

Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para telecomunicaciones

Introducción

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad (MASS) son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión¹. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas guías sobre MASS se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes guías sobre MASS para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las **guías generales sobre MASS**, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>.

Las guías sobre MASS contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario

establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas.

La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia.

En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que el nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

Aplicabilidad

Las guías sobre MASS para telecomunicaciones se aplican a la infraestructura de telecomunicaciones, que abarca la infraestructura alámbrica e inalámbrica de transmisión de voz y datos, incluidos los cables terrestres y submarinos de larga distancia (por ejemplo, los cables de fibra óptica), así como las emisiones de radio y televisión, y las instalaciones y equipos

¹ Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente, así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

conexos de telecomunicaciones y radiodifusión². Este documento está dividido en las siguientes secciones:

Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria

Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño

Sección 3.0: Referencias y fuentes adicionales

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad asociadas a los proyectos y la infraestructura de telecomunicaciones que tienen lugar durante la fase operacional y de construcción, así como recomendaciones para su manejo. Por otra parte, en las **guías generales sobre MASS** se ofrecen orientaciones generales respecto de las actividades de construcción y de desmantelamiento.

1.1 Medio ambiente

Las principales cuestiones ambientales que se deben tener en cuenta en los proyectos de telecomunicaciones son las siguientes:

- Modificación del hábitat terrestre
- Modificación del hábitat acuático
- Impactos visuales
- Materiales y desechos peligrosos
- Campos eléctricos y magnéticos
- Emisiones a la atmósfera
- Ruido

² Las instalaciones y equipos conexos incluyen sistemas celulares, de microondas y otros sistemas basados en radio; receptores satelitales; estaciones alámbricas e inalámbricas de recepción, transmisión y conmutación, y equipos conexos tales como mástiles y torres, cables y conectores, habitáculos para equipos (por ejemplo contenedores y gabinetes), baterías de respaldo y grupos electrógenos auxiliares (generadores).

Modificación del hábitat terrestre

Los hábitats terrestres y acuáticos pueden sufrir modificaciones principalmente durante la construcción de la infraestructura de comunicaciones, las que dependerán del tipo de componente de infraestructura y el lugar previsto. Los impactos potenciales en el hábitat suelen ser más importantes durante la construcción y la instalación de infraestructura de cableado, como las líneas fijas de larga distancia, así como los caminos de acceso a otros tipos de infraestructura a lo largo de terrenos que previamente no estaban urbanizados.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar los impactos en el hábitat terrestre durante la construcción de la servidumbre de paso, incluyen:

- Ubicar las servidumbres de paso, caminos de acceso, cables y torres de la infraestructura de cableado fijo (por ejemplo, cables de fibra óptica) y otros tipos de infraestructura de cableado de manera tal de evitar el hábitat crítico utilizando, en la medida de lo posible, los corredores existentes de servicios públicos y de transporte;
- Evitar realizar actividades de construcción durante la época de reproducción y otros periodos u horarios delicados;
- Reponer la vegetación de las zonas perturbadas plantando especies autóctonas, y
- Gestionar las actividades de la obra en construcción como se describe en las secciones pertinentes de las **guías generales sobre MASS**.

Colisión de aves

La altura de algunas torres de transmisión de televisión y radio puede constituir un riesgo fatal para los pájaros debido, principalmente, a las colisiones³. Se considera que la

³ Manville (2205), Bird Strikes and Electrocutions at Power Lines, Communication Towers, and Wind Turbines: State of the Art and State of the Science – Next Steps Toward Mitigation.

probabilidad de que las aves colisionen con las torres de comunicaciones aumenta en consonancia con la altura y el diseño de la torre (la probabilidad es mayor, por ejemplo, en el caso de las torres venteadas), la presencia de alumbrado en la torre (que atrae a algunas especies de pájaros durante la noche o cuando hay poca luz) y, más importante aún, la ubicación de la torre en relación con las vías o corredores migratorios⁴.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar la colisión de aves, incluyen⁵:

- Ubicar las torres de manera tal de evitar el hábitat crítico (por ejemplo, las zonas de nidificación de pájaros, garzas y grajos, los corredores de forraje y migratorios);
- Para evitar el impacto acumulativo de las torres, instalar las antenas en torres existentes u otras estructuras fijas (especialmente las antenas de telefonía celular); tener en cuenta la futura incorporación de usuarios al diseñar los componentes estructurales y eléctricos de las nuevas torres, y remover las torres que han dejado de utilizarse;
- En la medida de lo posible, limitar la altura de las antenas y dar preferencia a la construcción de torres no venteadas (por ejemplo, usando estructuras reticulares o un monopolio);
- Si las torres con vientos de alambre están situadas cerca de hábitats críticos de aves o rutas migratorias, instalar objetos que aumenten su visibilidad (por ejemplo, bolas marcadoras, disuasores o desviadores de pájaros) en los vientos de alambre, y
- Limitar la ubicación y la intensidad de los sistemas de alumbrado de las torres a las exigidas para respetar las normas en materia de seguridad aérea. Como alternativa,

pueden usarse sistemas de luces blancas y/o estroboscópicas.

Modificación del hábitat acuático

Dependiendo de su ubicación, la instalación de componentes de línea fija, incluidas las estaciones de amarre en la costa para cables de fibra óptica de larga distancia, y los caminos de acceso a torres de transmisión y otra infraestructura fija, podrían requerir la construcción de corredores a través de hábitats acuáticos y causar perturbaciones en los cursos de agua, los humedales, los arrecifes de coral y la vegetación ribereña.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar los impactos en los hábitats acuáticos, incluyen:

- Ubicar las torres y subestaciones de transmisión de electricidad de manera tal de evitar, en la medida de lo posible, el hábitat acuático crítico, como los cursos de agua, los humedales y las zonas ribereñas, así como el hábitat de desove y el hábitat crítico de hibernación de los peces;
- A fin de preservar el acceso de los peces cuando los cruces de caminos son inevitables, utilizar puentes de luz libre, caños abiertos en la base u otros métodos aprobados;
- Reducir al mínimo la tala de la vegetación ribereña y las actividades que la perturban, y
- Gestionar las actividades de la obra en construcción como se describe en las secciones pertinentes de las **guías generales sobre MASS**.

