INSTITUTO TECNOLOGICO DE SANTO DOMINGO

- INTEC -

Área de Ingeniería

"Estudio Sobre los Niveles de Radiación Electromagnética Emitidos en Localidad de EGEHID"

Por: Ing. Manuel J Mendoza, MsEE

Abril 2012

Santo Domino, República Dominicana

Contenidos

Índice de Figuras 3

Antecedentes 4

Levantamiento de Información 5

Análisis de Radiación 10

Normas Internacionales de Seguridad de Radiación de Radiofrecuencia 13

Comparación de Niveles con Normas Internacionales 14

Conclusiones del Estudio 16

Referencias 17

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del Centro de Control de EGEHID. 5
Figura 2 Vista frontal de la localidad y el monoposte recién instalado. 5
Figura 3 Pantalla del Centro de Control de EGEHID. 6
Figura 4 Estación de monitoreo de cámaras de seguridad. 6
Figura 5 Gabinete con equipos de red y servidores. 7
Figura 6 Gabinete con equipos de comunicaciones. 7
Figura 7 Enlaces de comunicaciones entre las diferentes localidades de EGEHID. 8
Figura 8 Monoposte autosoportado en Buenos Aires del Mirador. 9
Figure 9 Patrón de radiación de la antena HPX6-107 de Commscope. 10
Figura 10 Tabla de Potencias EIRP en las diferentes direcciones. 11
Figura 11 Tabla de Niveles Máximos de Radiación Permitidos 13

Estudio Sobre los Niveles de Radiación Electromagnética Emitidos en Localidad de EGEHID

Antecedentes

Con la proliferación de los sistemas de comunicación inalámbricos en la República Dominicana, especialmente a partir de finales de la década de los 90[1], se ha incrementado la instalación de puntos de transmisión y recepción de ondas electromagnéticas para satisfacer la demanda de estos servicios. Cada vez más comunidades disfrutan de servicios de comunicación, entretenimiento y acceso a información antes no disponibles. Pero junto con estos beneficios las comunidades ven un incremento en la instalación de infraestructura de comunicaciones cerca de sus casas.

Ante esta situación, muchas Juntas Vecinales han expresado su preocupación sobre los impactos ambientales, de salud y planeamiento urbano que la colocación de estos sistemas de comunicación pueda generar. A su vez, las autoridades como Ayuntamientos, Ministerios Gubernamentales y Organismos Reguladores locales no han fijado una normativa unificada ante los aspectos que generan preocupación a la sociedad. Tampoco existen espacios para la discusión abierta de las diferentes posturas de los actores involucrados.

En las últimas semanas ha tenido bastante cobertura en los medios de comunicación las denuncias realizadas por la Junta de Vecinos de Buenos Aires del Mirador por el levantamiento de un monoposte para la colocación de antenas de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID) en este sector. Ambas partes en el transcurso de este impase se han acercado al Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC) con miras a que esta casa de estudios emita su opinión respecto a los impactos que esta instalación de EGEHID pueda ocasionar a la comunidad.

Este reporte busca determinar si las instalaciones propuestas por EGEHID cumplen con los lineamientos de seguridad de radicación de ondas electromagnéticas recomendados por los diferentes organismos internacionales que miran este sector. Las informaciones sobre los equipos y sistemas de comunicación destinados a la localidad de la Buenos Aires del Mirador en la ciudad de Santo Domingo fueron provistas por la misma empresa de generación. A continuación el proceso de análisis realizado.

[1] Como ejemplo, el número de líneas móviles entre el año 1998 y el 2003 se multiplicó por diez. Ver “Indicadores de Telefonía e Internet de la República Dominicana”, Instituto Dominicano de la Telecomunicaciones (INDOTEL). http://www.indotel.gob.do/component/option,com_docman/task,cat_view/gid,110/Itemid,757/

Levantamiento de Información

La información provista por el personal de EGEHID nos indica que la localidad está ubicada en la calle Vientos del Sur esquina Vientos Terral, en Buenos Aires del Mirador en la ciudad de Santo Domingo ver Figura 1 y Figura 2). Esta es una zona residencial pero con algunos negocios a lo largo de sus calles principales.

