente sin ruido, la mayor parte del tiempo.

❖ Los impactos más significativos se dan en cuanto a la flora ya que independientemente que se pierden tierras agrícolas o de tipo ejidal, los terrenos del polígono son altamente perturbados, la intensidad siempre será alta y parcial y el impacto se manifestará de forma inmediata, en cuanto se de el emplazamiento.

Ya que siempre existirán especies con categoría de riesgo amenazadas, que perderán su hábitat natural y el efecto es irreversible, pero serán mitigables si se toman las acciones correctas para compensar el daño ocasionado por la construcción o en caso contrario el efecto será acumulativo.

❖ Así como los impactos a la flora en negativo pero mitigable otro impacto sumamente significativo se da en la fauna ya que como consecuencia del cambio de suelos en el área donde se emplazará el nuevo aeropuerto, la fauna se reduce en número y especies, pero algunas otras se adaptan al medio ambiente que se modificó y conviven con el hombre, la intensidad de estos impactos es considerada de mediano impacto ya que estas especies pueden emigrar a zonas aledañas conservadas sin modificaciones donde dispongan de los medios para subsistir; pero este impacto se puede dar de forma inmediata si no se realizan acciones que permitan ahuyentar a los ejemplares que se localicen dentro del área destinada al nuevo aeropuerto. En caso contrario se tendrá un efecto permanente, irreversible y acumulativo.

El establecimiento de buenas relaciones entre los operadores aeroportuarios y las comunidades de su entorno facilitan la toma de decisiones a la hora de establecer estas medidas.

Debido a todos estos impactos se propone lo siguiente:

Plan de mitigaciones y controles:

1. Plan de contingencias y emergencias. Se deberá contar con un plan para posibles contingencias, estas deberán estar de acuerdo a las regulaciones nacionales e internacionales, basados en documentos existentes de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Este plan es de total responsabilidad del director de operaciones del aeropuerto y deberá ver que se cumplan en su totalidad.

2. Plan de seguridad e higiene. Este plan es para proporcionar a los empleados y trabajadores seguridad, y será diseñado para prevenir accidentes y enfermedades y será en base a las disposiciones vigentes.

3. Plan de control de emisiones. Este deberá considerar las emisiones de aviones, vehículos de tierra, calderas, aguas residuales, polvos, etc.

Para controlar estas emisiones se tomarán medidas como las siguientes:

- Vegetación en áreas que no se asfalten.
- Humedecer las tierras de desmonte y residuos de la construcción, que puedan generar polvos.
- Para el control de polvos en pistas y plataformas se utilizará una barredora.
- Para controlar las emisiones se efectuaran monitoreos regulares de emisiones.

4. Plan de control de ruidos. Dentro de las actividades definidas para el problema de ruido de los aviones, deben tomarse en cuenta consideraciones como:

- Proveer a todo el personal, cuya labor este afectada por los altos niveles de ruido, para su protección auditiva necesaria y adecuada a su labor.
- Cumplimiento de las normas establecidas por las aeronaves que circulen por el edificio. Los esfuerzos estarán dirigidos a verificar el cumplimiento de las normas ambientales.

5. Manejo de residuos. Este plan deberá ser seguido por todas las partes que están involucradas en el manejo del aeropuerto. Tendrá que estar basado en las normas vigentes en cuanto a residuos sólidos y manejo de aceites. Además de realizarse una lista de dichos residuos, en donde se especificará claramente si son peligrosos o no y como serán almacenados hasta su recolección.

6. Agua. Se basará básicamente en implantar un abastecimiento alternativo del agua. Este plan de tratamiento deberá cumplir con la normatividad vigente.

7. Se construirá una planta de tratamiento de aguas residuales, para lograr la calidad de los efluentes finales antes de descargarlo en la red de alcantarillado público, debe cumplir con los requerimientos especificados en las normas ambientales vigentes. Deberá de establecerse un área única de limpieza con medio de contención de líquidos, de forma que el agua que se utilizó no escurra hacia lugares que no se desea y que ocasione la contaminación del suelo. Deberán contar con separadores de grasas y tratamiento primario que estén adecuados para el volumen de efluente generado.