Modificación del hábitat marino

El tendido de cables de telecomunicaciones de larga distancia (por ejemplo, los cables de fibra óptica) puede abarcar grandes extensiones oceánicas. Generalmente, los cables se instalan utilizando un buque de tendido de cables y un vehículo

⁴ Ibid.

⁵ Para más información, consulte la publicación del Servicio de Pesca y Vida Silvestre del Departamento del Interior de Estados Unidos: Service Guidance on the Siting, Construction, Operation and Decommissioning of Communications Towers (2000).

submarino accionado a distancia. Los problemas asociados con la modificación del hábitat marino incluyen la perturbación de la vegetación de zonas de intermarea y la fauna marina, incluidos los mamíferos marinos, así como la sedimentación, que produce enturbamiento del agua y reduce su calidad.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar los impactos en los hábitats marinos, incluyen:

- Ubicar y emplazar las rutas de los cables, y el acceso a la costa, de manera tal de evitar hábitats marinos críticos, como los arrecifes de coral y las zonas de reproducción;
- Enterrar los cables submarinos cuando atraviesan hábitats sensibles de zonas de intermarea;
- Controlar que no haya mamíferos marinos en la trayectoria del tendido del cable, y
- Evitar tender los cables submarinos durante los períodos de reproducción de los peces y mamíferos marinos, los períodos de parición y la época de desove.

Impactos visuales

Los impactos visuales de las torres y los equipos de antena suelen depender de la percepción de la comunidad local así como del valor estético asignado al panorama (por ejemplo, zonas de vista panorámica o turismo). Las recomendaciones para prevenir, reducir al mínimo y controlar los impactos visuales, incluyen:

- A fin de reducir al mínimo la construcción de torres adicionales, ubicar las antenas previstas en torres o en estructuras existentes, tales como edificios o torres de transmisión de electricidad;
- Usar alternativas para disimular o disfrazar las torres y las antenas (por ejemplo, diseñar los mástiles o torres de manera tal que parezcan árboles);
- Durante el proceso de ubicación de las torres de antenas, realizar consultas con la comunidad local a fin de tener en

cuenta la percepción pública respecto de las cuestiones estéticas.

Materiales y desechos peligrosos

Normalmente, en los procesos de telecomunicaciones no se utilizan cantidades importantes de materiales peligrosos. No obstante, es posible que para el funcionamiento de ciertos tipos de equipos de conmutación y transmisión sea preciso usar sistemas de energía de respaldo que constan de una combinación de baterías (por lo general, baterías ácidas de plomo) y grupos electrógenos diesel de respaldo para abastecimiento de electricidad. Las actividades de operación y mantenimiento también pueden producir desechos electrónicos (por ejemplo, las baterías de níquel-cadmio y las tarjetas de circuitos impresos de computadoras y otros equipos electrónicos así como las baterías de los sistemas de energía de respaldo). La operación de los grupos electrógenos de respaldo y los vehículos de servicio genera desechos tales como neumáticos usados, y desechos de aceite y filtros usados. Los equipos de los transformadores podrían contener bifenilos policlorados (PCB), mientras que los equipos de refrigeración pueden contener refrigerantes (potenciales sustancias que agotan la capa de ozono).

Las medidas recomendadas para el manejo de materiales peligrosos, incluyen:

- Implementar procedimientos de entrega de combustibles y planes de prevención y control de derrames aplicables a la entrega y el almacenamiento del combustible para los sistemas de energía eléctrica de respaldo, preferentemente con sistemas de contención secundaria y dispositivos de prevención de rebases en los tanques de almacenamiento de combustible;
- Implementar procedimientos para la ordenación de las baterías ácidas de plomo, así como para su

almacenamiento provisorio, transporte y reciclaje final en instalaciones autorizadas;

- Asegurarse de que los nuevos equipos de respaldo no contengan bifenilos policlorados (PCB) ni sustancias que agotan la capa de ozono. Los PCB utilizados en los equipos más antiguos deben ser manejados como desechos peligrosos⁶, y
- Adquirir equipos electrónicos que cumplan los requisitos internacionales en materia de eliminación de contenido de materiales peligrosos y, en el caso de la ordenación de desechos producidos por los equipos existentes, implementar procedimientos de acuerdo con las orientaciones sobre desechos peligrosos establecidas en las **guías generales sobre MASS**⁷. Analizar la posibilidad de aplicar un programa de recolección para los aparatos de consumo, como los teléfonos celulares y sus baterías.

Campos eléctricos y magnéticos

Los campos eléctricos y magnéticos (CEM) son las líneas de fuerza invisibles que emiten los aparatos eléctricos, y los rodean, entre ellos las líneas de conducción eléctrica y los equipos eléctricos. Los campos eléctricos son producidos por el voltaje y cuanto más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo. Los campos magnéticos se originan por el flujo de corriente eléctrica y su fuerza aumenta a medida que aumenta la corriente. Las ondas de radio y las microondas emitidas por antenas de transmisión son una de las formas de energía electromagnética. Generalmente, las estaciones de radio y televisión emiten ondas de radio mucho más intensas que las emitidas por las estaciones base de transmisión y recepción de

telefonía celular. Las antenas de los sistemas de microondas y satelitales transmiten y reciben haces direccionales muy concentrados con niveles de potencia aún más elevados.

Aunque existe preocupación en el ámbito público y en el científico respecto de los potenciales efectos en la salud asociados con la exposición a CEM (no sólo las subestaciones y las líneas de conducción eléctrica de alto voltaje o los sistemas de transmisión de radiofrecuencia, sino también los usos domésticos habituales de la electricidad), no se dispone de datos empíricos que demuestren que la exposición a los niveles de CEM generados usualmente por equipos y líneas de transmisión de electricidad produce efectos nocivos en la salud⁸.