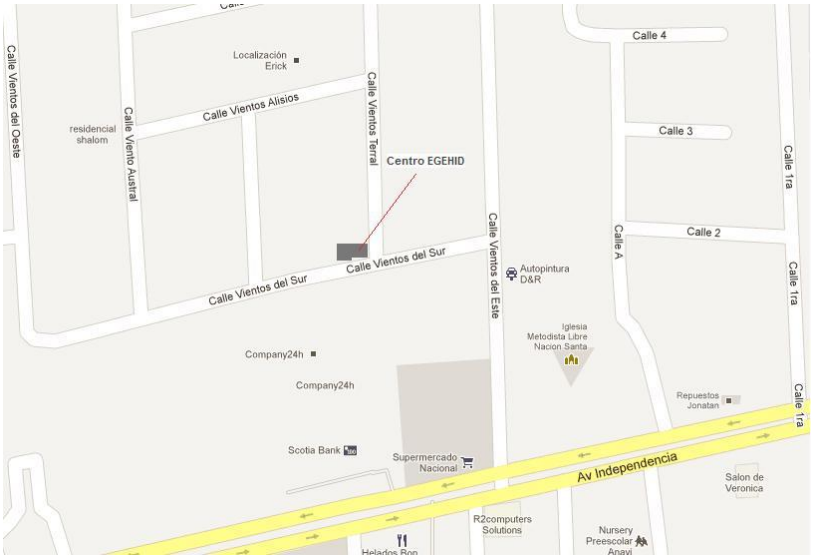

Figura 1 Ubicación del Centro de Control de EGEHID.

Figura 2 Vista frontal de la localidad y el monoposte recién instalado.

En este local existen facilidades de la empresa, no solamente los equipos cuestionados por la comunidad. Aquí se encuentra su Centro de Control Hidroeléctrico (CC Hidro). En el lugar se reciben diferentes informaciones a tiempo real medidas en las plantas hidroeléctricas del país y otros puntos de interés que sirven de referencia para conocer y administrar el estado de la red de generación (ver Figura 3). También se recibe información de seguridad como Circuitos Cerrados de TV para vigilancia (ver Figura 4).

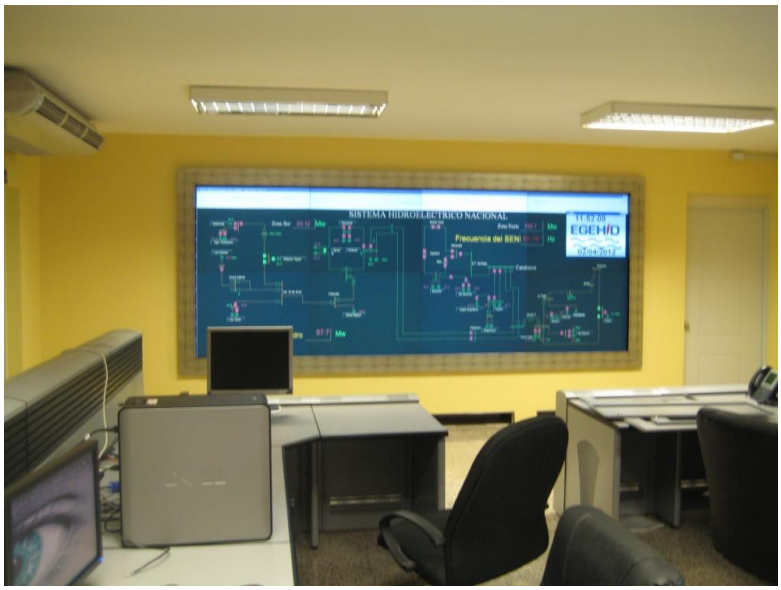

Figura 3 Pantalla del Centro de Control de EGEHID.