8. Monitoreo ambiental. Este plan comprenderá los aspectos de calidad del aire, emisiones de vehículos que operan en el aeropuerto, agua, efluentes y ruido. Todos los monitores deberán realizarse considerando la legislación aplicable o en su defecto la mejor práctica aplicable. Se buscará asesoría de la autoridad competente y en la medida de lo posible seguir las recomendaciones. En dado caso de que como consecuencia de los monitoreos se detecte alguna irregularidad, se pondrán en comunicación con la autoridad para dar posibles soluciones.

9. Flora. Para este tipo de efectos deberá de contarse con un plan para la protección de estas especies, este plan deberá de contar con un programa de reforestación con cada una de las especies que se puedan perder, tomando en cuenta las características de cada una de ellas para determinar su temporada de germinación y fructificación, para proceder a su recolección obteniendo la cantidad suficiente determinada por las autoridades y proceder a la producción de plantas en viveros; reforestando y manteniendo su producción

10. Fauna. Este plan deberá contar con medidas pertinentes para el rescate y reubicación de en áreas contiguas con condiciones similares a las de su hábitat. Deberá de incluir una capacitación al personal sobre normas adecuadas para la protección de la fauna, evitar la caza furtiva o el uso de fuego para eliminar vegetación

Medidas de prevención

Existen una serie de medidas que pueden ser tomadas para evitar efectos negativos sobre el territorio o los ecosistemas ligados a la construcción o explotación de los aeropuertos. Son fundamentalmente medidas de planificación, diseño y gestión.

La prevención de los impactos de un aeropuerto debe ser considerada en etapas muy tempranas de su desarrollo, incluso influyendo en la elección de su ubicación. En esta fase es importante tener en cuenta el entorno y sus alrededores.

Entre los factores a considerar se encuentran los económicos y sociales, atendiendo a las conexiones del aeropuerto y su influencia sobre la red de transportes. También se deben prever los posibles sobrevuelos de zonas habitadas, teniendo en cuenta en todo caso las poblaciones cercanas. Durante las obras de construcción del aeropuerto, el procedimiento de evaluación de impacto ambiental incluye una serie de medidas preventivas que evitan la generación de impactos negativos (

Cuando el aeropuerto ya existe, también es necesaria una adecuada planificación y gestión, tanto de las infraestructuras, como de su entorno más o menos inmediato.

Por ejemplo, existen usos que, por suponer una atracción a la fauna, no deberían situarse cerca de los aeropuertos, como son los vertederos o los campos de golf. Además los modelos de calidad del aire y de

ruido deben utilizarse (junto con las servidumbres de obstáculos e interferencias) para generar una zonificación que ordene el desarrollo urbanístico para evitar que futuros asentamientos sufran efectos negativos. OACI establece guías y recomendaciones para esta planificación.

Una herramienta fundamental donde son compatibles las actividades existentes o futuras en la zona de emplazamiento de los aeropuertos es un adecuado marco normativo que establezca limitaciones para determinados usos del suelo, actividades, instalaciones o edificaciones en las áreas sujetas a servidumbres acústicas. Estas zonas se incluirán en los instrumentos de planeamiento territorial o urbanístico de los nuevos desarrollos urbanísticos.

Medidas correctoras

Cuando no es posible evitar sus efectos negativos, pueden adoptarse otra serie de actuaciones para mitigarlos en la medida de lo posible. Estas medidas deberán aplicarse tanto durante la ejecución de las obras de construcción como durante el funcionamiento del mismo.

Las principales medidas correctoras, una vez que el aeropuerto está en funcionamiento, están enfocadas al control del ruido, aunque también pueden ser efectivas para problemas causados por elevados niveles de contaminación. Consisten fundamentalmente en la aplicación de programas de aislamiento acústico de edificios (y su edificación bajo códigos técnicos específicos) y la creación de barreras acústicas.

Otro ejemplo de medida correctora son los programas de reparación de los daños generados por el torbellino (*vortex*) de los aviones en tejados.

Cuando las medidas correctoras no son suficientes o factibles, se aplican medidas compensatorias como la compra de terrenos y la reubicación de edificios y vecinos.