No obstante, aunque las pruebas de la existencia de riesgos para la salud son endeble, de todos modos bastan para generar un pequeño grado de preocupación⁹. Las medidas recomendadas respecto del control de las exposiciones a CEM, incluyen:

- Evaluar la exposición potencial de la población teniendo en cuenta los niveles de referencia establecidos por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)^{10 11}. Los niveles de exposición media y pico deben permanecer por debajo de los

⁶ Los requisitos adicionales pueden incluir compromisos del país receptor en el marco del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (<http://www.basel.int/>) y el Convenio de Rotterdam sobre Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional (<http://www.pic.int/>).

⁷ Por ejemplo, debería restringirse o eliminarse el uso de plomo, mercurio, cadmio, cromo (Cr VI), polibromobifenilos (PBB) y polibromodifeniléteres (PBDE), como se describe en las Directivas de la Unión Europea (2003a y 2003b).

⁸ Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) (2001); Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (2002); Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos (2002); Grupo Asesor de la Junta de Protección Radiológica Nacional del Reino Unido (2001) e Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de Estados Unidos (1999).

⁹ Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de Estados Unidos (2002).

¹⁰ Véase el documento *ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields*. Las normas se basan en evaluaciones de los efectos biológicos que conforme se ha establecido tienen consecuencias en la salud. La ICNIRP cuenta con el aval de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En los exámenes realizados por la OMS se estableció que en exposiciones inferiores a los límites recomendados en las directrices internacionales de la ICNIRP no se observan consecuencias en la salud.

¹¹ Para información adicional, véase Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) (2005).

recomendados por la ICNIRP para la exposición de la población¹²;

- Limitar el acceso del público a los lugares donde están situadas las torres de antenas (véase también la sección ‘Higiene y seguridad en la comunidad’ más adelante en este documento);
- Aplicar prácticas adecuadas de ingeniería para ubicar e instalar los enlaces direccionales (por ejemplo, los enlaces de microondas), a fin de evitar los edificios, y
- Tener en cuenta la manera en que el público percibe las emisiones de CEM y con ese fin llevar a cabo consultas con la comunidad local durante el proceso de ubicación de las torres de antenas.

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones producidas por proyectos de telecomunicaciones están asociadas, principalmente, al funcionamiento del parque automotor, el uso de grupos electrógenos de respaldo y el uso de sistemas de refrigeración y extinción de incendios. Las medidas de control recomendadas para reducir al mínimo las emisiones, incluyen:

- Implementar estrategias orientadas a controlar las emisiones producidas por el parque automotor y los grupos electrógenos, de acuerdo con las disposiciones incluidas en las **guías generales sobre MASS**, y evitar, en lo posible, el uso de grupos electrógenos de respaldo como fuente permanente de energía;
- No utilizar clorofluorocarbonos (CFC) en los sistemas de refrigeración y extinción de incendios, y emplear contratistas debidamente capacitados o habilitados en materia de control de CFC.

Ruido

La principal fuente de ruido en las instalaciones de telecomunicaciones está asociada con el funcionamiento de los grupos electrógenos de respaldo. Para controlar los ruidos, se recomienda utilizar escudos supresores de ruido y silenciadores, así como situar las fuentes que los generan lejos de viviendas u otros receptores sensibles de manera tal de mantener las emisiones de ruido en los niveles estipulados en las **guías generales sobre MASS**.

1.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Los principales peligros en materia de higiene y seguridad que afrontan los trabajadores en proyectos de telecomunicaciones incluyen los siguientes:

- Seguridad eléctrica
- Campos electromagnéticos (ocupacional)
- Seguridad en el uso de fibra óptica
- Trabajo elevado y en altura
- Protección contra caídas
- Ingreso a espacios reducidos
- Seguridad de los vehículos automotores

Los trabajadores también afrontan peligros en materia de higiene y seguridad durante la construcción. Estos peligros son similares a los que se producen en otros tipos de construcción y se describen detalladamente, junto con las medidas para prevenirlos y controlarlos, en las **guías generales sobre MASS**.

Las excavaciones, la construcción y la reparación de algunos componentes de los sistemas de telecomunicaciones pueden exponer a los trabajadores a riesgos derivados de instalaciones de servicios públicos emplazadas sobre o debajo del suelo, tales como líneas de transmisión eléctrica aéreas o enterradas o las cañerías subterráneas de gas natural y petróleo. Antes de

¹² Las directrices de la ICNIRP sobre exposición de la población se mencionan en la Sección 2.1 de la presente Guía.

realizar trabajos de excavación de pozos y zanjas, deben identificarse y ubicarse todas las instalaciones subterráneas de servicios públicos.

Seguridad eléctrica

Los trabajadores de telecomunicaciones están expuestos a riesgos ocupacionales derivados del contacto con líneas eléctricas vivas durante las actividades de construcción, mantenimiento y operación. Las medidas de prevención y control asociadas a las líneas eléctricas vivas incluyen:

- Disponer que la instalación, mantenimiento o reparación de equipos eléctricos sea realizada únicamente por obreros capacitados y calificados;
- Desactivar y conectar a tierra de la debida manera las líneas vivas de distribución de energía eléctrica antes de realizar trabajos en las líneas o en sus proximidades;
- Asegurarse de que todo trabajo relacionado con cables pelados sea llevado a cabo por obreros capacitados y cumpliendo estrictamente las normas específicas de seguridad y aislamiento. Los obreros calificados o capacitados que realicen tareas en sistemas de transmisión o distribución deben estar en condiciones de¹³:
 - Diferenciar entre los elementos vivos y los otros elementos del sistema eléctrico;
 - Determinar el voltaje de los elementos vivos;
 - Entender las distancias mínimas de aproximación estipuladas para voltajes específicos en líneas vivas, y
 - Garantizar el uso adecuado de equipos y procedimientos de seguridad especiales cuando el trabajo se realice cerca o en las proximidades de partes electrizadas expuestas de un sistema eléctrico.