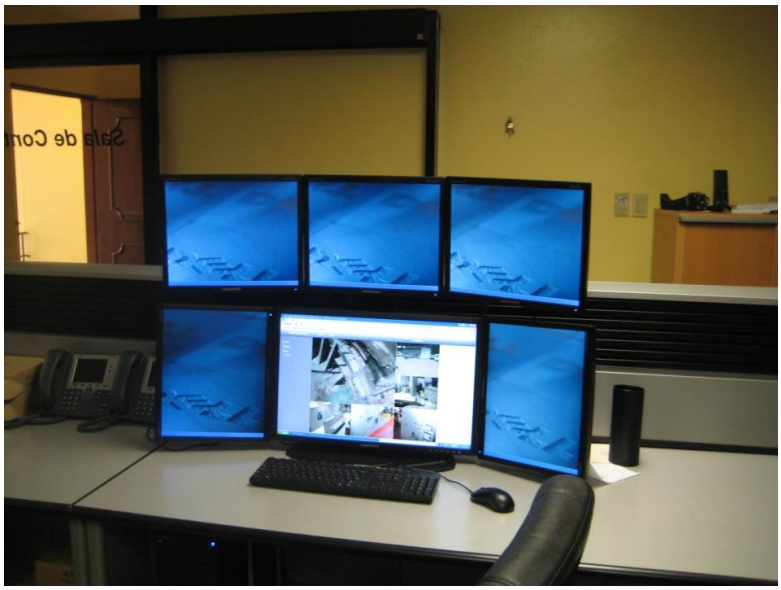

Figura 4 Estación de monitoreo de cámaras de seguridad.

En adición a estas facilidades podemos verificar la existencia de una torre venteada con varias antenas, cuartos de equipos con servidores, UPS, radios de microondas y equipos adquisición de datos (SCADA), entre otros. Ver figuras 5 y 6 para imágenes de estos equipos.

Figura 5 Gabinete con equipos de red y servidores.

Figura 6 Gabinete con equipos de comunicaciones.

El sistema de comunicación que se está adicionando en la localidad, y que ha ocasionado la controversia, está compuesto por lo siguiente:

- Monoposte Autosoportado de 120 pies de altura.
- Enlaces de radio microondas, dos enlaces, a una frecuencia de operación de 11 Ghz.

Estos equipos, nuevamente según la empresa, serían utilizados para la interconexión del CC Hidro con dos puntos de repetición, uno ubicado en Fuerte Resoli y el otro en Loma La Navisa. Estos dos enlaces, con una capacidad de 200 Mbps, formarían un anillo de comunicaciones como se muestra en la Figura 7.

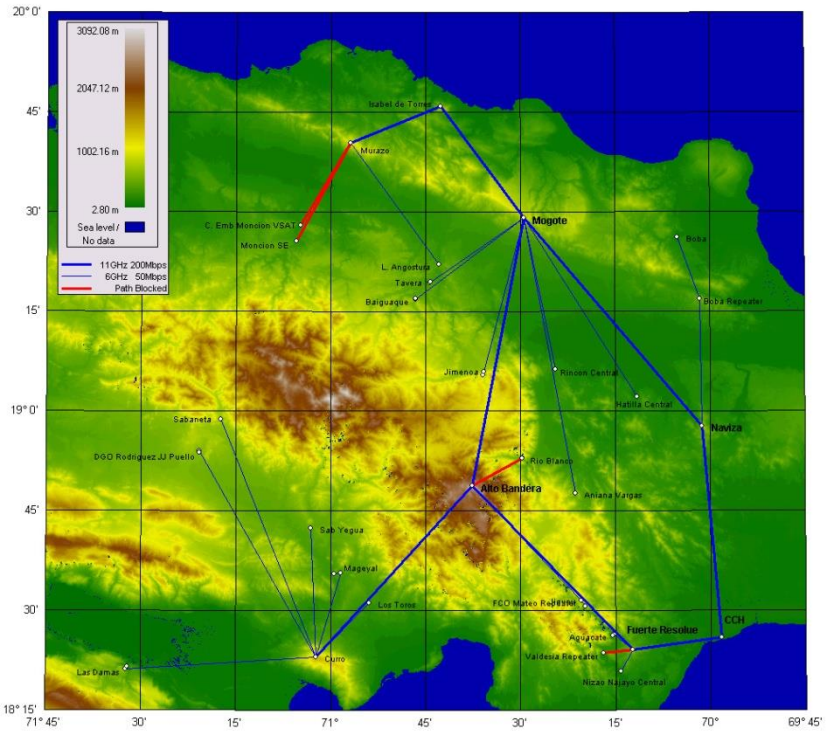

Figura 7 Enlaces de comunicaciones entre las diferentes localidades de EGEHID.

