

## 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 sueño<sup>10</sup>.

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       | Ensofcedora     | 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.

<sup>10</sup> De esta última investigación no se tienen datos fidedignos.

**II.5.3.1 Método OACI<sup>11</sup>**

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 NEF<sup>12</sup> (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.

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

<sup>12</sup> 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/I<sub>0</sub>). Por ejemplo, para un sonido en el umbral del dolor ( $10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup>) 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  $20 \times 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>.

**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.

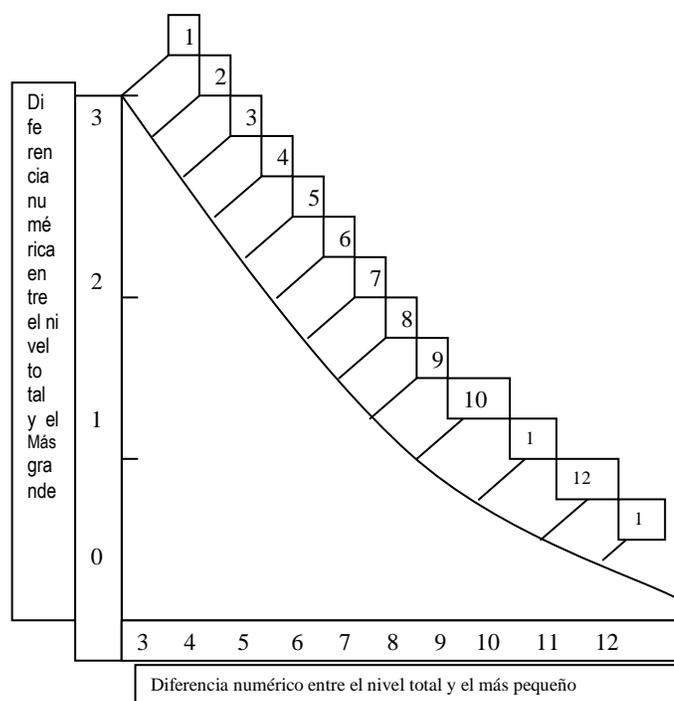


Figura. 2.1 Gráfica auxiliar para sumar o restar niveles de sonido medidos en decibeles  
Fuente: documento guía para ruido urbano

#### 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/m<sup>2</sup>, 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.

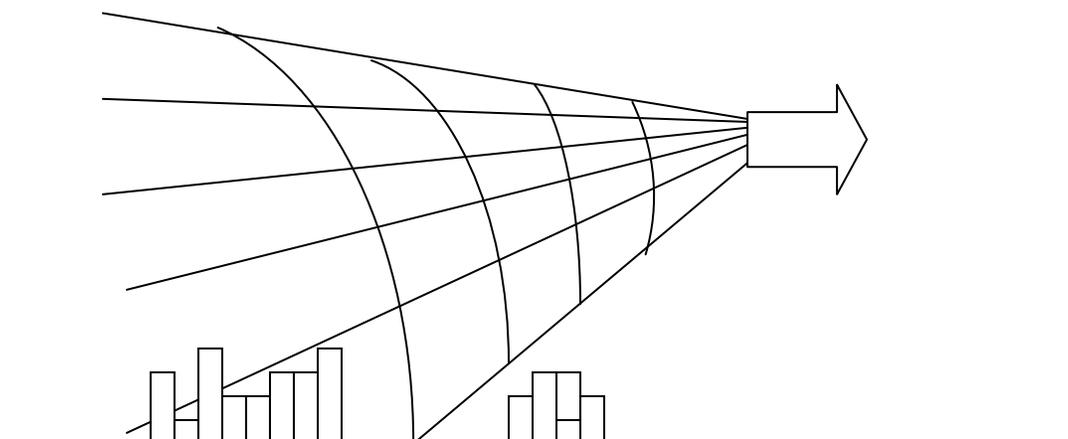


Figura. 2.2 Choque sónico. Fuente OACI.