- Los obreros, inclusive aquellos que hubiesen recibido capacitación adecuada, no deben aproximarse a un elemento expuesto, electrizado o conductor a menos que:
 - El obrero utilice guantes u otro aislante aprobado para protegerse debidamente del elemento electrizado, o
 - El elemento electrizado esté debidamente aislado del obrero y de cualquier otro objeto conductor, o
 - El obrero esté debidamente aislado y protegido de cualquier otro objeto conductor (trabajo en líneas vivas).
- Cuando las tareas de mantenimiento y operación deban realizarse a una distancia mínima, el plan de higiene y seguridad deberá contener disposiciones en materia de capacitación específica, medidas de seguridad, dispositivos de seguridad para el personal y otras medidas de precaución¹⁴.

Las recomendaciones para prevenir, reducir al mínimo y controlar las lesiones ocasionadas por choque eléctrico incluyen:

- Todas las instalaciones eléctricas deben ser realizada por personal habilitado, con la supervisión de una persona autorizada. La certificación para realizar esa tarea debe incluir tanto instrucción teórica como experiencia práctica;
- Deben establecerse procedimientos estrictos para desactivar y verificar los equipos eléctricos antes de realizar tareas de mantenimiento. Si no es posible desactivarlos, la instalación eléctrica se moverá o aislará a fin de reducir al mínimo los efectos peligrosos;
- Antes de emprender trabajos de excavación, se deberán identificar y marcar todas las instalaciones de cables subterráneos, las que deberán figurar en los dibujos y planos;

¹³ La Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Estados Unidos (OSHA), 29 CFR 1910.268 (Telecomunicaciones), ofrece información adicional.

¹⁴ Para más información sobre las distancias mínimas aplicables a los trabajos de telecomunicaciones, consulte OSHA, 29 CFR 1910.268.

- Dado que las descargas de corriente eléctrica eligen la trayectoria a tierra, en todas las instalaciones eléctricas o estructuras de acero, como mástiles o torres, deberá existir una conexión a tierra como medida de seguridad. Cuando sea preciso realizar tareas de mantenimiento en equipos electrificados, se deberán establecer procedimientos de seguridad estrictos y las tareas serán realizadas bajo constante supervisión, y
- El personal deberá recibir capacitación en técnicas de resucitación para víctimas de choque eléctrico.

Campos electromagnéticos (CEM)

La Sección 1.1 *supra* contiene una descripción de los campos eléctricos y magnéticos (CEM). Los trabajadores del sector de telecomunicaciones suelen estar más expuestos a los CEM que la población, debido a que trabajan muy cerca de las antenas de transmisión que emiten ondas de radio y microondas. Generalmente, las estaciones de radio y televisión emiten ondas de radio mucho más intensas que las emitidas por las estaciones base de transmisión y recepción de telefonía celular. Las antenas de los sistemas de microondas y satelitales transmiten y reciben haces direccionales muy concentrados con niveles de potencia aún más elevados¹⁵.

A fin de prevenir o reducir al mínimo la exposición ocupacional a CEM, es preciso preparar e implementar un programa de seguridad en materia de CEM que incluya los siguientes componentes:

- Identificación de niveles de exposición potenciales en el lugar de trabajo, incluidos estudios sobre los niveles de

exposición en proyectos nuevos y el uso de monitores personales durante las actividades laborales;

- Capacitación de los trabajadores en materia de identificación de los niveles y riesgos de exposición ocupacionales a CEM;
- Creación e identificación de zonas de seguridad para diferenciar las áreas de trabajo en las que se prevé que los niveles de CEM serán elevados en comparación con los niveles aceptables de exposición para la población, y permitir el ingreso de trabajadores con adecuada capacitación únicamente;
- Implementación de planes de acción para abordar los niveles de exposición tanto potenciales como confirmados que excedan los niveles de referencia para exposición ocupacional establecidos por organizaciones internacionales tales como la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)¹⁶. La alarma de los equipos personales para monitoreo de exposición debe activarse de manera tal de alertar cuando se alcanzan niveles de exposición inferiores a los niveles de referencia para exposición ocupacional (por ejemplo el 50%). Estos planes pueden incluir las siguientes medidas: desactivar el equipo de transmisión durante las actividades de mantenimiento, limitar el tiempo de exposición mediante la rotación de los trabajadores, aumentar la distancia entre la fuente y el trabajador cuando ello sea posible, usar materiales de blindaje, o instalar escaleras u otros dispositivos en el interior de los mástiles o torres y por detrás de los haces de transmisión.

Seguridad en el uso de fibra óptica

Los obreros que trabajan en la instalación o reparación de cables de fibra óptica corren el riesgo de sufrir trastornos oculares permanentes debido a la exposición a la luz láser

¹⁵ Aunque en los estudios detallados sobre la exposición a CEM en el lugar de trabajo en Estados Unidos, Canadá, Francia, Inglaterra y varios países del norte de Europa no se encontró un vínculo o una correlación concluyente entre la típica exposición ocupacional a CEM y efectos nocivos en la salud, en algunos estudios se ha señalado una posible asociación entre la exposición ocupacional a CEM y el cáncer, por ejemplo tumores cerebrales (Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de Estados Unidos 2002), lo que estaría indicando que existen pruebas suficientes para generar cierto grado de preocupación.