Al momento de la visita realizada al CC Hidro, de los componentes mencionados arriba, sólo estaba parcialmente concluida la instalación del monoposte. Los radios, antenas y cableado entre los radios y antenas no estaban instalados.

La Figura 8 muestran los componentes montados sobre el monoposte de la localidad fotografiados durante la visita.

Figura 8 Monoposte autosoportado en Buenos Aires del Mirador.

Sobre los componentes no instalados en ese momento EGEHID presentó las siguientes informaciones:

- Los Radios de Microondas son Marca General Electric (GE), modelo MDS Intrepid-HC.
- Las Antenas Parabólicas son Marca Andrew/Commscope, modelos HPX6-107 y HPX4-107, antenas de alto desempeño y doble polarización.

Las especificaciones de estos equipos se encuentran disponibles en las páginas de internet de sus proveedores[2].

[2] Referencias 1 y 2.

Análisis de Radiación

En estos sistemas de comunicaciones los elementos que transmiten y reciben las ondas electromagnéticas son las antenas, alimentadas por los radios de microondas que son los que generan la señal. El monoposte es un elemento que sirve únicamente de soporte para poder elevar las antenas a las alturas necesarias para poder enviar la comunicación al extremo distante. En la localidad visitada se instalarían dos antenas, una en dirección de Loma La Navisa y la otra en dirección de Fuerte Resoli. Ambas antenas se conectan a un modelo de radio similar por lo que la metodología de cálculo de su radiación es la misma solo que con modelos de antenas diferentes, la HPX6-107 y la HPX4-107 que tiene una menor ganancia.

El radio MDS Intrepid-HC tiene una potencia de transmisión máxima de 30 dBm en la banda de los 11 GHz. Asumiendo 120 pies de guía de ondas, modelo EWP90-107 también de Commscope, con pérdidas de 3 dB/100 pies, para una pérdida en el tramo de 3.6 dB. La ganancia de la antena de mayor diámetro en su punto de mayor directividad es de 44.4 dBi y 40.6 dBi para la HPX4-107. El patrón de radiación muestra la ganancia de la antena en diferentes direcciones, como ejemplo para la antena HPX6-107 se muestra en la Figura 9.

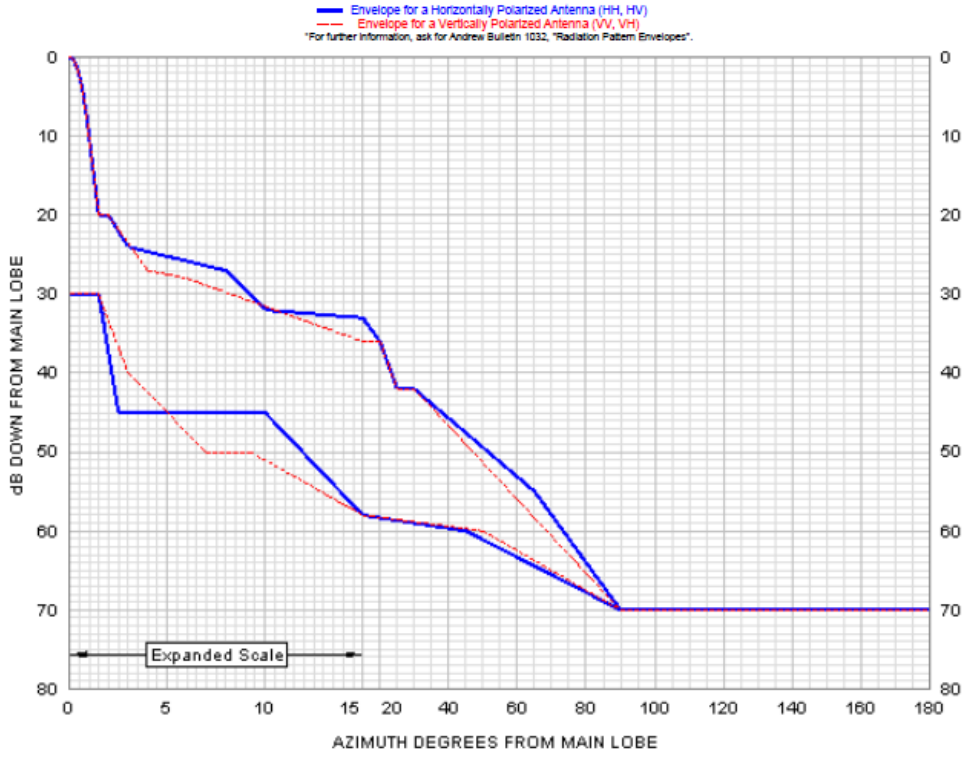

Figure 9 Patrón de radiación de la antena HPX6-107 de Commscope.