En el caso de ampliaciones aeroportuarias o construcción de nuevos aeropuertos, las evaluaciones de impacto ambiental también establecen medidas de diversa naturaleza que compensen el impacto producido sobre el territorio o los ecosistemas, ya sea en el propio entorno aeroportuario o en otras áreas.

Relaciones con la comunidad

Una de las principales interrelaciones aeropuertos-zona de emplazamiento es la que éstos establecen con las comunidades de su entorno inmediato.

El establecimiento de buenas relaciones entre los operadores aeroportuarios y su entorno social genera interacciones muy positivas para unos y otros, permitiendo la comprensión de los efectos positivos del aeropuerto, de las medidas para minimizar los negativos, así como para facilitar la participación pública y el consenso en la toma de decisiones.

Como parte del compromiso social con sus comunidades, muchos aeropuertos establecen programas de comunicación y consulta, iniciativas sociales, culturales o educativas.

Como ingenieros civiles, estamos comprometidos a realizar nuestro mejor esfuerzo para que los proyectos aeroportuarios sean mejores día con día y factibles en concordancia con nuestro medio ambiente y mejorar los desatinos del pasado, impulsando la creación de mejores infraestructuras para aprovechar las oportunidades que nos ofrece la naturaleza; en lugar de deteriorarla, establecer una relación de armonía con ella, no debemos ignorar el lugar donde vivimos solo por lograr éxitos económicos o sociales, tenemos la obligación de cuidarla, protegerla y preservarla para las futuras generaciones.

Bibliografía.

Jaramillo; Rodríguez J. Napoleón. Estudios especiales de evaluación de impacto ambiental para actividades relacionadas con la ingeniería.

Gómez Orea, Domingo. Evaluación de los impactos ambientales/ un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Mundi prensa. Ed. Agrícola España S.A. 1996. Madrid, España.

Servin Córdoba, Fabián. Análisis de la infraestructura del sistema de pistas e impacto ambiental para el grupo portuario norte. 2001.

Manual de planificación de aeropuertos.

Ramos, Dovali. Apuntes de la clase de aeropuertos.

Estudios de los efectos del medio ambiente sobre la salud humana.

T. Willig. Environmental TQM. Ed. McGraw-Hill. 1994

Rao Kolluru, Bartell. Manual de administración y evaluación de riesgos. Ed. McGraw-Hill. 1998.

Weitzenfeld, H. Evaluación de impactos ambientales.2005

Weitzenfeld, H. Manual básico sobre evaluación de impacto ambiental y la salud. Centro panamericano de ecología y salud humana.

Fundación MAPFRE, manual de contaminación ambiental. Ed. MAPFRE, Madrid, España. 2000.

Jiménez Cisneros, Blanca Elena. La contaminación ambiental en México, causas, efectos y tecnología apropiada. ed. Limusa.2000.

Quadri de la Torre, Gabriel y Sánchez Cataño, Luis. La ciudad de México y la contaminación atmosférica. Ed. Limusa-Noriega. México 1982.

Secretaría del medio ambiente del GDF. Programa para mejorar la calidad del aire ZMCM. Ed. JANO S.A., México, 2000.

Gutiérrez, Héctor, Romiu Isabel y otros. Contaminación del aire riesgos para la salud. Ed. Manual Moderno. México DF, 1997.

Strauss, W. contaminación del aire causa y efectos. Ed. Trillas. México DF. 1993.

Margalet, Ramón. Tres casos de impacto ambiental, emplazamiento de aeropuertos. Ed. Omega. 1974.

Instituto nacional de ecología Dirección general de ordenamiento Ecológico e impacto ambiental, la evaluación del impacto ambiental.2010.

Instituto de geografía, UNAM. Proyecto de ordenamiento ecológico general del territorio del país. Instituto nacional de estadística geografía e informática. "agenda estadística 2000", México, DF.

Informe climatológico del valle de México, 2009.

Programa sectorial 2007-2012.Dirección de aeronáutica civil.