¹⁶ Las directrices de la ICNIRP sobre exposición ocupacional se mencionan en la Sección 2.2 de la presente Guía.

durante las actividades de conexión e inspección de los cables¹⁷. Los trabajadores también están expuestos a fragmentos diminutos o microscópicos de fibra de vidrio que pueden penetrar los tejidos humanos a través de la piel o los ojos, o por ingestión o inhalación. Además, las actividades de instalación de cables de fibra óptica acarrearán el riesgo de incendio debido a la presencia de materiales inflamables en las zonas de instalación de láser de gran intensidad. Las recomendaciones para prevenir, reducir al mínimo y controlar las lesiones relacionadas con la instalación y el mantenimiento de cables de fibra óptica, incluyen:

- Impartir capacitación a los obreros respecto de los peligros específicos asociados a la luz láser, incluidas las diversas clases de luces láser de baja y alta intensidad, y el manejo de fibras ópticas;
- Preparar y aplicar procedimientos de seguridad en el uso de luz láser y de manejo de fibras ópticas, que incluyan:
 - Apagar las luces láser antes de iniciar el trabajo, cuando ello sea posible;
 - Usar anteojos protectores contra láser durante la instalación de sistemas de cables vivos de fibra óptica;
 - Prohibir que se fije la mirada en el láser del extremo final de la fibra o que se apunte con él a otra persona;
 - Restringir el acceso a la zona de trabajo, instalar señales de alerta y carteles en áreas en las que podría haber exposición a radiación láser, y disponer que la iluminación ambiental sea suficiente para compensar la pérdida de visibilidad ocasionada por el uso de anteojos protectores, y
 - Inspeccionar la zona de trabajo para determinar si existen materiales inflamables antes de la instalación de luces láser de alta intensidad.

- Establecer un programa de control médico con exámenes oculares al inicio y periódicamente, y
- Evitar la exposición a fibras mediante el uso de indumentaria protectora, y separar las áreas de trabajo de las utilizadas para alimentación.

Trabajo elevado y en altura

El montaje de torres y la instalación de antenas ponen en peligro físico a los trabajadores que utilizan elevadores y plataformas elevadoras y a los que están situados debajo de ellos debido a la posibilidad de que se produzca la caída de algún objeto. Las estrategias de control recomendadas incluyen:

- A fin de prevenir el acceso no autorizado, se deben construir muros alrededor de la zona en la que se realizan trabajos elevados. No deben realizarse obras debajo del lugar donde otro personal está trabajando;
- Se deben llevar a cabo tareas de regulación y mantenimiento de montacargas y elevadores así como impartir capacitación en su uso a los operadores. Las actividades de mantenimiento y operación de las plataformas elevadoras se ajustarán a los procedimientos de seguridad establecidos, que incluyen aspectos tales como equipamiento y uso de medidas de protección contra caídas (por ejemplo, barandillas), traslado de los elevadores únicamente cuando han sido retirados, reparación por personas calificadas y uso de cerraduras eficaces para evitar el uso no autorizado por personas que no han recibido capacitación;
- El uso de escaleras debe ajustarse a procedimientos de seguridad establecidos con antelación, que incluyen la correcta ubicación, la manera en que los trabajadores suben y se paran en los escalones, y el uso de prolongaciones.

¹⁷ Cuando se tiende un cable o se instala un conector de cable, se suele colocar un microscopio en el extremo del cable de fibra óptica que permite al trabajador inspeccionar el extremo del cable y preparar las delgadas fibras de vidrio para el montaje de la extensión o conexión.

Protección contra caídas

Los trabajadores están expuestos a riesgos ocupacionales cuando trabajan en lugares elevados durante las actividades de construcción, mantenimiento y operación. Las medidas de prevención y control para trabajos en altura incluyen:

- Implementar un programa de protección contra caídas que incluya, entre otras cosas, capacitación en técnicas de subida y uso de medidas de protección contra caídas; inspección, mantenimiento y reemplazo de los equipos de protección contra caídas y rescate de trabajadores que han quedado suspendidos en el aire;
- Establecer criterios respecto del uso de sistemas que ofrecen total protección contra caídas (generalmente, cuando las actividades se realizan a más de dos metros de altura sobre la superficie de trabajo; dependiendo de la actividad, la altura puede llegar a los siete metros). El sistema de protección contra caídas debe adecuarse a la estructura de la torre y los movimientos necesarios, que incluyen ascenso, descenso y traslado de un punto a otro;
- Instalar en los componentes de la torre dispositivos que faciliten el uso de sistemas de protección contra caídas;
- Establecer un sistema adecuado de dispositivos de posicionamiento en el lugar de trabajo para los obreros. Los conectores de los sistemas de posicionamiento deben ser compatibles con los componentes de la torre a los que van enganchados;
- Los cinturones de seguridad deben ser de nailon de dos cabos de 16 milímetros (5/8 pulgada) como mínimo, o de un material con igual resistencia. Los cinturones de seguridad de sogas deben ser reemplazados antes de que comiencen a observarse señales de desgaste o ruptura de las fibras, y
- Cuando utilizan herramientas mecánicas en trabajos de altura, los obreros deben usar dos correas de seguridad (una de ellas, de respaldo).

Espacios reducidos

En los proyectos de telecomunicaciones se encuentran diversos tipos de espacios reducidos; tal es el caso, por ejemplo, de la infraestructura de línea fija subterránea situada en el mismo lugar que otra infraestructura subterránea en zonas urbanas. Los operadores de instalaciones de telecomunicaciones deben formular y aplicar procedimientos para el ingreso a espacios reducidos como se describe en las **guías generales sobre MASS**.

Seguridad de los vehículos automotores

Dado que, por su naturaleza, la infraestructura de algunos operadores de telecomunicaciones está dispersa geográficamente, es probable que se requiera el uso frecuente de transporte terrestre para las actividades de mantenimiento. En estas circunstancias, las empresas deben preparar y aplicar programas de seguridad de los vehículos automotores a fin de proteger a sus trabajadores y a las comunidades en las que operan. Las **guías generales sobre MASS** contienen recomendaciones específicas en materia de seguridad de los vehículos automotores.

1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los problemas relativos a la higiene y seguridad en la comunidad que se producen durante la fase de construcción incluyen, por ejemplo, la exposición a los vehículos y medios de transporte utilizados en las obras y la exposición al polvo, los ruidos y las vibraciones causadas por las construcciones. Estos peligros están presentes en la mayoría de las obras de construcción habituales y se describen detalladamente, junto con las medidas para prevenirlos y controlarlos, en las **guías generales sobre MASS**.