A partir de los datos anteriores podemos determinar la potencia efectiva irradiada isotrópicamente (EIRP) en las diferentes direcciones a partir de la antena. Esta potencia EIRP es la potencia combinada

del radio y la antena que equivale a la irradiada por una fuente isotrópica. Su fórmula básica es una suma como sigue:

Potencia EIRP $_{dBm}$ = Potencia Transmisión del Radio $_{dBm}$ + Ganancia Antena $_{dBi}$ – Pérdida Guía de Ondas $_{dB}$

Como la antena tiene diferentes ganancias según la dirección de radiación, los resultados de potencia variarán según el ángulo de radiación que estemos considerando. En la Figura 10 se presenta el resultado de estos cálculos habiendo convertido la potencia a unidades de Watts desde dBm.

HPX6-107		HPX4-107	
Radiación (Grad)	Potencia EIRP (en W)	Radiación (Grad)	Potencia EIRP (en W)
-180	0.0012	-180	0.0032
-90	0.0012	-85	0.0032
-65	0.0380	-60	0.1259
-50	0.1514	-50	0.1995
-30	0.7586	-40	0.3162
-25	0.7586	-35	0.3162
-20	3.0200	-20	3.1623
-15	6.0256	-15	3.1623
-10	7.5858	-12	3.1623
-3	47.8630	-4	12.5893
-2	120.2264	-3.5	50.1187
-1.5	120.2264	-2.2	50.1187
-1	1,202.2644	-2	74.9894
-0.8	2,884.0315	-1.8	151.7050
-0.6	5,533.5011	-1.6	316.2278
-0.53	6,561.4527	-1.4	603.9486
-0.4	8,609.9375	-1	1,702.1585
-0.2	11,091.7482	-0.6	3,396.2527
-0.07	11,912.4201	-0.2	4,797.3345
0	12,022.6443	0	5,011.8723
0.07	11,912.4201	0.2	4,797.3345
0.2	11,091.7482	0.6	3,396.2527
0.4	8,609.9375	1	1,702.1585
0.53	6,561.4527	1.4	603.9486
0.6	5,533.5011	1.6	316.2278
0.8	2,884.0315	1.8	151.7050
1	1,202.2644	2	74.9894
1.5	120.2264	2.2	50.1187
2	120.2264	3.5	50.1187
3	47.8630	4	12.5893
10	7.5858	12	3.1623
15	6.0256	15	3.1623
20	3.0200	20	3.1623
25	0.7586	35	0.3162
30	0.7586	40	0.3162
50	0.1514	50	0.1995
65	0.0380	60	0.1259
90	0.0012	85	0.0032
180	0.0012	180	0.0032

Figura 10 Tabla de Potencias EIRP en las diferentes direcciones.

Normas Internacionales de Seguridad de Radiación de Radiofrecuencia

En las leyes dominicanas, la institución que regula el uso de las ondas electromagnéticas es el Instituto Dominicano de la Telecomunicaciones (INDOTEL). Como parte de sus funciones se encuentra la de regular las características de los transmisores que se instalen en el país. Dentro de las características destacan los límites de exposición de las personas a las emisiones electromagnéticas no ionizantes generadas por el uso del espectro radioeléctrico. En la Resolución 119-08[3] del INDOTEL se fija el reglamento para cumplir con estos objetivos.

En este documento, por indicación del mismo INDOTEL, vemos que los valores recomendados vienen de otras recomendaciones dadas por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) en su recomendación ITU-T K.52[4] y por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante (ICNIRP) en sus "Lineamientos del ICNIRP Para Limitar la Exposición a Campos Eléctricos, Magnéticos y Electromagnéticos Variantes en el Tiempo (de hasta 300 GHz)"[5].