## 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 estas 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  |
| <b>Registros E E G electroencefalograficos)</b> | Crecen todos los estados de sueño<br>Aumenta la duración del sueño d<br>Crece la latencia del sueño REM<br>Crece el sueño REM                              | Decrece la duración del sueño d<br>Menor latencia del sueño REM<br>Decrece el sueño REM |
| <b>Otros registros Fisiológicos</b>             | Correlación positiva entre la tasa cardiaca y los niveles de intensidad del ruido<br>Decrece el número de despertares<br>Mejor calidad subjetiva del sueño | Aumenta el número de movimiento<br>Peor calidad subjetiva del sueño                     |
| <b>Post Efectos</b>                             | Mejora del tiempo simple de reacción<br>Mejora en el rendimiento   | Peor humor<br>Alteraciones en los tiempos de reacción<br>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

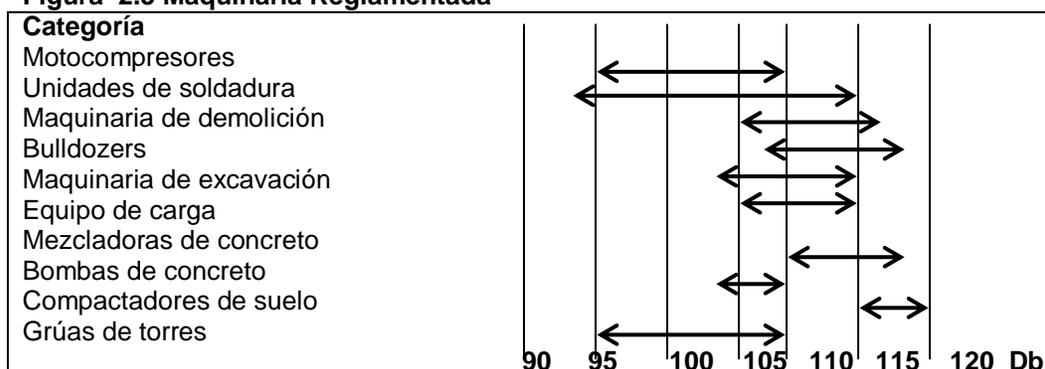
También es conveniente definir en la normatividad el concepto de zona tranquila, que generalmente son descritas como áreas por lo menos de varios km<sup>2</sup> en las cuales el ruido debido a actividades humanas es tan bajo que no tiene efectos en los sonidos naturales.

**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.

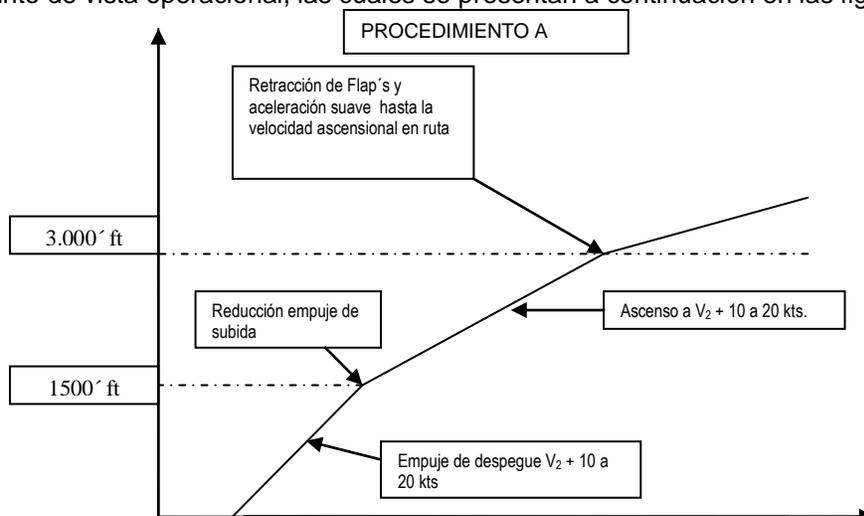


Figura 2.4: Atenuación de ruido procedimiento tipo A. Fuente OACI.