Los peligros ocupacionales asociados a proyectos de telecomunicaciones en la fase operacional incluyen:

- Cuestiones estructurales y relativas al acceso al emplazamiento;
- Seguridad de la navegación aérea, y
- Seguridad del conductor y teléfonos celulares

Cuestiones estructurales y relativas al acceso al emplazamiento

Las comunidades pueden estar expuestas a cuestiones de seguridad estructural cuando se produce una falla estructural en los mástiles o las torres. Estos mismos emplazamientos suelen despertar el interés de personas no autorizadas a las que les agrada escalar estas estructuras, lo que también constituye un riesgo para su seguridad. Las recomendaciones para controlar la seguridad de los emplazamientos incluyen:

- Diseñar e instalar las estructuras y los componentes de las torres de acuerdo con las prácticas internacionales recomendadas para el sector¹⁸, teniendo en cuenta la frecuencia y la magnitud potenciales de los peligros naturales;
- Construir cercas en combinación con otros controles institucionales y mecanismos de ordenación, como por ejemplo instalar carteles indicando que el ingreso está prohibido o apostar guardias para proteger las instalaciones que rodean al emplazamiento, y
- Equipar los mástiles o torres con dispositivos antiescalamiento para impedir el acceso de personas no autorizadas.

Seguridad de la navegación aérea

Las torres de antena, si están situadas cerca de un aeropuerto o trayectorias de vuelo conocidas, pueden incidir en la seguridad aérea directamente por colisión o indirectamente provocando interferencias en los radares. Para mitigar el riesgo de colisión, se recomienda:

- Evitar ubicar las torres cerca de aeropuertos y fuera de las envolventes de trayectoria de vuelo conocidas;
- Antes de la instalación, consultar a las autoridades reguladoras del tráfico aéreo, de conformidad con las reglamentaciones en materia de seguridad del tráfico aéreo.

Seguridad del conductor y teléfonos celulares

Las empresas de telecomunicaciones que brindan servicios de telefonía celular tienen poca o ninguna influencia en lo que respecta al uso seguro de estos artefactos por parte de sus clientes. En la medida de lo posible, sin embargo, las empresas deben promover el uso seguro de los teléfonos celulares a través de métodos tales como campañas de difusión destinadas a clientes, que pueden incluir el suministro de información al momento de contratar el servicio o su distribución por correo junto con la factura, así como a través de campañas publicitarias destinadas al público en general.

2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

2.1 Medio ambiente

Guías sobre emisiones y efluentes

Generalmente, las actividades de telecomunicaciones no generan un volumen significativo de emisiones o efluentes a la atmósfera. De todos modos, en las operaciones en los emplazamientos corresponde aplicar los principios y las directrices que se describen en las secciones precedentes y en las **guías generales sobre MASS**, especialmente con respecto a las emisiones o los efluentes durante las operaciones de construcción o producidos en las instalaciones de administración y mantenimiento. El Cuadro 1 contiene los límites de exposición de la población a campos eléctricos y magnéticos publicados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP).

¹⁸ Por ejemplo, las Normas estructurales para torres y estructuras de antenas de acero (ANSI/TIA 222-G-2005) de la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (<http://www.tiaonline.org/index.cfm>)

Las guías generales sobre MASS contienen orientaciones sobre las emisiones asociadas con actividades de producción de energía eléctrica y vapor generadas por una fuente de combustión con capacidad igual o inferior a 50 megavatios térmicos, mientras que las guías sobre MASS para energía térmica contienen disposiciones sobre las emisiones generadas por una fuente de energía más grande. En las guías generales sobre MASS se proporciona orientación sobre cuestiones ambientales teniendo en cuenta la carga total de emisiones.

Cuadro 1. Directrices formuladas por la ICNIRP sobre exposición de la población a campos eléctricos y magnéticos.

Frecuencia	Campo eléctrico (v/m)	Campo magnético (μT)
3 – 150 kHz	87	6,25
10 – 400 MHz	28	0,092
2 – 300 GHz	61	0,20

Seguimiento ambiental

Se llevarán a cabo programas de seguimiento ambiental para este sector en todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto significativo en el medio ambiente, durante las operaciones normales y en condiciones alteradas. Las actividades de seguimiento ambiental se basarán en indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto.

La frecuencia del seguimiento debería permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento. El seguimiento deberá recaer en individuos capacitados, quienes deberán aplicar los procedimientos de seguimiento y registro y utilizar un equipo adecuadamente calibrado y mantenido. Los datos de seguimiento se analizarán y revisarán con regularidad, y se compararán con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias.

2.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Guía sobre higiene y seguridad en el trabajo

Para evaluar el desempeño en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre exposición que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional (TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®) publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)¹⁹, la Guía de bolsillo sobre riesgos químicos publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH)²⁰, los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA)²¹, los valores límite indicativos de exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea²² u otras fuentes similares.

Los indicadores adicionales aplicables específicamente a actividades de telecomunicaciones incluyen los límites de exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos recomendados por la ICNIRP, que se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Directrices formuladas por la ICNIRP sobre exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos.

Frecuencia	Campo eléctrico (v/m)	Campo magnético (μT)
0,82 – 65 kHz	610	30,7
10 – 400 MHz	61	0,2
2 – 300 GHz	137	0,45

¹⁹ Disponibles en: <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>

²⁰ Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/hpg/>

²¹ Disponibles en: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

²² Disponibles en: http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

Tasas de accidentes y letalidad

Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (ya sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar la pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad e incluso la muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)²³.

Seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y realizadas por profesionales acreditados²⁴ como parte de un programa de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales, así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las **guías generales sobre MASS** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo.

²³ Disponibles en: <http://www.bls.gov/iif/> y <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.