Los principales organismos internacionales que se involucran con temas de radiación electromagnética y salud hacen referencia a los mismos lineamientos, especialmente el del ICNIRP. Por ejemplo, la Comisión Federal de las Comunicaciones (FCC) de los Estados Unidos de América, a través de su Oficina de Ingeniería y Tecnología (OET), en el documento "Preguntas y Respuestas Acerca de los Efectos Biológicos y Riesgos Potenciales de los Campos Electromagnético" de su Boletín #56[6] referencia a los lineamientos del ICNIRP.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) en su estándar IEEE C95.1: "Prácticas Recomendadas por la IEEE para Programas de Seguridad de Radio Frecuencias de 3 kHz a 300 GHz"[7] también hace referencia a la ICNIRP. El Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI) en el Estándar ANSI/IEEE C95.1: "Niveles de Seguridad con Respecto a la Exposición Humana Campos Electromagnéticos de Radio Frecuencia" hace similar referencia.

En ese mismo sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS o WHO en el inglés) dentro de sus Estándares y Lineamientos relacionados a los Campos Electromagnéticos indica que en sus revisiones las radiaciones electromagnéticas a niveles por debajo de los límites presentados por el ICNIRP, que es una organización formalmente reconocida por la OMS, no aparentan tener ninguna consecuencia conocida en la salud[8].

Basados en los comentarios anteriores para el análisis de este estudio utilizaremos compararemos los límites de radiación indicados por las prácticas de seguridad de todos estos organismos reconocidos internacionalmente y los de las regulaciones de nuestro país usados por el INDOTEL.

---

[3] Referencia 3, Artículo 6, página 12.
[4] Referencia 4, páginas 3 y 22.
[5] Referencia 5.
[6] Referencia 6, página 11.
[7] Referencia 7, página 2.
[8] Referencia 8.

Comparación de Niveles con Normas Internacionales

Las normas internacionales y nacionales establecen los niveles máximos de radiación a los cuales puede estar expuesto el cuerpo humano. En estas normas se diferencian los niveles de exposición temporal y los niveles de exposición permanente. En este estudio solamente consideramos exposición permanente, asumiendo los niveles de seguridad pensando en que las personas estarán expuestas a la radiación de los campos de los equipos de EGEHID de manera indefinida.

Los niveles límite establecidos por los diferentes organismos internacionales consultados se resumen en la figura 11.

Organismo Internacional	Niveles Máximos (@ 11 GHz)	Estándar[9]
FCC	1 mW/cm^2 = 10 W/m^2	OET Boletín #56
ICNIRP	10 W/m^2	ICNIRP Guidelines
IEEE/ANSI	10 W/m^2	IEEE Std C95.1 2005
INDOTEL	10 W/m^2	Resolución 119-08
UIT	10 W/m^2	ITU-T Rec. K.52

Figura 11 Tabla de Niveles Máximos de Radiación Permitidos

En la figura 11 los niveles máximos que se indican se referencian a la Densidad de Potencia en la zona donde se encuentra el cuerpo humano. Para calcular la Densidad de Potencia se debe dividir la Potencia EIRP de la dirección a la que se encuentra el cuerpo humano de la antena, entre el área de una esfera de radio igual a la distancia de la antena al cuerpo humano.

$$\text{Densidad de Potencia}_{W/m2} = \text{Potencia EIRP}_{W} / \text{Área Esfera}_{m2}$$

El área de la esfera viene dada por $A = 4 \pi r^2$.

El punto donde la Densidad de Potencia radiada será mayor en este caso es en el punto donde un residente del sector se encuentre a la menor distancia de la antena. La altura a las que iban las antenas del sistema de EGEHID era de 30 metros. Visto el monoposte y la ubicación de las monturas de las antenas estos valores parecen concordar (aproximadamente 100 pies).

Las edificaciones colindantes tienen una altura mucho menor a la de las antenas de comunicaciones, el edificio ubicado al oeste del CC Hidro tiene aproximadamente 18 metros menos de altura y una separación de cerca de 15 metros de la base del monoposte. La distancia más cercana al techo de este

[9] Para FCC ver referencia 6 página 15, para ICNIRP ver referencia 5 página 510, para IEEE/ANSI ver referencia 7 página 25, para INDOTEL ver referencia 3 página 18 y para UIT ver referencia 4 página 22.

edificio es de 23.43 mts y este sería el punto en el sector de Buenos Aires del Mirador más cercano a las antenas en cuestión y por ende el que recibiría el campo más intenso en la zona (el peor de los casos).