- Boletín técnico obligatorio. Coordinación de trabajos de construcción y mantenimiento en aeropuertos SCT.DGAC:1989
- Apuntes de construcción. FI.
- SEMARNAT. La gestión ambiental en México. 2000.
- Manual de planificación de aeropuertos. Planificación General. OACI. Parte 1.
- Manual de planificación de aeropuertos. Planificación General. OACI. Parte 2.
- Manual de Servicios de Aeropuertos. Parte 9.
- Coria Ignacio, Daniel. El estudio del impacto ambiental: características y metodologías. Argentina.2008.
- González Márquez, Juan José. Nuevo Derecho Ambiental Mexicano. Serie de derecho UAM. 1997
- Quintana Valtierra, Jesús. Derecho Ambiental Mexicano, Nuevos Lineamientos Generales. Ed. Porrúa, 2000.
- Arrieta Lerdo de Tejada, Gustavo. Conferencia Residuos Peligrosos. 2003
- Thomas, Lorenzo. Conferencia Auditoria Ambiental Voluntaria. 2003.
- Brañes, Raúl. Manual del Derecho ambiental Mexicano.2003.
- Baqueiro Rojas, Edgard. Introducción al Derecho Ecológico.
- Conesa Fernández-Vitorá, Vicente. GUIA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL. Ed. Mundi-Prensa. España. 1993
- Oyarzun, Muñoz, Jorge. Evaluación de Impactos Ambientales. Chile.
- Canter, L. W. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Mc Graw-Hill / Interamerica de España S.A.U., Madrid. 1998.
- CEPAL. Evaluaciones del Impacto Ambiental en América Latina y El Caribe. CEPAL, Santiago.1991.
- CIEPLAN. Desarrollo y Medio Ambiente, hacia un enfoque integrador. CIEPLAN, Santiago. 1991.
- CONAMA (1994). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile.
- Enger, E. D. Y Smith, B. F. Ciencia Ambiental: Un Estudio del Interrelaciones. Mc Graw-Hill / Interamericana Eds. México D. F.2006.
- Fernández, G. y González, P. Eds. Minería y Monumentos Nacionales / Consejo de Monumentos Nacionales, Santiago, Chile. 2005.
- ITGM. Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. Instituto Tecnológico Geo-Minero de España, Madrid. 1989
- Mendoza, M. Todos Queríamos ser Verdes. Chile en la Crisis Ambiental. Ed. Planeta, Santiago, Chile.1994.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (1994). Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Diario Oficial 19/03/94, p. 1-9...Chile.

Nichols, R. y Hyman, E. A review and analysis of fifteen methodologies for environmental assessment. Office of Water Research and Technology. . 1980

Opazo, A. Ed. Chile: Desafíos Éticos del Presente. Ed. Aguilar, Santiago, Chile. 1999.

Padilla, C., Ed. (2000). El Pecado de la Participación Ciudadana. Conflictos Ambientales en Chile. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales, Santiago, Chile. 2000.

Pojman, L. P. Environmental Ethics. Thompson – Wadsworth Eds., Toronto, Ontario. 2005

Warhurst, A. y Noronha, L. (2000). Environmental Policy in Mining. Corporate Strategy and Planning for Closure. Lewis Publisher, Boca Ratón, Florida.

Cuartas Jornadas Internacionales. Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica manchas acústicas: ruido de aeropuertos. 2001

VIII seminario de contaminación acústica y control de ruido ambiental norma de emisión de ruido para aeropuertos en Chile.

Plan maestro de desarrollo aeropuerto de Cabo San Lucas, Resumen ejecutivo.

Manifestación de Impacto Ambiental del Sector Vías Generales de Comunicación en su Modalidad Regional para la construcción del Aeropuerto Internacional “Ángel Albino Corzo”, en el Municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas.

Manifestación de Impacto Ambiental para la construcción del I Nuevo aeropuerto “Serena de la IV región” en el sector Guanaqueros-Tongoy, Coquimbo, Chile.

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

Reglamento de la LGEEPA, en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Reglamento de la LGEEPA, en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

Diseño y operación de aeropuertos.

Horonjef, Kelvey. Planning and design of airport. McGraw-Hill.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable Ley de Aguas Nacionales

Ley General de Vías de Comunicación Ley de Aeropuertos

Ley de Aviación Civil

Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chiapas

Normas oficiales mexicanas.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes Dirección General de Planeación. ANUARIO ESTADÍSTICO 2007

VIII seminario de contaminación acústica y control de ruido ambiental norma de emisión de ruido para aeropuertos en Chile.