²⁴ Los profesionales acreditados pueden incluir a higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

3.0 Referencias y fuentes adicionales

Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA). Regulations (Título 29 del Código de Reglamentos Federales) 1910.268 - Telecommunications. Washington, D.C.: OSHA. Disponible en http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9867

Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS). 2002. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 80. Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Summary of Data Reported and Evaluation. Lyon, Francia: CIIC. Disponible en <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/volume80.pdf>

Clark, J.R. 2000. Service Guidance on the Siting, Construction, Operation, and Decommissioning of Communication Towers. Comunicación personal de Clark (Director, Servicio de pesca y fauna silvestre, Departamento del Interior de Estados Unidos, Washington, D.C.) a los directores regionales (Servicio de pesca y fauna silvestre de Estados Unidos). Disponible en <http://www.fws.gov/migratorybirds/issues/towers/commtow.html>

Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP). 2003. Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (0-100 kHz). Review of the Scientific Evidence and Health Consequences. Bernhardt, J.H., Matthes, R., McKinlay, A., Vecchia, P., Veyret, B. (eds.). ICNIRP.

Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido. <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

Departamento de Trabajo de los Estados Unidos, Oficina de Estadísticas Laborales (BLS). 2004. Census of Fatal Occupational Injuries (CFOI), Annual data from CFOI, Industry by event or exposure, 2004. Washington, D.C.: BLS.

ICNIRP. 1996. Health Issues Related to the Use of Hand-Held Radiotelephones and Base Transmitters, Health Physics, Vol. 70, No.4, pp 587-593.

ICNIRP. 1998. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics Vol. 74, No 4, pp 494-522. Disponible en <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>

ICNIRP. 2001. Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health. Environmental Perspectives 109 (Supp 6): 911-934. Disponible en <http://www.icnirp.de/documents/EPIreview1.pdf>

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. 2005. Standard C95.1-2005: IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3kHz to 300GHz. Piscataway, NJ: IEEE.

Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de Estados Unidos (NIEHS) e Institutos Nacionales de la Salud (NIH). 2002. EMF Questions and Answers. Electric and Magnetic Fields Associated with Use of Electric Power. Disponible en <http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/booklet/emf2002.pdf>
London, S.J., y otros. 1994. Exposure to Magnetic Fields Among Electrical Workers in Relation to Leukemia Risk in Los Angeles County. American Journal of Industrial Medicine. 1994:26.p.47-60.

Manville, A.M., II. 2005. Bird Strikes and Electrocutations at Power Lines, Communication Towers, and Wind Turbines: State of the Art and State of the Science – Next Steps Toward Mitigation. Bird Conservation Implementation in the Americas: Proceedings 3rd International Partners in Flight Conference 2002. C.J. Ralph y T.D. Rich, eds. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura

de Estados Unidos, GTR-PSW-191. Albany, CA: USDA. Disponible en http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/Asilomar/pdfs/1051-1064.pdf

National Radiological Protection Board (NRPB) del Reino Unido (actualmente, División de protección radiológica del Health Protection Agency). Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR). 2001. ELF Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer: Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Didcot, Reino Unido: NRPD.

NIEHS. 1999. Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields. NIM Publication No. 99-4493. Research Triangle Park, NC: NIEHS.

Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos (BLS). 2004. Workplace injuries and illnesses in 2004, Incidence rate and number of nonfatal occupational injuries by selected industries in 2004. Washington, D.C.: BLS.

OMS. ¿Qué son los campos electromagnéticos? Ginebra: OMS. Disponible en <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/es/index.html>

OMS. 2000. Nota descriptiva No. 193. Campos electromagnéticos y salud pública: los teléfonos móviles y sus estaciones de base. Ginebra: OMS. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/index.html>

OMS. 2002. Statement WHO/01, 23 de enero de 2002, Clarification of mooted relationship between mobile telephone base stations and cancer. Ginebra: OMS. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/news/statements/statementemf/en/index.html>

OMS. 2004. Workshop on Electrical Hypersensitivity. Workshop Summary, Working Group Meeting Report, Rapporteur's Report. Praga, República Checa, del 25 al 27 de octubre.

OMS. 2005. Fact sheet No 296. Electromagnetic Fields and Public Health: Electromagnetic Hypersensitivity. Ginebra: OMS. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/>

OMS. 2006. International EMF Project. Model Legislation for Electromagnetic Fields Protection. Ginebra: OMS. Disponible en http://www.who.int/peh-emf/standards/EMF_model_legislation%5b1%5d.pdf

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos). Decimotercera Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE. Disponible en http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2004/l_184/l_18420040524en00010009.pdf

Unión Europea (UE). 2003a. Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos. Disponible en http://ec.europa.eu/environment/waste/weee_index.htm

UE. 2003b. Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Declaración conjunta del Parlamento Europeo, el Consejo y la Comisión con respecto al artículo 9. Disponible en http://ec.europa.eu/environment/waste/weee_index.htm

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

Sistemas de telecomunicaciones

El término telecomunicaciones se utiliza habitualmente para describir la tecnología que permite la comunicación en ambos sentidos entre partes que están situadas en lugares distantes. También abarca la tecnología de comunicación en un sentido, como las emisiones de televisión y radio.

Sistemas alámbricos

Los sistemas de telecomunicaciones pueden ser alámbricos o inalámbricos. Generalmente, los alámbricos constan de una estación base y conmutadores conectados a una red de cables de telecomunicación instalada en forma aérea o en forma subterránea en zanjas. Los cables pueden ser de cobre, pero en los últimos años se ha comenzado a utilizar el cable de fibra óptica, que permite incrementar la velocidad y la capacidad de comunicación del sistema. Los sistemas alámbricos se pueden usar para proporcionar servicios de telefonía fija o de banda ancha e Internet y, a menudo, se utilizan como columna vertebral de los sistemas inalámbricos a fin de proporcionar un alto grado de capacidad e intensificar la seguridad del tráfico de comunicaciones entre los conmutadores principales de dichos sistemas.