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:

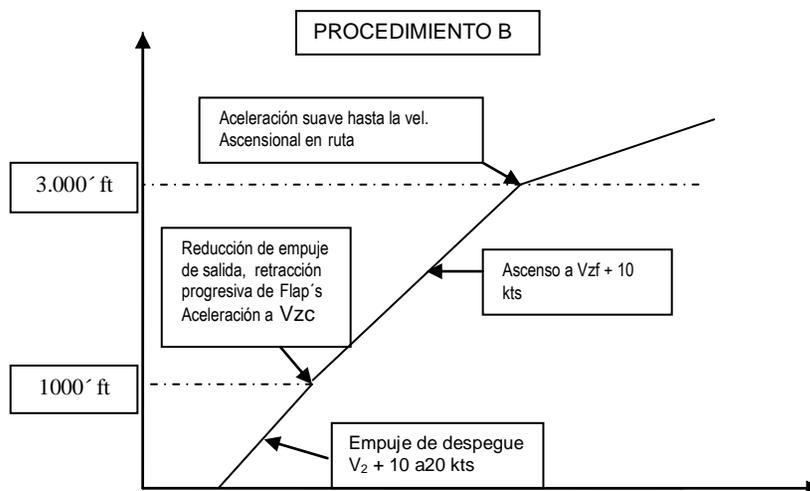


Figura. 2.5 Atenuación de ruido procedimiento tipo B. Fuente OACI.

### 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  |
|---------------|-----------------|--------------|--------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
| <b>BO-747</b> | CO              | 89           | 0.36               | 13.4             | 39.3                 | 41.5                 | 183.6         | <b>219.64</b> |
|               | HC              | 17.1         | 0.02               | 2.48             | 7.5                  | 0.042                | 27.1          |               |
|               | NO <sub>x</sub> | 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          |               |
| <b>DC-10</b>  | CO              | 79.26        | 0.32               | 11.93            | 35                   | 37                   | 163.47        | <b>195.46</b> |
|               | HC              | 15.23        | 0.017              | 2.20             | 6.68                 | 0.037                | 7.3           |               |
|               | NO <sub>x</sub> | 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          |               |
| <b>BO-727</b> | CO              | 32.5         | 0.13               | 4.9              | 14.36                | 15.17                | 67            | <b>80.1</b>   |
|               | HC              | 6.26         | 0.0073             | 0.9              | 2.74                 | 0.015                | 9.92          |               |
|               | NO <sub>x</sub> | 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           |               |
| <b>DC-9</b>   | CO              | 21.7         | 0.08               | .327             | 9.6                  | 10.13                | 44.78         | <b>53.57</b>  |
|               | HC              | 4.17         | 0.0048             | 0.6              | 1.83                 | 0.010                | 6.61          |               |
|               | NO <sub>x</sub> | 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 <sub>2</sub><br>H <sub>2</sub> O   | Ligeras modificaciones  |
| Contaminantes        | -No <sub>2</sub><br>-Hidrocarburos sin quemar<br>-Humos<br>-óxidos sulfuroso<br>-CO<br>-Residuos radioactivos | -Neblinas smog<br>-Restricción de visibilidad<br>-Reacciones fotoquímicas<br>-Acciones sobre la salud del hombre y la fauna<br>-Toxicidad<br>-Olores<br>-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 <sub>2</sub> | % H <sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha aumentado de 290 ppm a 330 ppm del actualmente tiene una tasa de producción de 1.8 µg/m<sup>3</sup> año. De está forma se ha rebasado la capacidad de asimilación del CO<sub>2</sub> del planeta mediante fotosíntesis o por disolución en el océano.

El aumento de CO<sub>2</sub> 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 inmisión 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 nectónica (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 limpieza 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 limpieza 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.**

| <b>INSTRUMENTOS DE REGULACION FEDERAL</b>  |
|--|
| 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.  |