Asumiendo que ambas antenas tendrán una inclinación de cero grados (lo normal es que se inclinen hacia arriba ya que ambos extremos a los que comunicarán se encuentran a alturas superiores) el punto en el techo del edificio está en una dirección de 50.2 grados hacia abajo. A esta distancia y dirección, el nivel de densidad de potencia del campo electromagnético generado por la antena de mayor diámetro (la HPX6-107) es de 0.0000219 W/m^2. Para el caso de la antena HPX4-107 el valor sería de 0.0000289 W/m^2.

El efecto total con ambas antenas transmitiendo es de 0.0000508 W/m^2. Comparando este valor con los niveles máximos permitidos vemos que el nivel generado por las antenas de EGEHID es 196,000 veces menor que cualquiera de los valores de los estándares en cuestión. La distancia de seguridad que debe dejar como precaución entre la antena y el techo del edificio en este caso debe ser de 0.0528 m.

Si miramos otros casos hipotéticos, por ejemplo, si una edificación se construyese al mismo nivel de las antenas, la distancia de seguridad en este caso se recomienda sea de 11.64 m. Aunque partiendo de que por la ubicación física del monoposte dentro del terreno de EGEHID no puede haber otra edificación a menos de 15 m de la antena (por el terreno que separa el monoposte con el borde del solar), el nivel de densidad de potencia del campo electromagnético que se recibiría a esta distancia es de 6.02 W/m^2, también por debajo de los límites de seguridad.

Conclusiones del Estudio

En base a la información suministrada por el personal de EGEHID sobre sus equipos, a las recomendaciones de los organismos nacionales e internacionales y a los cálculos realizados en este estudio se concluye que:

- El nivel de Densidad de Potencia del Campo Electromagnético irradiado por las antenas de comunicación de EGEHID en su CC Hidro del sector de Buenos Aires del Mirador es de 0.0000508 W/m^2 en el punto residencial más cercano a las antenas.
- El valor de Densidad de Potencia encontrado de 0.0000508 W/m^2 es 196,000 veces inferior a los valores recomendados por los siguientes organismos: ICNIRP, FCC, INDOTEL, UIT, IEEE, ANSI, entre otros.

La Organización Mundial de la Salud indica que "las exposiciones a campos electromagnéticos a niveles inferiores a los expuestos en las recomendaciones de los Lineamientos Internacionales del ICNIRP no parecen tener ninguna consecuencia en la salud"[10].

El efecto total con ambas antenas transmitiendo es de 0.0000508 W/m^2. Comparando este valor con los niveles máximos permitidos vemos que el nivel generado por las antenas de EGEHID es 196,000 veces menor que cualquiera de los valores de los estándares en cuestión. La distancia de seguridad que debe dejar como precaución entre la antena y el techo del edificio en este caso debe ser de 0.0528 m.

[10] Referencia 8.

Referencias

1. Página Web de la empresa Commscope: http://www.commscope.com.
2. Página Web de la empresa General Electric: http://www.ge.com.
3. Resolución 119-08 del INDOTEL, 19/6/2008.
4. Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) Recomendación k.52: ***"Lineamientos para Cumplir con los Límites de Exposición Humana a Campos Electromagnéticos".*** Diciembre del 2004.
5. Comisión Internacional de Protección de Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP): ***"Lineamientos Limitando la Exposición a Campos Eléctricos, Magnéticos y Electromagnéticos (hasta 300 GHz)".*** Health Physics 74 (4), págs. 494-522, 1998.
6. Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), Oficina de Ingeniería y Tecnología (OET): Boletín 56. ***"Preguntas y Respuestas Acerca de los Efectos Biológicos y Peligros Potenciales de Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencia"***. Cuarta Edición, Agosto 1999.
7. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) Estándar C95.1-2005: ***"Estándar IEEE para Niveles de Seguridad con Respecto a la Exposición Humana a Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencias de 3kHz a 300 GHz"***. Octubre del 2005.
8. Página Web de la Organización Mundial de la Salud y Estándares de Campos Electromagnéticos: http://www.who.int/peh-emf/standards/en/