Sistemas inalámbricos

Generalmente, los sistemas inalámbricos, o celulares, están diseñados del mismo modo que los alámbricos. Sin embargo, la transmisión efectiva de señales de telecomunicación se maneja a través de energía de radiofrecuencia (RF). Una red típica de telecomunicación celular consta de varias estaciones base. Cada estación base está diseñada para proporcionar cobertura de red en una zona geográfica. Generalmente, estas estaciones se conocen como células de la red total de telecomunicaciones. Su tamaño depende del tipo de sistema de telecomunicaciones y el equipo instalado. Por ejemplo, el sistema global para comunicaciones móviles (GSM) transmite en una frecuencia

más baja —entre 900 y 1.500 megahercios (MHz)— que el sistema 3G, que transmite en una frecuencia del orden de los 1500-2000 MHz. Generalmente, una frecuencia baja, como en el caso del sistema GSM, permite que las antenas del sistema de telecomunicaciones tengan una cobertura más amplia y, consiguientemente, se requieren menos estaciones base que para un sistema que transmite en una frecuencia más alta. No obstante, la frecuencia alta y las longitudes de onda más cortas de una red más densa proporcionan una mayor capacidad de transmisión de datos, que es una de las ventajas del nuevo sistema 3G.

A fin de lograr la mayor cobertura posible y las mejores condiciones de transmisión de enlaces de microondas, las antenas se instalan, generalmente, sobre techos, mástiles u otras estructuras altas similares, a una altura que oscila entre los 15 metros y los 90 metros, dependiendo de la topografía del terreno y las normas relativas a la cobertura de la señal de radio aplicadas en la zona. Para alcanzar la máxima cobertura, estas antenas emiten haces de RF que son muy estrechos en sentido vertical y muy anchos en sentido horizontal. Para lograr la dirección vertical y la cobertura a nivel del suelo es preciso inclinar las antenas unos pocos grados hacia adelante. Los campos de RF disminuyen rápidamente a medida que se alejan de las antenas.

La transmisión de la señal, o el tráfico de voz o de datos, de un sistema de telecomunicaciones celulares se divide en dos partes. Una de ellas es la comunicación entre las estaciones base. En vez del sistema alámbrico que utiliza cables de cobre o de fibra óptica, en éste la transmisión se realiza a través de antenas de enlace de microondas. Cada estación base se conecta con la siguiente mediante un enlace de microondas, creándose así una red de enlaces de microondas que permite que todas las estaciones base se comuniquen entre sí y con los principales conmutadores.

La transmisión de la señal al usuario final del sistema —la persona que lo utiliza para realizar una llamada telefónica— se realiza a través de antenas de RF. Las antenas se comunican con el teléfono celular mediante energía de RF, y el equipo de telecomunicaciones instalado en la estación base transmite la llamada a conmutadores situados en la red, que luego la reencaminan al receptor. Para poder localizar al receptor de una llamada celular, el sistema de telecomunicaciones realiza permanentemente un seguimiento de todos los teléfonos celulares del sistema y el lugar en que están situados. Cuando un teléfono se traslada de una célula (o estación base) a otra, el sistema registra la transferencia e identifica al teléfono como parte de una nueva célula. De esta manera, el sistema puede gestionar las llamadas entrantes y reencaminarlas a la estación base correcta y, posteriormente, al receptor de la llamada.

Generalmente, las instalaciones de telecomunicaciones celulares se emplazan en techos y en campo abierto. En el primero de los casos, las antenas se montan en postes cortos o en trípodes en la parte superior del techo de un edificio, mientras que la sala de equipos se instala en el interior del edificio, preferentemente en el ático o en el subsuelo. Por lo general, el propietario del edificio se encarga de proporcionar el suministro de energía. Este tipo de instalación es el más habitual en zonas urbanas.

En las zonas rurales, la instalación se suele realizar en campo abierto. Las antenas se montan en la parte superior de mástiles o de torres en lugar de hacerlo en edificios. En términos de mástiles y torres, la estructura consiste generalmente en torres de acero galvanizado o mástiles venteados de acero. En este tipo de emplazamientos, la sala de equipos se instala en cobertizos prefabricados sobre cimientos de hormigón. La huella de una instalación en campo abierto abarca unos 200 metros cuadrados. En muchos casos, es necesario construir un camino de acceso al emplazamiento.

Las antenas de RF y las antenas de enlaces de microondas están conectadas al equipo de telecomunicaciones a través de cables de alimentación. En las instalaciones sobre techos, estos cables se colocan en canaletas o canales para cables, mientras que en los emplazamientos en campo abierto, se fijan a las estructuras de acero de un mástil o torre.

El uso de sistemas satelitales es otra aplicación de la comunicación inalámbrica. Estos sistemas pueden funcionar en forma independiente de cualquier instalación fija y permiten que el usuario reciba y envíe información sea cual fuere su ubicación geográfica. Las unidades móviles se instalan en vehículos o se diseñan en forma de portafolios o mochilas. También pueden instalarse estaciones fijas para diversos usos, entre ellos aplicaciones de radiodifusión con enlaces ascendentes y descendentes y la distribución análoga y digital de televisión.

La tecnología utilizada para la comunicación satelital es, fundamentalmente, idéntica a la que se usa para los enlaces de microondas empleados para la telecomunicación celular. La potencia de salida es más alta y puede llegar a los 600 vatios (W). La frecuencia también es más elevada: alrededor de 14 gigahercios (GHz). Los riesgos relacionados con los sistemas satelitales son idénticos a los que plantea cualquier sistema inalámbrico de telecomunicaciones.

Sistemas de radiodifusión

Con la salvedad de algunas excepciones importantes, los sistemas de radio y televisión se diseñan en forma de sistemas de telecomunicaciones celulares. La comunicación se encamina en un sentido y las antenas de radiofrecuencia que proporcionan la cobertura de televisión o radio transmiten en una frecuencia más baja, creando así una longitud de onda más larga. Además, la energía de transmisión es mucho más alta que para un sistema celular, lo que permite que la señal llegue a todos los receptores en las zonas pobladas. A raíz de que la

energía de salida es elevada y la longitud de onda es larga, se requiere un menor número de estaciones de transmisión.